

European Scientific Journal, *ESJ*

June 2021

European Scientific Institute, ESI

The content is peer reviewed

ESJ Natural/Life/Medical Sciences

June 2021 edition vol. 17, 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)

About the Journal

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

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

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

Sincerely,

Jovan Shopovski, PhD

European Scientific Journal (ESJ)

Managing Editor

International Editorial Board

Jose Noronha Rodrigues,
University of the Azores, Portugal

Nino Kemertelidze,
Grigol Robakidze University, Georgia

Jacques de Vos Malan,
University of Melbourne, Australia

Franz-Rudolf Herber,
University of Saarland, Germany

Annalisa Zanola,
University of Brescia, Italy

Vayia Karaiskou,
Open University of Cyprus

Robert Szucs,
Szolnok University College, Hungary

Dragica Vujadinovic,
University of Belgrade, Serbia

Pawel Rozga,
Technical University of Lodz, Poland

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

Rashmirekha Sahoo,
Melaka-Manipal Medical College, Malaysia

Daniel Barredo,
University Laica Eloy Alfaro de Manabi, Ecuador

Georgios Vousinas,
University of Athens, Greece

Asif Jamil,
Gomal University DIKhan, KPK, Pakistan

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

Faranak Seyyedi,
Azad University of Arak, Iran

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

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

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

Chaudhry Zahid Javid,
Taif University, Saudi Arabia

Dejan Marolov,
European Scientific Institute, ESI

Gloria Esteban de la Rosa,
University of Jaen, Spain

Noor Alam,
Universiti Sains Malaysia, Malaysia

Rashad A. Al-Jawfi,
Ibb University, Yemen

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

Hans W. Giessen,
Saarland University, Saarbrucken, Germany

Naheed Vaida,
University of Kashmir, India

Frank Bezzina,
University of Malta, Malta

Monika Bolek,
University of Lodz, Poland

Michele Minor-Corriveau,
Laurantian University, Canada

Robert N. Diotalevi,
Florida Gulf Coast University, USA

Daiva Jureviciene,
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

Mariangela Giusti,
University of Milan - Bicocca, Italy

Anita Lidaka,
Liepaja University, Latvia

Rania Zayed,
Cairo University, Egypt

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

Ziad Said,
College of the North Atlantic, Qatar

Lydia Ferrara,
University of Naples, Italy

Byron A Brown,
Botswana Accountancy College, Botswana

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

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

Mona Kassem,
National Research Centre, Egypt

Cinaria Tarik Albadri,
Trinity College Dublin University, Ireland

Mahammad A. Nurmamedov,
State Pedagogical University, Azerbaijan

Thomas Fenzl,
Alps-Adria University of Klagenfurt, Austria

Henryk J. Barton,
Jagiellonian University, Poland

Stefanos Spaneas,
University of Nicosia, Cyprus

Assem El-Shazly,
Zagazig University, Egypt

Wei Hao,
Beijing Normal University, China

Saltanat Meiramova,
S.Seifullin AgroTechnical University, Kazakhstan

Rajasekhar Kali Venkata,
University of Hyderabad, India

Nishan Rafi Havandjian,
California Polytechnic State University, USA

Ruzica Loncaric,
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

Stefan Vladutescu,
University of Craiova, Romania

Anna Zelenkova,
Matej Bel University, Slovakia

Kevin B. O'Connor,
McGill University, Canada

Billy Adamsen,
University of Southern Denmark, Denmark

Nawab Ali Khan,
Aligarh Muslim University, India

Marinella Lorinzi,
University of Cagliari, Italy

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

Bianca Gioia Marino,
University of Naples Federico II, Italy

Franko Milost,
Faculty of Management, Koper, Slovenia

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

Daniel Velasco,
Chicago School of Professional Psychology, USA

N. K. Rathee,
Delaware State University, USA

Michael Ba Banutu-Gomez,
Rowan University, USA

Adil Jamil,
Amman University, Jordan

Habib Kazzi,
Lebanese University, Lebanon

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

Henry J. Grubb,
University of Dubuque, USA

Daniela Brevenikova,
University of Economics, Slovakia

Genute Gedviliene,
Vytautas Magnus University, Lithuania

Vasilika Kume,
University of Tirana, Albania

Mohammed Kerbouche,
University of Mascara, Algeria

Adriana Gherbon,
University of Medicine and Pharmacy Timisoara, Romania

Pablo Alejandro Olavegogeochea,
National University of Comahue, Argentina

Raul Rocha Romero,
Autonomous National University of Mexico, Mexico

Oihab Allal-Cherif,
KEDGE Business School, France

Izabela Dembinska,
University of Szczecin, Poland

Driss Bouyahya,
University Moulay Ismail, Morocco

William P. Fox,
Naval Postgraduate School, USA

Rania Mohamed Hassan,
University of Montreal, Canada

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

Alicia Marchant Rivera,
University of Malaga, Spain

Lucia D'Ambrosi,
University of Macerata, Italy

Tilahun Achaw Messaria,
Addis Ababa University, Ethiopia

George Chiladze,
University of Georgia, Georgia

Elisa Rancati,
University of Milano-Bicocca, Italy

Alessandro Merendino,
University of Ferrara, Italy

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

Anastassios Gentzoglanis,
University of Sherbrooke, Canada

Awoniyi Samuel Adebayo,
Solusi University, Zimbabwe

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

Berenyi Laszlo,
University of Miskolc, Hungary

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

Omar Arturo Dominguez Ramirez,
Hidalgo State University, Mexico

Francesco Lenci,
Institute of Biophysics, Italy

Hafiz Muhammad Iqbal,
University of the Punjab, Pakistan

Bupinder Zutshi,
Jawaharlal Nehru University, India

Pavel Krpalek,
University of Economics in Prague, Czech Republic

Mondira Dutta,
Jawaharlal Nehru University, India

Evelio Velis,
Barry University, USA

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

Mahbubul Haque,
Daffodil International University, Bangladesh

Diego Enrique Baez Zarabanda,
Autonomous University of Bucaramanga, Colombia

Juan Antonio Lopez Nunez,
University of Granada, Spain

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

Ashgar Ali Ali Mohamed,
International Islamic University, Malaysia

A. Zahoor Khan,
International Islamic University Islamabad, Pakistan

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

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

Andrzej Palinski,
AGH University of Science and Technology, Poland

Jose Carlos Teixeira,
University of British Columbia Okanagan, Canada

Horst Hanke,
Technical University Darmstadt, Germany

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

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

Irina Matijosaitiene,
Kaunas University of Technology, Lithuania

Anita Auzina,
Latvia University of Agriculture, Latvia

Martin Gomez-Ullate,
University of Extremadura, Spain

Nicholas Samaras,
Technological Educational Institute of Larissa, Greece

Emrah Cengiz,
Istanbul University, Turkey

Andre Ozer,
University of Liege, Belgium

Francisco Raso Sanchez,
University of Granada, Spain

Simone T. Hashiguti,
Federal University of Uberlandia, Brazil

Tayeb Boutbouqalt,
University, Abdelmalek Essaadi, Morocco

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

Ismail Ipek,
Istanbul Aydin University, Turkey

Olena Kovalchuk,
National Technical University of Ukraine, Ukraine

Oscar Garcia Gaitero,
University of La Rioja, Spain

Alfonso Conde,
University of Granada, Spain

Mohsen Hanif,
Kharazmi University, Iran

Jose Antonio Pineda-Alfonso,
University of Sevilla, Spain

Jingshun Zhang,
Florida Gulf Coast University, USA

Rodrigue V. Cao Diogo,
University of Parakou, Benin

Salem Marzougui,
ElKef, Tunisia

Tunjica Petrusevic,
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

Olena Ivanova,
Kharkiv National University, Ukraine

Marco Mele,
Unint University, Italy

Okyay Ucan,
Omer Halisdemir University, Turkey

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

Matti Raudjarv,
University of Tartu, Estonia

Cosimo Magazzino,
Roma Tre University, Italy

Susana Sousa Machado,
Polytechnic Institute of Porto, Portugal

Jelena Zascerinska,
University of Latvia, Latvia

Umman Tugba Simsek Gursoy,
Istanbul University, Turkey

Zoltan Veres,
University of Pannonia, Hungary

Vera Komarova,
Daugavpils University, Latvia

Cosmin Stefan Dogaru,
University of Bucharest, Romania

Tiffany T. Boury,
Franciscan University of Steubenville, USA

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

Stephane Zingue,
University of Maroua, Cameroon

Jawed Iqbal,
National University of Sciences & Technology, Pakistan

Tanzer Celikturk,
Pamukkale University, Turkey

Ruth Erika Lerchster,
Alpen-Adria University Klagenfurt, Austria

Pierluigi Passaro,
University of Bari Aldo Moro, Italy

Georges Kpazai,
Laurentian University, Canada

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

Natalia Sizochenko,
Dartmouth College, USA

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

Nikolett Deutsch,
Corvinus University of Budapest, Hungary

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

Brian Sloboda,
University of Maryland, USA

Murtaz Kvirkaia,
Grigol Robakidze University, Georgia

Enrique Jerez Abajo,
University of Zaragoza, Spain

Yassen Al Foteih,
Canadian University Dubai, UAE

Marisa Cecilia Tumino,
Adventista del Plata University, Argentina

Luca Scaini,
Al Akhawayn University, Morocco

Aelita Skarbaliene,
Klaipeda University, Lithuania

Efthymios Papatzikis,
Canadian University, Dubai, UAE

Oxana Bayer,
Dnipropetrovsk Oles Honchar University, Ukraine

Onyeka Uche Ofili,
International School of Management, France

Aurela Saliaj,
University of Vlora, Albania

Maria Garbelli,
Milano Bicocca University, Italy

Josephus van der Maesen,
Wageningen University, Netherlands

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

Francisco Gonzalez Garcia,
University of Granada, Spain

Mahgoub El-Tigani Mahmoud,
Tennessee State University, USA

Hilal Yildirim Keser,
Bursa Technical University, Turkey

Miriam Agreda Montoro,
University of La Rioja, Spain

Daniel Federico Morla,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Valeria Autran,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Muhammad Hasmi Abu Hassan Asaari,
Universiti Sains, Malaysia

Angelo Viglianisi Ferraro,
Mediterranean University of Reggio Calabria, Italy

Roberto Di Maria,
University of Palermo, Italy

Delia Magherescu,
State University of Moldova, Moldova

Sayeeduzzafar Qazi,
University of Science and Technology, Saudi Arabia

Paul Waithaka Mahinge,
Kenyatta University, Kenya

Aicha El Alaoui,
Sultan My Slimane University, Morocco

Marija Brajic,
University of Split, Croatia

Monica Monea,

University of Medicine and Pharmacy of Tirgu Mures, Romania

Belen Martinez-Ferrer,

Univeristy Pablo Olavide, Spain

Rachid Zammar,

University Mohammed 5, Morocco

Manuel Ramon Gonzalez Herrera,

The Autonomous University of Ciudad Juarez, Mexico

Fatma Koc,

Gazi University, Turkey

Calina Nicoleta,

University of Craiova, Romania

Shadaan Abid,

UT Southwestern Medical Center, USA

Sadik Madani Alaoui,

Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Patrizia Gazzola,

University of Insubria, Italy

Krisztina Szegedi,

University of Miskolc, Hungary

Liliana Esther Mayoral,

National University of Cuyo, Argentina

Amarjit Singh,

Kurukshetra University, India

Armando Carteni,

University of Naples Federico II, Italy

Oscar Casanova Lopez,

University of Zaragoza, Spain

Emina Jerkovic,

University of Josip Juraj Strossmayer, Croatia

Carlos M. Azcoitia,

National Louis University, USA

Rokia Sanogo,
University USTTB, Mali

Bertrand Lemennicier,
University of Paris Sorbonne, France

Lahcen Benaabidate,
University Sidi Mohamed Ben Abdellah, Morocco

Janaka Jayawickrama,
University of York, United Kingdom

Kiluba L. Nkulu,
University of Kentucky, USA

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

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

Leila Ghudushauri,
Tbilisi State University, Georgia

George C. Katsadoros,
University of the Aegean, Greece

Elena Gavrilova,
Plekhanov University of Economics, Russia

Kira Trostina,
Plekhanov University of Economics, Russia

Eyal Lewin,
Ariel University, Israel

Szczepan Figiel,
University of Warmia, Poland

Don Martin,
Youngstown State University, USA

John B. Strait,
Sam Houston State University, USA

Nirmal Kumar Betchoo,
University of Mascareignes, Mauritius

Camilla Buzzacchi,
University Milano Bicocca, Italy

EL Kandoussi Mohamed,
Moulay Ismai University, Morocco

Marek Semela,
Brno University of Technology, Czech Republic

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

Susana Borrás Pentinat,
Rovira i Virgili University, Spain

Jelena Kasap,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Massimo Mariani,
Libera Università Mediterranea, Italy

Rachid Sani,
University of Niamey, Niger

Luis Aliaga,
University of Granada, Spain

Robert McGee,
Fayetteville State University, USA

Angel Urbina-Garcia,
University of Hull, United Kingdom

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

Marko Andonov,
American College, Republic of Macedonia

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

Leyla Yilmaz Findik,
Hacettepe University, Turkey

Vlad Monescu,
Transilvania University of Brasov, Romania

Virginia Pulcini,
University of Torino, Italy

Stefano Amelio,
University of Unsubria, Italy

Enida Pulaj,
University of Vlora, Albania

Christian Cave,
University of Paris XI, France

Julius Gathogo,
University of South Africa, South Africa

Claudia Pisoschi,
University of Craiova, Romania

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

Joseph Ntale,
Catholic University of Eastern Africa, Kenya

Kate Litondo,
University of Nairobi, Kenya

Maurice Gning,
Gaston Berger University, Senegal

Katarina Marosevic,
J.J. Strossmayer University, Croatia

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

Syed Shadab,
Jazan University, Saudi Arabia

Koffi Yao Blaise,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Mario Adelfo Batista Zaldivar,
Technical University of Manabi, Ecuador

Kalidou Seydou,
Gaston Berger University, Senegal

Iveta Reinholde,
University of Latvia, Latvia

Patrick Chanda,
The University of Zambia, Zambia

Meryem Ait Ouali,
University IBN Tofail, Morocco

Laid Benderradji,
Mohamed Boudiaf University of Msila, Algeria

Amine Daoudi,
University Moulay Ismail, Morocco

Claudio Fabian Guevara,
University of Guadalajara, Mexico

Oruam Cadex Marichal Guevara,
University Maximo Gomes Baez, Cuba

Vanya Katarska,
National Military University, Bulgaria

Carmen Maria Zavala Arnal,
University of Zaragoza, Spain

Francisco Gavi Reyes,
Postgraduate College, Mexico

Aysegul Ozbebek Tunc,
Istanbul University, Turkey

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

Mary Kathryn Mc Vey,
Franciscan University of Steubenville, USA

Patricia Randrianavony,
University of Antananarivo, Madagascar

Roque V. Mendez,
Texas State University, USA

Kesbi Abdelaziz,
University Hassan II Mohammedia, Morocco

Eugenio D'Angelo,
Pegaso Telematic University, Italy

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

Ilknur Bayram,
Ankara University, Turkey

Elenica Pjero,
University Ismail Qemali, Albania

Gokhan Ozer,
Fatih Sultan Mehmet Vakif University, Turkey

Komina Amevoin,
University of Lome, Togo

Veronica Flores Sanchez,
Technological University of Veracruz, Mexico

Camille Habib,
Lebanese University, Lebanon

Larisa Topka,
Irkutsk State University, Russia

Paul M. Lipowski,
Creighton University, USA

Marie Line Karam,
Lebanese University, Lebanon

Jorge Wozniak,
National University of Tres de Febrero, Argentina

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

Mohamed Berradi,
Ibn Tofail University, Morocco

Visnja Lachner,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Sangne Yao Charles,
University Jean Lorougnon Guede, Ivory Coast

Omar Boubker,
University Ibn Zohr, Morocco

Judit Sole Resina,
Autonomous University of Barcelona, Spain

Kouame Atta,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Patience Mpanzu,
University of Kinshasa, Congo

Angeles Aguilera Velasco,
University of Guadalajara, Mexico

Rachid Hsissou,
Ibn Tofail University, Morocco

Svetlana Melentijevic,
Complutense University of Madrid, Spain

Devang Upadhyay,
University of North Carolina at Pembroke, USA

Nyamador Wolali Seth,
University of Lome, Togo

Akmele Meless Simeon,
Ouattara University, Ivory Coast

Mohamed Sadiki,
IBN Tofail University, Morocco

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

Gamal Elgezeery,
Suez University, Egypt

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

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

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

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

Alla Manga,
University Cheikh Anta Diop, Senegal

Lalla Aicha Lrhorfi,
University Ibn Tofail, Morocco

Ruth Adunola Aderanti,
Babcock University, Nigeria

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

Aka Koffi Sosthene,
Research Center for Oceanology, Ivory Coast

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

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

Sophia Barinova,
University of Haifa, Israel

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

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

Aderewa Amontcha,
Université d'Abomey-Calavi, Benin

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

Rene Mesias Villacres Borja,
Universidad Estatal De Bolívar, Ecuador

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

Qamil Dika,
Tirana Medical University, Albania

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

Hariti Hakim,
University Alger 3, Algeria

Emel Ceyhun Sabir,
University of Cukurova, Turkey

Salomon Barrezueta Unda,
Universidad Tecnica de Machala, Ecuador

Belkis Zervent Unal,
Cukurova University, Turkey

Elena Krupa,
Kazakh Agency of Applied Ecology, Kazakhstan

Carlos Angel Mendez Peon,
Universidad de Sonora, Mexico

Antonio Solis Lima,
Apizaco Institute Technological, Mexico

Roxana Matefi,
Transilvania University of Brasov, Romania

Bouharati Saddek,
UFAS Setif1 University, Algeria

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

Serigne Modou Sarr,
Universite Alioune DIOP de Bambey, Senegal

Nina Stankous,
National University, USA

Lovergine Saverio,
Tor Vergata University of Rome, Italy

Fekadu Yehuwalashet Maru,
Jijjiga University, Ethiopia

Karima Laamiri,
University of Moulay Ismail, Morocco

Elena Hunt,
Laurentian University, Canada

Sharad K. Soni,
Jawaharlal Nehru University, India

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

Florence Kagendo Muindi,
University of Nairobi, Kenya

Maximo Rossi Malan,
Universidad de la Republica, Uruguay

Haggag Mohamed Haggag,
South Valley University, Egypt

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

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

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

Fernando Paulo Oliveira Magalhaes,
Polytechnic Institute of Leiria, Portugal

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

Stefan Cristian Gherghina,
Bucharest University of Economic Studies, Romania

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

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

Aristide Yemmafouo,
University of Dschang, Cameroon

Gabriel Anibal Monzón,
University of Moron, Argentina

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

Arburim Iseni,
State University of Tetovo, Republic of Macedonia

Milad Reda Qelliny,
Minia University, Egypt

Raoufou Pierre Radji,
University of Lome, Togo

Juan Carlos Rodriguez Rodriguez,
Universidad de Almeria, Spain

Mohammadreza Hadizadeh,
Central State University, USAa

Mushtaq Ismael Hasan,
Thi-Qar University, Iraq

Satoru Suzuki,
Panasonic Corporation, Japan

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

Russell Kabir,
Anglia Ruskin University, UK

Nasreen Khan,
SZABIST, Dubai

Luisa Morales Maure,
University of Panama, Panama

Abdelaaziz El Bakkali,
Sidi Mohamed Ben Abdelah University, Morocco

Lipeng Xin,
Xi'an Jiaotong University, China

Harja Maria,
Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Romania

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

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

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

Bertin Desire Soh Fotsing,
University of Dschang, Cameroon

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

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

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

Abdelfettah Maouni,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Alina Stela Resceanu,
University of Craiova, Romania

Alilouch Redouan,
University Abdelmalek Saadi, Morocco

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

Sufi Amin,
International Islamic University, Islamabad Pakistan

Sanja Milosevic Govedarovic,
University of Belgrade, Serbia

Elham Mohammadi,
Curtin University, Australia

Andrianarizaka Marc Tiana,
University of Antananarivo, Madagascar

Ngakan Ketut Acwin Dwijendra,
Udayana University, Indonesia

Yue Cao,
Southeast University, China

Nishant Agrawal,
Nirma University, India

Audrey Tolouian,
University of Texas, USA

Alaa Abdulhady Jaber,
University of Technology, Iraq

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

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

Tabou Talahatou,
University of Abomey-Calavi, Benin

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

Hamidreza Izadi,
Chabahar Maritime University, Iran

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

Elsa Kristo,
University of Tirana, Albania

Hanaa Ouda Khadri Ahmed Ouda,
Ain Shams University, Egypt

Rachid Ismaili,
Hassan 1 University, Morocco

Bashar H. Malkawi,
University of Sharjah, UAE

Tamar Ghutidze,
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

Emine Koca,
Ankara Haci Bayram Veli University, Turkey

David Perez Jorge,
University of La Laguna, Spain

Ousmane Tanor Dieng,
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Irma Guga,
European University of Tirana, Albania

Ozgun Muhittin Esen,
Istanbul University, Turkey

Saif Ur Rehman,
PMAS-Arid Agriculture University, Pakistan

Jesus Gerardo Martínez del Castillo,
University of Almeria, Spain

Mohammed Mouradi,
Sultan Moulay Slimane University, Morocco

Marco Tulio Ceron Lopez,
Institute of University Studies, Mexico

Mangambu Mokoso Jean De Dieu,
University of Bukavu, Congo

Hadi Sutopo,
Kalbis Institute, Indonesia

Priyantha W. Mudalige,
University of Kelaniya, Sri Lanka

Emmanouil N. Choustoulakis,
University of Peloponnese, Greece

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

Pinnawala Sangasumana,
University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka

Abdelali Kaaouachi,
Mohammed I University, Morocco

Dimitrios Belias,
University of Thessaly, Greece

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

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

Amaya Epelde Larranaga,
University of Granada, Spain

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

Youssef Babakhouya,
Inje University, South Korea

Saly Sambou,
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Daniela Di Berardino,
University of Chieti-Pescara, Italy

Dorjana Klosi,
University of Vlore “Ismail Qemali, Albania

Abu Hamja,
Aalborg University, Denmark

Stankovska Gordana,
University of Tetova, Republic of Macedonia

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

Maria Leticia Bautista Diaz,
National Autonomous University, Mexico

Bruno Augusto Sampaio Fuga,
North Parana University, Brazil

Anouar Alami,
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

Vincenzo Riso,
University of Ferrara, Italy

Janhavi Nagwekar,
St. Michael’s Hospital, Canada

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

Xi Chen,
University of Kentucky, USA

Nawaz Ahmad,
Institute of Business Management, Pakistan

Varij Nayan,
Central Institute for Research on Buffaloes, India

Fateh Mebarek-Oudina,
Skikda University, Algeria

Nadia Mansour,
University of Sousse, Tunisia

Jestoni Dulva Maniago,
Majmaah University, Saudi Arabia

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

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

Enriko Ceko,
Wisdom University, Albania

Laura Fischer,
National Autonomous University of Mexico, Mexico

Mauro Berumen,
Caribbean University, Mexico

Jonida Lesha,
University of Tirana, Albania

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

Hanif Qureshi,
University of Cincinnati, USA

Maria Carlota,
Autonomous University of Queretaro, Mexico

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

Bhupendra Karki,
University of Louisville, Louisville, USA

Evens Emmanuel,
University of Quisqueya, Haiti

Iresha Madhavi Lakshman,
University of Colombo, Sri Lanka

Francesco Scotognella,
Polytechnic University of Milan, Italy

Zayde Ayvaz,
Canakkale Onsekiz Mart University, Turkey

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

Rawaa Qasha,
University of Mosul, Iraq

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

Hani Nasser Abdelhamid,
Assiut University, Egypt

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

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

Ilenia Farina,
University of Naples "Parthenope, Italy

Luisa Zanolla,
Azienda Ospedaliera Universitaria Verona, Italy

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

Adriana Burlea-Schiopoiu,
University of Craiova, Romania

Alejandro Palafox-Munoz,
University of Quintana Roo, Mexico

Fernando Espinoza Lopez,
Hofstra University, USA

Ammar B. Altemimi,
University of Basrah, Iraq

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

Davide Calandra,
University of Turin, Italy

Nicola Varrone,
University of Campania Luigi Vanvitelli, Italy

Luis Angel Medina Juarez,
University of Sonora, Mexico

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

Sameer Algburi,
Al-Kitab University, Iraq

Braione Pietro,
University of Milano-Bicocca, Italy

Mounia Bendari,
Mohammed VI University, Morocco

Stamatios Papadakis,
University of Crete, Greece

Aleksey Khlopytskyi,
Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine

Sung-Kun Kim,
Northeastern State University, USA

Nemanja Berber,
University of Novi Sad, Serbia

Krejsa Martin,
Technical University of Ostrava, Czech Republic

Magdalena Vaverkova,
Mendel University in Brno, Czech Republic

Jeewaka Kumara,
University of Peradeniya, Sri Lanka

Antonella Giacosa,
University of Torino, Italy

Paola Clara Leotta,
University of Catania, Italy

Francesco G. Patania,
University of Catania, Italy

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

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

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

Usama Konbr,
Tanta University, Egypt

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

Branislav Radeljic,
Necmettin Erbakan University, Turkey

Anita Mandaric Vukusic,
University of Split, Croatia

Barbara Cappuzzo,
University of Palermo, Italy

Roman Jimenez Vera,
Juarez Autonomous University of Tabasco, Mexico

Lucia P. Romero Mariscal,
University of Almeria, Spain

Pedro Antonio Martin-Cervantes,
University of Almeria, Spain

Hasan Abd Ali Khudhair,
Southern Technical University, Iraq

Table of Contents:

**Existence Of Right Ventricular Structural And Functional Changes In
Essential Hypertension And Its Importance In Modern Medicine.....1**

Ana Minashvili

Ann Rekhviashvili

**Cerebral Venous Thrombosis Presenting As Subarachnoid Hemorrhage:
Clinical Case.....27**

Komi Igneza Agbotsou

Muriel Tchwa Tanoh Amon

Julian Paul Theodore Theuriet

Corinne Debras

Carlo Albanesi

Frederic Philippeau

**Principes Actifs Et Mise En Evidence Des Sucres Des Aubergines
Solanum Anguivi Lam Et Solanum Torvum Récoltées En Côte
d'Ivoire.....33**

Dan Chépo Ghislaine

Yao Kouadio

Louis Ban Koffi

**Enquête Ethnobotanique Sur Les Plantes Médicinales Utilisées Dans La
Prise En Charge Traditionnelle Des Maladies Infectieuses Dans La
Région Sanitaire Lomé-Commune Du Togo.....46**

Aboudou, A. Dahounom

Koffi Koudouvo

**Evaluation Des Risques D'érosion Hydrique Et Cartographie Des Zones
Vulnérables Par La Méthode RUSLE Couplée Aux SIG Et À La
Télédétection Dans Le Bassin Versant d'Agoudal En Amont De La Vallée
d'Imilchil (Haut Atlas Central, Maroc).....66**

Youssef, El-Arbi Ait Yacine

Brahim Benzougagh

Laila Nassiri

Jamal Ibijbijen

**Blood Safety: On-Site Verification Of The Screening Of HIV, HBV And
HCV By Enzyme Linked Immuno-Sorbent Assay (ELISA) Kits From
Bio-Rad Laboratories At The “Centre National De Transfusion
Sanguine” (CNTS) Of Lomé In Togo.....92**

Gnatoulma Katawa

Christèle Nguépou Tchopba

Marthe Oukoé Amessoudji

Pelagie Edlom Tchadié

Simplice Damintoti Karou

Yaovi Ameyapoh

Liza Koboyo Nadjir

Ablam Ameyissa

Lochina Feteke

Esso-Mondjonna Tougoma

**Qualité Des Eaux De Boisson Conditionnées En Sachet Vendues Dans La
Région De Dakar Au Sénégal.....104**

Modou Dieng

Janvier Kindossi

Noumbé Diop

Mbaye Mbengue

**Prevalence Des Infections Parasitaires Dues Aux Protozoaires Identifies
Au Laboratoire National De Biologie Clinique Et De Sante Publique,
Bangui Republique Centrafricaine.....115**

Ernest Lango-Yaya

Tatiana Ngalema

Freddy Marcelin Agboko

Romaric Lebon Bandom

Marcellin Namzeka

Donatien Clotaire Rafai

**Etude De L'arrière Effet Des Légumineuses Alimentaires Sur La
Productivité Des Légumes : Cas De La Tomate (*Solanum Lycopersicum*),
Cultivée Dans La Localité De Bouaké Au Centre De La Côte
d'Ivoire.....125**

Noupé Diakaria Coulibaly

Christian Landry Ossey

André Gabazé Gadji

Mako François De Paul N'Gbesso

Lassina Fondio

Olivia Tiaplé Soro

Epidémiologie De La Mortalité En Réanimation Polyvalente De l'Hôpital National De Zinder Au Niger.....142

Magagi Amadou

Egbohoun Pilaimwé

Maikassoua Mamane

Boukari Mahamane Bawa

Typologie De La Pêche Et Production De Synodontis Membranaceus (Geoffroy Saint-Hilaire, 1809) Au Niveau De La Rivière Bagoué (Côte d'Ivoire).....150

Kassoum Kouyate

Aké Théophile Bedia

Valentin N'Douba

Zéré Marius Gogbe

Preventive Measures Against The Vectors Of Malaria In Akanda, Southwest Gabon: Knowledge, Attitudes, Practices, And Beliefs.....169

Richard Pamba

Silas Lenzzele Sevidzem

Aubin Armel Koumba

Christophe Roland Zinga-Koumba

Audrey Prisca Melodie Ovono

Rodrigue Mintsas-Nguema

Jacques François Mavoungou

Alexis Mbouloungou

Felicien M'Foubou Kassa

Pyazzi Obame Ondo Kutomy

**Prevalence Des Maladies Stomatologiques En Milieu Cardiologique Dans
Les Hopitaux Nationaux De Niamey.....180**

Moussa M., Kolié A.

Camara A.

Kourouma A.

Saley M.

Touré A.

**Single Versus Combined Forecasting: The Case Of Wind Run
Data.....189**

Bushirat T. Bolarinwa

Ismaila A. Bolarinwa

**The Corona Virus Pandemic And Stochastic Growth: Implications For
Developed, Developing, And Emerging Economies.....204**

Diana Loubaki

**Indices De Minéralisations En Or Dans La Province Panafricaine Du Sud
Maradi (Sud Niger).....238**

Souley Baraou Idi

Moussa Konaté

Yacouba Ahmed

Abdoulwahid Sani

Prise En Charge Des Hernies De L'aine Au Chu-Kara (Togo).....256

Dossouvi Tamegnon

Kanassoua Kouliwa Kokou

Kassegne Iroukora

Amouzou Efoe-Ga Olivier

Adabra Komlan

Dosseh Ekoué David

**Agriculture À Base D'anacarde Et Formes Traditionnelles De
Mobilisation De La Main D'oeuvre Agricole Chez Les Fohobélé Au
Centre-Nord De La Côte d'Ivoire.....265**

Ouattara Nanfouhoro Paul-Kévin

**Productividad De La Lechuga (Lactu Sativa L.) En Acuaponía E
Hidroponía.....283**

Bautista Olivas Ana Laura

Fernandez David Rene

Alvarez Chavez Clara Rosalia

Mexia Sanchez Angel Carlos

Mendoza Cariño Mayra

Garcia Cabello Karla

**Caracterización Térmica De Vidrios Con Recubrimientos
Metálicos.....305**

Enrique Hernández-Garfias

Carolina del Carmen Pérez-Sánchez

Temani Durán-Mendoza

Juan Guzmán-Ceferino

Manuel González-Pérez

Use Of Altmetric And Bibliometric Indicators To Measure Scientific Productivity In The Fields Of Life And Earth Sciences: Case Study From Haiti.....316

Jasmine Césars

Magline Alexis

Evens Emmanuel

Prevalence Of Alcohol Consumption In First-Year Romanian Medical Students And Its Association With Cardiovascular Risk Factors.....337

Adriana Gherbon

Romulus Timar

Mirela Frandes

Marioara Nicula

Dorel Dronca

Mirela Ahmadi

The Automation Of Robotic Processes In Jordanian Banks: Obstacles And Applications.....350

Abedalfattah Zuhair Al-abedallat

Ali Bakhit Jaafreh

Duraid Kamel Alshbib

Consumo De Drogas Y Estrés En Estudiantes De Medicina De La Ciudad De Querétaro, México.....366

Diana Laura Sánchez Camacho

María Magdalena Gachuzo Elías

Ruth Magdalena Gallegos Torres



Existence Of Right Ventricular Structural And Functional Changes In Essential Hypertension And Its Importance In Modern Medicine

Ana Minashvili MD.

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University
Acad. G. Chapidze Heart Disease Center, Tbilisi, Georgia

Ann Rekhviashvili MD, PhD.

P. Shotadze Tbilisi Medical Academy, Tbilisi, Georgia
A. Aladashvili Clinic, Tbilisi, Georgia

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p1](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p1)

Submitted: 11 January 2021

Accepted: 24 May 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Minashvili A. & Rekhviashvili N. (2021). *Existence Of Right Ventricular Structural And Functional Changes In Essential Hypertension And Its Importance In Modern Medicine*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p1>

Abstract

The structural and functional changes of left and right ventricles as well as the existence of ventricular interaction in patients with arterial hypertension (AH) were discussed in many research papers. Therefore, published data regarding right ventricular changes under influence of AH are scarce, non-univocal, and sometimes contradictory. Furthermore, there is a significant lack of clinical trials addressing the influence of circadian BP profile on RV structure and function.

The importance of right ventricular function in maintaining global cardiac performance was proven. However, the importance of the right ventricular structure and function for cardiovascular morbidity and mortality is still under debate. Despite the abundance of the study data and high vulnerability of the right ventricle under influence of AH, the world's leading contemporary guidelines of the AH management, right ventricular remodeling, its morphology, function, evaluation, predictive and prognostic value are neither discussed nor mentioned. Hence, we strongly believe that further investigations are needed to determine the exact clinical utility and

prognostic value of right ventricular functional and morphological changes in patients with arterial hypertension. Moreover, standardization and improvement of diagnostic methodologies of the RV changes via echocardiography, computed tomography, and Magnetic Resonance Imaging are important, which might have a crucial meaning for professionals involved in AH management.

The review article aims to discuss anatomic and physiologic aspects of the right ventricle and their discrepancies according to age, sex, and race, the prognostic meaning of RV remodeling, and review current publications regarding the influence of high blood pressure and its circadian profile on the prevalence of functional and structural changes of RV. Hence, we performed a literature search of the PUBMED database using the medical subject headings "arterial hypertension", "essential hypertension", "systemic hypertension", "circadian BP profile", "remodeling", "right ventricle", "morphology", "anatomy" and "function". A manual search for additional studies was performed using references cited in the original articles.

Keywords: Arterial Hypertension, Right Ventricle, Non-Dipping, Ventricular Interaction, Ventricular Remodeling

Introduction

Over the centuries, researchers paid enormous attention to the evaluation of left ventricle (LV), its geometry, and function in patients with arterial hypertension (AH). AH is the most important cardiovascular risk factor involved in the transition process from normal structure and geometry to LV remodeling by inducing interstitial fibrosis and myocyte hypertrophy resulting in alterations of both LV systole and diastole (Frohlich et al., 2011; Treibel et al., 2017; Altemani, 2016). LV hypertrophy nowadays is considered as the pivotal biomarker of hypertension-mediated subclinical organ damage and an intermediate step from hypertension to heart failure (Messerli et al., 2017). It is proven that LV hypertrophy is a predictor of cardiovascular events and indicates increased CV risk (Antikainen et al., 2016; Williams et al., 2018; Volpe et al., 2012; de Simone et al., 2015). Hence, normal values of LV dimensions, mass variabilities, functional characteristics, and volumes are well established.

Historically, scientists considered the right ventricle (RV) as a hemodynamically unimportant heart chamber and perceived it as the „low-pressure bystander“ of the left ventricle (Sanz et al., 2019). Accordingly, its clinical meaning and significance have been underestimated. Sir William Harvey was the first who described the importance of structural and functional changes of RV in his treatise “De Motu Cordis” in 1616 year.

Left ventricular hypertrophy (LVH) is an important marker of hypertension-mediated organ damage and an intermediate step from hypertension to heart failure. Until the first half of the 20th century, studies regarding RV were overshadowed and the hypothesis that human circulation could function adequately without contractility of RV was prevalent among scientists (Haddad et al., 2008). Due to the underestimation of RV meaning and its complex shape, assessment of RV size, function and geometry was lacking for centuries. Starr et al. in 1943 reported that destruction of RV free wall in dogs did not affect overall cardiac performance (Starr et al., 1943). Angiographic studies performed by Gentzler et al. in 1974 also failed to demonstrate a relationship between right ventricular afterload or peak systolic pressure and pump performance (Gentzler et al., 1974). Right heart, as a scientific target, became relatively more important from 1950 to the late 1970s. The RV was “rediscovered” only after the development of cardiac imaging techniques due to evidence indicating that the RV can indeed be a significant contributor to functional hemodynamics and cardiac output (Guimaron et al., 2018; Konstam et al., 2018). RV function was found to have a vital role in cardiovascular and total morbidity and mortality (Carluccio et al., 2018; Naksuk et al., 2018; Murninkas et al., 2014). It is well-established fact that a decrease in RV systolic function is an independent predictor of adverse outcomes, including heart failure-associated hospitalization and mortality (Sanders et al., 2020). Studies showed, that pathologies involving pulmonary or systemic circulation, such as arterial hypertension, heart failure, vascular heart disease, mitral and aortic valve diseases, shock, sepsis, etc. are in association with changes in RV function and geometry (Akintunde et al., 2010; Tadic et al., 2018; Monitillo et al., 2020; Rallidis et al., 2014; Ye et al., 2014; Winkelhorst et al., 2020; Lanspa et al., 2021). Therefore, published data regarding right ventricular changes under influence of AH are scarce, insufficient, heterogeneous, and sometimes contradictory. Furthermore, there is a significant lack of clinical trials addressing the influence of circadian BP profile on RV structure and function.

The basics of RV dimensions and function were partly and quite superficially described in the recommendations for chamber quantification published in 2005 by the American and European Societies of Echocardiography, which mainly focused on the left heart assessment (Lang et al., 2005). Relatively complete recommendations regarding RV assessment were published in 2010 in the “Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults” (Rudski et al., 2010). Hence, because of the importance of RV function for prognosis, there is a need for further improvement of diagnostic methodology as well as standardization of the RV echocardiographic, computed tomography, and magnetic resonance imaging findings.

This review article aims to discuss anatomic and physiologic aspects of right ventricle, the influence of age, sex, and race on these parameters, prognostic meaning of RV remodeling and to provide an overview of current knowledge regarding the influence of high blood pressure and its circadian profile on the prevalence of functional and structural changes of RV. Hence, we performed a literature search of the PUBMED database using the medical subject headings “arterial hypertension”, “essential hypertension”, “systemic hypertension”, “circadian BP profile”, “remodeling”, “right ventricle”, “morphology”, “anatomy” and “function”. A manual search for additional studies was performed using references cited in the original articles.

Main Text

Anatomic Aspects of RV

The RV and LV have different embryological origins. The RV originates from the secondary heart field and LV from the primary heart field; hence, in the healthy heart, RV has a specific structure that differs from LV (Friedberg et al., 2014). Transverse fibers are predominantly located in the RV free wall that surrounds the septum, whereas the septum contains oblique helical fibers without a transverse component. RV is located behind the sternum and anterior to LV. It forms the majority of the anterior, as well as the inferior border of the cardiac silhouette. In comparison with LV, in a healthy adult RV is a thin-walled structure, which is well accustomed to low pulmonary resistance and low afterload (Chakane, 2020; Taverne et al., 2020). Unlike the LV, which has an ellipsoid or conical shape, the RV has a unique triangular (in lateral section) and crescent (in cross-section) or pyramidal shape that wraps around LV. The RV has one-sixth of the muscle mass of LV as it pumps against approximately one-sixth of the resistance of the LV encounters. However, the RV pumps equal cardiac output as LV (Friedberg et al., 2014).

Unlike the LV, RV does not have a helicoid shape. The interventricular septum represents a dominant biventricular helical structure that determines the systolic function of both ventricles and is considered as the “lion of the RV function” (Tadic et al., 2018; Buckberg et al., 2006; Buckberg et al., 2014). The RV and LV are closely interrelated not only through the septum but also shared epicardial circumferential myocytes and the pericardial space, all of which constitute the anatomic basis for biventricular functional systolic and diastolic interdependence (Naeije et al., 2017; Sanz et al., 2019).

In 1975, Goor and Lillehei defined three components of the RV; namely, (1) the inlet, which consists of the tricuspid valve, chordae tendineae, and papillary muscles; (2) the trabeculated apical myocardium; and (3) the infundibulum, or conus, which corresponds to the smooth myocardial outflow

region. Thus, a three-part description of RV was adopted and still is used in clinical anatomy (Muresian et al., 2016).

RV has a complex shape and is composed of multiple muscle layers that form a 3-dimensional network of fibers. The RV wall is about 2–5mm in thickness, $25\pm 5\text{g/m}^2$ in weight, and mainly composed of superficial and deep muscle layers (Wang et al., 2019). Muscular fibers of the superficial layer of the RV are mainly arranged circumferentially and the deep muscle fibers are longitudinally aligned base to apex. Mitral and aortic valves are in a fibrous continuity in the left ventricle, while tricuspid and pulmonary valves are separated from each other by the ventriculoinfundibular fold, which is the unique characteristic feature of the RV (Ho et al., 2006; Saremi et al., 2013; Addetia et al., 2014).

The position of the interventricular septum influences the shape of the RV. It is considered that the septal motion has a contribution to left and right ventricular function and is a major determinant of overall RV performance (Lindqvist et al., 2006; Klima et al., 1998; Buckberg et al., 2014).

The evaluation of the RV structure is dependent on the assessment of RV wall thickness. In the global population free of cardiovascular disease, RV wall thickness can be considered as an important predictor of morbidity and mortality (Kawut et al., 2012). In comparison with conventional echocardiography, three-dimensional echocardiography and speckle tracking imaging give better insight for the assessment of RV morphology, function, and mechanics (Tadic, 2015). Technological advances have made it possible to visualize and characterize a variety of diseases that affect the RV more precisely. According to Goetschalckx et al., MRI imaging of the RV is patient-tailored, integrating RV functional and volumetric analysis, which gives an excellent opportunity for assessment of cardiac morphology, myocardial tissue characteristics, great vessel anatomy, and flow patterns, which provide the clinician a complete view of the RV being an essential part of the cardiopulmonary system (Goetschalckx et al., 2010). A meta-analysis conducted by Kim et al. demonstrated a good agreement and very strong correlations between RV anatomical and functional parameters on CT and cardiac MRI (Kim et al., 2020). For today, cardiac MRI is considered as the reference standard; however, the technique is contraindicated in some patients, such as those with implantable or supporting devices and claustrophobia. Therefore, CT can be considered as an alternative tool for cardiac chamber function evaluation in patients who cannot undergo cardiac MRI (Rizvi et al., 2015; Gopalan et al., 2011). Hence, cardiac MRI and cardiac computer tomography are the most accurate methods, but their availability and high cost remain the major limitation to their routine use in everyday clinical practice (Galea et al., 2013; Mak et al., 2020).

Physiological Aspects of Right Ventricular Function

The heart is the first organ to be formed during embryogenesis, which starts beating on day 21. Heart formation consists of four key phases: tubular heart formation, cardiac looping, chamber formation, and complete septation with the development of the coronary arteries (Taverne et al., 2020).

The importance of RV function is evident even during the intrauterine period, when it serves as the predominant ventricle and shares a similar preload and afterload with the LV but ejects approximately 66% of the cardiac output. At this stage of development, blood flow per gram of myocardium is identical in both ventricles (Mielke et al., 2001). With the closure of the foramen ovale and the ductus arteriosus, which occur at birth, pulmonary vascular resistance decreases, which is accompanied by a reduction in RV pressure and coronary blood flow, with a concomitant increase in LV myocardial blood flow (Walker et al., 2013). Consequently, functional capacities of both ventricles dramatically change after birth and the LV quickly develops into a thick-walled, highly contractile chamber, while the RV becomes a highly compliant, thin-walled, and poorly contractile chamber (Hooper et al., 2015).

The blood supply of RV is mainly derived from the right coronary artery (RCA) and partially from the left anterior descending branch of the left coronary artery (LCA). The timing of RCA blood flow is unique. Unlike the blood flow in LCA, in RCA blood flows during diastole and systole. This "dual source" of RV coronary blood flow can be considered as a reason for the relatively small percentage of significant RV dysfunction in patients with significant occlusion of the RCA (Haddad et al., 2008).

The RV has a unique and highly synchronized fashion of contraction. RV sinus and apex contract 20 to 50 ms earlier than the conus, resulting in a peristalsis-like motion (Calcuttea et al., 2011). Because of higher curvature, late contraction, and greater inotropic response, the conus may serve as a buffer against high systolic pressure (Hadad et al., 2008). In contrast with the vortex-dominated flow organization of the LV, RV is mainly characterized by the helical flow along the septum, largely circumventing the apex (Sengupta et al., 2013). Accordingly, the role of the apex may be maintaining a smooth and continuous blood flow rather than contributing to ejection (Fredriksson et al., 2011).

Although traditionally it has been usual to consider the function of the left and right ventricle in isolation, experimental studies confirmed interactions between the two sides of the heart; namely, the importance of LV in RV performance. LV contraction generates 20% to 40% of RV stroke volume, which is largely mediated by septal contraction (Lahm et al., 2018; Penny et al., 2016). In contrast with the LV, RV has a significantly thinner wall and lower volume-to-wall-surface area ratio, which makes RV unable to

cope with brisk increments in pulmonary artery pressures. Hence, an acute increase of preload and/or afterload is immediately associated with “heterometric” adaptation revealed as RV dilatation, which after several minutes is replaced by an “homeometric” adaptation and increased contractility (Sanz et al., 2019)

The functional status of RV is influenced by intrinsic factors that determine RV contractile performance such as the contractile state of the RV myocardium and by extrinsic factors, which determine RV pump performance such as afterload, preload, right coronary artery perfusion pressure, contractile state of the interventricular septum, left ventricular performance, constraining effects of the pericardium and intrapericardiac pressure.

Age, Sex and Race Differences in Right Ventricular Structure and Function

It is a well-known fact that LV mass and volumes vary significantly by age, sex, and race (Natori et al., 2006; Cheng et al., 2009). Because of substantial differences between morphology, physiology, workload, and perfusion of left and right ventricles, extrapolation of findings from the LV to the RV is practically impossible.

Results from studies, investigating relationships between older age and LV mass are controversial. They showed increased, decreased, or not changed LV mass with aging (Sandstede et al., 2000; Tamborini et al., 2010; Ventetuolo et al., 2011; Ventetuolo et al., 2016). The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA), where were involved 4123 patients (mean age 61.5 ± 10.1 years old) showed a strong association between age, sex, race, and RV mass, volumes, and ejection fraction (EF) (Kawut et al., 2011). Similar to the MESA study, other authors also revealed a strong association between older age and lower RV mass and higher RV EF (Sandstede et al., 2000; Maceira et al., 2006). Autopsy studies confirmed the existence of “aging cardiomyopathy”, which is characterized by myocyte loss and change in myocyte quality, which explains the age-related decrease of RV mass and increased RV EF (Olivetti et al., 1995). In contrast with the above data, results obtained by Hudsmith et al. show that men and women older than 35 years old have higher RV mass in comparison to those, who are younger than 35 years old (Hudsmith et al., 2005). Maffessanti et al., as well as Sandstede et al., reported sex-specific differences in RV mass and volume; RV volumes were larger and EF lower in men than in women; hence, sex was a significant determinant of RV size even after scaling for anthropometric variables (Maffessanti et al., 2013; Sandstede et al., 2000). Similar results were obtained by Kawut and Tamborini, who also reported lower RV EF in male patients compared to females (Kawut et al., 2011; Tamborini et al., 2010).

These findings may be explained via hormonal influences. The MESA-Right Ventricle Study showed a strong association between higher estradiol levels and better systolic function of RV as well as higher androgen levels and greater RV mass and volumes in both sexes (Ventetuolo et al., 2011). Sex-based differences in right heart function were explained as alterations in estradiol metabolism in women and testosterone-androgen receptor interactions in men, where race appears to be an important modifier of some of these relationships (Ventetuolo et al., 2016). Compared with whites, blacks and Chinese Americans have lower and Hispanics higher RV mass (Kawut et al., 2011). Unlikely to RV mass, blacks have greater LV mass, and accordingly, LV hypertrophy is frequently found in normotensive as well as in hypertensive subjects (Drazner et al., 2005; Rodriguez et al., 2010; Katholi et al., 2011). Therefore, Asch et al. found out that in contrast with Asians and Mexicans who have smaller heart dimensions and volumes, people of White and Black race have similar heart dimensions and volumes (Asch et al., 2019).

In a Bogalusa Heart Study and CDAH Study was revealed that childhood adiposity and different body growth patterns have strong effects on interracial differences of left and right ventricle mass and cardiac structure (Li et al., 2004; Tapp et al., 2014).

Influence of arterial hypertension on RV structure and function

The crucial role of the renin-angiotensin system (RAS) in the regulation and stabilization of BP, extracellular fluid volume homeostasis, and consequently in the pathogenesis of AH has been proven decades ago. Angiotensin II is one of the most powerful vasoconstrictors, which contributes to the development of end-organ damage through direct effects on cardiac, vascular, and renal tissues. It influences the adrenals, adipose tissue, nervous system, digestive organs, skin, reproductive tract, and sensory organs (Te Riet et al., 2015). RAS's role on LV structure and function is established, but data regarding its contribution to RV performance are heterogeneous (Ikram et al., 1982; Therrien et al., 2008). Interventions targeting RAS to prevent RV remodeling in the setting of pulmonary hypertension showed promising results (Okada et al., 2009). Ventetuolo et al. studied the influence of RAS blockage on RV structure and function via cardiac magnetic resonance imaging in 6814 patients without clinically manifested cardiovascular diseases and revealed a strong association between RAS blockage and RV mass and volume in a race-specific and LV-independent manner (Ventetuolo et al., 2012).

The absolute majority of the studies regarding AH focused on LV assessment; because of chronic pressure overload while AH, formation of LV hypertrophy maintains normal LV systolic function (Katholi et al., 2011; Angeli et al., 2015). Studies regarding RV are mostly performed in patients with lung diseases. These studies revealed that RV hypertrophy and diastolic

dysfunction is a common finding due to the alveolar hypoxia in patients with chronic obstructive pulmonary disease and obstructive sleep apnoea syndrome (Maripov et al., 2017; Raisinghani et al., 2015; Güvenç et al., 2013; Jatav et al., 2017). RV performance in patients with AH is not well established yet, because of lacking evidence-based data.

French physician and neurologist Hippolyte Bernheim (1840-1919) was the first, who described interventricular septum hypertrophy due to AH and consequent RV changes. He described 10 cases in his original article and titled it “Venous asystole in hypertrophy of the left heart with associated stenosis of the right ventricle.” In that article, Bernheim included two drawings, one of a normal heart and one with a thickened left ventricular wall with the thick ventricular septum protruding toward the right ventricular cavity (Chung et al., 2013). Bernheim’s syndrome has been a topic of discussion for over a century. It has been reported to be caused by AH and aortic stenosis due to the severe rightward movement of the hypertrophied ventricular septum resulting in compression of the RV cavity leading to right-sided heart failure without pulmonary congestion. In 1936, Podestia renamed Bernheim’s syndrome and called it dextroventricular stenosis (East et al., 1949). Olivary et al. revealed that the development of ECG signs of LV strain is related to the abnormal performance of both sides of the heart and suggested the hypothesis of a functional interdependence of the two ventricles (Olivari et al., 1978). Iliev et al. studied the development of cardiac hypertrophy initiated by systemic hypertension in different age groups of spontaneously hypertensive rats. In both ventricles, authors described focal myocytolysis, cardiomyocytic hypertrophy, and increased collagen deposition in the interstitial space. Changes were present in the cardiomyocytic nuclei, the development, and maturity of the intercalated discs, the arrangement, maturity, and organization of the myofibrils, the ultrastructure and localization of the mitochondria, as well as changes in the components of the interstitium. Researchers demonstrated the involvement of the right ventricle and the development of cardiac hypertrophy in response to systemic hypertension in both ventricles (Iliev et al., 2019). Other scientists also revealed AH-mediated changes in RV (Alpert et al., 1985; Ferlinz, 1980; Nunez et al., 1987).

The existence and importance of RV dysfunction in patients with AH were widely recognized in recent years, with the development of new imaging modalities (Marketou et al., 2019). However, very little is known about the nature of RV performance when the left ventricle is exposed to a chronic pressure overload that takes place in essential hypertension (Abdeltawab et al., 2018). The usage of fractional area shortening, tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE), or tissue Doppler parameters (systolic peak velocity of the RV free wall at the level of the tricuspid valve and isovolumetric contraction time) for assessment RV function in hypertensive patients resulted

in controversial results (Hanboly, 2016; Gregori et al., 2014; Tumuklu et al., 2007; Karaye et al., 2012). Hence, using of myocardial performance index (Tei index) as a parameter of RV dysfunction, the negative influence of AH on RV systolic-global function becomes evident (Gregori et al., 2014). Unlike the uncertainty that exists in the relationship between AH and RV systolic function, almost all investigators agree that AH impacts RV diastolic function (Tadic et al., 2014; Tadic et al., 2015; Tadic et al., 2017). In contrast with RV systolic function, the evaluation of RV diastolic function is mainly performed by pulsed and/or tissue Doppler indices. Myslinski et al. studied RV structure and diastolic function in 59 patients with untreated, mild to moderate AH to establish the possible mechanisms of RV dysfunction in hypertensive patients (Myslinski et al., 1998). In comparison with Gottdiener et al. who found that the average RV wall thickness in healthy subjects is 4 ± 1 mm (range 3–5 mm) measured from the parasternal window, Myslinski et al. revealed an increased RV wall thickness till the upper limit (7mm), significantly thicker interventricular septum and posterior wall, lower RV diastolic filling time and higher peak atrial velocity in hypertensive individuals (Gottdiener et al., 1985). Similar results were obtained by Nunez et al., who demonstrated RV wall hypertrophy in hypertensive subjects and a positive correlation between the thickness of the left and right ventricles, which can suggest the similar influence of AH on both ventricles (Nunez et al., 1987).

Significant correlations between left and right ventricular diastolic filling parameters in hypertensive subjects were demonstrated by Habib et al and Chakko et al. (Habib et al., 1992; Chakko et al., 1990). In comparison with normotensive subjects, hypertensive counterparts have significantly higher RV wall thickness, right atrial volume index, and tricuspid E/e' ratio, lower RV ejection fraction, increased pulmonary artery pressure, and pulmonary arteriolar resistance (Olivari et al., 1978; Ferlinz, 1980; Tadic et al., 2018). Abdeltawab et al. demonstrated that RV diastolic dysfunction is not only an early marker that is correlated to the presence of systemic arterial hypertension but also showed it to be a marker of its severity and degree of hypertension (Abdeltawab et al., 2018)

The impairment of RV systolic function in AH could be explained via RV hypertrophy, increased RV filling pressures, and ventricular interaction. Therefore, RV diastolic dysfunction might be explained by increased stiffness of the RV caused by hypertrophy, ventricular interaction, the retrograde transmission of increased LV filling pressure to the pulmonary circulation and ultimately to the RV, negative influence of renin-angiotensin-aldosterone and sympathetic nervous system on pulmonary circulation (Ferlinz, 1980).

Fiorentini et al. found a strong positive correlation between systemic vascular and pulmonary arteriolar resistance and suggested, that systemic, as well as pulmonary vasculature, are influenced by the same type of

dysregulation factors in systemic AH (Fiorentini et al., 1985). Cicala et al. via pulsed tissue Doppler revealed the main role of ventricular interaction in the formation of changes in right ventricular wall compliance (Cicala et al., 2002). The fact that development of increased right ventricular wall thickness takes part side by side with left ventricular hypertrophy points out on a presence of not only structural (RV and LV have common myocardial fibers, share the ventricular septum, and are enclosed within the pericardium), but functional interventricular interaction and interdependence as well (Hanboly, 2016). Todiere et al. confirmed that the unstressed ventricle is not immune to the effects of systemic hypertension; namely, systemic hypertension is associated with concentric right ventricular remodeling and impaired diastolic function. Structural and functional right ventricular adaptation to systemic hypertension tends to parallel the homologous modifications induced by a systemic hemodynamic overload on the left ventricle (Todiere et al., 2011). Results of the studies discussed above demonstrate the involvement of the right ventricle in AH and the relationship between the left and right ventricular function, despite the exact mechanisms of RV hypertrophy in AH are not clear. There are three major mechanisms, that could explain RV hypertrophy in AH. First, overstimulation of the sympathetic system and the renin-angiotensin-aldosterone system, which is the cornerstone for hypertension pathogenesis and could be responsible for increased pulmonary arteriolar resistance and, RV hypertrophy (Schermuly et al., 2011). Second, the mechanical interaction between the right and left ventricles through the interventricular septum and third, oxidative stress and endothelial dysfunction could induce changes in pulmonary circulation leading to RV hypertrophy (Tadic et al., 2018).

RV wall and interventricular septum thickening may play an important role in RV diastolic dysfunction in patients with AH. A lower than normal RV ejection fraction in hypertensive patients might be indicating the impairment of RV contractility. Thus, we can suggest that the assessment of RV performance in patients with AH, may be an additional, sensitive indicator of the course of disease (Vriz et al., 2018).

Relationship between circadian BP profile and RV function and morphology in hypertensive patients

Circadian BP rhythm and its pattern is the result of cyclic day-night alterations in behavior (physical activity, mental stress, environmental phenomena, posture) and endogenous circadian rhythms (neural, endocrine, endothelial, hemodynamic variables). The prognostic meaning of circadian BP profile for hypertensive patients is well documented (Verdecchia, 2000; Tsioufis et al., 2011). Studies that accounted for daytime and night-time BP in the same statistical model found that night-time BP is a stronger predictor of outcomes than daytime BP (Parati et al., 2014).

Historically, studies mostly addressed left ventricular changes in hypertensive patients with different circadian BP profiles (Yi et al., 2014; Cuspidi et al., 2013; Mezue et al., 2016; Abdalla et al., 2017). Tadic M. et al. were the first who studied RV mechanics and function in untreated hypertensive patients with different circadian BP patterns (Tadic et al., 2012; Tadic et al., 2014). They revealed that a non-dipper BP profile represents one of the independent predictors of RV diastolic and global function. Non-dipper hypertensive patients, in comparison with dippers, have significantly impaired RV function and mechanics, increased RV volumes, and decreased ejection fraction. After a few years they proved that RV mechanics are worse in the night-time and daytime-night-time hypertensive patients than in normotensive controls and isolated daytime hypertensive patients (Tadic et al., 2018). Akçay S. et al. evaluated right ventricular function in 131 hypertensive patients and similar to previous results revealed that non-dipper hypertensive patients compared to patients with dipper circadian BP profile have more deteriorated RV function (Akçay et al., 2013). Erturk M. et al. demonstrated that non-dipper hypertensives have increased left and right ventricular subclinical systolic dysfunction compared with dippers (Erturk et al., 2014). Ivanovic B. et al. in the cross-sectional study, which included 376 hypertensive patients, found out that RV thickness and most RV diastolic parameters significantly and progressively worsened from the dippers, over the non-dippers and the reverse dippers (Ivanovic et al., 2013). In their study nighttime systolic BP, nocturnal systolic BP fall, and the non-dipping profile were independently associated with LV and RV structure, as well as with diastolic function.

Tadic et al. conducted a prospective study and investigated the predictive value of RV remodeling and 24-h BP patterns on long-term cardiovascular prognosis in the initially untreated hypertensive patients. They included 505 patients and followed for a median period of 9 years. Authors revealed that LV hypertrophy, night-time SBP, the non-dipping BP pattern, right atrial enlargement, RV hypertrophy, RV diastolic dysfunction, and RV systolic dysfunction were associated with adverse cardiovascular events. Moreover, RV hypertrophy and the reverse dipping BP pattern were independent long-term predictors of the cardiovascular outcome (Tadic et al., 2020). Moreover, in comparison with patients with physiological night-time BP lowering i.e. dipper circadian BP profile (nighttime BP drop is 10-20%), non-dipper hypertensive patients who do not have night-time dipping (nighttime BP drop is <10%) or have higher night-time BP than daytime (reverse dippers), have a substantially increased risk of cardiovascular and cerebrovascular morbidity and mortality (Mancia et al., 2015; Hansen et al., 2011; Hermida et al., 2011; Yano et al., 2012).

Conclusion

Clinical studies indicate that RV hypertrophy and dysfunction are common in patients with AH. Despite proven interaction between the left and right ventricles while AH, there is still debate on the prognostic value of RV function and its association with clinical outcomes (Cuspidi et al., 2013; Bleasdale et al., 2002; Peyrou et al., 2017). Published data regarding right ventricular changes under influence of AH are scarce, non-univocal, and sometimes contradictory. Furthermore, view clinical trials addressing the influence of circadian BP profile on RV structure and function. There is not homogenous and univocal data regarding assessment methodology and principles of RV. Hence, the term “right heart”, its remodeling, assessment, and prognostic meaning are not discussed, even mentioned in the world-leading contemporary guidelines of the AH management (Whelton et al., 2018; Gabb et al., 2016; Nerenberg et al., 2018; Williams et al., 2018; Umemura et al., 2019). Consequently, further investigations are needed to determine the clinical utility and prognostic value of RV functional and morphological changes in patients with AH. It is immensely important to standardize and improve the diagnostic methodology of RV evaluation via echocardiography, computed tomography, and/or magnetic resonance imaging, which might have a crucial meaning for professionals involved in hypertension management to improve patients' prognosis.

References:

1. Frohlich E.D., González A. and Díez J. (2011): Hypertensive left ventricular hypertrophy risk: beyond adaptive cardiomyocytic hypertrophy. *J Hypertens.* 29:17–26.
2. Treibel T.A., Kozor R., Menacho K., Castelletti S., Bulluck H., Rosmini S., Nordin S., Maestrini V., Fontana M. and Moon J.C (2017): Left ventricular hypertrophy revisited: cell and matrix expansion have disease-specific relationships. *Circulation.* 136:2519–2521.
3. Altemani A. (2016): Prevalence Of Diabetes Mellitus, Hypertension And Hyperlipidemia Among Students And Employees In University Of Tabuk, Saudi Arabia. *European Scientific Journal* 12(6):67-82.
4. Cuspidi C., Facchetti R., Bombelli M., Tadic M., Sala C., Grassi G. and Mancia G. (2019): High Normal Blood Pressure and Left Ventricular Hypertrophy Echocardiographic Findings From the PAMELA Population. *Hypertension.* 73:612–619.
5. Messerli F.H., Rimoldi S.F. and Bangalore S. (2017): The transition from hypertension to heart failure: contemporary update. *JACC Heart fail.* 5:543–551.

6. Antikainen R., Peters R., Beckett N.S., Fagard R.H., Wang J.G., Rajkumar C. and Bulpitt C.J. (2016): Left ventricular hypertrophy is a predictor of cardiovascular events in elderly hypertensive patients: Hypertension in the Very Elderly Trial. *J Hypertens.* 34(11):2280-2286.
7. Williams B., Mancia G., Spiering W., Agabiti Rosei E., Burnier M., Clement D., Coca A., de Simone G., Dominiczak A., Kahan T., Mahfoud F., Redon J., Ruilope L., Zanchetti A., Kerins M., Kjeldsen S., Kreutz R., Laurent S., Lip G., McManus R., Narkiewicz K., Ruschitzka F., Schmieder R., Shlyakhto E., Tsioufis C., Aboyans V. and Desormais I. (2018): 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Hypertension. *European Heart Journal.* 39:3021-3104.
8. Volpe M., Battistoni A., Tocci G., Rosei E.A., Catapano A.L., Coppo R., del Prato S., Gentile S., Mannarino E., Novo S., Prisco D. and Mancia G. (2012): Cardiovascular risk assessment beyond systemic coronary risk estimation: a role for organ damage markers. *J Hypertens.* 30:1056–1064.
9. de Simone G., Izzo R., Aurigemma G.P., De Marco M., Rozza F., Trimarco V., Stabile E., De Luca N. and Trimarco B. (2015): Cardiovascular risk in relation to a new classification of hypertensive left ventricular geometric abnormalities. *J Hypertens.* 33:745–754.
10. Sanz J., Sánchez-Quintana D., Bossone E., Bogaard H.J. and Naeije R. (2019): Anatomy, Function, and Dysfunction of the Right Ventricle: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol.* 73(12):1463–1482.
11. Haddad F., Hunt S., Rosenthal D. and Murphy D. (2008): Right Ventricular Function in Cardiovascular Disease, Part I. Anatomy, Physiology, Aging, and Functional Assessment of the Right Ventricle. *Circulation.* 117:1436-1448.
12. Starr I., Jeffers W.A. and Meade R.H. (1943): The absence of conspicuous increments in venous pressure after severe damage to the right ventricle of the dog, with a discussion of the relation between clinical congestive failure and heart disease. *Am Heart J.* 3:291-301.
13. Gentzler R.D., Briselli M.F. and Gault J.H. (1974): Angiographic estimation of right ventricular volume in men. *Circulation.* 50:324-330.
14. Guimaron S., Guihaire J., Amsallem M., Haddad F., Fadel E. and Mercier O. (2018): Current Knowledge and Recent Advances of Right

- Ventricular Molecular Biology and Metabolism from Congenital Heart Disease to Chronic Pulmonary Hypertension. *Res Int.* 1981568.
15. Konstam M.A., Kiernan M.S., Bernstein D., Bozkurt B., Jacob M., Kapur N.K., Kociol R.D., Lewis E.F., Mehra M.R., Pagani F.D., Raval A.N. and Ward C. (2018): Evaluation and management of right sided heart failure: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 137(20):e578–e622.
 16. Carluccio E., Biagioli P., Alunni G., Murrone A., Zuchi C., Coiro S., Riccini C., Mengoni A., D'Antonio A. and Ambrosio G. (2018): Prognostic value of right ventricular dysfunction in heart failure with reduced ejection fraction: superiority of longitudinal strain over tricuspid annular plane systolic excursion. *Circ Cardiovasc Imaging.* 11(1):e006894
 17. Naksuk N., Tan N., Padmanabhan D., Kancharla K., Makkar N., Yogeswaran V., Gaba P., Kaginele P., Riley D.C., Sugrue A.M., Rosenbaum A.N., El-Harasis M.A., Asirvatham S.J., Kapa S. and McLeod C.J. (2018): Right ventricular dysfunction and long-term risk of sudden cardiac death in patients with and without severe left ventricular dysfunction. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 11(6):e006091.
 18. Murninkas D., Alba A.C., Delgado D., McDonald M., Billia F., Chan W.S. and Ross H.J. (2014): Right ventricular function and prognosis in stable heart failure patients. *J Card Fail.* 20(5):343-349.
 19. Parrinello G., Torres D., Buscemi S., Di Chiara T., Cuttitta F., Cardillo M., Pluchinotta F.R., Scaglione R., Paterna S. and Pinto A. (2019): Right ventricular diameter predicts all-cause mortality in heart failure with preserved ejection fraction. *Intern Emerg Med.* 14(7):1091-1100.
 20. Sanders J.L., Koestenberger M., Rosenkranz S. and Maron B.A. (2020): Right ventricular dysfunction and long-term risk of death. *Cardiovasc Diagn Ther.* 10(5):1646-1658.
 21. Akintunde A., Akinwusi P., Familoni O. and Opadijo O. (2010): Effect of systemic hypertension on right ventricular morphology and function: an echocardiographic study. *Cardiovasc J Afr.* 21:252–256.
 22. Tadic M., Cuspidi C., Bombelli M. and Grassi G. (2018): Right heart remodeling induced by arterial hypertension: Could strain assessment be helpful? *J Clin Hypertens.* 20:400-407.
 23. Monitillo F., Di Terlizzi V., Gioia M.I., Barone R., Grande D., Parisi G., Brunetti N.D. and Iacoviello M. (2020): Right Ventricular Function in Chronic Heart Failure: From the Diagnosis to the Therapeutic Approach. *J Cardiovasc Dev Dis.* 7(2):12. doi: 10.3390/jcdd7020012.
 24. Rallidis L.S., Makavos G. and Nihoyannopoulos P. (2014): Right ventricular involvement in coronary artery disease: role of

- echocardiography for diagnosis and prognosis. *J Am Soc Echocardiogr.* 27(3):223-229.
25. Ye Y., Desai R. and Vargas A. (2014): Effects of right ventricular morphology and function on outcomes of patients with degenerative mitral valve disease. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 148:2012-2020.
 26. Winkelhorst J.C., Bootsma I.T., Koetsier P.M., de Lange F. and Boerma E.C. (2020): Right Ventricular Function and Long-Term Outcome in Sepsis: A Retrospective Cohort Study. *Shock.* 53(5):537-543.
 27. Lanspa M.J., Cirulis M.M., Wiley B.M., Olsen T.D., Wilson E.L., Beesley S.J., Brown S.M., Hirshberg E.L. and Grissom C. (2021): Right Ventricular Dysfunction in Early Sepsis and Septic Shock. *Chest.* 159(3):1055-1063.
 28. Lang R.M., Bierig M., Devereux R., Flachskampf F., Foster E., Pellikka P., Picard M., Roman M., Seward J., Shanewise J., Solomon S., Spencer K., Sutton M. and Stewart W. (2005): Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocard.* 18:1440-1463.
 29. Rudski L.G., Lai W.W., Afilalo J., Hua L., Handschumacher M., Chandrasekaran K., Solomon S., Louie E. and Schiller N. (2010): Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults: A Report from the American Society of Echocardiography. Endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocard.* 23:685-713.
 30. Friedberg M.K. and Redington A.N. (2014): Right Versus Left Ventricular Failure Differences, Similarities, and Interactions. *Circulation.* 129:1033-1044.
 31. Chakane MP. (2020): The right ventricle. *Southern African Journal of Anaesthesia and Analgesia.* 26(6 Suppl 3):S123-127.
 32. Taverne Y.J.H.J., Sadeghi A., Bartelds B., Bogers J.J.C. and Merkus, D. (2020): Right ventricular phenotype, function, and failure: a journey from evolution to clinics. *Heart Fail Rev.* <https://doi.org/10.1007/s10741-020-09982-4>.
 33. Buckberg G.D. (2006): The ventricular septum: the lion of right ventricular function, and its impact on right ventricular restoration. *Eur J Cardiothorac Surg.* 29(Suppl 1): S272-278.

34. Buckberg G.D., Hoffman J.I.E., Coghlan H.C. and Nandac N.C. (2015): Ventricular structure–function relations in health and disease: Part II. Clinical considerations. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 47:778–787.
35. Naeije R. and Badagliacca R. (2017): The overloaded right heart and ventricular interdependence. *Cardiovasc Res*. 113:1474-1485.
36. Muresian H. (2016): The clinical anatomy of the right ventricle. *Clin. Anat*. 29(3):380–398.
37. Wang J.M.H., Rai R., Carrasco M., Sam-Odusina T., Salandy S., Gielecki J., Zurada A. and Loukas M. (2019): An anatomical review of the right ventricle. *Translational Research in Anatomy*. 17. 100049.
38. Ho S.Y. and Nihoyannopoulos P. (2006): Anatomy, echocardiography, and normal right ventricular dimensions. *Heart*. 92(suppl 1):i2-13.
39. Saremi F., Ho S.Y., Cabrera J.A. and Sanchez-Quintana J.A. (2013): Right Ventricular Outflow Tract Imaging With CT and MRI: Part 2, Function. *American Journal of Roentgenology*. 200:W51-W61.
40. Addetia K. and Patel A.R. (2014): Beyond right ventricular size and function: the importance of evaluating the right ventricle's capacity for recovery. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. 12(11):1269-73.
41. Lindqvist P., Morner S., Karp K. and Waldenström A. (2006): New aspects of septal function by using 1-dimensional strain and strain rate imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 19:1345-1349.
42. Klima U., Guerrero J.L. and Vlahakes G.J. (1998): Contribution of the interventricular septum to maximal right ventricular function. *Eur J Cardiothorac Surg*. 14:250-255.
43. Buckberg G. and Hoffman J.I.E. (2014): Right ventricular architecture responsible for mechanical performance: Unifying role of ventricular septum. *Evolving Technology/Basic Science* 148(6):3166-3171.
44. Kawut SM., Barr RG., Lima JA., Praestgaard A., Johnson WC., Chahal H., Ogunyankin K., Bristow M., Kizer J., Tandri H. and Bluemke D. (2012): Right ventricular structure is associated with the risk of heart failure and cardiovascular death: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA) – right ventricle study. *Circulation*. 126:1681-1688.
45. Tadic M. (2015): Multimodality evaluation of the right ventricle: an updated review. *Clin Cardiol*. 38:770-776.
46. Goetschalckx K., Rademakers F. and Bogaert J. (2010): Right ventricular function by MRI. *Current Opinion in Cardiology* 25(5): 451-455.
47. Kim J.Y., Suh Y.J., Han K., Kim Y.J. and Choi B.W. (2020): Cardiac CT for Measurement of Right Ventricular Volume and Function in

- Comparison with Cardiac MRI: A Meta-Analysis. *Korean Journal of Radiology*. 21(4):450-461.
48. Rizvi A., Deaño R.C., Bachman D.P., Xiong G., Min J.K. and Truong Q.A. (2015): Analysis of ventricular function by CT. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 9:1–12.
49. Gopalan D. (2011): Right heart on multidetector CT. *Br J Radiol*. 84:S306–S323.
50. Galea N., Carbone I., Cannata D., Cannavale G., Conti B., Galea R., Frustaci A., Catalano A. and Francone M. (2013): Right ventricular cardiovascular magnetic resonance imaging: normal anatomy and spectrum of pathological findings. *Insights Imaging*. 4(2):213–223.
51. Mak S.M. and Gopalan D. (2020): Right ventricle in adulthood: CT and MR assessment. *Postgraduate Medical Journal*. 96:487-494.
52. Mielke G. and Benda N. (2001): Cardiac Output and Central Distribution of Blood Flow in the Human Fetus. *Circulation*. 103:1662-1668.
53. Walker L.A. and Buttrick P. (2013): The Right Ventricle: Biologic Insights and Response to Disease: Updated. *Curr Cardiol Rev*. 9(1):73–81.
54. Hooper S.B., te Pas A.B., Lang J., van Vonderen J.J., Roehr C.C., Kluckow M., Gill A.W., Wallace E.M. and Polglase G.R. (2015): Cardiovascular transition at birth: a physiological sequence. *Pediatric Research*. 77:608–614.
55. Calcutteea A., Chung R., Lindqvist P., Hodson M. and Henein M.Y. (2011): Differential right ventricular regional function and the effect of pulmonary hypertension: three-dimensional echo study. *Heart*. 97:1004-1011.
56. Sengupta P.P. and Narula J. (2013): RV form and function: a piston pump, vortex impeller, or hydraulic ram? *J Am Coll Cardiol Img*. 6:636-639.
57. Fredriksson A.G., Zajac J., Eriksson J., Dyverfeldt P., Bolger A.F., Ebbers T. and Carlhäll C.J. (2011): 4-D blood flow in the human right ventricle. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 301:H2344-H2350.
58. Lahm T., Douglas I.S., Archer S.L., Bogaard H.J., Chesler N.C., Haddad F., Hemnes A.R., Kawut S.M., Kline J.A., Kolb T.M., Mathai S.C., Mercier O., Michelakis E.D., Naeije R., Tuder R.M., Ventetuolo C.E., Vieillard-Baron A., Voelkel N.F., Vonk-Noordegraaf A. and Hassoun P.M. (2018): Assessment of right ventricular function in the research setting: knowledge gaps and pathways forward. An official American Thoracic Society Research Statement *Am J Respir Crit Care Med*. 198:e15-e43.

59. Penny D.J. and Redington A.N. (2016): Function of the Left and Right Ventricles and the Interactions Between Them. *Pediatr Crit Care Med.* 17(8 Suppl 1):S112-118.
60. Natori S., Lai S., Finn JP., Gomes A., Hundley WG., Jerosch-Herold M., Pearson G., Sinha S., Arai A., Lima J. and Bluemke D. (2006): Cardiovascular function in multi-ethnic study of atherosclerosis: normal values by age, sex, and ethnicity. *Am J Roentgenol.* 186:S357-365.
61. Cheng S., Fernandes V.R., Bluemke D.A., McClelland R.L., Kronmal R.A. and Lima J.A. (2009): Age-related left ventricular remodeling and associated risk for cardiovascular outcomes: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2:191–198.
62. Sandstede J., Lipke C., Beer M., Hofmann S., Pabst T., Kenn W., Neubauer S. and Hahn D. (2000): Age- and gender-specific differences in left and right ventricular cardiac function and mass determined by cine magnetic resonance imaging. *Eur Radiol.* 10:438–442.
63. Tamborini G., Marsan NA., Gripari P., Maffessanti F., Brusoni D., Muratori M., Caiani E., Fiorentini C. and Pepi M. (2010): Reference values for right ventricular volumes and ejection fraction with real-time three-dimensional echocardiography: evaluation in a large series of normal subjects. *J Am Soc Echocardiogr.* 23:109–115.
64. Ventetuolo C.E., Ouyang P., Bluemke D.A., Tandri H., Barr R.G., Bagiella E., Cappola A., Bristow M.R., Johnson C., Kronmal R.A., Kizer J.R., Lima J.A. and Kawut S.M. (2011): Sex hormones are associated with right ventricular structure and function: The MESA-Right Ventricle Study. *Am J Respir Crit Care Med.* 183:659–667.
65. Ventetuolo CE., Mitra N., Wan F., Manichaikul A., Barr RG., Johnson C., Bluemke D., Lima JA., Tandri H., Ouyang P. and Kawut S. (2016): Oestradiol metabolism and androgen receptor genotypes are associated with right ventricular function. *Eur Respir J.* 47:553–563.
66. Kawut S.M., Lima J.A., Barr G., Chahal H., Jain A., Tandri H., Praestgaard A., Bagiella E., Kizer J., Johnson C., Kronmal R. and Bluemke D. (2011): Sex and Race Differences in Right Ventricular Structure and Function: The MESA-Right Ventricle Study. *Circulation.* 123(22):2542–2551.
67. Maceira A.M., Prasad S.K., Khan M. and Pennell D. (2006): Reference right ventricular systolic and diastolic function normalized to age, gender and body surface area from steady-state free precession cardiovascular magnetic resonance. *Eur Heart J.* 27:2879–2888.

68. Olivetti G., Giordano G., Corradi D., Melissari M., Lagrasta C., Gambert S.R. and Anversa P. (1995): Gender differences and aging: effects on the human heart. *J Am Coll Cardiol.* 26:1068–1079.
69. Hudsmith LE., Petersen SE., Francis JM., Robson MD. and Neubauer S. (2005): Normal human left and right ventricular and left atrial dimensions using steady state free precession magnetic resonance imaging. *J Cardiovasc Magn Reson.* 7:775–782.
70. Maffessanti F., Muraru D., Esposito R., Gripari P., Ermacora D., Santoro C., Tamborini G., Galderisi M., Pepi M. and Badano L.P. (2013): Age-, Body Size-, and Sex-Specific Reference Values for Right Ventricular Volumes and Ejection Fraction by Three-Dimensional Echocardiography: A Multicenter Echocardiographic Study in 507 Healthy Volunteers. *Circ Cardiovasc Imaging.* 6:700–710.
71. Drazner M.H., Dries D.L., Peshock R.M., Cooper R.S., Klassen C., Kazi F., Willett D. and Victor R.G. (2005): Left ventricular hypertrophy is more prevalent in blacks than whites in the general population: the Dallas Heart Study. *Hypertension.* 46:124–129.
72. Rodriguez C.J., Diez-Roux A.V., Moran A., Jin Z., Kronmal R., Lima J., Homma S., Bluemke D. and Barr G. (2010): Left ventricular mass and ventricular remodeling among Hispanic subgroups compared with non-Hispanic blacks and whites: MESA. *J Am Coll Cardiol.* 55:234–242.
73. Katholi R.E. and Couri D.M. (2011): Left Ventricular Hypertrophy: Major Risk Factor in Patients with Hypertension: Update and Practical Clinical Applications. *International Journal of Hypertension.* ID 495349. <https://doi.org/10.4061/2011/495349>.
74. Asch F.M., Miyoshi T., Addetia K., Citro R., Daimon M., Desale S., Fajardo P.G., Kasliwal R.R., Kirkpatrick J.N., Monaghan M., Muraru D., Ogunyankin K.O., Park S.W., Ronderos R.E., Sadeghpour A., Scalia G.M., Takeuchi M., Tsang W., Tucay E.S., Rodrigues A.C., Vivekanandan A., Zhang Y., Blitz A. and Lang R.M. (2019): Similarities and Differences in Left Ventricular Size and Function among Races and Nationalities: Results of the World Alliance Societies of Echocardiography Normal Values Study. *Clinical Investigations Normative Echocardiographic Values for LV Size and Function Around The World.* *J Am Soc Echocardiogr.* 32(11):1396–1406.
75. Li X., Li S., Ulusoy E., Chen W., Srinivasan S. and Berenson G. (2004): Childhood adiposity as a predictor of cardiac mass in adulthood: the Bogalusa Heart Study. *Circulation.* 110:3488–3492.

76. Tapp R., Venn A., Huynh Q.L., Raitakari O.T., Ukoumunne O.C., Dwyer T. and Magnussen C.G. (2014): Impact of adiposity on cardiac structure in adult life: the childhood determinants of adult health (CDAH) study. *BMC Cardiovascular Disorders*. 14:79. <https://doi.org/10.1186/1471-2261-14-79>.
77. Te Riet L., van Esch J., Roks A., van den Meiracker A.H. and Jan Danser A.H. (2015): Hypertension - Renin–Angiotensin–Aldosterone System Alterations. *Circulation Research*. 116:960-975.
78. Ikram H., Maslowski A.H., Nicholls M.G., Espiner E.A. and Hull F.T. (1982): Haemodynamic and hormonal effects of captopril in primary pulmonary hypertension. *Br Heart J*. 48:541-545.
79. Therrien J., Provost Y., Harrison J., Connelly M., Kaemmerer H. and Webb G. (2008): Effect of angiotensin receptor blockade on systemic right ventricular function and size: A small, randomized, placebo-controlled study. *Int J Cardiol*. 129:187-192.
80. Okada M., Harada T., Kikuzuki R., Yamawaki H. and Hara Y. (2009): Effects of telmisartan on right ventricular remodeling induced by monocrotaline in rats. *J Pharmacol Sci*. 111:193-200.
81. Ventetuolo C., Lima J., Barr G., Bristow M., Bagiella E., Chahal H., Kizer J., Lederer D., Bluemke D. and Kawut S. (2012): The renin-angiotensin system and right ventricular structure and function: The MESA-Right Ventricle Study. *Pulmonary Circulation* 2(3):379-386.
82. Katholi R. and Couri D. (2011): Left Ventricular Hypertrophy: Major Risk Factor in Patients with Hypertension: Update and Practical Clinical Applications. *Int J Hypertens*. 2011:1-10.
83. Angeli F. and Ambrosio G. (2015): Mechanisms of Left Ventricular Hypertrophy in Hypertension: More than Just Blood Pressure. *Rev Argent Cardiol*. 83:5-6.
84. Maripov A., Mamazhakypov A., Sartmyrzaeva M., Akunov A., Muratali uulu K., Duishobaev M., Cholponbaeva M., Sydykov A. and Sarybaev A. (2017): Right Ventricular Remodeling and Dysfunction in Obstructive Sleep Apnea: A Systematic Review of the Literature and Meta-Analysis. *Can Respir J*. 2017:1-13.
85. Raisinghani A., Jen R., Wilson J. and Malhotra A. (2015): Obstructive Sleep Apnea Effects on the Right Ventricle and Beyond. *Can J Cardiol*. 31(7):821–822.
86. Güvenç T., Erer H., Kul S. and Perincek G. (2013): Right ventricular morphology and function in chronic obstructive pulmonary disease patients living at high altitude. *Heart Lung Circ*. 22(1):31-37.
87. Jatav V., Meena S. and Jelja S. (2017): Echocardiographic findings in chronic obstructive pulmonary disease and correlation of right

- ventricular dysfunction with disease severity. *International Journal of Advances in Medicine*. 4(2):476-480.
88. Chung M.S., Ko J.M., Chamogeorgakis T., Hall S.A. and Roberts W.C. (2013): The myth of the Bernheim syndrome. *Proc (Bayl Univ Med Cent)*. 26(4):401-404.
 89. East T. and Bain C. (1949): Right ventricular stenosis (Bernheim's syndrome). *Br Heart J*. 11(2):145-154.
 90. Olivari M.T., Fiorentini C., Polese A. and Guazzi M.D. (1978): Pulmonary hemodynamics and right ventricular function in hypertension. *Circulation*. 58:1185-1190.
 91. Iliev A., Kotov G., Imitrova I.N. and Landzhov B. (2019): Hypertension-induced changes in the rat myocardium during the development of cardiac hypertrophy - a comparison between the left and the right ventricle. *Acta Histochem*. 121(1):16-28.
 92. Alpert M.A., Bauer J.H., Parker B.M., Sanfelippo J.F. and Brooks C.S. (1985): Pulmonary hemodynamics in systemic hypertension. *Southern Med J*. 78:784-789.
 93. Ferlinz J. (1980): Right ventricular performance in essential hypertension. *Circulation*. 61:156-162.
 94. Nunez B.D., Messerli F.H., Amodeo C., Garavaglia G., Schmieder R. and Frohlich E. (1987): Biventricular cardiac hypertrophy in essential hypertension. *Am Heart J*. 114:813-818.
 95. Marketou M., Anastasiou I., Nakou H., Kochiadakis G., Patrianakos A., Fragkiadakis K. and Parthenakis F. (2019): Right ventricular dysfunction in arterial hypertension: still terra incognita? *Journal of Human Hypertension*. 33:491-498.
 96. Abdeltawab A., Eweda I., Mostafa A.E., Demian P. and Awwad O. (2018): Relation of RV Function to Presence and Degree of Systemic Hypertension. *J Cardiovasc Dis Diagn*. 6:1. DOI: 10.4172/2329-9517.1000306.
 97. Hanboly N. (2016): Right ventricle morphology and function in systemic hypertension. *Nigerian Journal of Cardiology*. 13(1):11-17.
 98. Gregori M., Tocci G., Giammarioli B., Befani A., Ciavarella G.M., Ferrucci A. and Paneni F. (2014): Abnormal Regulation of Renin Angiotensin Aldosterone System Is Associated With Right Ventricular Dysfunction in Hypertension. *Canadian Journal of Cardiology*. 30(2): 188-194.
 99. Tumuklu M.M., Erkorkmaz U. and Ocal A. (2007): The impact of hypertension and hypertension-related left ventricle hypertrophy on right ventricle function. *Echocardiography*. 24(4):374-84.
 100. Karaye K.M., Sai'du H. and Shehu M. (2012): Right ventricular dysfunction in a hypertensive population stratified by

- patterns of left ventricular geometry. *Cardiovasc J Afr.* 23(9):478–482.
101. Tadic M., Cuspidi C., Pencic B., Sljivic A., Ivanovic B., Neskovic A., Scepanovic R. and Celic V. (2014): High-normal blood pressure impacts the right heart mechanics: a three-dimensional echocardiography and two-dimensional speckle tracking imaging study. *Blood Press Monit.* 19(3):145-52.
 102. Tadic M., Cuspidi C., Pencic B., Jozika L. and Celic V. (2015): Relationship between right ventricular remodeling and heart rate variability in arterial hypertension. *J Hypertens.* 33(5):1090-1097.
 103. Myslinski W., Mosiewicz J., Ryczak E., Barud W., Bilan A., Palusinski R. and Hanzlik J. (1998): Right ventricular function in systemic hypertension. *Journal of Human Hypertension.* 12:149-155.
 104. Gottdiener J.S., Gay J.A., Maron B.J. and Fletcher J.S. (1985): Increased right ventricular wall thickness in left ventricular pressure overload: echocardiographic determination of hypertrophic response of the 'nonstressed ventricle'. *J Am Coll Cardiol.* 6:550–555.
 105. Habib GB. and Zoghbi WA. (1992): Doppler assessment of right ventricular filling dynamics in systemic hypertension. Comparison with left ventricular filling. *Am Heart J.* 124:1313-1320.
 106. Chakko S., de Marchena E., Kessler K., Materson B. and Myerburg R. (1990): Right ventricular diastolic function in systemic hypertension. *Am J Cardiol.* 65:1117-1120.
 107. Tadic M., Cuspidi C., Ivanovic B., Pencic B., Grassi G. and Celic V. (2018): Does gender affect the association between right ventricular strain and arterial hypertension? *J Clin Hypertens.* 20:1327-1333.
 108. Fiorentini C, Barbier P, Galli C, Loaldi A., Tamborini G., Tosi E. and Guazzi MD. (1985): Pulmonary vascular overreactivity in systemic hypertension. *Hypertension.* 7:995–1002.
 109. Cicala S., Galderisi M., Caso P., Petrocelli A., D'Ericco A., de Divitiis O. and Calabro R. (2002): Right Ventricular Diastolic Dysfunction in Arterial Systemic Hypertension: Analysis by Pulsed Tissue Doppler. *Eur J Echocardiography.* 3:135-142.
 110. Todiere G., Neglia D., Ghione S., Fommei E., Capozza P., Guarini G., Dell'omo G., Aquaro G.D., Marzilli M., Lombardi M., Camici P. and Pedrinelli R. (2011): Right ventricular remodeling in systemic hypertension: a cardiac MRI study. *Heart.* 97(15):1257-1261.
 111. Schermuly R.T., Ghofrani H.A., Wilkins M.R. and Grimminger F. (2011): Mechanisms of disease: pulmonary arterial hypertension. *Nat Rev Cardiol.* 8:443-455.

112. Vriz O., Motoji Y., Ferrara F., Bossone E. and Naeije R. (2018): The Right Heart-Pulmonary Circulation Unit in Systemic Hypertension. *Heart Fail Clin.* 14(3):247-253.
113. Verdecchia P. (2000): Prognostic value of ambulatory blood pressure: current evidence and clinical implications. *Hypertension.* 35:844-851.
114. Tsioufis S., Andrikou I., Thomopoulos C., Syrseloudis D., Stergiou G. and Stefanadis C. (2011): Increased nighttime blood pressure or nondipping profile for prediction of cardiovascular outcomes. *J Hum Hypertens.* 25:281–293.
115. Parati G., Stergiou G., O'Brien E., Asmar R., Beilin L., Bilo G., Clement D., de la Sierra A., de Leeuw P., Dolan E., Fagard R., Graves J., Head J., Imai Y., Kario K., Lurbe E., Mallion J., Mancia G., Mengden T., Myers M., Ogedegbe G., Ohkubo T., Omboni S., Palatini P., Redon J., Ruilope L., Shennan A., Staessen J., vanMontfrans G., Verdecchia P., Waeber B., Wang J., Zanchetti A. and Zhang Y. (2014): European Society of Hypertension Working Group on Blood Pressure Monitoring and Cardiovascular Variability. European Society of Hypertension practice guidelines for ambulatory blood pressure monitoring. *J Hypertens.* 32:1359-1366.
116. Yi J., Shin J., Ihm S., Kim J.H., Park S., Kim K., Kim WS., Pyun WB., Kim Y. and Kim S.K. (2014): Not nondipping but nocturnal blood pressure predicts left ventricular hypertrophy in the essential hypertensive patients: the Korean Ambulatory Blood Pressure multicenter observational study. *J Hypertens.* 32:1999–2004.
117. Cuspidi C., Facchetti R., Bombelli M., Sala C., Negri F., Grassi G. and Mancia G. (2013): Nighttime blood pressure and new-onset left ventricular hypertrophy: findings from the Pamela population. *Hypertension.* 62:78–84.
118. Mezue K., Isiguzo G., Madu C., Nwuruku G., Rangaswami J., Baugh D. and Madu E. (2016): Nocturnal non-dipping blood pressure profile in black normotensives is associated with cardiac target organ damage. *Ethn Dis.* 26:279-284.
119. Abdalla M., Caughey M., Tanner R., Boothill J., Diaz K., Anstey DE., Sims M., Ravenell J., Muntner P., Viera A. and Shimbo D. (2017): Associations of Blood Pressure Dipping Patterns With Left Ventricular Mass and Left Ventricular Hypertrophy in Blacks: The Jackson Heart Study. *J Am Heart Assoc.* 6(4):1-12.
120. Tadic M., Ivanovic B. and Celic V. (2012): Does a nondipping pattern impact the right ventricle in hypertensive patients? *Blood Press Monit.* 17(2):47-54.

121. Tadic M., Cuspidi C., Pencic B., Ivanovic B., Scepanovic R., Marjanovic T., Jozika L. and Celic V. (2014): Circadian blood pressure pattern and right ventricular and right atrial mechanics: A two- and three-dimensional echocardiographic study. *Journal of the American Society of Hypertension*. 8(1):45–53.
122. Tadic M., Cuspidi C., Celic V., Pencic-Popovic B. and Mancia G. (2018): Nocturnal hypertension and right heart remodeling. *J Hypertens*. 36(1):136-142.
123. Akçay S., Bilge A., Turker Y., Yavuz V., Cetin N. and Dalgic O. (2013): The Echocardiographic Evaluation of Right Ventricular Function in Patients with Non-Dipper Hypertension. *JACC*. 62(18 Suppl):C92-93.
124. Erturk M., Buturak A., Pusuroglu H., Kalkan AK., Gurdogan M., Akturk IF., Akgul O., Aksu HU., Uzun F. and Uslu N. (2014): Comparison of subclinical left and right ventricular systolic dysfunction in non-dipper and dipper hypertensives: impact of isovolumic acceleration. *Clin Exp Hypertens*. 36(8):572-578.
125. Ivanovic B., Tadic M. and Celic V. (2013): To dip or not to dip? The unique relationship between different blood pressure patterns and cardiac function and structure. *J Hum Hypertens*. 27:62–70.
126. Tadic M., Cuspidi C., Celic V., Petrovic O., Pencic B., Mancia G., Grassi G. and Ivanovic B. (2020): The prognostic importance of right ventricular remodeling and the circadian blood pressure pattern on the long-term cardiovascular outcome. *J Hypertens*. 38(8):1525-1530.
127. Mancia G. and Verdecchia P. (2015): Clinical value of ambulatory blood pressure: evidence and limits. *Circ Res*. 116:1034-1045.
128. Hansen T., Li Y., Boggia J., Thijs L., Richart T. and Staessen J. (2011): Predictive role of the nighttime blood pressure. *Hypertension*. 57:3–10.
129. Hermida R., Ayala D., Mojon A. and Fernandez J. (2011): Decreasing sleep-time blood pressure determined by ambulatory monitoring reduces cardiovascular risk. *J Am Coll Cardiol*. 58:1165–1173
130. Yano Y. and Kario K. (2012): Nocturnal blood pressure, morning blood pressure surge, and cerebrovascular events. *Curr Hypertens Rep*. 14:219-227.
131. Cuspidi C., Sala C., Muiesan M., De Luca N. and Schillaci G. (2013): Right ventricular hypertrophy in systemic hypertension: an updated review of clinical studies. *J Hypertens*. 31:858-865.

132. Bleasdale R. and Frenneaux M. (2002): Prognostic importance of right ventricular dysfunction. *Heart*. 88(4):323–324.
133. Peyrou J., Chauvel C., Pathak A., Simon M., Dehant P. and Abergel E. (2017): Preoperative right ventricular dysfunction is a strong predictor of 3 years survival after cardiac surgery. *Clin Res Cardiol*. 106:734-742.
134. Whelton P.K., Carey R.M., Aronow W.S., Casey Jr D.E., Collins K.J., Himmelfarb C.D., DePalma S.M., Gidding S., Jamerson K.A., Jones D.W., MacLaughlin E.J., Muntner P., Ovbiagele B., Smith Jr SC., Spencer C.C., Stafford R.S., Taler S.J., Thomas R.J. and Williams Sr K.A. (2018): 2017ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults. A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Hypertension*. 71:e13-e115.
135. Gabb G., Mangoni A., Anderson C., Cowley D., Dowden J., Golledge J., Hankey G., Howes F., Leckie L., Perkovic V., Schlaich M., Zwar N., Medley T. and Arnold L. (2016): Guideline for the diagnosis and management of hypertension in adults – 2016. *Med J Aust*. 205(2):85-89.
136. Nerenberg K., Zarnke K. and Leung T. (2018): Hypertension Canada’s 2018 Guidelines for Diagnosis, Risk Assessment, Prevention, and Treatment of Hypertension in Adults and Children. *Canadian Journal of Cardiology*. 34:506-525.
137. Umemura S., Arima H., Arima S., Asayama K., Dohi Y., Hirooka Y., Horio T., Hoshida S., Ikeda S., Ishimitsu T., Ito M., Ito S., Iwashima Y., Kai H., Kamide K., Kanno Y., Kashihara N., Kawano Y., Kikuchi T., Kitamura K., Kitazono T., Kohara K., Kudo M., Kumagai H., Matsumura K., Matsuura H., Miura K., Mukoyama M., Nakamura S., Ohkubo T., Ohya Y., Okura T., Rakugi H., Saitoh S., Shibata H., Shimosawa T., Suzuki H., Takahashi S., Tamura K., Tomiyama H., Tsuchihashi T., Ueda S., Uehara Y., Urata H. and Hirawa N. (2019): The Japanese Society of Hypertension Guidelines for the Management of Hypertension (JSH 2019). *Hypertension Research*. 42:1235-1481.



Cerebral Venous Thrombosis Presenting As Subarachnoid Hemorrhage: Clinical Case

Komi Igneza Agbotsou

Neurology Department of Bourg-en- Bresse Hospital Center, Bourg-en-Bresse, France

Muriel Tchwa Tanoh Amon

Neurology Department of Bourg-en- Bresse Hospital Center, Bourg-en-Bresse, France

Julian Paul Theodore Theuriet

Neurology Department of Bourg-en- Bresse Hospital Center, Bourg-en-Bresse, France

Corinne Debras

Neurology Department of Bourg-en- Bresse Hospital Center, Bourg-en-Bresse, France

Carlo Albanesi

Neurology Department of Bourg-en- Bresse Hospital Center, Bourg-en-Bresse, France

Frederic Philippeau

Neurology Department of Bourg-en- Bresse Hospital Center, Bourg-en-Bresse, France

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p27](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p27)

Submitted: 08 November 2020

Accepted: 13 April 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Agbotsou K.I., Amon M.T.T., Theuriet J.P.T., Debras C., Albanesi C. & Philippeau F. (2021). *Cerebral Venous Thrombosis Presenting As Subarachnoid Hemorrhage: Clinical Case*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 27.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p27>

Abstract

Subarachnoid hemorrhage is typically due to an aneurysmal rupture. Cerebral venous thrombosis is a rare cause, especially if the clinical presentation is atypical. We report a patient with unusual acute headaches, with an entirely normal physical examination. His cerebral MRI, and cerebral venous angio-MRI documented a cerebral venous thrombosis associated with

subarachnoid hemorrhage. The outcome was favorable with anticoagulant treatment.

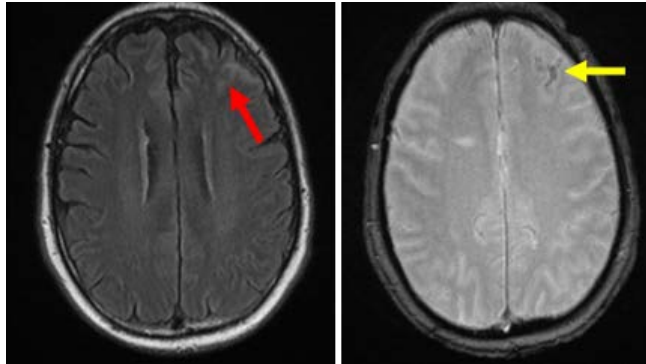
Keywords: Cerebral Venous Thrombosis, Subarachnoid Hemorrhage

Background

Cerebral venous thrombosis has an extremely variable clinical presentation. Headaches are the most common symptom, and found in about 80 percent of cases (Ameri and al, 1992). The occurrence of subarachnoid hemorrhage (SAH), in the context of cerebral venous thrombosis (CVT), is a rare. Only few cases are reported in the literature (Kato and al, 2010, Oppenheim and al, 2005). Subarachnoid hemorrhage is typically secondary to an aneurysmal rupture. Radiological studies, an essential aid, leads towards this often-unknown thrombophlebitis etiology. We report a case of cerebral venous thrombosis presenting as a subarachnoid hemorrhage, where the clinical and especially radiological presentation was atypical.

Case presentation

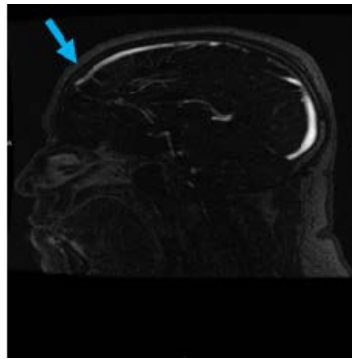
67-year-old retired man was, admitted for intense, unusual headaches of-acute onset. The pain was left frontal, accompanied by episodes of instability, obnubilation and without any motor deficit. In his history, he was hypertensive, well –controlled under hexatherapy, and well-balanced insulin-requiring type II diabetes. He suffered from chronic renal failure with a glomerular filtration rate around 30ml/min. He used a device for sleep apnea, and had stented coronary artery disease. The clinical examination showed a vigilant patient, time-oriented, and space-oriented, with no focal deficit, and no reflex disorder or meningeal syndrome. He was afebrile. The blood pressure was normal, moderately obese with a BMI of 31kg/m². Admitted urgently for these unusual headaches, he underwent a cerebral MRI. It showed a discrete left frontal cortical meningeal hemorrhage on the sequences in FLAIR and T2, with a cortical venous thrombosis on the T2 sequences, and the 3D T1 sequences with gadolinium injection. There was no arterial aneurysm, or objective arteriovenous malformation on the sequences with gadolinium injection (Figure 1).



A : Axial T2 FLAIR

B : Axial gradient echo T2

Figure 1. Cerebral MRI axial T2 FLAIR (A), axial gradient echo T2 (B) and T1 with gadolinium injection (C), hemorrhage subarachnoid (T2 FLAIR and gradient echo T2) with left pre-frontal cortical venous thrombosis (T1 Gadolinium injection).



C : Axial T1 with gadolinium injection

Figure 1. Cerebral MRI axial T2 FLAIR (A), axial gradient echo T2 (B) and T1 with gadolinium injection (C), hemorrhage subarachnoid (T2 FLAIR and gradient echo T2) with left pre-frontal cortical venous thrombosis (T1 Gadolinium injection).

The clotting system assessment was normal as well as the blood ionogram. A known renal failure was noted with a 212umol/l creatinine, and a glomerular filtration rate of 27ml/min. Blood glucose was 1.16g/l with glycated hemoglobin at 6.5% reflecting controlled diabetes. Cardiac enzymes at admission were negative. The TSH was normal. Homocysteine level was normal at 12.7. The autoimmune assessment was normal. There was no circulating lupus-like anticoagulant. The thrombophilia assessment was negative. Electrophoresis and immune-electrophoresis of serum proteins were normal. The lumbar puncture showed a clear fluid with an increase of red blood cells to 60 /mm³, a high level of protein at 0.86g/l not considered significant in the context of diabetes; there was no decrease of the cerebrospinal fluid glucose. The IgG index in the cerebrospinal fluid was normal. The pathological examination of the CSF was normal. The diagnosis of pre-left frontal cortical venous thrombosis revealed by cortical meningeal

hemorrhage was confirmed. In the absence of contraindication, the patient was put on heparin initially intravenous, and then switched to low molecular weight heparin in effective doses for a period of 3 months. It was switched to a platelet aggregating inhibitor due to the history of coronary stents. The evolution was marked by an nearly complete regression of headaches after 72 hours of heparin treatment, the improvement of renal function with a normal doppler of the renal arteries and a good perfusion of both kidneys. A second brain CT-scan on the 7th day of hospitalization showed the persistence of minim prefrontal cortical meningeal hemorrhage (Figure 2).

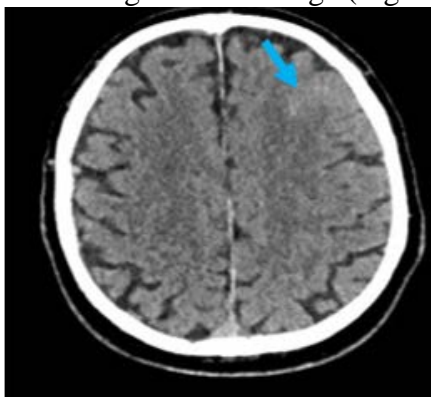


Figure 2. Brain CT-scan on the 7th day of Cerebral venous thrombosis with arachnoid hemorrhage

Discussion

The clinical presentation of cerebral venous thrombosis is variable (Boussier and al, 2007). Headaches, a major symptom, are usually progressive and diffuse (Boussier and al, 2007). In some situations, such as in our patient, they are severe at onset, suggesting a subarachnoid hemorrhage. Convulsive seizures and neurological deficit, not found in this patient, are frequently associated with headaches, consciousness impairment and may lead to coma in the severe cases (Boussier and al, 2007). The frontal location, the absence of seizures and the absence of neurological deficit are atypical in this case. Brain imaging, in particular brain MRI with venogram, can establish the diagnosis (Oppenheim and al, 2005). In this patient, brain MRI showed a discrete left frontal cortical meningeal hemorrhage on the FLAIR and T2 sequences. This particular distribution that spared the sylvian fissure, the anterior inter-hemispheric fissure, and other cortical fissure, is atypical for aneurysmal subarachnoid hemorrhage.

The etiologies in the few reported cases of cerebral venous thrombosis complicated by subarachnoid hemorrhage are hypercoagulation of Leiden factor II (Tidahy and al, 2004) and Leiden factor V mutation (Otmani and al, 2012). However, no hypercoaguability was found in this patient despite a

thorough prothrombotic evaluation. The CSF examination was normal with negative inflammatory and autoimmune assessments. Historically, in 15% of cases no etiology is found for cerebral venous thrombosis (Ferro and al, 2004). These require long-term follow-up since an etiology can show up several months, or even years later (Behçet's disease, neoplasia, myeloproliferative syndrome) (Crassard and al, 2006).

Therapeutic management of cerebral venous thrombosis associated with intracerebral or subarachnoid hemorrhage is well established (Einhaupl and al, 1991). It starts with curative anticoagulation by intravenous heparin (Einhaupl and al, 1991). The prognosis depends on an early treatment. If treated effectively and early, cases evolve favorably. In a large series, 80% of patients had a good functional prognosis. The death rate ranged from 5% to 10% (Ferro and al, 2008).

Conclusion

Cerebral venous thrombosis should be considered in case of in cerebral hemorrhage with headache, after excluding a diagnosis of aneurysmal rupture. Cerebral venous thrombosis can be treated effectively and its management differs from that of aneurysmal rupture.

References:

1. Ameri A, Bousser MG. (1992) Cerebral venous thrombosis. *Neurol Clin.* 10 (1): 87-111. Doi.org/10.1016/S0733-8619(18)30235-4
2. Kato Y., Takeda H., Furuya D., Nagoya H., Deguchi I., Fukuoka T., and al. (2010). Subarachnoid hemorrhage as the initial presentation of cerebral venous thrombosis. *Intern Med.* 49 (5): 467-70. Doi: 10.2169/internalmedicine.49.2789
3. Oppenheim C., Domigo V., Gauvrit J.Y., Lamy C., Mackowiak-Cordoliani M.A., and al. (2005) Subarachnoid hemorrhage as the initial presentation of dural sinus thrombosis. *AJNR Am J. neuroradiol.* 26 (3) : 614-617. PMID: 15760875
4. Bousser M.G., Ferro J.M. (2007) Cerebral venous thrombosis: an update. *Lancet Neurol.* 6 (2): 162-70. Doi: 10.1016/S1474-4422(07)70029-7.
5. Tidahy E., Derex L, Belo M., Dardel P., Robert R., Honnorat J., Nighoghossian N., Trouillas P. (2004) Cerebral Venous Thrombosis Presenting as Subarachnoid Hemorrhage. *Rev Neurol (Paris).* 160 (4) : 459-61. Doi: 10.1016/s0035-3787(04)70930-3
6. Otmani H. EI., Moutaouakil F., Fadel H. (2012) Subarachnoid hemorrhage induced by cerebral venous thrombosis. *Journal des Maladies Vasculaires.* 37(6) : 323-325. Doi.org/10.1016/j.jmv.2012.08.004

7. Ferro JM, Canhão P, Stam J, and al (2004) Prognosis of cerebral vein and dural sinus thrombosis: results of the International Study on Cerebral Vein and Dural Sinus Thrombosis (ISCVT). *Stroke*. 35 (3):664–670. Doi.org/10.1161/01.STR.0000117571.76197.26
8. Crassard I, Bousser MG, and al. (2006) Cerebral Venous Thrombosis : focus. *Rev Med Interne*. 27(2):117-24.Doi: 10.1016/j.revmed.2005.06.003
9. Einhaupl KM, Willringer A, Meister W, and al.(1991) Heparine treatment in sinus venous thrombosis. *Lancet*. 338 (8767) :597-600. Doi.org/10.1016/0140-6736(91)90607-Q
10. Ferro JM, Canhao P. (2008) Complications of cerebral vein and sinus thrombosis. *Front Neurol Neurosci*. 23:161–71.Doi.org/10.1159/000111377



Principes Actifs Et Mise En Evidence Des Sucres Des Aubergines Solanum Anguivi Lam Et Solanum Torvum Récoltées En Côte d'Ivoire

*Dan Chépo Ghislaine
Yao Kouadio*

Université Nangui Abrogoua, UFR des Sciences et Technologie des Aliments, Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés, Côte d'Ivoire

Louis Ban Koffi

Centre National de Recherche Agronomique, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p33](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p33)

Submitted: 18 March 2021

Accepted: 01 May 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Chépo Ghislaine D., Kouadio Y. & Koffi L.B. (2021). *Principes Actifs Et Mise En Evidence Des Sucres Des Aubergines Solanum Anguivi Lam Et Solanum Torvum Récoltées En Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 33.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p33>

Résumé

En Afrique, de nombreuses espèces végétales ne sont pas suffisamment exploitées, malgré leurs valeurs comestibles indéniables. Parmi ces plantes figurent les aubergines amères *Solanum anguivi* Lam et *Solanum torvum* communément appelées "gnagnan" en Côte d'Ivoire. Les baies de ces légumes-fruits sont séchées et analysées selon des méthodes standard et conventionnelles. Le tri phytochimique a révélé que *S. torvum* contient plus de stérols, polyphénols, quinones et saponines par rapport à *S. anguivi* Lam. Aucune des deux aubergines ne contient d'alcaloïdes toxiques pour l'alimentation. En chromatographie sur couche mince, les sucres détectés sont le glucose, le xylose, l'arabinose et le saccharose. Cependant, le saccharose est remplacé par le fructose dans les baies de *S. torvum*. Ainsi, ces deux espèces pourraient être de bonnes substances naturelles avec une valeur nutritionnelle et médicinale intéressante.

Mots clés: *S. Anguivi Lam*, *S.Torvum*, Phytochemical Compounds, Sugars, Thin Layer Chromatography

Bioactive Substances And Identification Of Sugars Of Eggplants *Solanum Anguivi* Lam And *Solanum Torvum* Collected In Côte d'Ivoire

Dan Chépo Ghislaine
Yao Kouadio

Université Nangui Abrogoua, UFR des Sciences et Technologie des
Aliments, Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés, Côte d'Ivoire

Louis Ban Koffi

Centre National de Recherche Agronomique, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

In Africa, many plant species are not sufficiently exploited, despite their undeniable edible values. Among these plants are the bitter eggplants *Solanum anguivi* Lam and *S. torvum* commonly called "gnagnan" in Côte d'Ivoire. Berries of these fruit vegetables are dried and analyzed according to standard and conventional methods. Phytochemical sorting revealed that *S. torvum* contains more sterols, polyphenols, quinones and saponins compared to *S. anguivi* Lam. Neither eggplant contains toxic alkaloids in the diet. In thin layer chromatography, the sugars detected are glucose, xylose, arabinose and sucrose. However, sucrose is replaced by fructose in the berries of *S. torvum*. Thus, these two species could be good natural substances with interesting nutritional and medicinal value.

Keywords: *S. Anguivi Lam*; *S. Torvum*; Composés Phytochimiques; Sucres; Chromatographie Sur Couche Mince

Introduction

Les régions tropicales regorgent de nombreuses espèces végétales capables d'assurer une alimentation diversifiée et équilibrée. Cette flore constitue également une source inestimable de plantes médicinales. Par le passé, les populations s'en procuraient pour traiter bon nombre de pathologies du fait de la méconnaissance de la science et de la médecine moderne (Nacoulma, 1996). Les aubergines amères telles que *Solanum anguivi* Lam et *Solanum torvum* communément appelés « gnagnan » en Côte d'Ivoire représentent des légumes très appréciés par les populations dans la confection des mets traditionnels, mais aussi dans le traitement de certaines affections. Leurs fruits se présentent sous la forme de baies de différentes couleurs pour l'espèce *S. anguivi* Lam et uniquement de couleur verte pour l'espèce *S. torvum* parce qu'il n'est pas un légume-fruit climactérique. Ils sont dispersés dans la nature le plus souvent comme des adventices dans les régions de

savane. Cependant, les baies de *S. anguivi* Lam sont de petites tailles et moins amères comparées à celles de *S. torvum*. Les fruits frais ou séchés de *S. anguivi* Lam servent de remède contre l'hypertension artérielle et le cancer (Grubben *et al*, 2006). Quant aux fruits de *S. torvum*, ils contiennent un glycoalcaloïde, plus précisément la solasodine, utilisé dans la fabrication d'hormones sexuelles stéroïdiques en tant que des contraceptifs oraux. Par ailleurs, la décoction des fruits de *S. torvum* est souvent administrée aux enfants pour soigner la toux, les douleurs d'estomac ainsi que les inflammations au niveau des orteils et des oreilles. Toutefois, les fruits de ces « gnagnan » contiennent des sucres de valeur énergétique non négligeable car ces derniers procurent aux malades beaucoup de vitalité. Ainsi, à notre connaissance aucune étude n'a été faite en ce sens sur la nature des sucres et sur la phytochimie des fruits de *S. anguivi* Lam à chaque étape de son mûrissement et ceux de *S. torvum*. C'est pourquoi, cette étude a pour objectif d'identifier les sucres et également de connaître les substances naturelles à valeur pharmacologique présentes dans les fruits de *S. anguivi* Lam et de *S. torvum*. De plus, la rationalisation et l'efficacité de l'utilisation de ces plantes dans la médecine traditionnelle semblerait être nécessaire en vue de déterminer les différents groupes chimiques qui justifieraient ces effets thérapeutiques.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Les analyses sont effectuées sur les fruits séchés à 45°C pendant 3 jours et moulus à l'aide d'un Moulinex de *S. anguivi* Lam à différents stades de mûrissement et de *S. torvum*. Les fruits proviennent de la région de Yamoussoukro située à 250 km d'Abidjan (Côte d'Ivoire).

Méthodes

Pour ce faire, l'extraction méthanolique s'est effectuée selon la méthode de Bekro *et al* (2007). La recherche des stérols et polyterpènes a été faite par la réaction de Libermann. Cinq (5) ml de chaque extrait ont été évaporés sur un bain de sable. Le résidu est dissout à chaud dans 1 ml d'anhydride acétique et nous avons ajoutés 0,5 ml d'acide sulfurique concentré. L'apparition à l'interphase d'anneau pourpre ou violet virant au bleu puis au vert indique une réaction positive. La réaction au chlorure ferrique (FeCl₃) a permis de caractériser les polyphénols. A deux (2) ml de chaque extrait, nous avons ajouté une goutte alcoolique de chlorure ferrique à 2 %. L'apparition d'une coloration bleu-noirâtre ou verte plus ou moins foncée a indiqué la présence de polyphénols. Les flavonoïdes ont été recherchés par la réaction à la cyanidine. Deux (2) ml de chaque extrait ont été évaporés et le résidu a été repris dans 5 ml d'alcool chlorhydrique dilué deux fois. En ajoutant 2 à 3 copeaux de magnésium, il y a eu un dégagement de chaleur puis

une coloration rose orangé ou violacée. L'addition de 3 gouttes d'alcool isoamylique a intensifié cette coloration qui a confirmé la présence de flavonoïdes. La détection des tanins catéchiques s'est faite à partir du réactif de Stiasny. Cinq (5) ml de chaque extrait ont été évaporés à sec. Après addition de 15 ml du réactif de Stiasny au résidu, le mélange est maintenu au bain-marie à 80°C pendant 30 min. L'observation d'un précipité en gros flocons a caractérisé les tanins catéchiques.

Pour les tanins galliques, nous avons filtré la solution précédente. Le filtrat est recueilli et saturé d'acétate de sodium. Trois (3) gouttes de chlorure de fer ont entraîné l'apparition d'une coloration bleu noir intense indiquant la présence de tanins galliques. Les substances quinoniques ont été décelées à l'aide du réactif de Bornsträeger. Deux (2) ml de chaque extrait ont été évaporés à sec. Le résidu est mélangé à 5 ml d'acide chlorhydrique au 1/5. Le mélange est versé dans un tube à essai et porté au bain-marie pendant 30 min. Après refroidissement, il est extrait par 20 ml de chloroforme et l'ammoniaque diluée deux fois (0,5 ml) a été ajouté à la solution chloroformique. Une coloration rouge ou violette indiquerait la présence de quinones. Les alcaloïdes ont été caractérisés grâce au réactif de Burchardat (réactif iodo-ioduré), de Dragendorff (réactif à l'iodo-bismathate de potassium). Six (6) ml de chaque solution ont été évaporés à sec. Le résidu est repris par 6 ml d'alcool à 60°C. L'ajout de 2 gouttes des réactifs de Burchardat, de Dragendorff. L'apparition d'une coloration intense indiquerait une réaction positive. Pour la recherche des saponosides, nous avons versé dix (10) ml de l'extrait dans un tube à essai. Le tube a été agité pendant 15 secondes puis laissé au repos durant 15 min. Une hauteur de mousse persistance supérieure à 1 cm signifie la présence de saponosides. Enfin, la mise en évidence des coumarines a consisté à ajouter 0,5 ml de soude 10 % dans l'extrait qui est chauffé au bain bouillant pendant 10 min. La réaction positive est déterminée par la transparence du liquide contenant la solution alcaline après ajout de 4 ml d'eau distillée par rapport au tube témoin (ne contenant pas la soude).

La chromatographie sur couche mince. L'identification des mono et oligosaccharides contenus dans les fruits des deux espèces étudiées a été menée par chromatographie sur couche mince avec des plaques de gel de silice 60 F₂₅₀. Une masse de poudre de 0,2 g de chaque échantillon a été ajoutée à 2 mL d'eau distillée et centrifugée à 4000 tours/15 min puis le surnageant pour faire les dépôts sur la plaque de silice. La migration a été réalisée dans une enceinte close saturée avec un mélange de butanol (36 mL), d'acide acétique (15 mL) et d'eau distillée (9 mL). Les sucres libérés ont été visualisés sur la plaque de vaporisation d'une solution constituée de naphthol (0,125 g), de résorcinol (0,125 g), d'éthanol (12,5 mL) et d'acide sulfurique (20 % , p/v) suivi d'un chauffage à 110°C pendant 10 min.

Résultats et discussion

Résultats

Principes actifs des fruits de de *S. anguivi* Lam et de *S. torvum*

Le tri phytochimique s'est effectué par des réactions colorées en tube, ce sont des tests qualitatifs permettant de déceler la présence ou l'absence des groupes chimiques.

Stérols, polyterpènes et polyphénols

S. anguivi Lam et *S. torvum* contiennent des stérols et des polyterpènes dont la présence se signale à travers la réaction positive qu'elles affichent face à la réaction de Liebermann (Tableau 1). Tandis que la présence des polyphénols se confirme par la réaction au chlorure ferrique ($FeCl_3$). Pendant le mûrissement de *S. anguivi* Lam, l'on constate que les polyphénols diminuent dans les fruits contrairement aux stérols et polyphénols. Les stérols, polyterpènes et polyphénols sont dominants dans les fruits orange et rouge de *S. anguivi* Lam tout comme les fruits verts de *S. torvum*. Le Tableau 1 résume les résultats de ces composés à valeur pharmacologique.

Tableau 1. Recherche de stérols, polyterpènes et polyphénols dans les fruits de *Solanumanguivi*Lam et de *Solanumtorvum*

Solutions	Stérols et polyterpènes	Polyphénols
Fruit vert Sa	+	++
Fruit jaune Sa	+	++
Fruit orange Sa	++	+
Fruit rouge Sa	++	+
Fruit vert St	++	++

Sa : *S. anguivi* Lam St : *S. torvum*

+ : Réaction positive;

++ : Réaction très positive

Les résultats du Tableau 2 indiquent que la présence de flavonoïdes augmente pendant le phénomène de mûrissement dans les fruits de *S. anguivi* Lam et les fruits verts de *S. torvum* en possèdent moins.

Tableau 2. Recherche de flavonoïdes dans les fruits de *S. anguivi* Lam et de *S. torvum*

Solutions	Flavonoïdes
Fruit vert Sa	+
Fruit jaune Sa	+
Fruit orange Sa	++
Fruit rouge Sa	++
Fruit vert St	+

Sa : *Solanum anguivi* Lam St : *Solanum torvum*

+ : Réaction positive;

++ : Réaction très positive

Tanins et substances quinoniques

Les fruits de *S. anguivi* Lam et de *S. torvum* ne possèdent pas de tanins galliques mais des tanins catéchiques tendant à baisser au cours du mûrissement de *S. anguivi* Lam. Cette tendance décroissante se présente également pour les substances quinoniques. Cependant *S. torvum* contient plus de substances quinoniques que *S. anguivi* Lam. Ceci expliquerait son goût amer et son brunissement plus accentués.

Les résultats du criblage phytochimique de ces deux principes actifs sont illustrés par le Tableau 3.

Tableau 3. Recherche de tanins et de substances quinoniques dans les fruits de *S. anguivi* Lam et de *S. torvum*

Solutions	Tanins		Substances quinoniques
	Galliques	Catéchiques	
Fruit vert Sa	-	++	++
Fruit jaune Sa	-	+	+
Fruit orange Sa	-	+	+
Fruit rouge Sa	-	+	+
Fruit vert St	-	+	++

Sa : *S. anguivi* Lam St : *Solanum torvum*

+ : Réaction positive;

++ : Réaction très positive;

- : Réaction négative

Alcaloïdes, saponines et coumarines

Les alcaloïdes sous forme de traces ont été décelés dans les fruits de *S. anguivi* Lam mais ceux de *S. torvum* en contiennent plus. Tandis que les réactions positives au test de mousse et à celui sur le cycle lactonique prouvent la présence de saponines et de coumarines dans les fruits des deux espèces étudiées.

Concernant, le Tableau 4, il indique les résultats du criblage de ces trois principes actifs.

Tableau 4. Recherche des alcaloïdes, des saponines et des coumarines dans les fruits de *S. anguivi* Lam et de *S. torvum*

Fruits	Alcaloïdes				Saponines	Coumarines
	D	B				
Fruit vert Sa	-	-			+	+
Fruit jaune Sa	-	-			+	+
Fruit orange Sa	-	-			++	+
Fruit rouge Sa	-	-			++	+
Fruit vert St	+	+			++	+

Sa : *S. anguivi* Lam St : *S. torvum*

+ : Réaction positive;

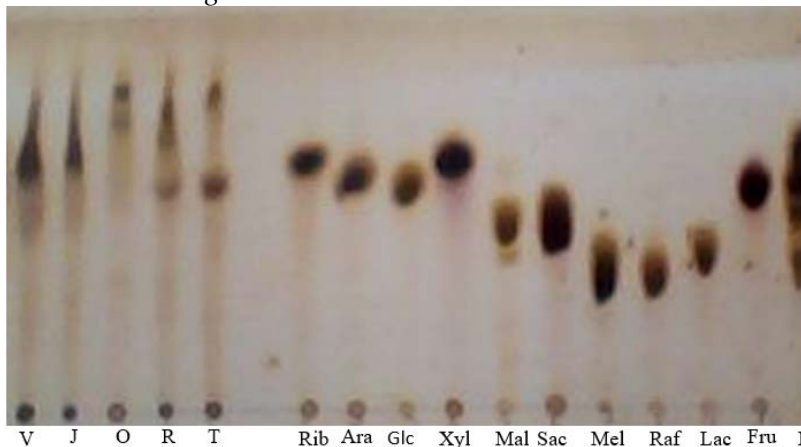
++ : Réaction très positive;

- : Réaction négative; ± : Trace; D : Réactif de Dragendorff; B : Réactif de Bouchardat;

VM : Réactif de Valsler-Mayer

Mise en évidence des sucres par chromatographie sur couche mince

.La photographie 2 indique la migration des différents sucres présents dans les fruits de *S. anguivi* Lam et de *S. torvum* avec des sucres étalons



Photographie 2. Chromatographie sur couche mince des poudres de fruits séchés de *S. anguivi* Lam au cours du mûrissement et de *S. torvum* V : fruit vert de *S. anguivi* Lam ; J : fruit jaune de *S. anguivi* Lam ; O : fruit orange de *S. anguivi* Lam ; R : fruit rouge de *S. anguivi* Lam ; T : fruit vert de *S. torvum* ; Rib : ribose ; Ara : arabinose ; Glc : glucose ; Xyl : xylose ; Mal : maltose ; Sac : saccharose ; Mel : mélibiose ; Raf : raffinose ; Lac : lactose ; Fru : fructose ; M : mélangé.

Discussion

Les composés terpéniques sont formés d'unités isopréniques en C5. Ces composés comprennent des monoterpènes (C 10) en plus grande proportion, des sesquiterpènes (C 15), des diterpènes (C 20) et des triterpènes (C 30) (Paris et Hurabielle, 1980). Les polyterpènes présents dans *S. anguivi* Lam et *S. torvum* seraient constitués par analogie des mêmes composés. Cette diversité de constituants favorise des activités physiologiques variées. Certains ont des propriétés antiseptiques tant au niveau des voies respiratoires que des voies urinaires. Paris et Hurabielle (1980) affirment que ces composés ont des propriétés stimulantes du système nerveux central, cicatrisantes et anti-inflammatoires en usage externe. Néanmoins, il faudrait être prudent dans leur utilisation car ils ne sont pas dénués de toxicité. Parmi les hypothèses avancées, les polyphénols présents dans *S. anguivi* Lam et *S. torvum* sont responsables de l'amertume et du brunissement. Ils inhibent également les enzymes extracellulaires microbiennes et chélatent les métaux tels que le fer (Mila and Scalbert, 1994). Ces polyphénols sont aussi des antioxydants puissants susceptibles d'inhiber la formation des radicaux libres et de s'opposer à l'oxydation des macromolécules (Van acker *et al*, 1995). De nombreuses plantes telles que *Ficus exasperata* et *Glyphaea brevis* comportent des stérols et polyterpènes mais pas de polyphénols d'après les résultats de N'guessan *et al*, (2009).

La présence de flavonoïdes au sein des plantes de *S. anguivi* Lam et de *S. torvum* a été prouvée par les réactions positives aux réactions de Chinoda et confirmée par ceux de l'acétate de plomb, l'acide chlorhydrique et les acides oxalique et borique. Le test réalisé au moyen du mélange des acides oxalique et borique précise qu'au nombre des flavonoïdes, les fruits des deux espèces étudiées possèdent des 5- oxyflavonols et 5- oxyflavanols du fait de la formation du complexe béta chrome jaune claire (Ladiguina *et al*, 1983). Par ailleurs, le test à l'acétate de plomb révèle que les flavones, les chalcones et les auronnes hydroxylées présents dans les fruits de *S. anguivi* Lam et de *S. torvum* sont en position ortho. De nombreux travaux ont montré que les flavonoïdes de *S. anguivi* Lam et de *S. torvum* possèdent des propriétés anti-inflammatoires et qu'ils sont capables de moduler le fonctionnement du système immunitaire (Da silva *et al*, 1994 ; Galati *et al*, 1994 ; Middleton, 1996). En effet, les flavonoïdes sont des piègeurs efficaces des radicaux libres les plus pro oxydants, particulièrement impliqués dans la peroxydation lipidique, puisqu'il la prévienne comme l' α -tocophérol. De plus, les flavonoïdes présents dans les fruits de *S. anguivi* Lam et de *S. torvum* ont une activité chélatrice des métaux tels que le cuivre et le fer qui à l'état libre, peuvent être à l'origine de la production de radicaux libres (Puppo 1992). Ils sont de puissants inhibiteurs de l'oxydation des LDL (Laughton *et al*, 1989 ; De whalley *et al*, 1990). Les flavonoïdes sont également utilisés comme des colorants (gaude et genêt des teinturiers) et pour la fabrication d'un certain nombre de drogues à dérivés flavoniques qui sont utilisés en thérapeutique (rutoside et citroflavonoïde) (Bruneton, 1987). Il existe une plante nommée *Petersianthus macrocarpus* qui contient aussi des flavonoïdes (Nacoulma, 1996). Toutefois, certaines espèces comme *Ficus exasperata* et *Glyphaea brevis* sont dépourvues de flavonoïdes selon N'Guessan *et al*. (2009) et comme *Cyperus esculentus* (Ban-Koffi, 2005).

Les tanins catéchiques de *S. anguivi* Lam et de *S. torvum* possèdent surtout des propriétés astringentes dans le domaine de la cosmétique. Ils sont hypoglycémiant et des inhibiteurs enzymatiques ainsi que des bons contrepoisons des métaux lourds. Quant aux substances quinoniques contenues dans les fruits de *S. anguivi* Lam et de *S. torvum*, elles font partie de la famille des composés présentant des propriétés anticancéreuses et antioxydantes. C'est le cas des naphthoquinones qui sont antibactériennes et fongicides car leur présence permet de comprendre la résistance des bois tropicaux aux organismes xylophages. Paris et Hurabielle (1980) ont recherché les propriétés tinctoriales des drogues à quinones. Comparativement aux fruits de *S. anguivi* Lam et de *S. torvum*, ceux de *Cyperus esculentus* ne comportent ni tanins galliques, ni tanins catéchiques, ni substances quinoniques (Ban-Koffi, 2005). Pourtant, l'extrait méthanolique de *Petersianthus macrocarpus* (P. Bauv) Liben contient des tanins catéchiques et

non des substances quinoniques selon les travaux de Nacoulma (1996).

D'après les résultats obtenus, les alcaloïdes n'ont pas été décelés par les réactifs de Dragendorff et Bouchardat dans les fruits de *S. anguivi* Lam. Par contre, les réactions sont positives avec les réactifs de Valser-Mayer et l'acide picrique où ils sont présents sous la forme de traces. Ces résultats ont montré également que les fruits de *S. anguivi* Lam et de *S. orvum* ne contiennent pas d'anthocyanidines parce que le test à l'acide chlorhydrique est négatif. La présence de saponines est confirmée dans les plantes à drogue lorsque le test de mousse est positif (Ladiguinaet al, 1983 ; Bruneton 1999). Tout comme les polyterpènes, les alcaloïdes présents dans *S. anguivi* Lam et *S. torvum* sont doués de propriétés physiologiques marquées. Ils sont très hétérogènes et agissent pour certains comme excitants au niveau du système nerveux central et pour d'autres comme anesthésiques locaux, antitumorales et antiprotozoaires. Les alcaloïdes agissent la plupart du temps à faible dose, mais peuvent posséder à très faible dose, une forte toxicité (Paris et Hurabielle, 1980). Il est important de faire remarquer que l'action anti-paludique serait le fait des alcaloïdes. Concernant les saponines ou saponosides présentes dans les fruits de *S. anguivi* Lam et ceux de *S. torvum*, elles sont utilisées pour les propriétés dépuratives et diurétiques. Elles luttent contre les varices et les hémorroïdes (Paris et Hurabielle, 1980). Les saponines sont constituées d'aglycones non polaires liés à un ou plusieurs sucres. Cette combinaison d'éléments structuraux polaires et non polaires en leurs molécules explique leur comportement moussant en solution aqueuse. Ils manifestent également des propriétés hémolytiques, antimicrobiennes, insecticides (Vincken et al, 2007), anti-inflammatoires et antalgiques. En industrie pharmaceutique, les sapogénines stéroïdiques servent de matières d'hémisynthèse de dérivés stéroïdiques corticoïdes ou progestatifs. Ils sont d'importants agents moussants et émulsionnants en industries diverses (Paris M. et Hurabielle M., 1980). Enfin, les coumarines contenues dans les deux espèces *S. anguivi* Lam et *S. torvum*, ont une action vitaminique P. Elles sont employées ainsi que leurs dérivés contre les troubles veineux (esculoside, esculétole). Les coumarines possèdent entre autres des propriétés anti-cancérogènes (Ito et al, 2005). En médecine traditionnelle, les fruits de *S. anguivi* Lam servent aussi comme remède pour l'hypertension artérielle (Grubben et Denton, 1996). *S. torvum* est également utilisé pour combattre toute une série d'adversités microbiennes. La solasodine, un glycoalcaloïde que l'on trouve dans les feuilles et les fruits de *S. torvum* est utilisé en Inde dans la fabrication d'hormones sexuelles stéroïdiques pour les contraceptifs oraux. En Sierra Leone, une décoction des fruits de *S. anguivi* Lam et de *S. torvum* est administrée aux enfants pour traiter la toux. Au Sénégal, on l'utilise pour les douleurs de gorge et de l'estomac. En Côte d'Ivoire, lorsqu'on consomme les fruits de *S. torvum* crus, ils provoquent une aliénation mentale instantanée.

Dans des essais au Nigéria, un extrait méthanolique de fruit de *S. torvum* a montré une bonne efficacité antimicrobienne à large spectre. Toutes les propriétés que présentent ces principes actifs expliqueraient l'utilisation de *S. anguivi* Lam et de *S. torvum* en pharmacopée traditionnelle pour le traitement de l'hypertension artérielle, les inflammations, l'anorexie, certains cancers et le paludisme. Cependant, leur utilisation n'est pas sans danger surtout que les doses ne sont pas maîtrisées en milieux traditionnels. Pour une meilleure efficacité des principes actifs dans le traitement de ces maladies, seules les stades jaune et orange seraient recommandés.

Les résultats d'identification des sucres des aubergines étudiées sur CCM indiquent que les fruits verts contiennent 4 sucres qui sont le glucose, le saccharose, le ribose et le xylose. Au cours du phénomène de mûrissement le saccharose disparaît pour faire place au fructose dans les fruits jaune et orange de *S. anguivi* Lam. Au stade très mûr, le ribose et le xylose disparaissent et sont remplacés par l'arabinose. Par contre les fruits de *S. torvum* contiennent les mêmes sucres que les fruits rouges de *S. anguivi* Lam mais possède en plus le saccharose. Le glucose est un sucre ayant un faible pouvoir sucrant de 0,7 à 0,75. On l'utilise en tant qu'agent de charge (sous forme cristalline monohydratée ou de sirop concentré) et est ajouté dans certains produits en industrie alimentaire pour son pouvoir antioxydant (conservateur). Quant au saccharose, il a la propriété de lier l'eau de l'aliment en la rendant moins disponible pour d'autres réactions et notamment pour le développement de microorganismes. Le saccharose augmente l'extrait sec de la confiture et permet la gélification de la pectine. L'utilisation n'a pas uniquement pour objet de donner un goût sucré aux aliments. Les fructoses favorisent le développement de la flore intestinale, ils sont reconnus actuellement comme étant des prébiotiques. Il semble que leur introduction régulière dans l'alimentation prévienne de l'apparition du cancer du côlon (Susan *et al*, 2006). L'arabinose est utilisée dans les préparations de traitement pour la maladie impliquant le haut sucre, elle inhibe également la graisse. Ce sucre est un stimulant de la prise de nourriture. Elle permet une réduction des substances putréfactives intestinales et des substances cancérigènes. De plus, elle augmente la prise de calcium, de fer et est indispensable pour la production de la vitamine B dans l'organisme (Chene C., 1998). De plus, le ribose est un bon complément pour les sportifs, les personnes sujettes aux douleurs musculaires chroniques. Le ribose facilite également la production d'ATP. Le xylose a été identifié comme un hydrate de carbone nécessaire au fonctionnement du corps. Il fait partie des huit sucres essentiels dont le corps a besoin pour construire et renouveler les cellules. En tant que nutriment au goût sucré, comparable au sucre de canne, il constitue un glyconutriment. On trouve le xylose en petites quantités dans de nombreux fruits et légumes. Dans les plantes, les unités de xylose sont regroupées pour former le polysaccharide

xylyane, que l'on appelle « sucre d'écorce » ou « sucre du bois ». Il est considéré comme ayant des propriétés antibactériennes et antifongiques. Les recherches montrent que ce sucre est nécessaire à la protection des tissus contre les bactéries. Il combat aussi les bactéries à l'origine de problèmes bucaux-dentaires, et comme il s'accroche aux streptocoques de la même manière que le D-mannose s'accroche aux bactéries *E. coli* et *Klebsiella*, le xylose peut agir en synergie avec le D-mannose en tant qu'agent thérapeutique en cas d'infection urinaire (Chene C, 1998). Malgré la ressemblance dans la composition chimique entre le xylose et le glucose, seul le glucose provoque le mécanisme de l'insuline. Ainsi, le xylose a pour effet bénéfique de diminuer le taux de sucre dans le sang. Pour les utilisateurs non-diabétiques du xylose, une diminution de l'ingestion de glucose grâce à la substitution par la xylose peut contribuer à réduire les risques de chute hypoglycémique et, par là-même, le besoin frénétique de manger sucré (Chene C, 1998). De nombreuses études tendent à démontrer les multiples facettes de la xylose et le rôle important qu'il joue au niveau de la réparation des tissus conjonctifs, de l'absorption du calcium, ou de la formation du cartilage car est un composant essentiel du sulfate de chondroïtine. Son assimilation, son métabolisme et son fonctionnement au niveau de la cellule restent à élucider afin de pouvoir mieux cerner son action thérapeutique. En attendant, on peut conclure qu'une supplémentation en xylose peut contribuer au bien-être et à la vitalité de l'organisme.

Conclusion

S. anguivi Lam et *S. torvum* sont largement utilisées à travers le monde pour traiter diverses pathologies. Cette explication vient du fait qu'elles contiennent plusieurs principes actifs tels que les stérols, les polyterpènes, les tanins catéchiques, les quinones, les saponines, les alcaloïdes et coumarines. Des essais cliniques doivent être envisagés afin de vérifier leur potentiel antipaludique et connaître leur efficacité en tant que plante médicinale. Considérées comme une bonne source énergétique pour les malades, *S. anguivi* Lam et *S. torvum* possèdent malgré leur amertume des sucres non moins importants. Ainsi, la chromatographie sur couche mince des fruits étudiés révèle plusieurs sucres que sont le glucose, le fructose, le ribose, le xylose. Cependant, *S. torvum* possède en plus l'arabinose. Ces sucres jouent des rôles de maintien de la santé et sont indispensables à l'organisme humain. La consommation des fruits orange de *S. anguivi* Lam et des fruits verts de *S. torvum* associées de façon judicieuse aux sources alimentaires existantes, peut s'avérer bénéfique pour les populations surtout les couches sociales les plus défavorisées.

References:

1. Ban-Koffi L., Nemlin G. J., Lefevre S. et Kamenan A. (2005). Caractérisation physico-chimique et potentialités thérapeutique du pois sucré (*Cyperus esculentus* L. Cyperaceae), *Agronomie Africaine*. XVII (1) : 63-71.
2. Bekro Y., Tra Bi F. et Ehilé E.(2007). Etude ethnobotanique et screening phytochimique de *Caesalpinia benthamiana* (Baill.) Herend et Zarucchi (Caesalpiniaceae), *Science et Nature* 4 : 217-225.
3. Bruckner H. (1955). Estimation of monosaccharides by orcinol-sulfuric acid reaction. *Journal of Biochemistry*, 60: 200-205.
4. Bruneton J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales. Lavoisier TEC et Doc, Paris 5ème édition, P 250-270.
5. Bruneton J. (1987). Eléments de phytochimie et de pharmacognosie. Technique et documentation, Edition Lavoisier, Paris, 357pp.
6. Chene C. (1998). Saveur sucrée et propriétés fonctionnelles : polyols au-delà de la saveur sucrée- RIA n°583.
7. Da Silva E., Oliviera A., Lapa A. (1994). Pharmacological evaluation of the anti-inflammatory activity of a citrus bioflavonoid, hesperidin and the isoflavonoïds, duartin and claussequinone in rats and mice. *Journal of Pharmacology* 46 (2): 118-22.
8. De whalley C., Rankin S., Hout J., Jessup W., Leake D. (1990). Flavonoids inhibit the oxidative modification of low density lipoproteins by macrophages. *Biochemistry and Pharmacology*, 39 (11): 1743-1750.
9. Galati D., Owusu A. (1997). The comparative heat stability of bovine β -lactoglobulin in buffer and complex media. *Journal of Science Food and Agriculture*, 74: 89-98.
10. Grubben G. and Denton D. (2006). *Plant Ressources of Tropical Africa 2 Vegetables*. Fondation Prota, Wageningen, Blackshuys Publisher, CTA 737 pp
11. Ito C., Itoigawa M., Onoda S., Hosokawa A., Ruanrunsi N., Okuda T., Tokuda H., Nishino H. (2005). Chemical constituents of *Murrayasiamensis*: three coumarins and their anti-tumor promoting effect, *Phytochemistry* 66: 567-572.
12. Ladiguina E., Safronich L., Otriacheva V., Balandina I., Grinkevich N., Sorokina A., Glizin V., Molodojnikova L., Mitin Y., Samilina I. et Ermakova V. (1983). Analyse chimique des plantes médicinales, Edition Moskvavischayachkola, 172 pp.
13. Laughton M., Halliwell B., Evans P., Hout J., Robin S. (1989). Antioxidant and pro-oxidant action of the plant phenolics quercetin, gossypol and myricetin. *Biochemistry and Pharmacology* 38 (17): 2859-2865.

14. Middleton E. (1996). Biological properties of plant flavonoids an overview. *International Journal of Pharmacology* 34 (5): 344-348.
15. Mila I., Scalbert A. (1994). Tannin antimicrobial properties through iron deprivation: a new hypothesis. *International Symposium on Natural phenols in plant Resistance*, 381 (2): 749-755.
16. N'Guessan K., Beugré K., Guédé N., Dossouhoua T., Aké-Assi L. (2009). Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte d'Ivoire), *Science and Nature* 6 (1): 1-15.
17. Nacoulma O. (1996). Plantes médicinales et pratiques médicales traditionnelles au Burkina Faso : cas du plateau central. Thèse de doctorat ès Sciences naturelles. Université d'Ouagadougou (Burkina Faso). 605 pp.
18. Paris M., Hurabielle M., 1981. *Abrégé de matière médicale (pharmacognosie). Tome 1 : généralités monographiques.* Edition Masson, Paris, 173 p.
19. Puppo A. (1992). Effect of flavonoids on hydroxyl radical formation by Fenton- type reactions; Influence of the iron chelator. *Phytochemistry* 31 (1): 85-88.
20. Susan J., Shepherd R., Peter R., Gibson M. (2006). Fructose mal absorption and symptoms of irritable bovel syndrome guidelines for effective dietary management. *American Journal of Dietary Association* 106:1631-1639.
21. Van acker S., Tromp M., Haenen G., Van der Vijgh W., Bast A. (1995). Flavonoids as scavengers of nitric oxide radical *Biochemistry Biophy and Ressource*.213 (3): 755-790.
22. Vincken J., Heng L., De Groot A., Gruppen H.(2007). Review saponins, classification and occurrence in the plant Kingdom. *Phytochemistry* 68, 275-297



Enquête Ethnobotanique Sur Les Plantes Médicinales Utilisées Dans La Prise En Charge Traditionnelle Des Maladies Infectieuses Dans La Région Sanitaire Lomé-Commune Du Togo

Aboudou, A. Dahounom (Master en Sciences Biomédicales)

Centre de Recherche et de Formation sur les Plantes Médicinales (CERFOPLAM), Laboratoire de Physiologie et Pharmacologie, Faculté des Sciences, Université de Lomé

Koffi Koudouvo (Maître de Conférences)

Centre de Recherche et de Formation sur les Plantes Médicinales (CERFOPLAM), Laboratoire de Physiologie et Pharmacologie, Faculté des Sciences, Université de Lomé

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p46](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p46)

Submitted: 17 July 2020

Accepted: 09 September 2020

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Aboudou A.D. & Koffi K. (2021). *Enquête Ethnobotanique Sur Les Plantes Médicinales Utilisées Dans La Prise En Charge Traditionnelle Des Maladies Infectieuses Dans La Région Sanitaire Lomé-Commune Du Togo*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 46.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p46>

Résumé

Afin de promouvoir la Médecine traditionnelle togolaise (MTT), préserver/conservé des savoirs et savoir-faire endogènes, une enquête ethnobotanique a été menée de Mai 2018 à Juillet 2019 pour recenser les recettes de plantes aux propriétés anti-infectieuses vendues dans les marchés de la Région Sanitaire Lomé-Commune du Togo.

ATRM(Achat en Triplet de Recettes Médicinales) a été la méthode de collecte des données. Les données recueillies qui portent sur les caractéristiques ethnopharmacologiques de ces recettes, ont été traitées et analysées avec des logiciels ethnobotaniques et statistiques appropriés afin de sélectionner quelques plantes pour de futurs tests de laboratoire.

Cent deux (102) recettes d'association de plantes constituées par 68 espèces appartenant à 37 familles, ont été recensées. Annonaceae et Leguminosae-Caesalpinioideae (5 espèces chacune), Apocynaceae,

Euphorbiaceae, et Leguminosae-Papilionoideae (4 espèces chacune), ont été les familles les plus représentées. Anacardiaceae, Euphorbiaceae, et Leguminosae-Mimosoideae, avec respectivement 129, 75 et 63 citations, ont été les familles dont les espèces sont plus citées. Arbres (39,71%), herbes (38,24%), arbustes (14,7%), lianes (2,94%), arbrisseaux (2,94%) et palmiers (1,47%) ont été les types biologiques d'appartenance de ces espèces. Suivant les valeurs usuelles (VU), *Lannea kerstingii* (VU=2,29), *Bridelia ferruginea*(VU=2,00) et *Zanthoxylum xanthoxyloides*(VU=1,82) ont été les espèces plus usuelles. Ecorce de tronc (53,57%), racine (16,13%), tige feuillée (6,9%), plante entière (6,65%), fruit (6,28%), et écorce de racine (6,04%) ont été les parties les plus utilisées des espèces recensées qui sont préparées par décoction (93.14%) et macération (6,86%) puis administrées exclusivement par voie orale. *Bridelia ferruginea* et *Chamaechrista rotundifolia* ont été sélectionnées pour de futurs tests antimicrobiens.

Ces résultats illustrent la richesse de la MTT en connaissances endogènes sur les plantes aux propriétés anti-infectieuses.

Mots clés: Phytomédecine, Plantes Médicinales Anti-Infectieuses, Herboristes De Marché, ATRM, Togo

Ethnobotanical Survey On Medicinal Plants Used In The Traditional Management Of Infectious Diseases In The Lomé-Commune Health Region of Togo

Aboudou, A. Dahounom (Master en Sciences Biomédicales)

Centre de Recherche et de Formation sur les Plantes Médicinales (CERFOPLAM), Laboratoire de Physiologie et Pharmacologie, Faculté des Sciences, Université de Lomé

Koffi Koudouvo (Maître de Conférences)

Centre de Recherche et de Formation sur les Plantes Médicinales (CERFOPLAM), Laboratoire de Physiologie et Pharmacologie, Faculté des Sciences, Université de Lomé

Abstract

In order to promote traditional Togolese medicine, to preserve and conserve endogenous knowledge and expertise, an ethnobotanical survey was carried out from May 2018 to July 2019 to record the recipes of plants with anti-infectious properties sold in the markets of the Lomé-Commune Health Region of Togo.

ATRM (Achat en Triplet de Recettes Médicinales) was the data collection method. The data collected about the ethnopharmacological

characteristics of these recipes were treated and analyzed with appropriate ethnobotanical and statistical software for selection some plants for future laboratory tests.

One hundred and two associations of plant's recipes composited by 68 species belonging to 37 families were identified. Annonaceae and Leguminosae-Caesalpinioideae(5 species each), Apocynaceae, Euphorbiaceae, and Leguminosae-Papilionoideae(4 specie each) were the most represented families while Anacardiaceae(129 citations), Euphorbiaceae(75 citations) and Leguminosae-Mimosoideae(63 citations) were family of the most cited species. Trees(39.71%), grasses(38.24%), shrubs(14.7%), lianas(2.94%), bushes(2.94%) and palms(1.47%) were the different biological types to which these species belonged. According to the Used value(UV) *Lannea kerstingii*(UV=2.29), *Bridelia ferruginea*(UV=2.00) and *Zanthoxylum xanthoxyloides*(UV=1.82) were the most usual species. Stem bark(53.57%), root(16.13%), leafy stem(6.9%), whole plant(6.65%), fruit(6.28%), and root bark(6.04%) were the most commonly used parts of the listed species. These recipes which are prepared by decoction (93.14%) and maceration(6.86%) are administered exclusively by oral route. *Bridelia ferruginea* and *Chamaechrista rotundifolia* were selected for laboratory tests to evaluate their antimicrobial activities in future.

Conclusion: These results illustrate the richness of traditional Togolese medicine in endogenous knowledge about anti-infectious' medicinal plants.

Keywords: Phytomedicine, Anti-Infectious Medicinal Plants, Market Herbalists, ATRM, Togo.

Introduction

Les recherches sur l'utilisation des plantes en Pharmacopée et Médecine Traditionnelle Africaines ont permis la découverte de nombreux principes actifs (molécules) de plusieurs médicaments utilisés aujourd'hui en Médecine moderne (Assouma, *et al.*, 2018; Leonti *et al.*, 2017; Soh *et al.*, 2007; Cragg, *et al.*, 2002). Parmi les molécules de ces médicaments, certaines ont été extraites directement des plantes médicinales, d'autres en sont des homologues structuraux. Nombreuses molécules traitant les maladies infectieuses y sont retrouvées (Dieye *et al.*, 2020). Cependant, ces médicaments sont souvent très coûteux et peu supportables par les bourses des couches de population les plus pauvres surtout celles de l'Afrique subsaharienne, incapables de s'offrir de tels traitements. Cette situation, ajoutée aux résistances développées ces dernières années par les germes des maladies infectieuses et bactériennes contre les médicaments conventionnels selon Courvalin,

1997 et Dieye *et al.*, 2020, ont contraint les populations de cette zone du monde à solliciter les plantes médicinales comme des alternatives de premier recours en soins de santé primaire.

Au Togo, dans la Région Sanitaire de Lomé-Commune(RSLC), des études ont signalé que plusieurs plantes sont utilisées traditionnellement par les populations pour traiter une diversité de maladies (Esseh *et al.*, 2019; Denou *et al.*, 2016; Koudouvo *et al.*, 2011; Diallo *et al.*, 2008; Adjanohoun *et al.*, 1986). Cependant, peu ou rares sont les études qui ont porté sur les plantes aux propriétés anti-infectieuses vendues par les'' herboristes de marché'' du Togo (Koudouvo, 2009). La présente étude a été réalisée pour recenser par enquêtes ethnobotaniques, les plantes utilisées en médecine traditionnelle togolaise (MTT) dans la Région Sanitaire Lomé-Commune (RSLC) du Togo pour soigner les maladies infectieuses. La finalité de l'étude est d'établir la liste de cette catégorie de plantes médicinales de la zone en vue d'en sélectionner pour des tests sur des modèles de laboratoire afin de vérifier leurs activités pharmacologiques anti-infectieuses.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

La RSLC qui est la zone d'étude, est située au sud du Togo à une latitude de 6°8.2488' Nord et une longitude de 1°12.7362' Est. Elle est limitée au Nord par la Région Maritime, au Sud par l'Océan Atlantique, à l'Est par le Bénin, à l'Ouest par le Ghana (Figure 1), et couvre une superficie de 8470 km². La population de la Région est estimée au dernier recensement de 2010 au Togo à 837 437 habitants (D.G.S.C.N.T, 2011). Les langues locales les plus parlées sont l'Ewé et le Mina, le Français étant la langue officielle. Le relief de la zone est caractérisé par le Bassin sédimentaire côtier de la Région Maritime constitué de sable, de calcaire et d'argile essentiellement. C'est une vaste plaine aux vallées relativement basses et plates qui constituent une véritable cuvette où coulent de nombreuses rivières. Le climat est de type subtropical avec deux saisons de pluies alternées de deux saisons sèches. Ce climat est à dominance tropicale avec une Mousson caractérisée par des pluies moins importantes et de l'harmattan avec des précipitations annuelles moyennes de 859 mm. La température moyenne à Lomé est de 26.8 °C (Koudouvo, 2009).

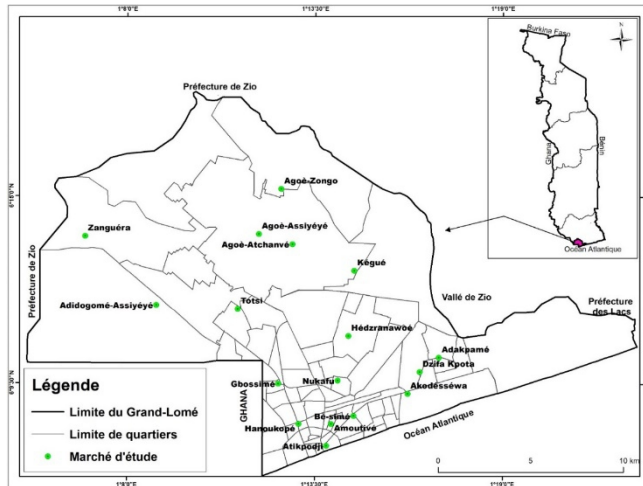


Figure 1. Carte représentant les marchés de vente de la Zone d'étude (Région Sanitaire Lomé-Commune du Togo)
Source:Koudouvo *et al.*, 2011

Collecte des données

De Mai 2018 à Juillet 2019, 34 herboristes de marché répartis dans 17 marchés de la RSLC à raison de 2 par marché, ont été enquêtés en utilisant la méthode d'enquête ethnobotanique ATRM (Achat en Triplet de Recettes Médicinales) (Koudouvo, 2009, Koudouvo *et al.*, 2016) pour la collecte des données. La méthode consiste à aller trois fois de suite dans l'intervalle de deux semaines acheter de recettes auprès d'un même herboriste de marché pour soigner une même maladie. Les recettes qui seront achetées lors de ces trois visites chez chaque herboriste, sont respectivement en grand nombre (GN), en nombre réduit (NR), et en nombre très réduit (TR). Trente et quatre herboristes dans 17 marchés de la zone d'études ont été visités pour les achats. Les informations recueillies sur ces recettes ont portées sur les caractéristiques ethnobotaniques et ethnopharmacologiques telles que le mode de préparation, les voies d'administration, le mode d'emploi, la posologie, les interdits alimentaires lors de leur utilisation, les effets secondaires et indésirables éventuels.

Traitement et analyse des données

La flore Analytique du Bénin (Akoègninou *et al.*, 2006) et la base de données en ligne de PROTA4U (Plant Resources of Tropical Africa) : www.prota4u.org, ont été utilisées pour l'identification botanique des espèces de plantes qui composent les recettes recensées. Les identifications ethnobotaniques qui ont été réalisées en suivant les travaux de Koudouvo *et al.*, (2016), ont été confirmées par l'équipe du

Prof. Koffi Akpagana du Togo. La précision des noms en langues locales a été réalisée en référence à Akoègninou *et al.*, (2006), à Adjanohoun *et al.*, (1986, 1989), au Dictionnaire Monographique de l'Afrique de l'Ouest (Eklou-Natey *et al.*, 2012) et à la Pharmacopée de l'Afrique de l'Ouest, Edition1 (PAO1) de 2013. Des logiciels ethnobotaniques récents ont servi aux traitements des données recueillies. La Sélection par Elimination Progressive (SEP) (Koudouvo *et al.*, 2016, Denou *et al.*, 2016 ; Koudouvo, 2009) reprise par Assouma *et al.*, (2018) en Sélection par Elimination Progressive Améliorée (SEPA), a permis la sélection de plantes pour de futurs tests de laboratoire.

La détermination de la Valeur d'usuelle (VU), une méthode quantitative pour évaluer l'importance relative des espèces connues localement, a été calculée selon Koudouvo (2009) ; Aburjai *et al.*, (2006) ; Gazzaneo *et al.*, (2005), suivant la formule :

$UV = \Sigma U/n$ où **U** est le nombre de citations par espèce et **n** le nombre d'Herboristes enquêtés.

La corrélation entre la proportion des organes renouvelables et non renouvelables comme parties utilisées des plantes sur les marchés (Koudouvo *et al.*, 2017), permettra de statuer sur la bonne pratique en cueillette de plantes médicinales pour la préservation des espèces contre la menace de la biodiversité.

Résultats

Caractéristiques botaniques et diversités biologiques des espèces

La présente étude a permis de recenser 102 recettes de plantes médicinales auprès des 34 herboristes de marchés qui sont exclusivement des femmes. Ces recettes sont constituées par 68 espèces appartenant à 38 familles botaniques dont les plus représentées sont les Annonaceae et Leguminosae-Caesalpinioideae (5 espèces chacune), Apocynaceae, Euphorbiaceae, et Leguminosae-Papilionoideae (4 espèces chacune). Anacardiaceae (129 citations), Euphorbiaceae (75 citations), et Leguminosae-Mimosoideae (63 citations), ont été les familles pour lesquelles les espèces ont été les plus citées (Figure 2). Du point de vue fréquence (F) des espèces, *Lannea kerstingii* (F=9,62%), *Bridelia ferruginea* (F=8,39%), et *Zanthoxylum xanthoxyloides* (F=7,65%) ont été les espèces les plus fréquemment citées (Tableau 1). Les types morphologiques d'appartenance de ces espèces (Figure 3) sont entre autres les arbres (39,71%), les herbes (38,24%), les arbustes (14,7%), les lianes (2,94%), les arbrisseaux (2,94%), et les palmiers (1,47%).

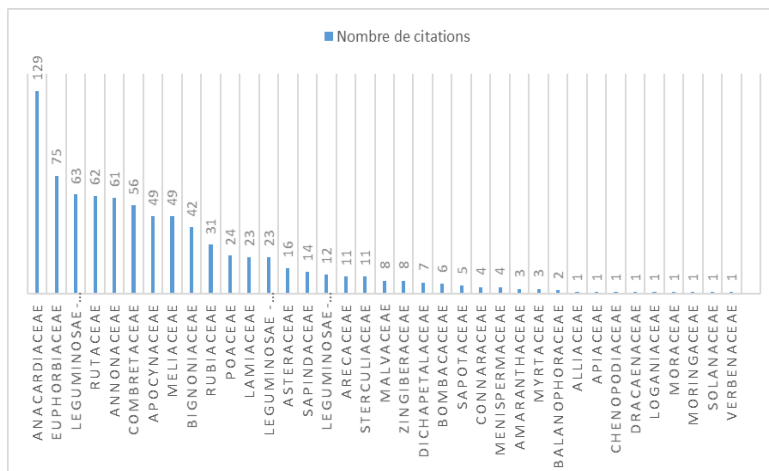


Figure 2. Fréquence de citation des espèces par famille

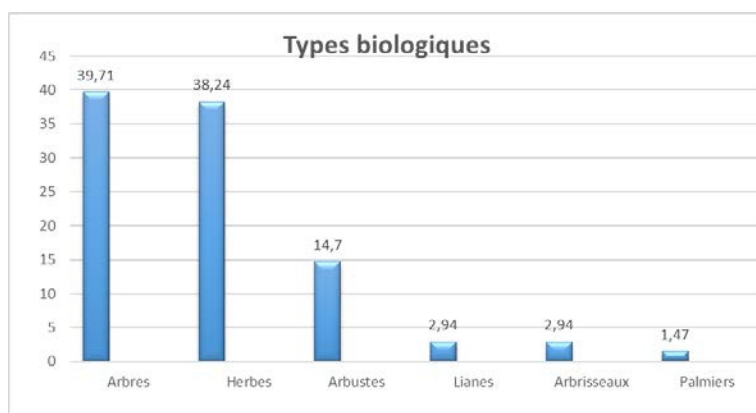


Figure 3. Histogramme par types morphologiques

Caractéristiques ethnopharmacologiques des plantes et recettes de plantes

Tableau 1. Diversité biologique des espèces anti-infectieuses de la Région Sanitaire "Lomé-Commune" du Togo

Noms scientifiques	Familles	Noms en langues locales (Langues)	Types morphologiques	Parties utilisées	Citation des espèces		Valeurs usuelles
					Nombre	Fréquence(%)	
<i>Lannea kerstingii</i> A. Rich.	Anacardiaceae	Melonkou = Melankou = Monlonkou	Arbre	ET	78	9,62%	2,29
<i>Bridelia ferruginea</i> Benth.	Euphorbiaceae	Kamati = Hlihoin	Arbuste	ET	68	8,39%	2,00

<i>Zanthoxylum xanthoxyloides</i> Lam.	Rutaceae	Exeti = Exe = Xe	Arbuste	Ra	62	7,65%	1,82
<i>Pteleopsis suberosa</i> Engl. & Diels.	Combretaceae	Kotokolikan = Sissinon = Aklitsi	Arbre	ET	56	6,91%	1,64
<i>Mangifera indica</i> Linn.	Anacardiaceae	Mangoti = Atontsi	Arbre	ET	51	6,29%	1,50
<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss.	Meliaceae	Mahogen = Mahogani	Arbre	ET	49	6,04%	1,44
<i>Uvaria chamae</i> P. Beauv.	Annonaceae	Agbanlan = Gbana-gbana	Arbuste	Ra	49	6,04%	1,44
<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Apocynaceae	Nyami Dua = Nyamidua = Ton-Ton = Siaketekre	Arbre	ET	43	5,30%	1,26
<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) Benth	Leguminosae-Mimosoideae	Wokpa=Wotsi	Arbre	ET	29	3,58%	0,85
<i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd. ex Delile	Leguminosae-Mimosoideae	Ayigbé	Arbre	Fr	26	3,20%	0,76
<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	Bignoniaceae	Vinokpa = Gnakpekpe	Arbre	ET	26	3,20%	0,76
<i>Acanthospermum hispidum</i> (DC).	Asteraceae	Afegban = Dougban = Afegbin = Damelatsu'nko	Herbe	PE	16	1,97%	0,47
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Bignoniaceae	Adassigolo = Adassigo = Adatigolo = Adatsigo	Arbre	ET	16	1,97%	0,47
<i>Ocimum gratissimum</i> Linn.	Lamiaceae	Esroun = Dzogbeti	Herbe	TF	15	1,85%	0,44
<i>Paullinia pinnata</i> Linn.	Sapindaceae	Assiviatoè=Assiviatoèka = Hokouika = Gbexatsaxatsa	Liane	TF	14	1,72%	0,41

<i>Sarcocephalus latifolius</i> (Sm.) E.A. Bruce	Rubiaceae	Nimon	Herbe	Ra	13	1,60%	0,38
<i>Cocos nucifera</i> Linn.	Arecaceae	Yovoninti = Yovonèti = Yevunetsi = Netsi	Palmier	Ra	11	1,35%	0,32
<i>Oldenlandia corymbosa</i> Linn.	Rubiaceae	Tsoèvissihin = Vouvoudralè	Herbe	TF	10	1,23%	0,29
<i>Cassia sieberiana</i> DC.	Leguminosae - Caesalpinioideae	Gati gati	Arbuste	Ra	9	1,11%	0,26
<i>Indigofera pulchra</i> Willd.	Leguminosae- Papilionoideae	Dzokon = Zokon = Zoukon	Herbe	PE/Fe	9	1,11%	0,26
<i>Piliostigma thonningii</i> (Sch.) Miln. Redh.	Leguminosae - Caesalpinioideae	Klonti = Eklonti = Eklo = Kloè	Arbre	ET/Fe	9	1,11%	0,26
<i>Vetiveria nigriflora</i> (Benth.) Stapf	Poaceae	Kédéké= Kéréké = Kédéka = Gbé woyè woyè = Gbéwoayé	Herbe	Ra	9	1,11%	0,26
<i>Xylopiya aethiopica</i> (Dunal) A. Rich.	Annonaceae	Etso = Ezzo	Arbre	Fr	9	1,11%	0,26
<i>Cymbopogon citratus</i> Stapf.	Poaceae	Tsigbe = Gbehoin	Herbe	TF	8	0,92%	0,23
<i>Ocimum canum</i> Sams	Lamiaceae	Ahamè = Hamè	Herbe	PE	8	0,92%	0,23
<i>Tetrapleura tetraptera</i> (Schum. & Thonn.) Taub	Leguminosae- Mimosoideae	Plèkèssè	Arbre	Fr	8	0,92%	0,23
<i>Dichapetalum madagascariense</i> (DC) Keay.	Dichapetalaceae	Atihali = Atihanli = Atixali = Tchokpleti	Herbe	Fr	7	0,86%	0,20

<i>Gossypium hirsutum</i> Linn.	Malvaceae	Deti = Edeti = Detitsi = Detifutsi	Herbe	TF	7	0,86%	0,20
<i>Sorghum bicolor</i> (Linn.) Moench	Poaceae	Adako = Ada = Adadzen	Herbe	Fe	7	0,86%	0,20
<i>Aframomum melegueta</i> K.Schum.	Zingiberaceae	Atakou	Herbe	Ra/Fr	6	0,74%	0,17
<i>Waltheria indica</i> Linn.	Sterculiaceae	Adouwèti =Sinto = Sin-to = Adoufanti = Seto	Herbe	TF	6	0,74%	0,17
<i>Ceiba pentandra</i> (L.)	Bombacaceae	Hounti	Arbre	ET	5	0,61%	0,14
<i>Cola millenii</i> K. Schum.	Sterculiaceae	Assiviatoe = Kessedui = Kesseloin = Kpando	Arbre	TF/Ra	5	0,61%	0,14
<i>Vitellaria paradoxa</i> Gaertn C.F	Sapotaceae	Yokpa	Arbre	ET	5	0,61%	0,14
<i>Rourea coccinea</i> (Thonn. ex Sch.) Benth.	Connaraceae	Tomegavi = Hlongbedeti	Arbuste	Ra	4	0,49%	0,11
<i>Euphorbia hirta</i> Linn.	Euphorbiaceae	Anonsikan = Nosikin = Notsika = Anotsigbe	Herbe	PE	4	0,49%	0,11
<i>Morinda lucida</i> Linn	Rubiaceae	Zanklan = Dadaklan = Dzadzaklan	Arbre	Ra	4	0,49%	0,11
<i>Pavetta corymbosa</i> (DC) F.N. Will.	Rubiaceae	Sifafa = Siafa = Siafati	Arbuste	PE	4	0,49%	0,11
<i>Pleiocarpa pycnantha</i> (K. Sch.) Stapf.	Apocynaceae	Avlokouigbe = Gbevenati	Arbuste	TF	4	0,49%	0,11
<i>Tiliacora funifera</i> Oliv.	Menispermaceae	Katokpan	Liane	Ra	4	0,49%	0,11
<i>Eugenia caryophyllata</i> Thunb	Myrtaceae	Plingota = Plèplè	Arbre	Fr	3	0,37 %	0,08

<i>Gomphrena celosioides</i> Mart.	Amaranthaceae	Papataxe = Gnagantaxe = Gnagantahé	Herbe	PE	3	0,37 %	0,08
<i>Chamaecrista rotundifolia</i> (Pers.)	Leguminosae - Caesalpinioideae	Azingbe = Zingbe = Zigbe	Herbe	TF	2	0,24 %	0,05
<i>Phyllanthus amarus</i> Sch. et Th.	Euphorbiaceae	Ehlinvi = Hlinvi	Herbe	PE	2	0,24 %	0,05
<i>Tamarindus indica</i> Linn.	Leguminosae - Caesalpinioideae	Atikessigbe = Kététiya	Arbre	Fr	2	0,24 %	0,05
<i>Thonningia sanguinea</i> Vahl.	Balanophoraceae	Pidè = Pide	Herbe	Ra	2	0,24 %	0,05
<i>Zingiber officinale</i> Rosc. Trans. Linn.	Zingiberaceae	Dotè	Herbe	Rh	2	0,24 %	0,05
<i>Abrus precatorius</i> L.	Leguminosae - Papilionoideae	Djenkoudjen = Djindjinkoudjin	Arbuste	Ra	1	0,12 %	0,02
<i>Adansonia digitata</i> Linn.	Bombacaceae	Adidotsi = Lagbati = Lagbadido	Arbre	ET	1	0,12 %	0,02
<i>Allium sativum</i> L.,	Alliaceae	Ayo	Herbe	Bu	1	0,12 %	0,02
<i>Annona senegalensis</i> Pers.	Annonaceae	Zogbényigli	Arbuste	TF	1	0,12 %	0,02
<i>Annona squamosa</i> L.	Annonaceae	Kandrouwa = Cannelle africaine	Arbuste	ET	1	0,12 %	0,02
<i>Anthocleista nobilis/A. djalonenensis</i> A. Cher.	Loganiaceae	Gboloba	Arbre	Ra	1	0,12 %	0,02
<i>Caesalpinia bonduc</i> Roxb.	Leguminosae - Caesalpinioideae	Adikou = Adikutsi	Arbrisseau	Fe	1	0,12 %	0,02
<i>Capsicum annuum</i> L.,	Solanaceae	Yébéssévi	Herbe	Fr	1	0,12 %	0,02
<i>Chenopodium ambrosioides</i> Linn.	Chenopodiaceae	Magbezondé = Azondé = Magbezoni	Herbe	TF	1	0,12	0,02

<i>Desmodium tortuosum</i> (Sw.) DC	Leguminosae-Papilionoideae	Tedavonou = Telanonou = Tedeavonou	Herbe	Fe	1	0,12 %	0,02
<i>Ficus platyphylla</i> Del	Moraceae	Vodzin = Vodzentsi	Arbre	TF	1	0,12 %	0,02
<i>Hibiscus surattensis</i> L	Malvaceae	Gnatoxe = Gnatu	Herbe	TF	1	0,12 %	0,02
<i>Holarrhena floribunda</i> (G. Don) Dw. Sch.	Apocynaceae	Sessewou = Sewu	Arbre	Ra	1	0,12 %	0,02
<i>Jatropha gossypifolia</i> Linn.	Euphorbiaceae	Babatidjin = Babatidjê = Kpoti	Arbuste	TF	1	0,12 %	0,02
<i>Lippia multiflora</i> Moldenke	Verbenaceae	Avudati = Avloti	Arbre	TF	1	0,12 %	0,02
<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) Kunth	Leguminosae-Papilionoideae	Lamba	Arbre	ET	1	0,12 %	0,02
<i>Monodora myristica</i> (Gaertn)	Annonaceae	Ayikou	Arbre	Fr	1	0,12 %	0,02
<i>Moringa oleifera</i> Linn.	Moringaceae	Yovovigbe = Kpotsi	Arbre	Ra	1	0,12 %	0,02
<i>Pimpinella anisum</i> L	Apiacées	Pastis ku	Herbe	Fr	1	0,12 %	0,02
<i>Rauvolfia vomitoria</i> Afzel.	Apocynaceae	Dodémakpowoe	Arbrisseau	Ra	1	0,12 %	0,02
<i>Sansevieria liberica</i> Ger. and Labr.	Dracaenaceae	Yodobou = Yodobo = Yoboo	Herbe	Rh	1	0,12 %	0,02

Note : ER = Ecorce de Racine, ET = Ecorce de Tige, Bu = Bulbe, Fe = Feuille, Fr = Fruit, Gr = Graine, PE = Plante Entière, Ra = Racine, TF = Tige Feuillée, Rh = Rhizome

Organes utilisés, modes de préparation et voies d'administration

Ecorce de tronc (53,57%), racine (16,13%), tige feuillée (6,90%), plante entière (6,65%), fruit (6,28%), et écorce de racine (6,04%) ont été les parties les plus utilisées des espèces recensées (Figure 4). Les autres parties utilisées sont les feuilles (3,57%), rhizome (0,49%), graine (0,25%) et bulbe (0,12%). Le prélèvement des organes non renouvelables (écorce de tronc, écorce racine, racine, rhizome, plante entière et bulbe) représente plus de 83% alors que celui des organes renouvelables (fruit, tige feuillée, feuille et graine) n'est qu'à moins de 17%, ce qui constitue une véritable menace de la biodiversité médicinale.

Ces espèces sont préparées en décoction (93.14%) et en macération (6,86%) (Figure 5) puis administrées en exclusivité par voie orale (100%), pour soigner les maladies infectieuses.

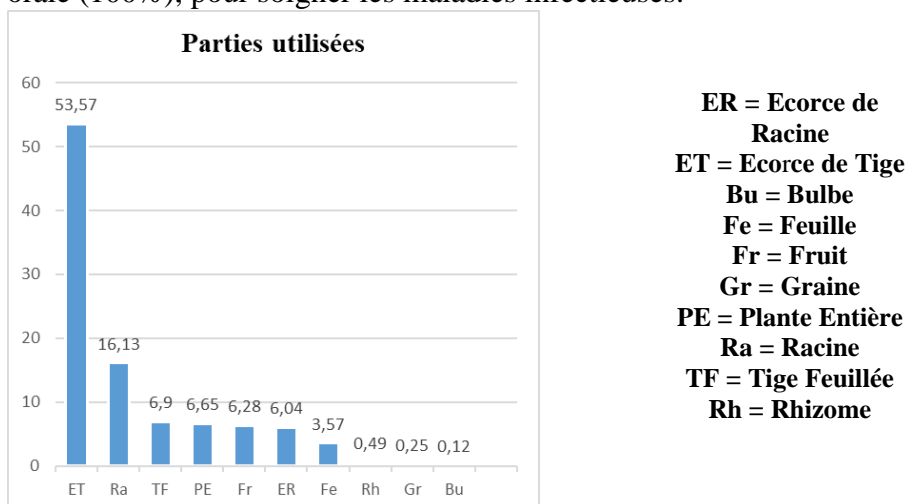


Figure 4. Histogramme des différentes parties utilisées pour la préparation des recettes



Figure 5. Spectre des différents modes de préparation des remèdes

Espèces sélectionnées pour de futurs tests de laboratoire.

Par application de la SEPA, *Bridelia ferruginea* Benth (Euphorbiaceae), *Chamaecrista rotundifolia* Linn (Leguminosae–Caesalpinioideae) ont été

sélectionnées pour les tests de laboratoire sur leurs activités anti-infectieuses (antimicrobiennes).

Discussion

Ce travail qui est une étude préliminaire réalisée auprès des herboristes de marché (HM) sur les espèces végétales anti-infectieuses, a contribué par enquêtes ethnobotaniques à l'obtention d'une base de données de la Région Sanitaire Lomé-Commune du Togo sur cette catégorie de plantes par la méthode togolaise d'enquête ethnobotanique 'ATRM'. Ainsi, cent deux (102) recettes de plantes médicinales anti-infectieuses ont été recensées chez trente-quatre (34) HM à raison de deux (02) par marché soient dix-sept (17) marchés de la zone d'étude. Koudouvo *et al.*, (2011, 2016); Klotoé *et al.*, (2013) ; Dénou *et al.*, (2016) avaient déjà utilisé cette méthode pour recenser des plantes médicinales respectivement au Togo, au Bénin et au Mali pour soigner une diversité de maladies.

L'exclusivité féminine des 34 HB enquêtées qui est une particularité de cette catégorie de praticiens de la Médecine traditionnelle du Togo, a été relatée par des études antérieures (Dougnon, *et al.*, 2018; Koudouvo, 2009; Mehdioui et Kahouadji, 2007). Ceci s'explique par la réalité qu'au Togo le commerce des plantes médicinales est l'apanage des femmes, plus majoritaires que les hommes. Les connaissances endogènes médicinales en Afrique étant transmises de génération en génération, au Togo c'est aux descendants féminins que l'exercice d'herboriste est transmis (Koudouvo *et al.*, 2011 ; Klotoé *et al.*, 2013; Dassou *et al.*, 2014).

Les 68 espèces recensées appartenant à 38 familles botaniques confirment la richesse de la biodiversité médicinale de la « RSLC », les travaux de Koudouvo *et al.*, (2006) ont répertorié en utilisant la même méthode ATRM, 61 espèces antipaludiques dans cette zone. Le nombre d'espèces associé dans chacune des 102 recettes collectées variant de 2 pour les TR à 14 pour les GN est la preuve que les herboristes de marché (HM) disposent réellement des connaissances endogènes pouvant contribuer à la lutte contre les intoxications organiques causées par un nombre très élevé de plantes dans les recettes médicinales du Togo surtout les recettes anti-infectieuses. Ici encore l'un des objectifs fondamentaux de l'ATRM est atteint (Koudouvo *et al.*, 2016 ; Koudouvo 2009). Cependant l'association de 5 espèces et plus dans les recettes relate le manque de diagnostic et les motifs financiers. Les raisons pécuniaires qui sont à la base de l'association en grand nombre d'espèces dans les recettes par les herboristes de marché avaient été relatées par les travaux au Togo sur les recettes antipaludiques (Koudouvo, 2009).

La fréquence la plus élevée de *Lannea kerstingii* A. Rich s'explique par le fait que la plupart des herboristes l'ont ajouté systématiquement à

d'autres plantes pour ses propriétés antianémiques ou pour renforcer l'organisme et lui permettre de supporter le traitement. Une situation similaire a été signalée par Dougnon *et al.* (2018) à propos des espèces comme *Hibiscus surattensis* L, *Jatropha gossypifolia* Linn. et *Sorghum bicolor* (Linn.) Moench., alors que l'espèce antiinfectieuse la plus citée dans leur étude a été *Bridelia ferruginea* Benth.

Les familles botaniques les plus représentées sont les Annonaceae et Leguminosae -Caesalpinioideae (5 espèces chacunes). Les travaux d'Agody *et al.*, (2019) infirme ces résultats avec les Caesalpiniaceae et les Euphorbiaceae comme familles prédominantes. Alfa *et al.*, (2018) ont montré quant à eux, une prédominance des Fabaceae. Certaines des plantes de la présente étude se retrouvent dans les travaux de ces deux auteurs. C'est la preuve de la richesse du Togo en matière de plantes médicinales et de connaissances endogène sur ces plantes. Certaines des espèces appartenant à ces familles les plus représentées (*Paullinia pinnata*, *Piliostigma thonningii*, et *Parkia biglobosa*), ont été également recensées au cours des travaux antérieurs (Ladoh-Yemeda *et al.*, 2016 ; Camara *et al.*, 2016) comme étant des plantes anti-infectieuses. Quelques espèces antimicrobiennes au Togo avaient été sélectionnées et testées au laboratoire (Pissang *et al.*, 2016) mais pas en utilisant ATRM pour le choix de ces espèces.

Ecorce de tronc (53,57%), racine (16,04%) et plante entière (6,65%) sont entre autres les parties les plus utilisées des espèces recensées. A propos de ces parties, les travaux de Kokou *et al.*, (2000), et de Koudouvo (2009) ont attiré l'attention sur leur prélèvement qui sont source de la menace de la biodiversité. Ambe *et al.*, (2015); Ladoh-Yemeda *et al.*, (2016), Sylla *et al.*, (2018), Alfa *et al.*, (2018), Agody *et al.*, (2019) ont relevé dans leurs travaux, une prédominance des feuilles. Les résultats de cette étude sont proches de ceux de Mpondo *et al.*, (2017) au Cameroun qui ont signalé les écorces (72%) comme les organes les plus utilisés. Ces mêmes auteurs et Salhi *et al.*, (2010) ont révélé que les arbres ont été le type morphologique majoritaire confirmant les 39,71% d'arbres comme le type morphologique le plus prépondérant mentionné par les présents travaux. La particularité ethnopharmacologique des résultats de cette étude est d'une part l'administration des recettes à 100% par voie orale, et d'autre part, la décoction (93,14%) et la macération (6,86%) comme seuls modes de préparation de ces recettes. Les recettes recensées dans des études antérieures (Dénou *et al.*, 2016 ; Koudouvo *et al.*, 2011 et 2016 ; Klotoé *et al.*, 2013 ; Salhi *et al.*, 2010 ; Koudouvo, 2009) ont été préparées et administrées qualitativement par les mêmes modes de préparation et voies d'administration mais à des proportions variables.

Bridelia ferruginea Benth et *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) ont été sélectionnées par la présente étude afin de confirmer leur propriété antiinfectieuse par de futurs tests de laboratoire.

Conclusion

La présente étude a permis de mettre en exergue la diversité biologique en plantes médicinales anti-infectieuses au Togo ainsi que la richesse en connaissance endogènes de sa Région Sanitaire de Lomé-Commune. Elle a permis par ailleurs de constituer une base de données de cette catégorie de plantes médicinales. Des études complémentaires sont nécessaires dans le futur pour confirmer les activités pharmacologiques avérées de ces plantes en vue de la recherche de molécules pour la mise au point des phytomédicaments améliorés pour la prise en charge des maladies infectieuses au Togo et en Afrique de l'Ouest. A cet effet deux espèces (*Bridelia ferruginea* et *Chamaechrista rotundifolia*) ont été sélectionnées.

References:

1. Aburjai, T., Hudaib, M., Tayyem, R., Yousef, M., Qishawi, M. (2006). Ethnopharmacological survey of medicinal herbs in Jordan, the Ajloun Heights region. *Journal of Ethnopharmacology* 110 (2007) 294–304
2. Adjanohoun, E.J., Adjakidjè, V., Ahyi, M.R.A., Ake-Assi, L., Akoègninou, A., d'Almeida, J., Apovo, F., Boukef, K., Chadare, M., Cusset, G., Dramane, K., Eymé, J., Gassita, J.N., Gbagidi, N., Goudoté, E., Guinko, S., Houngnon, P., Lo, I., Saadou, M., Sodogandji, Th., De Souza, S., Tchabi, A., Zinsou, D.C., Zohoun, Th. (1989). Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques au Bénin. Agence de Coopération Culturelle et Technique, Paris, 895p.
3. Adjanohoun, E.J., Adjakidjè, V., Ahyi, M.R.A., Ake-Assi, L., Akpagana, K., Chibon, P., Al-Hadji, A., Eymé, J., Garba, M., Gassita, J.N., Gbeassor, M., Goudote, E., Guinko, S., Hodouto, K.K., Houngnon, P., Kéita, A., Keoula, Y., Klugu-Ocloo, W.P., Siamevi, K.M., Taffame, K.K. (1986). Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques au Togo. Agence de Coopération Culturelle et Technique, Paris, 671p.
4. Agody, M., Bakoma, B., Batawila, K., Wala, K., Dourma, M., Pereki, H., Dimobe, K., Bassene, H., Akpagana, K., (2019). Contribution au recensement des plantes médicinales du Togo : Cas de la Région Maritime. *European Scientific Journal* 15(24) 329-345.
5. Akouègninou, A., Van der Burg, W.J., Van der Maesen, L.J.G. (2006). Flore analytique du Bénin. Backhuys Publishers, 1043p.
6. Alfa, T., Anani, K., Adjrah, Y., Batawila, K., Ameyapoh, Y. (2018). Ethnobotanical Survey of Medicinal Plants Used Against

- Fungal Infections in Prefecture of Sotouboua Central Region, Togo. *European Scientific Journal*, 14, 342-356.
7. Ambe, A. S., Ouattara, D., Tiebre, M. S., Vroh, B. T. A., Zirihi, G. N., N'guessan, K. E. (2015). Diversité des plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel de la diarrhée sur les marchés d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(2), 4081-4096.
 8. Assouma, A. F., Koudouvo, K., Diatta, W., Vidzro, M.K., Guelly, A.K., Dougnon, J., Agbonon, A., Tozo, K., Gbeassor, M. (2018). Enquête Ethnobotanique Sur La Prise En Charge Traditionnelle De l'Infertilité Féminine Dans La Région Sanitaire
 9. Des Savanes Au Togo. *European Scientific Journal*, Edition. 14 (3) 357-383.
 10. Bruneton, J. (1999). Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. Ed. médicales internationales Editions Technique & Documentation, Cachan, [S.l.], , p. 647-673
 11. Camara, D., Bene, K., Gnahoue, G., Zirihi, G. N. (2016). Etude Ethnobotanique, Evaluation De L'activite Antifongique Sur Candida Albicans Et De La Toxicite Sur Des Cellules Hff De Bersama Abyssinica (Fresen.), Une Plante De La Pharmacopee Ivoirienne. *European Scientific Journal*, 12(3) :171-185
 12. Courvalin, P. (1997). Evolution de la résistance aux antibiotiques. *Éditorial, Médecine/Sciences* 1997; 13: 925-6.
 13. Cragg, M. G., Newman, J.D. (2002). Drugs from nature: past achievements, future prospects. *Advance in Phytomedecine. Ethnomedicine and drug discovery* 01, 23-37.
 14. Dassou, H. G., Ogni, C. A., Yédomonhan, H., Adomou, A. C., Tossou, M., Dougnon, J. T., Akoègninou, A. (2014). Diversité, usages vétérinaires et vulnérabilité des plantes médicinales au Nord-Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(1), 189-210.
 15. Dénou, A., Koudouvo, K., Togola, A., Aziati, K.Y., Esseh, J., Ajavon, C.A., Essien, K., Aklikokou, K., Sanogo, R., Diallo, D., Gbeassor, M. (2016). Traditional knowledge on antimalarial plants having analgesic properties, used in Togo Maritime Region. *The Journal of Ethnobiology and Traditional Medicine. Photon* 126(2016) 1160-1170.
 16. DGSCNT, 2011. Recensement de la population et de l'habitat du Togo, 2010, 162p.
 17. Diallo, A., Gbeassor, M., Vovor, A., Eklou, G. K., Aklikokou, K., Agbonon, A. (2008). Effect of *Tectonagrandis* on

- phenylhydrazine induced anemia in rats: *Fitoterapia*, 79: 332–336.
18. Dieye, P. I., Sarr, S. O. (2020). État de la recherche de molécules cibles antimicrobiennes issues de plantes en Afrique. *Afrique SCIENCE*, 16(1), 348-374.
 19. Dougnon, V., Legba, B., Yadouléon, A., Agbankpe, J., Koudokpon, H., Hounmanou, G., Amadou, A., Fabiyi, K., Assogba, P., Hounsa, E., Aniambossou, A., Déguenon, E., de Souza, M., Bankolé H.S., Dougnon, J., Baba-Moussa, L. (2018). Utilisation des plantes du Sud-Bénin dans le traitement de la fièvre typhoïde: rôle des herboristes. *Ethnopharmacologia*, 60 (11) :60-74
 20. Eklu-Natey, R.D., et Balet A., (2012). *Pharmacopée africaine. Dictionnaire et monographies multilingues du potentiel médicinal des plantes africaines : Afrique de l'ouest. Volume 1*, Lausanne: Éditions d'en-bas; Genève: Traditions et Médecine, 912p.
 21. Esseh, K., Afanyibo, Y.G., Ahama-Eseh, K.Y.S., Idoh, K., Koudouvo, K., Agbonon, A., Gbeassor, M. (2019). Screening Phytochimique, Étude Toxicologique, Évaluation des Activités Antiplasmodiale et Antiradicalaire de la Tige Feuillée de *Senna occidentalis* Linn (Fabaceae). *European Scientific Journal* February 2019 edition 411(15) : 411-433
 22. Gazzaneo, L., de Lucena, R., Albuquerque, U. 2005. Knowledge and use of medicinal plants by Local specialists in a region of Atlantic Forest in the state of Pernambuco (Northeastern Brazil). *Journal of Ethnopharmacology and Ethnomedicine* 1, 1-8.
 23. Klotoé, J. R., Dougnon, T. V., Koudouvo, K., Atègbo, J. M., Loko, F., Akoègninou, A., Gbeassor, M. (2013). Ethnopharmacological survey on antihemorrhagic medicinal plants in South of Benin. *European Journal of Medicinal Plants*, 3(1), 40-51.
 24. Kokou, K., Caballé, G., 2000. Les Îlots forestiers de la plaine côtière togolaise. *Bois et Forêts des Tropiques*, N° 263 (1). 39-51.
 25. Koudouvo, K., A. Denou, K. Asseh, R., Sanogo, K., Essien, D., Diallo, K., Kokou, S. K., Tozo, K., Aklkokou, J. C., Aguiyi, C., Gbéassor, M. (2017). Ethnobotanical Survey of Endangered Antimalarial and Analgesic Plants of Togo for the Safeguard of the Medicinal Biodiversity. *Journal of Agriculture and Ecology Research International* 12(2):1-9.

26. Koudouvo, K., Esseh K., Denou A., Aziati T., Ajavon C., Afanyibo, Y.G., Agbonon A., Sanogo R., Dougnon J., Aklikokou, K., Aguiyi, J.C., Diallo, D., Mensah, G.A., Gbeassor, M. (2016). Ethnopharmacological study of antimalarial recipes in Togo for a formulation of phytomédecine for malarial taking care. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) Numéro 79: 1025-2355.
27. Koudouvo, K., Karou, D.S., Kokou, K., Essien, K., Aklikokou, K., Glitho, I.A., Simporé, J., Sanogo, R., De Souza, C., Gbeassor, M. (2011). An ethnobotanical study of antimalarial plants in Togo Maritime Region. Journal of Ethnopharmacology 134 (2011) 183–190.
28. Koudouvo, K. (2009). Contribution à la recherche sur les plantes médicinales à propriété antipaludique du Togo. Thèse de Doctorat Unique de l'Université de Lomé en Biologie de Développement. Option: Ethnobotanique et Pharmacologie des Substances Naturelles, 182p.
29. Koudouvo, K., Kavegue, A., Agbonon, A., Kodjo, A., Aklikokou, K., Kokou, K., Essien, K., Gbeassor, M. (2006). Enquête ethnopharmacologique sur les plantes à activité antiplasmodiale, antioxydante et immunostimulante dans la Région Maritime du Togo. Revue Togolaise des Sciences Vol. 1 , pp 144-155.
30. Ladoh-Yemeda, C. F., Vandi, T., Dibong, S. D., Mpondo, E. M., Wansi, J. D., Betti, J. L., Choula, F., Ndongo, D., Eyango, M. T. (2016). Étude ethnobotanique des plantes médicinales commercialisées dans les marchés de la ville de Douala, Cameroun. Journal of Applied Biosciences, 99(1), 9450-9466.
31. Leonti, M., Stafford, G.I., Dal, C.,M., Cabras, S., Castellanos M.E.,Casu L., Weckerle, C.S. (2017). Reverse ethnopharmacology and drug discovery. Journal of Ethnopharmacology, 198, 417-431.
32. Mehdioui, R., Kahouadji, A. (2007). Etude ethnobotanique auprès de la population riveraine de la forêt d'Amsittène: cas de la Commune d'Imi n'Tlit (Province d'Essaouira). Bulletin de l'Institut Scientifique Rabat, section Sciences de la Vie, 29, 11-20.
33. Mpondo, M. E., Vandi, D., Ngouondjou, F. T., Mvogo, O. P. B., Embolo, E. E., et Dibond, S. D. (2017). Contribution des populations des villages du centre Cameroun aux traitements traditionnels des affections des voies respiratoires. Journal of Animal & Plant Sciences, 2017. 32(3): 5223-5242.

34. PAO : Pharmacopée d'Afrique de l'Ouest, 2013. Organisation Ouest Africaine de la Santé (OOAS), Edition N°1, 257p.
35. Pissang, P., Agban, A., Yao, P. H., Tchacondo, T., Sadj, A. Y., Effoe, S., Batawila, K. (2016). Evaluation In Vitro De L'activité Antimicrobienne Des Extraits De Cassia alata Linn. (Fabaceae). European Scientific Journal, 12(21).
36. Salhi, S., Fadli M., Zidane L., Douira A. (2010). Etudes floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra (Maroc). Lazaroa, 31, 133-146.
37. Soh, N.P., Benoit-Vical, F. (2007). West African plants, a source of future antimalarial drugs. Journal of ethnopharmacology 114, 130-140.
38. Sylla, Y., Silue, D. K., Ouattara, K., Kone, M. W. (2018). Etude ethnobotanique des plantes utilisées contre le paludisme par les tradithérapeutes et herboristes dans le district d'Abidjan (Côte d'Ivoire). International Journal of Biological and Chemical Sciences, 12(3), 1380-1400.
39. PROTA4U: www.prota4u.org /07/2019



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Evaluation Des Risques D'érosion Hydrique Et Cartographie Des Zones Vulnérables Par La Méthode RUSLE Couplée Aux SIG Et À La Télédétection Dans Le Bassin Versant d'Agoudal En Amont De La Vallée d'Imilchil (Haut Atlas Central, Maroc)

Youssef Ouadjane (Dr.)

Equipe Environnement et Valorisation des Ressources Microbiennes et Végétales (EVRMV), Faculté des Sciences Meknès, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc

El-Arbi Ait Yacine (Dr.)

Equipe Environnement et Valorisation des Ressources Microbiennes et Végétales (EVRMV), Faculté des Sciences Meknès, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc

Brahim Benzougagh (Pr.)

Département de Géomorphologie et Géomatique, Institut Scientifique Université Mohamed V, Rabat, Maroc

Laila Nassiri (Pr.)

Equipe Environnement et Valorisation des Ressources Microbiennes et Végétales (EVRMV), Faculté des Sciences Meknès, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc

Jamal Ibijbijen (Pr.)

Equipe Environnement et Valorisation des Ressources Microbiennes et Végétales (EVRMV), Faculté des Sciences Meknès, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p66](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p66)

Submitted: 19 April 2021

Accepted: 21 May 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Ouadjane Y., Ait Yacine E-A., Benzougagh B., Nassiri L. & Ibijbijen J. (2021). Evaluation Des Risques D'érosion Hydrique Et Cartographie Des Zones Vulnérables Par La Méthode RUSLE Couplée Aux SIG Et À La Télédétection Dans Le Bassin Versant d'Agoudal En Amont De La Vallée d'Imilchil (Haut Atlas Central, Maroc). European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 66.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p66>

Résumé

Le sous-bassin versant (SBV) d'Agoudal est la partie amont de la vallée d'Imilchil relevant de la province de Midelt et la région de Draa-Tafilalet au Sud-Est du Maroc. Il s'étale sur la tranche altitudinale asylvatique du Haut Atlas central, allant de 2400 à plus de 3150 m. Ce sont des écosystèmes fragiles dont les sols sont peu arables et peu protégés, à hauts risques d'érosion. Ils sont dans un stade très avancé de dégradation, sous l'effet de l'action de l'Homme, des facteurs écologiques, aggravés par les changements climatiques. L'objectif principal de cette recherche est d'évaluer le degré de sensibilité de la zone d'étude vis-à-vis de l'érosion hydrique et de cartographier les zones vulnérables prioritaires pour d'éventuelles interventions d'atténuation. La méthode utilisée s'est basée sur l'Équation Universelle Révisée des Pertes en sols (RUSLE) en intégrant les différents facteurs causaux de ladite équation dans le Système d'Information Géographique (SIG) et en se servant des données officielles (cartes géologiques et topographiques de la zone d'études, données climatiques, les études sur l'érosion réalisées par les départements étatiques concernés) et la télédétection, validées par les réalités de terrain. Les résultats dégagés montrent que la quasi-totalité de ce bassin est soumise à une forte dégradation des sols ; en effet près de 66% de la superficie de la zone d'étude est couverte par les classes de dégradation spécifique de 50 à 400 t/ha/an et 18.9% affiche des taux faibles à moyens allant de 7,4 à 32,17 t/ha/an. Seulement 1,4% du SVB est soumise à des taux de dégradation spécifique inférieurs à 7,4 t/ha/an. La valeur moyenne du taux d'érosion est de 255t/h/an, avec un écart type de près 285 t/an/ha, dû à l'hétérogénéité des caractéristiques du milieu et de ses conditions. Ces chiffres attestent que cette région est soumise aux hauts risques d'érosion. Ce phénomène ajouté aux inondations récurrentes, constitue la principale menace qui met en péril l'agriculture vivrière de cette zone, ce qui donne le signal d'alarme pour intervention de mitigation urgente.

Mots clés: Erosion, Perte En Sol, Environnement, Imilchil

Risk Assessment Of Water Erosion And Mapping Of Vulnerable Areas By The RUSLE Method Coupled With GIS And Remote Sensing In The Agoudal Watershed Upstream Of The Imilchil Valley (High Atlas Central, Morocco)

Youssef Ouadjane (Dr.)

Equipe Environnement et Valorisation des Ressources Microbiennes et Végétales (EVRMV), Faculté des Sciences Meknès, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc

El-Arbi Ait Yacine (Dr.)

Equipe Environnement et Valorisation des Ressources Microbiennes et Végétales (EVRMV), Faculté des Sciences Meknès, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc

Brahim Benzougagh (Pr.)

Département de Géomorphologie et Géomatique, Institut Scientifique Université Mohamed V, Rabat, Maroc

Laila Nassiri (Pr.)

Equipe Environnement et Valorisation des Ressources Microbiennes et Végétales (EVRMV), Faculté des Sciences Meknès, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc

Jamal Ibijbjen (Pr.)

Equipe Environnement et Valorisation des Ressources Microbiennes et Végétales (EVRMV), Faculté des Sciences Meknès, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc

Abstract

The Agoudal sub-basin is the upstream part of the Assif Melloul watershed in the Imilchil valley belonging to the province of Midelt and the region of Draa-Tafilalet in south-eastern Morocco. It is located on the Asylvatic altitudinal slice of the Central High Atlas, ranging from 2400 to more than 3150 m. These are fragile ecosystems with poor arable land that are poorly protected, with a high risk of erosion. They are in fact in their advanced stage of degradation due to human activities and ecological factors aggravated by climate change. This paper focuses on assessing the degree of sensitivity of this area to water erosion, and it aims to map priority vulnerable areas for any future mitigation intervention. The method was based on the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) by integrating the causal factors of this equation in Geographic Information Systems (GIS) and by using remote sensing data validated based on official data (geological maps and topography of the study area, climatic data, studies on erosion carried out by the state departments concerned) and remote sensing (validated by the realities on the

ground). The results show that almost all the watershed is subject to severe soil degradation due to water erosion. In fact, nearly 66% of its area is covered by specific degradation classes of 50 to 400 t / ha / year, and 18.9% of the area displays low and medium erosion rates. Only 1.4% of the study area is subject to specific degradation rates less than 7.4 t / ha / year. The average erosion rate is 255 t / h / year, with a standard deviation of 285 t / year / ha, mainly due to the heterogeneity of the characteristics and its conditions. These figures show that this region is subject to high risks of erosion. This phenomenon, along with recurrent floods, constitutes the main threat that is endangering subsistence agriculture, which gives the alarm signal for urgent mitigation intervention.

Keywords: Erosion, Soil loss, RUSLE, Environment, Imilchil

Introduction

L'érosion hydrique et la dégradation des sols constituent un processus de dégradation des ressources naturelles nationales, sous l'effet combiné des facteurs naturels et l'action anthropique. À l'instar des autres pays méditerranéens, Le Maroc souffre activement de ce problème qui touche environ 43% de son territoire (FAO, 1996). La disparition de la couche arable des sols marocains est estimée à environ 22 000 ha/an (Croitoru *et al.*, 2017) et que plus de 12 000 000 d'hectares dont 1/3 des terres cultivables sont menacés de dégradation par érosion (Benbrahim *et al.*, 2004). Ainsi, sur 23 millions d'hectares en zones montagneuses, 75% sont touchées par l'érosion dont un tiers de manière très critique. (Badraoui *et al.*, 2001; Benzougagh *et al.*, 2020). Les activités humaines (surpâturage, déboisement, urbanisation) et les facteurs naturels liés essentiellement aux changements climatiques dégradent ces zones de multiples manières. En effet sur les terres cultivées, la dégradation affecte environ 5,5 millions d'hectares de zones pluviales (en raison de l'érosion) et 160 000 ha de terres irriguées par salinisation ; ces pertes sont estimées à 1,7 milliards de DH (Croitoru *et al.*, 2017). Ce problème affecte également les parcours, à travers le défrichage (65000 ha/an), la désertification (103000 ha /an) et la surexploitation (30,2 millions ha/an) (Croitoru *et al.*, 2017).

Au haut Atlas Marocain, la situation continue à se détériorer et engendres taux de dégradation spécifique des sols allant de 500 à 1000 t/km²/an (Ghanam, 2003) et affecte la qualité des sols en induisant la détérioration de leurs couches superficielles riches en matière organique conduisant à la perte de productivité et fertilité des sols et à la dégradation des terres (Modeste *et al.*, 2016). Ces chiffres déclenchent l'alarme aux responsables et décideurs pour intervention urgente, vu les coûts environnementaux et socio-économiques de plus en plus élevés.

Dans le cadre du présent travail nous proposons une méthodologie de cartographie des zones vulnérables au risque d'érosion hydrique en amont du bassin versant (BV) d'Oum Er-Rabia, plus exactement au niveau du sous bassin (SBV) d'Agoudal, un affluent de l'Oued d'Assif Melloul dans le Haut-Atlas central marocain. C'est une zone asylvatique où l'érosion et les inondations affectent aussi bien le milieu naturel que le milieu humain et présentent de sérieux problèmes dans le fonctionnement des écosystèmes de la vallée d'Imilchil en induisant la réduction de la superficie des sols agricoles, déjà peu arables, et en accélérant l'envasement des infrastructures hydrauliques et routières en aval. Ce qui remet en cause les modes de gestion conventionnelle des bassins versants basé essentiellement sur des aménagements mécaniques transitoires et incite les différents intervenants à investiguer dans la recherche d'alternatives innovantes efficaces et durables pour lutter contre ce phénomène et y assurer la conservation des sols et la restauration des équilibres écosystémiques. C'est dans cette optique que s'encarte l'objectif de la présente recherche.

Pour réaliser ce travail on s'est basé sur l'intégration des systèmes d'information géographique (SIG) couplés à la télédétection spatiale, en appliquant le modèle empirique RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation), (Renard *et al.*, 1991) sur la base de données de terrain et topographiques. Cela nous a permis de superposer et d'analyser les facteurs synthétisés. Les différents outputs réalisés ont été ensuite confrontés aux données et à la réalité de terrain pour validation.

Le but ultime visé dans le cadre de ce travail est d'identifier les zones vulnérables à haut risques et de cartographier les facteurs d'érosion et de dégradation des sols. Ce qui pourrait contribuer à la constitution d'un outil d'aide à la prise de décision et d'intervention en matière d'aménagement raisonné de cette vallée de montagne, ce qui ne manque pas d'intérêt dans son développement durable.

Matériels et méthodes

Zone d'étude

Le Sous Bassin Versant(SBV) d'Agoudal dont la tranche altitudinale allant de 2400 à plus de 3150 se situe à environ 20 km au sud-est du centre d'Imilchil, en amont du bassin versant d'Assif Melloul dont les eaux courantes déversent dans l'Oued Ahnsal et constituent un réseau hydrographique du Haut Atlas central marocain qui débouche dans la retenue de Bin El Widane (Figure 1). Il couvre une superficie d'environ 6240 ha, cadrée par deux quadrilatères de coordonnées : (X1 : 471638, Y1 : 173013) et (X2 : 479859, Y2 : 180436). Il relève administrativement de la collectivité territoriale de Bouzmou, cercle d'Imilchil, province de Midelt dans la région de Draa-Tafilalet.

Ce SBV est Caractérisé par ses terrains très accidentés, ses conditions climatiques très rudes et par la dégradation de son couvert végétal, sous l'effet des changements climatiques et l'action zooanthropique, et fournit un cas typique pour le phénomène de l'érosion hydrique.

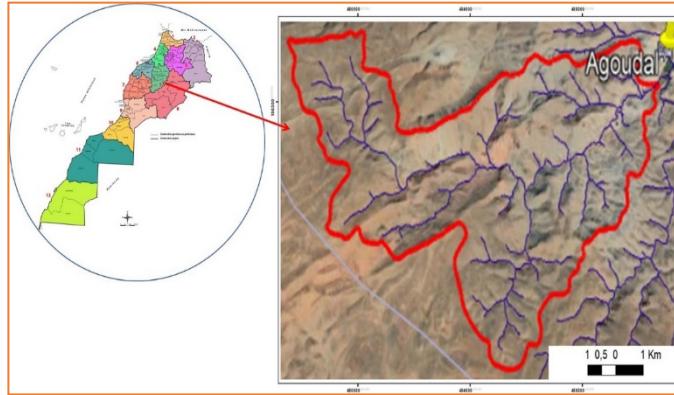


Figure 1. Carte de situation géographique du SBV d'Agoudal

De point de vue géologique (Figure 2), le SBV d'Agoudal est entouré dans ses parties nord et est de grands synclinaux en alternance latérale avec des structures anticlinales étroites (crêtes), avec des amplitudes allant à des centaines de mètres (Michard *et al.*, 2014; Ibouh *et al.*, 2017). Il est situé entre les crêtes d'Ikerzi et de Toumliline. Ces dernières sont principalement orientées N60 vers Est-Ouest et sont carottées par des basaltes du Trias, du gabbro alcalin du jurassique et du calcaire liassique. Ces formations sont largement dominées par les couches marno-calcaires du jurassique (Figure 2) qui s'étendent sur la quasi-totalité de la superficie du BV Assif Melloul comme c'est le cas de toute la chaîne du Haut Atlas (Laville *et al.*, 1977). Elles exposent une série sédimentaire de calcaire marin du Liassique au Bajocien-Bathonien, avec des lits rouges répandus dans les strates bathoniennes et les basaltes tholéitiques (Choubert *et al.*, 1960 ; Jenny *et al.*, 1981). La deuxième série du Jurassique, est composé de dépôt de carbonates et de schistes coiffés de lits rouges terrigènes (Charrière *et al.*, 2016). La série imperméable de Toarcien-Aalénien où s'installent les vallées, se partage la superficie avec la série de calcaires, calcaires- marneux et marnes du Toarcien au Bajocien. Le Jurassique se termine par une série surtout gréseuse, continentale, de faciès rouge (Jurassique supérieur), passant au Crétacé inférieur. Seules les restes des dépôts subaériens d'aleocène supérieur – éocène sont préservés dans des crêtes brisées en raison des épisodes successifs d'érosion (Charrière *et al.*, 2009 ; Michard *et al.*, 2011). Les strates du Crétacé sont composées de calcaire Cénomaniens-Turonien et les plus hautes, aussi du Crétacé sont formées de lits rouges terrigènes (Froitzheim *et al.*, 1988; Amrhar, 1995).

De manière générale, les formations géologiques d'Assif Melloul ont des caractéristiques lithologiques compactes, dures et encroûtées. Celles exposées aux fortes altérations, ont déjà atteint des stades avancés à cause des conditions climatiques agressives associées aux effets amplificateurs des changements climatiques et de l'action anthropique qui ont conduit à la dégradation des terres et aux pertes en sols par l'érosion hydrique (Boudhar *et al.*, 2007).

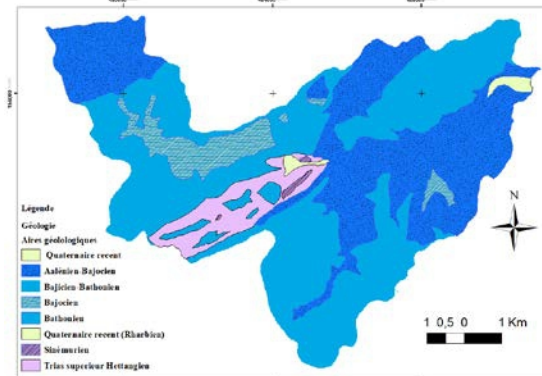


Figure 2. Carte géologique du SBV d'Agoudal

Le climat régnant dans le SBV est caractérisé par un bioclimat semi-aride à hiver froid à très froid, avec des chutes de neige et une pluviométrie moyenne de 317 mm au niveau d'Imilchil. Celle-ci est caractérisée par une variabilité interannuelle importante oscillant entre les années sèches et les années humides. Elles fluctuent de 49.5 mm/an durant la campagne de 1982-1983 à 661 mm/an durant la campagne 1995-1996. La température minimale absolue du mois le plus froid atteint -18°C avec une moyenne des minima de -5.1°C et la moyenne des maxima de 32.4°C (Mrabet *et al.*, 2020).

Sur le plan lithologique (Figure 3) la zone d'étude présente une structure fine avec une granulométrie caractérisée par une concentration des limons et des sables fins érodés des versants de charriage.

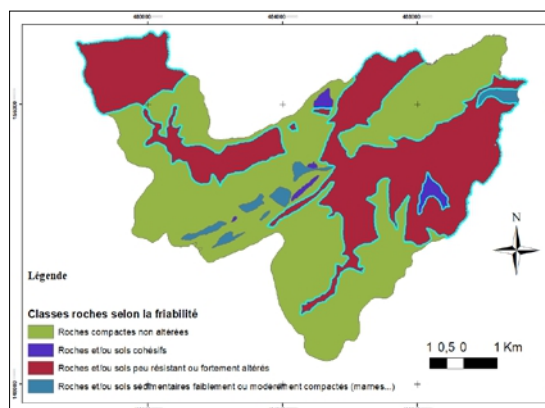


Figure 3. Carte des classes de friabilité des roches de la zone d'étude.

La quasi-absence de végétation pérenne arbustive ou arborée, fait que les résidus qui restent au sol ne permettent pas de restituer une matière organique pouvant favoriser cette structure des sols, exception faite au niveau des parcelles cultivées. Le Déboisement intensif lié aux activités de pâturage et à la surexploitation du bois par la population (cuisson, chauffage), conjugué aux aléas climatiques aggravent davantage les phénomènes d'érosion et de perte massive en sol.

Méthodologie

Pour atteindre notre objectif de cartographier la sensibilité des sols à l'érosion hydrique dans le SBV d'Agoudal, nous avons adopté une méthodologie basée sur l'équation universelle révisée de la perte de sol (RUSLE), développée par Renard *et al.* (1991). Cette approche a été utilisée par plusieurs chercheurs à travers le monde, notamment au Maroc pour évaluer et cartographier le risque d'érosion hydrique (Anys *et al.*, 1992, 1994; Benmoussa *et al.*, 1993; Tahri *et al.*, 1993; El Garouani *et al.*, 2003, 2005, 2008; Merkhi *et al.*, 2015; Elalaoui *et al.*, 2015; Issa *et al.*, 2016; Ouallali *et al.*, 2016 ; Benzougagh *et al.*, 2020). L'équation RUSLE est un modèle qui intègre cinq paramètres de base qui interviennent dans la détermination de ce phénomène (Figure 4); il est exprimé dans l'équation (Eq.1) comme suit:

$$A = R * K * C * SL * P \quad (\text{Eq.1})$$

Avec :

- A = taux de perte en sol (t/ha/an) ;
- R = érosivité des pluies (MJ.mm/ ha.h.an) ;
- K = érodibilité du sol (t.h/ha. MJ.mm) ;
- LS = facteur topographique (L en m, S en %) ;
- C = facteur de couverture végétale ;
- P = facteur des pratiques culturales.

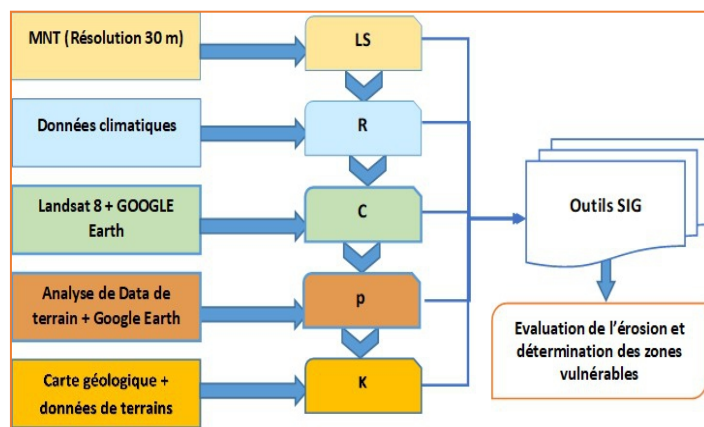


Figure 4. La méthodologie adoptée pour la réalisation de la carte des zones vulnérables au risque d'érosion hydrique dans le SBV d'Agoudal.

Description des facteurs d'érosion

Facteur LS : Topographie

Le facteur topographique (**LS**) est primordial dans le comportement érosif dans ces zones de hautes montagnes où la topographie devient déterminante dans les différentes phases du processus d'érosion, surtout dans la phase de transport des sédiments, ainsi que la longueur et l'inclinaison des pentes. Plus leurs valeurs augmentent, plus l'érosion est active sur les versants, et plus le ruissellement est élevé d'où les forts risques d'inondations.

L'étude topographique la zone d'étude a été réalisée en se basant sur les données les plus précises disponibles, notamment les cartes topographiques à l'échelle 1/50.000 (Feuilles : Outerbat, Imilchil Aghbalou n'kerdous et Aghendou N'Ouerz), qui ont été géoréférencées, numérisées. Sur la base du modèle numérique de terrain (MNT) de 30 m de résolution, téléchargé à partir du site web (<https://earthexplorer.usgs.gov>), le facteur LS est a été évalué en appliquant l'Equation(Eq.2) ci-dessous, développée par Mitasova *et al.* (1996) :

$$LS = (L/22,13)^m \cdot (65,41 \sin^2(S) + 4,56 \sin(S) + 0,065) \quad (\text{Eq.2})$$

Où

L: longueur de pente (en m)

S : inclinaison de la pente (en %)

m : contant qui est égal à :

- **0,5** pour les pentes supérieures à **5%**
- **0,4** pour les pentes de **3,5 à 5%**
- **0,3** pour les pentes de **1 à 3,5%**
- **0,2** pour les pentes inférieures à **1%**

Dans le cas des pentes les plus courantes (0,1 à 15 %) d'une longueur de 60m, les valeurs de LS varient de 0,1 à 5 et dépassent 20 en zones de montagne où l'influence de l'inclinaison de la pente est déterminante. Les transports solides croissent de façon exponentielle (l'exposant = ± 1,4 à 2) avec le pourcentage de pente (Zingg, 1940 ; Roose, 1996).

Facteur d'érosivité pluviale R

L'énergie cinétique de la pluie contribue fortement à l'arrachement des particules solides. Elle est liée à l'intensité des pluies et dépend de la taille et de la vitesse de chute des gouttes. L'estimation du facteur de l'agressivité climatique selon la formule de Wischmeier et Smith (1978) nécessite la connaissance de l'énergie cinétique et l'intensité moyenne des pluies durant 30 minutes. Or, au niveau des stations climatiques de références du SBV d'Agoudal (Tableau 2), seules les données pluviométriques moyennes mensuelles et annuelles sont disponibles. Ainsi, l'équation appliquée (Eq.3) est celle développée par Rango & Arnoldus (1987) qui se présente comme suit:

$$\ln(R) = 1,74 \log \Sigma \frac{p_i^2}{p} 1,29 \quad (\text{Eq.3})$$

Avec :

- **p_i**: précipitations mensuelles ;
- **p** : précipitations annuelles ;
- **R** : facteur de l'agressivité climatique.

Les caractéristiques climatiques des stations utilisées pour l'estimation des valeurs de l'érosivité de la zone d'étude sont les suivantes :

Tableau 1. Coordonnées des stations pluviométriques de référence

Stations	Coordonnées	
	X	Y
M'semrir	460759	122958
Imchil	478855	173650
Tillouguit	422674	158474
Zaouiet ahnsal	433362	138594

Tableau 2. Données pluviométriques des stations de référence

Station	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Cumul Annuel
M'semrir	14,7	16,4	20,8	20,8	18	13,7	4,9	17,4	20	29,9	21,4	12,8	210,8
Imilchil	1,9	8,4	23	30,8	42,1	29,9	17,3	22,8	60,3	78,6	31,5	31,5	377,9
Tillouguite	46,6	47,5	51,5	37,1	23,7	9,7	3,5	11,5	14,7	23,8	42	39	350,5
Zaouiet Ahnsal	36	34,2	39,9	39,2	25,6	23	6,6	23,2	26,2	38,2	35,3	35,5	362,9

Facteur du couvert végétal C

Le facteur du couvert végétal (C) est un paramètre clé dans la prédiction du taux d'activité érosive ; il est d'une grande utilité dans la protection contre l'érosion hydrique. Ses valeurs vont de 0.001 pour les sols bien couverts à 1 pour les sols nus (Wischmeier & Smith 1978).

La carte d'occupation du sol a été élaborée à partir d'une image Landsat 8 prise le 28/3/2021, qui a été préalablement traitée, en utilisant l'indice de végétation normalisé NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) permettant de distinguer les terrains nus de ceux boisés (Jensen, 2000). La réalisation d'une classification non supervisée, suivie d'une classification supervisée ont permis d'avoir la répartition de la couverture végétale dans la zone d'étude en se basant sur les compositions colorées des bandes de l'image (bandes 3, 4 et 5).

Facteur des pratiques culturales P

C'est un paramètre qui permet de prendre en considération les aménagements antiérosifs existants dans l'estimation des pertes en sols des bassins versants. Chacune de ces mesures à un degré de protection dont le coefficient est établi suivant son efficacité à réduire le ruissellement et à

atténuer les causes d'érosion (Benzougagh *et al.*, 2020). Parmi les pratiques les plus efficaces de conservation des sols, on cite à titre indicatif les cultures en courbes de niveau, en bandes alternées ou en terrasses, les reboisements en banquettes, le buttage et le billonnage (Zouagui, 2018).

Les valeurs du facteur P varient selon la pratique adoptée et aussi selon la pente. Ses valeurs sont inférieures ou égales à 1 (Shin, 1999). Son maximum est attribué aux terrains sur lesquels aucune des pratiques citées n'est utilisée. Dans le cas du bassin étudié dont les terrains sont majoritairement à vocation pastorale, où les pratiques culturales sont limitées aux petites parcelles sur les bords de l'oued selon nos prospections, on a attribué des valeurs approximatives à ce facteur selon le type d'occupation et les pratiques utilisées.

Facteur érodibilité des sols K :

L'interprétation des caractéristiques pédologiques de la zone cible a permis de les classer dans l'abaque de Wischmeier et Smith (1978) pour obtenir une approximation du facteur K en fonction des paramètres de la matière organique, de la structure, de la texture et de la perméabilité. La détermination de ces paramètres est difficile, faute de l'absence d'étude pédologique dans la zone d'étude.

Le facteur K est déterminant dans l'équation de Wischmeier et Smith (1978) (Eq.4) du moment qu'il reflète le degré d'érodibilité des sols à travers la détermination de leur composition. Ainsi son estimation s'est basée sur l'analyse des échantillons des sols prélevés dans la zone d'étude en appliquant l'équation (Eq.4) suivante:

$$100K = 2,1M^{1,14} \cdot 10^{-4}(12 - a) + 3,25(b - 2) + 2,5(C - 3) \quad (\text{Eq.4})$$

Avec :

K : Érodibilité des sols en ha.H/ha.MJ.mm ;

M : (% Sable fin +% Limon) *(100-% argile) ;

a : % de la matière organique ;

b : code de la structure de sol (**1** à **4**) :

1 : Très fine ; **2** : fine ; **3** : moyenne et grossière ; **4** : très grossière

c : code de perméabilité (**1** à **6**) : **1** rapide ; **2** moyenne à rapide ; **3** modérée ; **4** lente à modérée ; **5** lente et **6** très lente.

Les valeurs du facteur K sont ajustées dans la zone d'étude et ont été obtenues en utilisant l'équation (Eq.5) suivante :

$$K_{\text{ajusté}} = K \cdot (0,983 - 0,0189 X + 0,0000973 X^2) \quad (\text{Eq.5})$$

Avec :

K : Facteur d'érodibilité de Wischmeier ;

X : le pourcentage des éléments grossiers de surface ayant une taille de plus de 2 mm

L'utilisation de cette formule(Eq.5) a nécessité l'évaluation des différents facteurs de l'équation universelle sur l'ensemble de la zone d'étude et leur expression sous forme de cartes thématiques. Ces cartes ont été ensuite intégrées dans un système d'information géographique(SIG) libre, le Quantum GIS (QGIS).

Calcul de la dégradation spécifique des sols

Pour évaluer la part produite et acheminée à l'exutoire, le modèle RUSLE utilisé ne permet d'estimer que l'érosion produite sur les versants. Pour ce faire, il est impératif de prendre en compte le facteur de correction qui est fonction de la dénivelée du sous-bassin et de la longueur du cours d'eau principal. Ce coefficient (ou delivery ratio) a été défini par Hession et Shanholz (1988) selon l'équation (Eq.6) suivante

$$DR = 10 \cdot D / L \quad \text{(Eq.6)}$$

Où

DR : Coefficient de transport ; **D** : Dénivelée du BV ; **L** : Longueur du Thalweg principal).

Résultats et discussion

Résultats des facteurs

Facteur R

Après le calcul du facteur R au niveau des stations de référence selon la formule de Rango et Arnoldus (1989). Une interpolation a été effectuée à l'aide de l'outil SIG en vue de spatialiser ce facteur sur l'ensemble du SBV d'Agoudal. Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau 3 et illustrés par la Figure 5 ci-dessous :

Tableau 3. Calcule du facteur R dans les stations de référence

Station	Coordonnées		Précipitations moyennes Annuelles	Indice d'érosivité
	X	Y		
M'semrir	460759	122958	210,8	34,25
Imchil	478855	173650	377,9	65,06
Tillouguit	422674	158474	350,5	56,44
Zaouiet ahnsal	433362	138594	362,9	50,94

L'érosivité pluviale affiche des valeurs plus élevées dans les stations en altitude. A Imilchil, l'agressivité enregistre une valeur de l'ordre de 65 (Tableau 3) qui est relativement élevée par rapport aux stations de Zaouiet Ahensal et Tillouguite, et encore plus élevée que celle de la station de M'semrir qui ne dépasse guère 34.

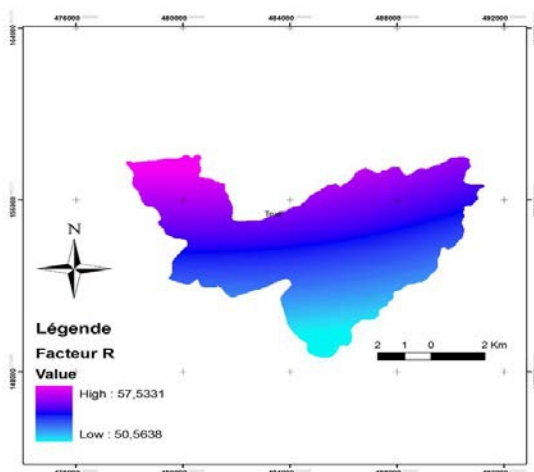


Figure 5. Carte du facteur R de la zone d'étude

Les pluies dans la zone d'étude sont caractérisées par leur caractère torrentiel. Elles sont mal réparties et très concentrées notamment en septembre et octobre (39% des pluies annuelles), au début de la saison culturale lorsque les sols cultivés sont peu couverts, et la végétation spontanée très médiocre.

L'agressivité pluviale ne présente pas une grande variabilité au niveau du SBV, en on distingue deux classes (Figure 6). La première (40-50) couvre moins de 19% et la deuxième (50-60) domine sur plus de 80% de la zone d'étude. Les fortes valeurs de ce facteur se présentent principalement sur les versants exposés au nord de cette vallée de montagne dont les précipitations sont majoritairement sous forme d'averses orageuses surtout en automne, ce qui prévisualise son rôle majeur dans la génération des processus érosifs.

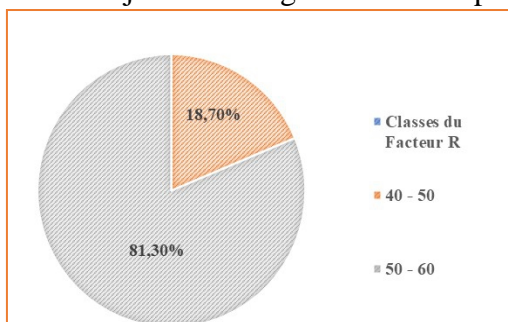


Figure 6. Répartition des classes du facteur d'érosivité pluviale R

Facteur LS

Dans la zone d'étude, les pentes sont fortes et peu longues, en raison des formes de plissement des reliefs, avec alternance de couches dures et tendres qui dominent le paysage du SBV. Les valeurs du facteur LS varient entre 2,7 et 200 comme valeur maximale observée, avec une moyenne de

l'ordre d'environ 40 (39,900) (Tableau 4), les autres caractéristiques sont relatées ci-dessous :

Tableau 4. Caractéristiques du facteur topographique dans la zone d'étude

<i>Paramètres</i>	<i>Valeurs</i>
<i>Nombre d'unités</i>	27626
<i>Valeur minimale</i>	2.697
<i>Valeur maximale</i>	199.871
<i>Valeur moyenne</i>	39.900
<i>Ecart type</i>	36.637

La spatialisation de ce facteur montre que la grande partie du SBV étudié affiche des valeurs de près de 40 (Figure 7), alors que celles très hautes sont marquées sur des versants abrupts, où l'inclinaison dépasse de loin 45%.

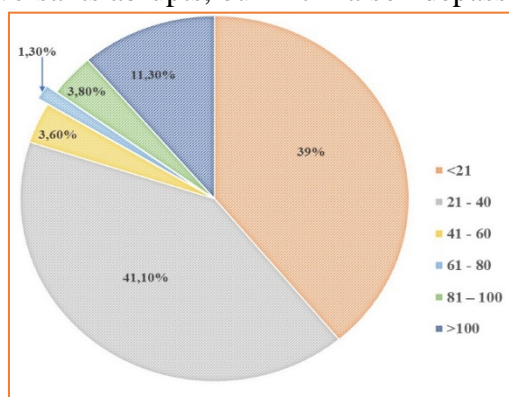


Figure 7. Ventilation des classes du facteur topographique (LS)

L'analyse des classes de pente (Figure 8) montre que les pentes très fortes de plus de 45% sont observées sur les reliefs abrupts et les falaises présents dans plusieurs endroits de ce SBV où 27% de sa surface totale est incluse dans cette tranche. la classe de moins de 5% est faiblement représentée et correspond au zone des bas-fonds et talwegs.

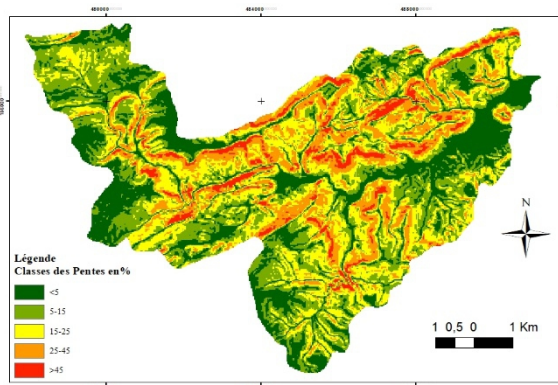


Figure 8. Classes des Pentes (en%) de la zone d'étude

Facteur C : Couverture végétale

La combinaison de l'occupation du sol et du taux de recouvrement dans la zone d'étude, avec les caractéristiques des pratiques culturales, nous a permis d'établir les caractéristiques du facteur C (Tableau 5, Tableau 6, Figure 9, Figure 10):

Tableau 5. Caractéristiques du facteur du couvert végétal C de la zone d'étude

<i>Paramètre</i>	Valeurs du facteur C
<i>Valeur minimale</i>	0,25
<i>Valeur maximale</i>	1
<i>Valeur moyenne</i>	0,65
<i>Ecart type</i>	0,3

Ces chiffres (Tableau 5) révèlent que la moyenne du facteur C est assez élevée (0.65). Ceci est dû à la faible protection des sols par le couvert végétal et à la dégradation des terrains pastoraux.

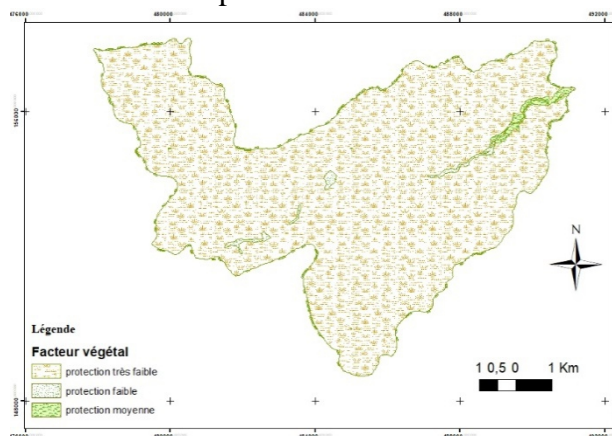


Figure 9. Carte du facteur C de la zone d'étude

La classe des parcours à très faible couverture annuelle et à faible densité s'étend sur plus de 70% de la zone d'étude, ce qui se traduit par la faible protection du sol contre l'érosion hydrique (Tableau 6).

Tableau 6. Répartition des classes d'occupation du sol et facteur C

Types d'occupation du sol	Indice du facteur C	Superficie (%)
<i>Constructions</i>	1	0
<i>Parcours à couverture végétale à base de xérophytes</i>	0,8	26,9
<i>Parcours de lit d'oued à très faible recouvrement du sol</i>	0,95	0,9
<i>Parcours à très faible couverture annuelle à faible densité</i>	0,9	70,8
<i>Terrains agricoles irrigués de bonne couverture du sol</i>	0,25	0,8
<i>Terrains agricoles irrigués de couverture moyenne semestrielle</i>	0,35	0,6

En second lieu, on trouve la classe dont la couverture végétale à base de xérophytes qui occupe environ 27%. Seule une petite superficie de l'ordre

de 1.4% du SBV d'Agoudal qui est dotée d'une couverture végétale moyenne à bonne avec des valeurs du facteur C de moins de 0,25 à 0,3 représentées par les deux dernières classes qui correspondent sur le terrain aux petites parcelles agricoles au bord du lit de l'Oued d'Assif Melloul (Tableau 6).

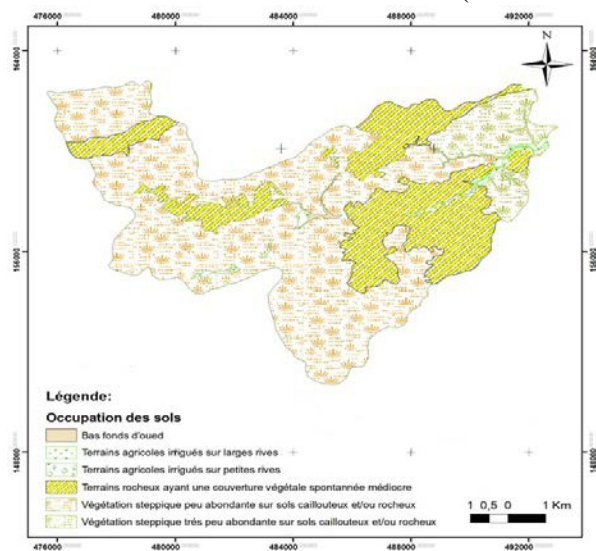


Figure 10. Carte d'occupation des sols du SBV d'Agoudal

Les steppes de xérophytes abondantes en nappes par endroit dans la zone d'étude, elles sont caractérisées par leur partie aérienne annuelle, mais leur appareil racinaire, assez développé et pérenne, pourrait logiquement constituer une armature pour le substrat et fortifier sa résistance vis-à-vis de l'érosion hydrique. Cependant ces formations steppiennes sont elles aussi victimes de déboisement massif par les populations locales pour répondre à leurs principaux besoins journaliers : cuisson, chauffage d'eau de douche et le chauffage d'habitat en période froide. Ce qui se répercute négativement sur la couverture et la protection des sols déjà peu couverts.

Facteur P : pratiques culturales

Ce facteur permet de prendre en considération les aménagements antiérosifs existants relatifs à l'estimation des pertes en sols. Chaque mesure a un degré de protection dont le coefficient est établi suivant son efficacité à réduire ou à atténuer les sources d'érosion.

Les résultats de ce facteur montrent que les valeurs de P varient entre 0,7 et 0,9 correspondant aux terrains assez bien à peu protégés. ces derniers couvrent moins de 1,5% de la superficie du SBV étudié, alors que plus de 98% de ces terrains dont la valeur de P est égale à 1 (Shin, 1999) sont sans mesures protectrices (Tableau 7)

Tableau 7. Répartition des classes du facteur P dans le SBV d'Agoudal

	Indice de P	Superficie (%)
<i>Pratiques assez bien protectrices</i>	0,7	0,8
<i>Pratiques peu protectrices</i>	0,9	0,6
<i>Absence de pratiques protectrices</i>	1	98,6

Facteur k : érodibilité des sols

Les données préliminaires des caractéristiques d'érodibilité des sols du SBV d'Agoudal (Tableau 8) sont obtenus en appliquant l'équation de Wischmeier et Smith (1978).

Tableau 8. Caractéristiques du facteur d'érodibilité des sols

	Valeurs de K
Valeur minimale	0,1400
Valeur maximale	0,4576
Valeur moyenne	0,3970
Ecart type	0,0793

Les valeurs préliminaires d'érodibilité (Figure 11) révèlent que la classe K de 0.36 à 0.4 qui intègre les sols érodibles représente 80% de la superficie du SBV d'Agoudal avec une moyenne de plus de **0,39** (Tableau 8).

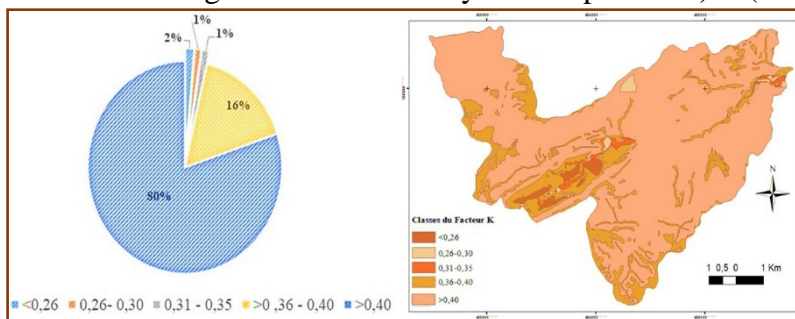


Figure 11. Carte et proportion des classes du facteur K dans le SBV d'Agoudal

Lors des prospections de terrains, il a été remarqué la présence des éléments grossiers où sont observés plusieurs affleurements rocheux sur les versants et surtout sur les sommets calcaires et marno-calcaires qui sont charriés avec l'avancement des processus érosifs vers les mi et bas-versants et deviennent ainsi les éléments prépondérants en surface du SBV. Pour cela nous avons procédé à l'ajustement de la valeur du facteur K en l'Equation (Eq.5) sus-indiquée.

Les classes du facteur d'érodibilité ajustée représentant la friabilité la plus élevée qui est $>0,2$ couvre 8% de la superficie du SBV, cédant la place aux classes moins érodibles (Figure 12). Ces changements des taux révélés après ajustement de K, s'expliquent par la dominance des éléments grossiers

couvrant la majorité du paysage de la zone d'étude, ce qui est en adéquation avec les prospections de terrain et les analyses granulométriques des sols.

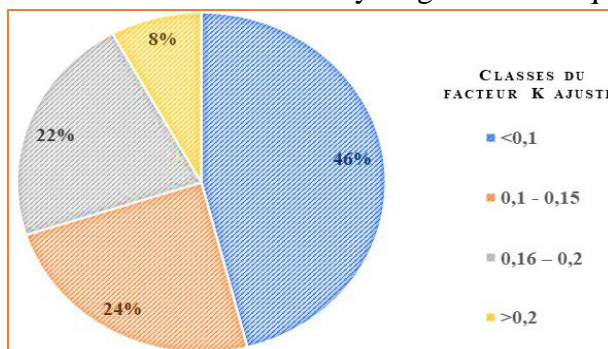


Figure 12. Répartition des classes du facteur K ajusté

Évaluation des pertes en sols

Le modèle empirique de Wischmeier et Smith (1978) présente plusieurs limites d'adaptation sous les conditions différentes de celles où il a été élaboré. Il considère que toutes les surfaces sont soumises à l'érosion, si aucun des facteurs n'est nul, et ne met pas en évidence les dépôts aussi bien de versants que fluviaux.

Les résultats de l'application de ce modèle après modélisation des cinq facteurs en cartes thématiques, via SIG, ont permis l'évaluation des facteurs causaux et leur spatialisation sur l'ensemble du SBV étudié. La valeur moyenne d'érosion au champ obtenue est **255,058 t/an/ha** avec un écart type d'un peu moins de 285 t/an/ha (Tableau 9), en réponse à l'hétérogénéité du milieu et de ses conditions.

Tableau 9. Caractéristiques des classes d'érosion au champ dans le SBV d'Agoudal

	Valeurs en t/ha/an
Valeur minimale	1,223
Valeur maximale	1987,730
Valeur moyenne	255,058
Médiane	154,680
Ecart type	284,967

Ces valeurs paraissent, au premier regard, un peu élevées, mais la réalité montre que ces processus sont d'autant plus actifs que les sols ont subi des changements profonds dans leurs structures, qui ont induit des dérapages généralisés avec le temps. D'où l'affleurement de la roche mère sur la quasi-totalité des versants du SBV, où de grands terrains nus décapés de sols partout abondants avec affleurement des roches squelettiques, y compris les ravines, et qui témoignent de l'évolution rapide de ce fléau dans ces écosystèmes très vulnérables où tous les facteurs sont conjugués pour accélérer les taux d'érosion.

Les données relatives ci-après (Tableau 10), montrent que les classes 50 à 400 t/ha/an sont les plus représentées et couvrent environ 66% soit $\frac{2}{3}$ de la zone d'étude, avec un taux d'érosion très élevé d'une valeur maximale de 1987,73 t/ha/an, et valeur moyenne d'environ 255 t/ha/an, avec un écart type d'environ 285 t/ha/an (Tableau 9). Un tel taux est loin d'être tolérée par ses sols qui subissent, en plus de la carence en végétaux, un climat agressif avec des précipitations à caractère orageux très localisées dans le temps et l'espace.

Tableau 10. Classes de l'érosion au champ dans le SBV d'Agoudal

Degré d'érosion par versant(t/ha/an)	Superficie (%)	Superficie cumulées(%)
<50	18,1	18,1
50-100	20,2	38,3
101-150	14,8	53,1
151-200	11	64,1
201-300	11,7	75,8
301-400	7,8	83,6
401-500	4,5	88,1
501-1000	7,1	95,2
>1000	4,8	100

Les chiffres ainsi constatés dépassent de loin ce que la pédogenèse peut produire pour compenser ces pertes dont les conséquences se traduisent par une baisse des rendements des cultures et une réduction de la superficie des Surface Agricoles Utiles (SAU) concentrés sur les berges des oueds.

Ces résultats sont généralement plus élevés que ceux signalés dans des recherches antérieures dans d'autres régions du Haut Atlas, où les classes de perte en sol y sont comprises entre 50 et 400 t/ha/an, couvrent environ la moitié des zones étudiées. Citons à juste titre les cas d'Oum Er-Rabia et d'Ourika dans lesquels ces classes touchent respectivement 54% dans le premier cas (Yjjou *et al.*, 2014) et 48 % dans le deuxième (Meliho, *et al.*, 2016).

Dégradation spécifique

Les résultats obtenus après correction (Tableau 11 et Figure 13) correspondent à la dégradation spécifique du SBV qui montrent que la majorité de sa superficie est soumise à une dégradation très forte, au-delà du seuil de tolérance de sols.

Tableau 11. Taux d'érosion au champ dans le SBV d'Agoudal

L(m)	D(m)	DR	Dégradation spécifique(t/h/an)			Perte totale(t/an)
			Min	Max	Moyenne	
18485	700	0,38	0,46	755,3	96,9	605528

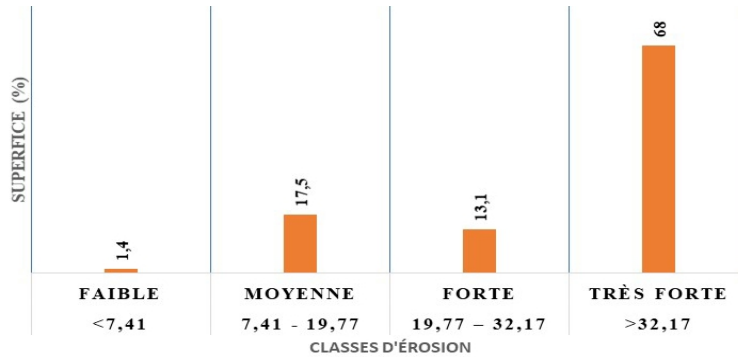


Figure 13. Importance et degré de la dégradation spécifique dans la zone d'étude

On remarque que moins de 1,5% de la superficie de la zone d'étude est soumise à des taux inférieurs à 7,4 t/ha/an, alors que seulement 18,9% de la superficie globale du SBV affiche des taux d'érosion de degré faible et moyen. Ces superficies correspondent aux zones qui allongent les cours d'eaux principaux et correspondent aux bas-versants situés sur des pentes de moins de 15% avec la présence remarquable d'éléments grossiers offrant une certaine protection qui amoindris l'effet des gouttes de pluies et atténuer l'énergie cinétique du ruissèlement.

L'impact de chacun des facteurs entrant dans l'équation de l'érosion agit différemment. En effet, le facteur topographique et celui d'érodibilité, dans cette zone, sont deux variables importantes dans la sensibilité à l'érosion, vue que les taux de dégradation des sols leur sont proportionnels. En revanche la longueur et l'inclinaison de pente ne sont pas de bons indicateurs, vue que les taux d'érosion les plus élevés ont été enregistrés au niveau des classes LS entre 15 et 25%.

Après avoir analysé les différents facteurs causaux de l'érosion dont les résultats ont été confrontés aux données officielles recueillies (cartes géologiques et topographiques de la zone d'études, données climatiques, les études sur l'érosion réalisées par les départements étatiques concernés) et aux réalités de terrain, nous avons procédé à la cartographie des zones vulnérables vis-à-vis des processus d'érosion et de dégradation des sols (Figure 14). Un tel résultat pourrait à notre sens servir pour les différents opérateurs publics concernés, les acteurs de la société civile et toutes les parties prenantes impliquées dans le processus de lutte antiérosive surtout dans la planification des opérations de protection du sol et des ressources microbiologiques, rhizosphériques et pédologiques dans cette zone de montagne très nécessaire.

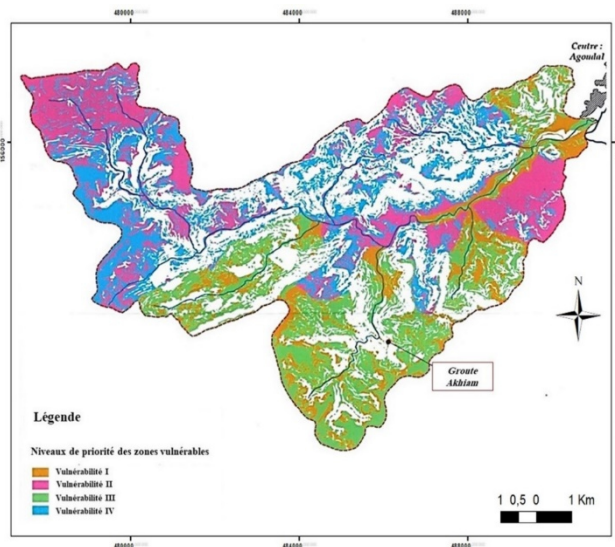


Figure 14. Carte des zones vulnérables et leur niveau de priorité dans le SBV d'Agoudal

Quatre niveaux de vulnérabilité ont été identifiés et spatialisés en vue de visualiser les sites prioritaires aux risques de dégradation pouvant servir en cas d'éventuelles interventions dans le cadre des programmes d'aménagement du SBV d'Agoudal en amont de la vallée d'Imilchil.

L'identification de ces zones a été faite sur des critères basés essentiellement sur le taux moyen d'érosion de 255,058 t/ha/an (Tableau 9) et les classes de dégradation spécifique. Sachant bien que 68% de la superficie totale du SBV d'Agoudal est soumise à une dégradation supérieure à 32,7% et que seulement 1,4% de la superficie affiche des taux inférieurs à 7,4% (Figure 13). Cette priorisation a été faite pour cadrer les zones vulnérables et potentiellement aménageables dans le but de réduire l'érosion et la génération des crues, et de protéger les agglomérations et infrastructures aval.

Conclusion

Les résultats obtenus dans le cadre du présent travail, affirment que la zone d'étude est menacée par le phénomène de l'érosion hydrique et de la dégradation continue de la qualité des sols dont les conséquences impactent négativement le développement durable de cette région d'une part. D'autre part ces résultats révèlent l'intérêt de la télédétection et du SIG dans l'évaluation de la vulnérabilité à l'érosion dans ces zones de haute montagne asylvatique qui est sans doute d'une grande utilité dans la recherche des solutions adéquates.

La méthode utilisée a permis de montrer que le SBV étudié est soumis aux menaces de l'érosion hydrique dont le taux moyen dépasse 255 t/ha/an avec des taux de dégradation spécifique supérieurs à 7,41 t/ha/an touchant plus de

98% de sa superficie totale dont 68% enregistre une dégradation spécifique très élevée au-delà de 32,17t/ha/an.

L'exploitation de ces résultats nous a conduit à identifier et à prioriser les zones à risque dans l'Atlas central, en l'occurrence le SBV d'Agoudal en amont du BV d'Oum Er-Rbia. Ce qui peut servir de modèle pouvant être généralisé sur le SBV d'Assif Melloul qui constitue sa continuité avale et qui souffre de la même problématique. Comme il peut être transposable à d'autres régions du haut Atlas central, en raison des similitudes de leurs caractéristiques géomorphologiques, géoécologiques, pédologiques, édaphiques et climatiques.

Ainsi, la carte de vulnérabilité à l'érosion synthétisée, pourrait constituer un document de base pour tous les programmes et les actions futurs d'aménagement et de gestion prévus pour atténuer ce fléau et ses conséquences néfastes sur le fonctionnement des écosystèmes agropastoraux de la région.

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à présenter nos vifs sentiments de reconnaissance et nos remerciements à tous ce qui ont collaboré de près et de loin à l'accomplissement des différentes phases de cette recherche. Citons à ce propos, entre autres :

- Monsieur le doyen de la faculté des sciences de Meknès et ses collaborateurs ;
- L'Association Akhiam et tous ses partenaires mobilisés dans le processus de lutte antiérosive dans la zone d'étude (notamment la FAO, le PNUD, le GEF, l'ORMVAT, Services des Eaux et Forêts, l'Agence du Bassin Hydraulique d'Oum Er-Rabia, les communautés villageoises « Jmaâ », l'ONG française SENS, Hydraulique Sans Frontières, etc.)

References:

1. Amrhar, M. (1995). Tectonique et inversions géodynamiques post-rift dans le Haut-Atlas occidental: structures, instabilités tectoniques et magmatismes liés à l'ouverture de l'Atlantique central et la collision Afrique-Europe. Doctorat thesis, University of Marrakech, Morocco, 253.
2. Anys, H., Bonn, F., & Merzouk, A. (1994). Remote sensing and gis based mapping and modeling of water erosion and sediment yield in a semi-arid watershed of Morocco. *Geocarto International*, 9(1), 31-40.
3. Anys, H., Bonn, F., & Merzouk, A. (1992). Cartographie et calcul de l'érosion hydrique a l'aide de télédétection et du SIG, cas du bassin versant d'oued Aricha(Settat, Maroc), *Géo Observateur*, 2:37-51.

4. Badraoui, A. & Hajji, A. (2001). "Envasement des retenues de barrages." *La Houille Blanche*(6-7): 72-75.
5. Benbrahim, K. F., Ismaili, M., Benbrahim, S. F., & Tribak, A. (2004). Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation : impact du phénomène au Maroc. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 15(4), 307-320.
6. Benmoussa, M., Elyamani, M., & Saidi, A. (1993). Application de l'équation universelle des pertes en sols au bassin versant d'Oued Tasrafate, *Géo Observateur*, 3 :83-93.
7. Benzougagh, B., Meshram, SG., Dridri, A., Boudad, L., Sadkaoui, D., Mimich, K., & Khedher, KM. (2020). Mapping of soil sensitivity to water erosion by RUSLE model: case of the Inaouene watershed (Northeast Morocco). *Arabian Journal of Geosciences* (2020) 13:1153.
8. Boudhar, A., Duchemin, B., Hanich, L., Chaponnière, A., Maisongrande, P., Boulet, G. & Chehbouni, A. (2007). Analyse de la dynamique des surfaces enneigées du Haut Atlas marocain à partir des données SPOT-VEGETATION. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 18(4), 278-288.
9. Charrière, A., & Haddoumi, H. (2016). Les «Couches rouges» continentales jurassico-crétacées des Atlas marocains (Moyen Atlas, Haut Atlas central et oriental): bilan stratigraphique, paléogéographies successives et cadre géodynamique. *Boletín geológico y minero*, 127(2-3), 407-430.
10. Charrière, A., Ibouh, H., & Haddoumi, H. (2011). Le Haut Atlas central de Beni Mellal à Imilchil. *Nouveaux Guides géologiques et miniers du Maroc*, 4, 109-164.
11. Charrière, A., Haddoumi, H., Mojon, P. O., Ferrière, J., Cuche, D., & Zili, L. (2009). Mise en évidence par charophytes et ostracodes de l'âge Paléocène des dépôts discordants sur les rides anticlinales de la région d'Imilchil (Haut Atlas, Maroc): conséquences paléogéographiques et structurales. *Comptes Rendus Palevol*, 8(1), 9-19.
12. Choubert, G. & Faure-Muret, A. (1960). "Evolution du domaine atlasique marocain depuis les temps paléozoïques." *Mémoire hors-série-Société géologique de France*(1): 447-527.
13. Croitoru, L. & Sarraf, M. (2017). Le Coût de la Dégradation de l'Environnement au Maroc. *Environment and Natural Resources Global Practice Discussion Paper*, vol. 5.
14. Elalaoui, A., Marrakchi, C., Fekri, A., Maimouni, S., & Aradi, M. (2015). Mise en place d'un modèle qualitatif pour la cartographie des zones à risque d'érosion hydrique dans la chaîne atlasique: cas du

- bassin versant de la Tessaoute amont. (Haut Atlas Central, Maroc). *Eur Sci J* 11(29): 106–121.
15. El Garouani, A., Chen, H., Lewis, L., Tribak, A., & Abharour, M. (2008) Cartographie de l'utilisation du sol et de l'érosion nette à partir d'images satellitaires et du sig idrisi au nord-est du maroc. *Téledétection* 8(3):193–201.
 16. El Garouani, A., Merzouk, A., Jabrane, R., & Boussema, MR. (2005) Analyse spatiale de l'érosion en nappe et de l'infiltrabilité des sols dans le PréRif marocain. *Téledétection* 5(1-2-3): 69–80
 17. El Garouani, A., Merzouk, A., & Ozer, A. (2003). Cartographie et évaluation quantitative de l'érosion hydrique au PréRif marocain. IAHS Publication, Wallingford, pp 380–388
 18. Froitzheim, N., Stets, J., & Wurster, P. (1988). Aspects of western High Atlas tectonics. In *The Atlas System of Morocco* (pp. 219-244). Springer, Berlin, Heidelberg.
 19. Ghanam, M. (2003). La désertification au Maroc-Quelle stratégie de lutte. In *2nd FIG Regional Conference Marrakech* (pp. 2-5).
 20. Hession, W.C. & Shanholtz, V. O. A. (1988). Geographic information system for targeting nonpoint-source agricultural pollution. *Journal of Soil and Water conservation*, vol. 43, no 3, p. 264-266.
 21. Houbert, G. & "Faure Muret, A. (1962). Évolution du domaine atlantique marocain depuis les temps paléozoïques." *Mém. hs Soc. géol. France, Livre mémoire P. Fallot* 1: 447-527.
 22. Ibouh, H., Michard, A., Charrière, A., Benkaddour, A., & Rhoujjati, A. (2014). Tectonic–karstic origin of the alleged “impact crater” of Lake Isli (Imilchil district, High Atlas, Morocco). *Comptes Rendus Geosciences* 346:82–89.
 23. Ibouh, H. & Chafiki, D. (2017). La tectonique de l'Atlas: ageet modalit es. *Le Maroc, paradis des g eologues: Soci et eg eologue de France* 194.
 24. Issa, LK., Lech-Hab, KBH., Raissouni, A., & El Arrim, A. (2016) Cartographie quantitative du risque d'érosion des sols par approche SIG/USLE au niveau du bassin versant Kalaya (Maroc Nord Occidental). *J Mater Environ Sci* 7(8): 2778–2795.
 25. Jenny, J., Le Marrec, A., & Monbaron, M. (1981). Les couches rouges du Jurassique moyen du Haut Atlas central (Maroc); Correlations lithostratigraphiques, elements de datations et cadre tectono-sédimentaire. *Bulletin de la Société géologique de France*, 7(6), 627-640.
 26. Jensen, J. R. (2000). *Remote Sensing of the Environment An Earth Resource Perspective* Prentice Hall. Upper Saddle River (NJ), USA.

27. Laville, E., Lesage, J. L., & Seguret, M. (1977). Geometrie, cinematique (dynamique) de la tectonique atlasique sur le versant sud du Haut Atlas marocain; aperçu sur les tectoniques hercyniennes et tardi-hercyniennes. *Bulletin de la Société géologique de France*, 7(3), 527-539.
28. Maimouni, S., et al. (2011). "Potentiels et limites des indices spectraux pour caractériser la dégradation des sols en milieu semi-aride." *Canadian Journal of Remote Sensing* 37(3): 285-301.
29. Meliho, M., et al. (2016). "Cartographie Des Risques De L'érosion Hydrique Par L'équation Universelle Révisée Des Pertes En Sols, La Télédétection Et Les SIG Dans Le Bassin Versant De L'Ourika (Haut Atlas, Maroc)." *Eur Sci J* 12(32): 227-297.
30. Merkhi, A., Laftouhi, NE., Soulaïmani, A., & Fnguire, F. (2015). Quantification et évaluation de l'érosion hydrique en utilisant le modèle RUSLE et dépôt intégrés dans un SIG. Application dans le bassin versant n'fis dans le haut atlas de Marrakech (Maroc). *Eur Sci J* 11(29):340– 356.
31. Michard, A., Ibouh, H., & Charri ere, A. (2011). Synclinetopped anticlinal ridges (STARs) from the High Atlas: a Moroccan conundrum, and inspiring structures from the Syrian Arc, Israel. *Terra Nova*. 23:314–323.
32. Mitasova, H., Hofierka, J., Zlocha, M., & Iverson, L.R. (1996). Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *International journal of geographical information systems*, 10(5), 629-641.
33. Modeste, M., et al. (2016). "Cartographie Des Risques De L'érosion Hydrique Par L'équation Universelle Révisée Des Pertes En Sols, La Teledetection Et Les Sig Dans Le Bassin Versant De L'ourika (Haut Atlas, Maroc)." *Eur Sci J* 12.
34. Mrabet, R., et al. (2020). "La fertilisation améliore la production des prairies humides naturelles dans la montagne du haut Atlas oriental du Maroc: cas de la région d'Imilchil." *African and Mediterranean Agricultural Research Journal-Al- Awamia*(128).
35. Ouallali, A., Moukhchane, M., Aassoumi, H., Berrad, F., Dakir, I. (2016). The mapping of the soils' degradation state by adaptation the PAP/RAC guidelines in the watershed of Wadi Arbaa Ayacha, Western Rif, Morocco. *J Geosci Environ Prot* 4(07):77–82.
36. Rango, A. & Arnoldus, H.M.J. (1987). Aménagement des bassins versants. In: *Cahiers techniques de la FAO*: 1-11.
37. Renard, KG., Foster, GR., Weesies, GA., & Porter, JP. (1991) RUSLE: revised universal soil loss equation. *J Soil Water Conserv* 46(1):30–33

38. Roose, E. (1996). Land husbandry - Components and strategy by Director of Soils Research. InFao Soil Bulletin. 70, p. 380.
39. Shin, G. (1999). "The analysis of soil erosion analysis in watershed using GIS." Department of Civil Engineering, Gang-won National University, Gangwon-do, South Korea, Ph. D. dissertation.
40. Wischmeier, W. H. & Smith, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning, Department of Agriculture, Science and Education Administration.
41. Yjjou, M., et al. (2014). "Modélisation de l'érosion hydrique via les SIG et l'équation universelle des pertes en sol au niveau du bassin versant de l'Oum Er-Rbia." The International Journal Of Engineering And Science (IJES) 3(8): 83-91.
42. Zingg, A. W. (1940). "Degree and length of land slope as it affects soil loss in run-off." Agric. Engng. 21: 59-64.
43. Zouagui, A., et al. (2018). "Modelisation du risque d'érosion hydrique par l'équation universelle des pertes en terre dans le Rif occidental: cas du bassin versant de Moulay Bouchta (Maroc)." European Scientific Journal 14(3): 1857-1788.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Blood Safety: On-Site Verification Of The Screening Of HIV, HBV And HCV By Enzyme Linked Immuno-Sorbent Assay (ELISA) Kits From Bio-Rad Laboratories At The “Centre National De Transfusion Sanguine” (CNTS) Of Lomé In Togo

Gnatoulma Katawa
Christèle Nguépou Tchopba
Marthe Oukoé Amessoudji
Pelagie Edlom Tchadié
Simplice Damintoti Karou
Yaovi Ameyapoh

Ecole Supérieure des Techniques Biologiques et Alimentaires (ESTBA)/Laboratoire de Microbiologie et de Contrôle de Qualité des Denrées Alimentaires (LAMICODA)/Unité de Recherche en Immunologie et Immunomodulation (UR2IM), Université de Lomé, Togo

Liza Koboyo Nadjir
Ablam Ameyissa
Lochina Feteke

Centre National de Transfusion Sanguine (CNTS) de Lomé, Togo

Esso-Mondjonna Tougoma

Ecole Supérieure des Techniques Biologiques et Alimentaires (ESTBA)/Laboratoire de Microbiologie et de Contrôle de Qualité des Denrées Alimentaires (LAMICODA)/Unité de Recherche en Immunologie et Immunomodulation (UR2IM), Université de Lomé, Togo
Centre National de Transfusion Sanguine (CNTS) de Lomé, Togo

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p92](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p92)

Submitted: 22 February 2021

Accepted: 19 May 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Katawa G., Nguépou Tchopba C., Amessoudji M.O., Tchadié P.E., Karou S.D., Ameyapoh Y., Nadjir L.K., Ameyissa A., Feteke L. & Tougoma E-M. (2021). *Blood Safety: On-Site Verification Of The Screening Of HIV, HBV And HCV By Enzyme Linked Immuno-Sorbent Assay (ELISA) Kits From Bio-Rad Laboratories At The “Centre National De Transfusion Sanguine” (CNTS) Of Lomé In Togo*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 92.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p92>

Abstract

Background: Blood transfusion improves health and saves lives. Safe blood must be ensured for our populations. Quality assurance is a process that includes a set of coordinated activities in order to achieve the quality objective. Compliance with the quality management rules of medical biology laboratories requires verification of methods prior to their use. This study aimed to verify the on-site verification of the performance of the Enzyme Linked Immuno-Sorbent Assay (ELISA) method performed at the serology laboratory of the CNTS of Lomé.

Methods: The performance of ELISA method performed at the serology laboratory of CNTS for the diagnosis of HIV, Hepatitis B and C with Bio-Rad Genscreen ULTRA-HIV Ag-Ac, Bio-Rad Monolisa-HBs Ag ULTRA and Bio-Rad Monolisa HCV Ag-Ac ULTRA V2 kits respectively was evaluated on repeatability, reproducibility, sensitivity and specificity according to COFRAC's SH GTA 04 reference.

Results: The evaluation of the repeatability and reproducibility of each kit used in the laboratory resulted in compliant Coefficients of Variation (CV) with manufacturers' ones. Sensitivities obtained with Bio-Rad Monolisa HCV Ag-Ac ULTRA V2, Bio-Rad Monolisa HBs Ag ULTRA and Bio-Rad Genscreen ULTRA HIV Ag-Ac kits were 94.59%, 98.08% and 100% respectively. For specificity tests, we found 86.49% with BIO-Rad Genscreen ULTRA-HIV Ag-Ac kit, 94.34% with Bio-Rad Monolisa HCV Ag-Ac ULTRA V2 kit and 97.37% with Bio-Rad Monolisa-HBs Ag ULTRA.

Conclusion: In general, results were compliant except HIV diagnosis specificity. This study appears as a contribution to the establishment of a verification file for ELISA method used at the serology laboratory of CNTS of Lomé.

Keywords: Blood Safety, Quality Assurance, Method Verification, ELISA, Repeatability, Reproducibility, Sensitivity, Specificity

Introduction

Blood transfusion is a very important health procedure. It is therefore the responsibility of the national blood transfusion program to ensure the quality of blood products for a secure clinical use (WHO, 2010). Quality assurance is a process that includes a set of coordinated activities in order to achieve the quality objective (ISO 9000, 2015). When analyses are performed, there is always some degree of uncertainty. The challenge is to reduce the level of inaccuracy as much as possible, and this can only be achieved through mastering analytical systems and methods (Marques-Garcia et al., 2015). In August 2015, Togo Ministry of Health and Social Protection (MHSP) issued a decree N°115/2015/MSPS/CAB/SG to institute ISO 15189 standard as a

reference for all medical biology laboratories in Togo (Cucherat, 2017). In order to meet this challenge outlined above, the standard specifies in its paragraph 5.5.1.3, the requirements for the validation of analytical procedures (COFRAC, 2016). Validation of method is confirmation, through the provision of objective evidence, that the requirements for a specific intended use or application have been fulfilled (International Standard Organization, 2005). Compliance with the quality management rules of medical biology laboratories requires verification of methods prior to their use. The “Centre National de Transfusion Sanguine” (CNTS) is the national reference center for blood transfusion in Togo. The biological qualification of donations is done in two laboratories of CNTS, namely serology and immunohematology laboratories. Both must meet the requirements of the ISO15189 standard adopted by the MHSP. Thus, from April 28 to 29, 2016, a diagnostic audit, commissioned by the Division of Laboratories, was carried out in these two laboratories in regard to the above-mentioned reference system. One of the discrepancies noted during this diagnostic audit was the non-verification of methods and analytical procedures. This study responds to this challenge by verifying ELISA method with kits from Bio-Rad Laboratories used in the serology laboratory of the CNTS in order to ensure safe blood to our population.

Methods

This was a descriptive study, from January 15 to February 20, 2018 at the serology laboratory of CNTS in Lomé.

Biological samples consisting of HIV, HBV, HCV positive and negative sera were provided by the National Reference Center (NRC) and CNTS serum bank respectively.

The performance of the ELISA method used at the serology laboratory of CNTS for the diagnosis of HIV, Hepatitis B and C with Bio-Rad Genscreen ULTRA-HIV Ag-Ac, Bio-Rad Monolisa-HBs Ag ULTRA and Bio-Rad Monolisa HCV Ag-Ac ULTRA V2 kits respectively, has been evaluated on repeatability, reproducibility, sensitivity and specificity according to COFRAC's SH GTA 04 reference (COFRAC, 2015).

Repeatability assessment

To assess the repeatability, negative and positive controls of ELISA kits were tested 17 times under the same conditions by the same scientists and coefficients of variation (CV) were calculated.

Reproducibility assessment

To evaluate the reproducibility, negative and positive controls of ELISA kits were analyzed 17 times under different conditions by changing scientists and coefficients of variation (CV) were calculated.

$$\mathbf{CV = (SD / m) *100}$$

SD = Standard deviation; **m** = mean

Evaluation of sensitivity and specificity of the methods

For the assessment of sensitivity and specificity, pools of sera known as positive or negative for either HIV, HBV or HCV were tested. Sensitivity and specificity was determined as follow:

$$\mathbf{Sensitivity = TP / (TP + FN) *100}$$

$$\mathbf{Specificity = TN / (TN+FP) *100}$$

Evaluation of predictive values

Positive predictive values (PPV) and negative predictive values (NPV) were calculated as follow:

$$\mathbf{PPV= TP / (TP+FP) *100}$$

$$\mathbf{NPV=TN / (TN+FN) *100}$$

TP = True positive; FP = False positive; FN=False negative; TN= True negative

Statistical analysis

Descriptive statistics were performed using Graph Pad PRISM 5.02 software (GraphPad Software, San Diego California USA).

Results

Evaluation of repeatability

Table 1 shows the results of repeatability test of the ELISA method with different kits. It appears that the CV of negative control (5.28%) and positive control (2.69%) of BIO-Rad Genscreen ULTRA-HIV Ag-Ac dedicated to the diagnosis of HIV, are lower than the manufacturer's ones which are respectively 5.37% and 8.48%. For the diagnosis of Hepatitis B, the negative control of Bio-Rad Monolisa-HBs Ag ULTRA gives a CV of 6.83%, lower than the manufacturer's one (10.6%) and the positive control gives a CV of 2.38%, also lower than the manufacturer's one (6.2%). Regarding the diagnosis of Hepatitis C, the trend is the same with Bio-Rad Monolisa HCV Ag-Ac ULTRA V2 which negative control CV (6.38%) and positive control CV (3.83%) are also lower than the manufacturer's ones (Table 1). These results show that the ELISA method used for the three kits was repeatable.

Table 1. Repeatability of the ELISA method with different kits

Reagent	Samples (Level)	Number of values (N)	Mean	SD	CV (%)	Manufactu-rer CV (%)	Compliant
Bio-Rad Genscreen ULTRA-HIV Ag-Ac	Negative	17	0.089	0.0047	5.28	5.37	Yes
	Positive	17	2.857	0.0768	2.69	8.48	Yes
Bio-Rad Monolisa-HBs Ag ULTRA	Negative	17	0.0205	0.0014	6.83	10.6	Yes
	Positive	17	2.5209	0.060	2.38	6.2	Yes
Bio-Rad Monolisa HCVAg-Ac ULTRA V2	Negative	17	0.069	0.0044	6.38	10.4	Yes
	Positive	17	2.193	0.084	3.83	6.1	Yes

Table 1 shows the means of optical densities of negative and positive controls of Bio-Rad Genscreen ULTRA-HIV Ag-Ac, Bio-Rad Monolisa-HBs Ag ULTRA and Bio-Rad Monolisa HCV Ag-Ac ULTRA V2 ELISA kits tested 17 times; their standard deviations, their coefficients of variation and the compliance with manufacturer's values.

Evaluation of reproducibility

The ELISA method reproducibility test with three kits results are presented in Table 2. The BIO-Rad Genscreen ULTRA-HIV Ag-Ac kit negative control CV was 7.33% which is lower than manufacturer's CV (9.9%). Its positive control CV (5.83%) was also lower than manufacturer's CV (17.9%). Similar trends were found for Bio-Rad Monolisa-HBs Ag ULTRA and Bio-Rad Monolisa HCVAg-Ac ULTRA V2 kits controls CV, which were all lower than manufacturer's values (Table 2). These results lead to conclude that ELISA method assayed with the three kits is reproducible.

Table 2. Reproducibility of the ELISA method with different kits

Reagent	Samples (Level)	Number of values (N)	Mean	SD	CV (%)	Manufactu-rer CV (%)	Compliant
Bio-Rad Genscreen ULTRA HIV Ag-Ac	Negative	17	0.086	0.0063	7.33	9.9	Yes
	Positive	17	2.948	0.172	5.83	17.9	Yes
Bio-Rad Monolisa HBs-Ag ULTRA	Negative	17	0.0198	0.0025	12.63	18.1	Yes
	Positive	17	2.870	0.3007	10.48	10.6	Yes

Bio-Rad Monolisa HCV Ag- Ac ULTRA V2	Negative	17	0.069	0.0083	12.03	19.4	Yes
	Positive	17	2.476	0.298	12.04	15	Yes

Table 2 shows the means of optical densities of negative and positive controls of Bio-Rad Genscreen ULTRA-HIV Ag-Ac, Bio-Rad Monolisa-HBs Ag ULTRA and Bio-Rad Monolisa HCV Ag-Ac ULTRA V2 ELISA kits tested 17 times; their standard deviations, their coefficients of variation and the compliance with manufacturer's values.

Sensitivity assessment

Table 3 shows the results of sensitivity test with different ELISA kits. The sensitivity obtained with Bio-Rad Genscreen ULTRA HIV Ag-Ac kit was 100% with a positive predictive values (PPV) of 95%. For Bio-Rad Monolisa HBs Ag ULTRA kit, the sensitivity was equal to the PPV, 98.08%. Concerning Bio-Rad Monolisa HCV Ag-Ac ULTRA V2 kit, sensitivity was 94.59% with a PPV of 92.11% (Table 3). These results were close to manufacturer's values and showed that the ELISA method was sensitive for the three kits.

Table 3. Sensitivity for different ELISA kits

Reagent		Number of samples	FN	FP	Sensitivity (%)	PPV (%)
Bio-Rad Genscreen ULTRA HIV Ag-Ac	Manufacturer	6038	0	0	100	100
	Our test	132	0	5	100	95
Bio-Rad Monolisa HBs Ag ULTRA	Manufacturer	428	0	0	100	100
	Our test	20	1	1	98.08	98.08
Bio-Rad Monolisa HCV Ag-Ac ULTRA V2	Manufacturer	501	0	0	100	100
	Our test	90	2	3	94.59	92.11

Table 3 shows the number of samples tested per kit, number of false negative (FN) and false positive (FP) obtained, the sensitivities and the positive predictive values (PPV) for Bio-Rad Genscreen ULTRA-HIV Ag-Ac,

Bio-Rad Monolisa-HBs Ag ULTRA and Bio-Rad Monolisa HCV Ag-Ac ULTRA V2 ELISA kits.

Specificity assessment

The results of specificity test with ELISA kits are compiled in Table 4. The specificity value for BIO-Rad Genscreen ULTRA-HIV Ag-Ac kit was 86.49% with a Negative predictive Values (NPV) of 100%. With Bio-Rad Monolisa-HBs Ag ULTRA, the specificity was equal to the NPV (97.37%). Bio-Rad Monolisa HCV Ag-Ac ULTRA V2 kit gave a specificity of 94.34% with a NPV of 96.15% (Table 4). These results lead to conclude that the ELISA method is more specific for the diagnosis of Hepatitis B and C.

Table 4. Specificity for different ELISA kits

Reagent		Number of samples	FN	FP	Specificity (%)	NPV (%)
Bio-Rad Genscreen ULTRA HIV Ag-Ac	Manufacturer	6038	0	0	100	100
	Our test	132	0	5	86.49	100
Bio-Rad Monolisa HBs Ag ULTRA	Manufacturer	428	0	0	100	100
	Our test	90	1	1	97.37	97.37
Bio-Rad Monolisa HCV Ag-Ac ULTRA V2	Manufacturer	501	0	0	100	100
	Our test	90	2	3	94.34	96.15

Table 4 shows the number of samples tested per kit, number of false negative (FN) and false positive (FP) obtained, the specificities and the negative predictive values (NPV) for Bio-Rad Genscreen ULTRA-HIV Ag-Ac, Bio-Rad Monolisa-HBs Ag ULTRA and Bio-Rad Monolisa HCV Ag-Ac ULTRA V2 ELISA kits.

Discussion

The aim of our study was to evaluate the performance of ELISA method at the serology laboratory of Centre National de Transfusion Sanguine (CNTS) of Lomé, for the diagnosis of HIV, Hepatitis B and C. In fact, HIV, HBV and HCV are blood transmittable viruses, so their screening is important for a secure blood transfusion (WHO, 2009). CNTS screen systematically all donors for HBV, HCV, HIV and syphilis. In Togo, Nadjir et al. found among blood donors in CNTS of Lomé, from 2011 to 2015, seroprevalences of

2.63%, 1.58% and 0.92% for HBV, HCV and HIV, respectively (Koboyo Nadjir et al., 2017).

This study was undertaken in order to correct a discrepancy noted during a diagnostic audit conducted according to the requirements of ISO 15189 standard, in 2016: the non-verification of methods and analytical procedures. The study responds to this challenge by verifying ELISA method used in the serology laboratory of CNTS through reproducibility and repeatability assessments, and also evaluation of sensitivity and specificity. In general, results were compliant with manufacturers one, except HIV diagnosis specificity.

A method evaluation or verification is the confirmation that the recognized method is mastered by the laboratory (SADCAS, 2018). Thus, in China, Li et al. evaluated in 2016, the performance of Elecsys Anti - HCV II assay for HCV screening (Li et al., 2016). Kauffmann-Lacroix et al. in 2013 validated ELISA method for the diagnosis of aspergillosis with BIO-Rad kit (C. Kauffmann-Lacroix , M. Arvier , M. Charron, M.-H. Rodier, 2013). Also, in 2015, Elliot et al. evaluated the diagnostic accuracy of blood centers in the screening of blood donors for viral markers in Ghana (Elliot Eli Dogbe, 2015). In general, the literature on ELISA method verification provides a great deal of information on sensitivity and specificity. In our study, we set out to add repeatability and reproducibility to sensitivity and specificity for a better appreciation.

Repeatability and reproducibility are two important parameters in the assessment of a method precision (International Organization for standardization, 2012).

Repeatability is defined as the variation in measurements performed under the same conditions (Berthold, 2011). It is evaluated by calculating the CV. Here, we found that the CV of negative control (5.28%) and positive control (2.69%) with BIO-Rad Genscreen ULTRA-HIV Ag-Ac kit, were lower than the manufacturer's ones, which were 5.37% and 8.48% respectively. With Bio-Rad Monolisa-HBs Ag ULTRA kit, the CV of the negative control (6.83%) and positive control (2.38%) were also lower than manufacturers' CV (10.6%; 6.2%). Same trend was observed with Bio-Rad Monolisa HCV Ag-Ac ULTRA V2 kit negative control CV (6.38%) and positive control CV (3.83%) which were lower than manufacturer's CV. These results allowed us to say that ELISA method used at CNTS for the diagnostic of HIV, Hepatitis B and C is repeatable.

On the other hand, Reproducibility is the precision estimate obtained when series of measurements are made under more variable conditions (International Organization for standardization, 2012). We found that BIO-Rad Genscreen ULTRA-HIV Ag-Ac kit negative control CV (7.33%) was lower than manufacturer's CV (9.9%). Its positive control CV

(5.83%) was also lower than manufacturer's CV (17.9%). So were Bio-Rad Monolisa-HBs Ag ULTRA and Bio-Rad Monolisa HCV Ag-Ac ULTRA V2 kits controls CV; leading us to conclude that the ELISA method run at CNTS is reproducible.

The accuracy measurements include sensitivity and specificity (Stralen et al., 2009). In our study, sensitivity obtained with Bio-Rad Genscreen ULTRA HIV Ag-Ac kit was 100%. Hwang et al. found in 2006 a sensitivity of 100% for Genscreen ULTRA HIV Ag-Ab kit in Korea (Hwang et al., 2006). Abraham et al. also found in 2019 such a close sensitivity of 99.5% with the same kit in Ethiopia (Abraham, 2019), confirming the high sensitivity of the ELISA method used at CNTS for diagnosing HIV.

With the Bio-Rad Monolisa HBs Ag ULTRA kit, we found a sensitivity of 98.08% whereas Hwang et al. found in Korea in 2006 a sensitivity of 100% with the same kit (Hwang et al., 2006). Maity et al. also obtained in 2012 a sensitivity of 100% with Microscreen HBsAg ELISA kit in India (Maity et al., 2012). So, the ELISA method for HBV screening at CNTS is sensitive but the little difference between sensitivities, when comparing with authors cited above, could be explained by the lowest number of samples (N=20) used to perform our sensitivity test.

Regarding the Bio-Rad Monolisa HCV Ag-Ac ULTRA V2 kit, we obtained a sensitivity of 94.59%. In 2007, Alados-arboledas et al. found a sensitivity of 100% with Monolisa HCV Ag-Ab ULTRA in Spain (Alados-arboledas et al., 2007). Hwang et al. found the same sensitivity with the same kit in 2006 in Korea (Hwang et al., 2006). This difference must be due to the largest number of samples (N>1000) used by those authors to perform their test of sensitivity.

In the specificity test, we obtained with BIO-Rad Genscreen ULTRA-HIV Ag-Ac kit a value of 86.49%, which is lower than the one Stanekova et al. found in Slovakia in 2016 (100%) with Genscreen HIV ½ version 2 kit (Stanekova et al., 2016). Maity et al. had also found in India a specificity of 98.9% with ERBA LISA HIV kit (Maity et al., 2012) in 2012. Thus, the ELISA method used at CNTS for the diagnosis of HIV is of low specificity.

With the Bio-Rad Monolisa-HBs Ag ULTRA kit, the specificity was 97.37%. Indeed, by meta-analysis in 2017, Amini et al. found such a close pooled specificity of 98.4% on five studies performed in China, Ghana, Cambodia and Vietnam to evaluate eight enzymatic immune assays for HBs antigen detection (Amini et al., 2017); their results prove that ELISA method for diagnosing HBV at CNTS is specific.

The specificity with the Bio-Rad Monolisa HCV Ag-Ac ULTRA V2 kit was 94.34% while Lambert et al. had found a specificity of 99.86% with the same kit in Europe in 2007 (Lambert, 2007). Also, in 2015, Khuroo

et al. in a meta-analysis found a sensitivity of 99.5% on thirty studies that had evaluated tests to detect HCV antibodies (Khuroo et al., 2015). So, the ELISA method for the detection of HCV at CNTS was not as specific as others but it can be explained by the difference between kits used in each case.

In this study we deplore that we did only 17 tests instead of 30 as recommended by COFRAC, due to lack of funding. Nevertheless, the results will allow to establish a verification file of the ELISA method used at the serology laboratory of CNTS of Lomé.

Conclusion

The verification of analytical methods and procedures is a sine qua non step in the quality approach of a medical analysis laboratory. In this study, the verification of the ELISA method used in the CNTS serology laboratory according to the COFRAC SH GTA 04 reference showed that the method is repeatable, reproducible and sensitive for the diagnosis of HIV and hepatitis B and C. Compared to the diagnostic specificity for hepatitis B and C, the method is less specific for the diagnosis of HIV. Based on these results, this study appears as a contribution to the establishment of a verification file of the ELISA method used at the serology laboratory of CNTS of Lomé.

References:

1. Abraham Saro Abdella; Mulu Girma; Abebe Habteselassie; Nigussie Gezahegn; Altaye Feleke; Tezera Moshago Berheto; Minilik Demissie; Wudnesh Belete; Tekalign Deressa. « Diagnostic accuracy of HIV test kits , Genscreen Ultra and Bioelisa », HIV/AIDS - Research and Palliative Care. 2019, vol.11. p. 17-22.
2. Alados-arboledas Juan C; Luis Calbo-torrecillas; M Dolores López-prieto et al. « Evaluación de la técnica Monolisa HCV Ag-Ab ULTRA (BioRad) en un hospital general », Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. 2007, vol.25 no 3, p. 172-176.
3. Amini Ali; Olivia Varsaneux; Helen Kelly et al. « Diagnostic accuracy of tests to detect hepatitis B surface antigen : a systematic review of the literature and meta-analysis », BMC Infectious Diseases. 2017, vol.17 no 1. p. 698.
4. Berthold Titertek. «Repeatability and Reproducibility using Crocodile mini Workstation » 2011. p. 1-6 .
<https://scienze.nz/home/berthold/crocodile-workstations/>
5. C. Kauffmann-Lacroix; M. Arvier ; M. Charron; M.-H. Rodier; A. Vassault. « Detection of Aspergillus antigen galactomannan using ELISA method : Validation of the performances of the method for accreditation », J Mycol Med. 2013, vol.23. p. 33-39.

6. COFRAC. « Exigences pour l'accréditation selon les normes NF EN ISO 15189 et NF EN ISO 22870 ». 2016. 30 p. En ligne : <https://tools.cofrac.fr/documentation/SH-REF-02>
7. COFRAC. « Guide technique d'accréditation de vérification (portée a) / validation (portée b) des méthodes en biologie médicale ». 2015. 191 p. <https://tools.cofrac.fr/documentation/SH-GTA-04>
8. Cucherat, Pierre. « Contribution du pharmacien humanitaire dans une démarche qualité en hygiène hospitalière et biologie médicale au Centre Hospitalier Préfectoral de Kpalimé, région des plateaux, Togo. 2017 ». 165 p. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01909760>
9. Elliot Eli Dogbe, Fareed Arthur. « Diagnostic accuracy of blood centers in the screening of blood donors for viral markers », Pan Afr Med J. 2015, vol.20.p. 1-12.
10. Hwang, Sang-hyun, Heung-bum Oh, Hyon-suk Kim et al. « Evaluation of HBs Ag, HCV and HIV Ag-Ab Assays using Bio-Rad Elite Microplate Analyzer », Korean J Lab Med. 2006, vol.26. p. 436-441.
11. International Organization for standardization. « ISO 15189:2012 - Medical laboratories-Requirements for quality and competence », International Organization for standardization ISO. 2012. <https://www.iso.org/standard/56115.html>
12. International Standard Organization. « ISO/IEC 17025 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories », International Standard. 2005. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:17025:ed-2:v1:en>
13. ISO 9000. « International Standard ISO 9000:2005 Quality management systems — Fundamentals and vocabulary », International Organization for Standardization. 2015. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-3:v1:en>
14. Mehnaaz Sultan Khuroo; Naira Sultan Khuroo; Mohammad Sultan Khuroo. « Diagnostic Accuracy of Point-of-Care Tests for Hepatitis C Virus Infection: A Systematic Review and Meta-Analysis », PLoS ONE. 2015, vol.10 no 3. p. 1-22.
15. Koboyo Liza Nadjir, Malewe Kolou, Gnatoulma Katawa et al. « Seroprevalence of hepatitis B virus, hepatitis C virus, and human immunodeficiency virus among volunteer blood donors in the National Blood Transfusion Center of Lomé », International Journal of Blood transfusion and Immunohematology. 2017, vol.7. p. 41-45.
16. Lambert, N. « Value of HCV antigen-antibody combined HCV assay in hepatitis C diagnosis », Developments in biologicals. 2007, vol.127. p. 113-121.

17. Li Dongdong; Siyuan Zhu; Tingting Wang et al. « Comparison of Elecsys Anti-HCV II Assay With Other HCV Screening Assays », *Journal of Clinical Laboratory Analysis*. 2016, vol.30. p. 451-456.
18. Maity Susmita; Srijita Nandi; Subrata Biswas et al. « Performance and diagnostic usefulness of commercially available enzyme linked immunosorbent assay and rapid kits for detection of HIV , HBV and HCV in India », *Virology Journal*. 2012, vol.9. p. 290.
19. Marques-Garcia F; Garcia-Codesal MF; Caro-Narros MR; Contreras-SanFeliciano T. « Importance of implementing an analytical quality control system in a core laboratory », *Revista de Calidad Asistencial*. 2015, vol.30 no 6 . p. 302-309
20. SADCAS TR 18. « Criteria for validation and quality assurance in microbiological testing ». 2018, no 1. p: 1-37.
21. Stanekova D; Mirandola M; Gios L et al. « Validation study of a conventional enzyme immunoassay to detect HIV antibodies in oral fluid », *Bratisl Med J*. 2016, vol.117. p. 19-21.
22. Stralen Karlijn J Van; Vianda S Stel; Johannes B Reitsma et al. « Diagnostic methods I: sensitivity , specificity , and other measures of accuracy », *International Society of Nephrology*. 2009, vol.75. p. 1257-1263.
23. WHO. « Availability , safety and quality of blood products », WHA63.12 Sixty - Third World Health Assembly. 2010. https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/wha63/a63_r12-en.pdf
24. WHO. Screening Donated Blood for Transfusion-Transmissible Infections

Recommendations

2009. <https://www.who.int/bloodsafety/ScreeningTTI.pdf>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Qualité Des Eaux De Boisson Conditionnées En Sachet Vendues Dans La Région De Dakar Au Sénégal

Modou Dieng

Laboratoire d'analyses et Essais, Ecole Supérieure Polytechnique, Université
Cheikh Anta Diop (UCAD), Dakar, Sénégal

Janvier Kindossi

Département de Nutrition et Sciences Agroalimentaires, Faculté
d'Agronomie, Université de Parakou, Parakou, Bénin

Noumbé Diop

Ecole Supérieure Polytechnique, Département Génie chimique et Biologie
appliquée, UCAD, Dakar, Sénégal

Mbaye Mbengue

Laboratoires de Bactériologie et Pathologie Aviaire (LBPA), ISRA, Dakar,
Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p104](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p104)

Submitted: 27 August 2020

Accepted: 27 April 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Dieng M., Kindossi J., Diop N. & Mbengue M. (2021). *Qualité Des Eaux De Boisson Conditionnées En Sachet Vendues Dans La Région De Dakar Au Sénégal*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 104.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p104>

Résumé

La qualité de l'eau de boisson conditionnée en sachet, vendue sous différentes marques dans les marchés de Dakar a été étudiée. Un total de 60 échantillons d'eau conditionnée dans des sachets sous 15 différentes marques a été prélevé de façon aléatoire dans les 5 différents marchés de Dakar pour déterminer la qualité physicochimique et microbiologique. Les résultats ont montré que la qualité physicochimique des eaux conditionnées en sachet est conforme à la norme réglementaire Norme NF EN ISO 19458 en la matière. Cependant, en ce qui concerne la qualité microbiologique, 83% des échantillons ont été contaminés avec une forte charge de la flore mésophile aérobie totale supérieure à celle de la norme NF EN ISO 19458 et 15% des échantillons sont vigoureusement contaminés par les coliformes totaux.

Cependant, aucune présence de salmonelle n'est enregistrée dans les échantillons étudiés. Malgré tout, la population de Dakar qui utilise cet eau s'expose à des risques sanitaires. Il convient au service d'hygiène de sensibiliser et de contrôler l'activité de la vente de l'eau conditionnée en sachet.

Mots clés: Eau En Sachet, Qualité, Consommation, Contamination, Dakar Sénégal

Quality Of Packaged Beverage Waters Sold In Sénégal, Dakar Region

Modou Dieng

Laboratoire d'analyses et Essais, Ecole Supérieure Polytechnique, Université
Cheikh Anta Diop (UCAD), Dakar, Sénégal

Janvier Kindossi

Département de Nutrition et Sciences Agroalimentaires, Faculté
d'Agronomie, Université de Parakou, Parakou, Bénin

Noumbé Diop

Ecole Supérieure Polytechnique, Département Génie chimique et Biologie
appliquée, UCAD, Dakar, Sénégal

Mbaye Mbengue

Laboratoires de Bactériologie et Pathologie Aviaire (LBPA), ISRA, Dakar,
Sénégal

Abstract

The quality of drinking water packaged in plastic bags through different brands sold in Dakar markets has been studied. 60 samples packaged through 15 different brands were taken randomly from the 5 different markets to determine their physico-chemical and microbiological quality. The results showed that physicochemical quality complies with the standards in this area. However, with regard to microbiological quality, 83% of the samples were contaminated at a high load with total viable counts, higher than the standard and 15% of the samples are highly contaminated with total coliforms. Meanwhile, there is no salmonella contamination was recorded in the samples studied. As a result, the population of Dakar who relies to this drinking water supply is exposed to health risks. The hygiene service should raise awareness and monitor the activity of selling drinking water.

Keywords: Sachet Water, Quality, Consumption, Contamination, Dakar Senegal

Introduction

Dans le monde, plus particulièrement en Afrique, le risque sanitaire le plus enregistré est lié à la consommation de l'eau souillée. Ce fait constitue une véritable problématique en matière de santé publique (Benajiba et al. 2013; Santsa Nguéfack et al. 2018). Pour pallier cette difficulté d'accès à l'eau de boisson de bonne qualité dans les pays en développement, et notamment en Afrique subsaharienne, plusieurs rencontres scientifiques sur l'eau et l'assainissement ont eu lieu à la Haye en 2000, à Kyoto en 2003, à Mexico en 2006 et au Sénégal en 2012 (ANSD, 2015). Les retombées de ces rencontres ont permis l'installation de l'eau du robinet, une eau de boisson saine de qualité garantissant une meilleure santé des populations. Malgré, une accessibilité de plus en plus importante de l'eau de robinet au Sénégal, la population de Dakar semble préférer de plus en plus l'eau conditionnée en sachet et conservé au frais, du fait de son caractère rafraichissant et de son coût abordable. Pour profiter de cette opportunité, beaucoup d'entrepreneurs privés se sont lancés dans la distribution d'eau de boisson conditionnée en sachet sous différentes marques.

De nos jours, il a été constaté une prolifération de marques d'eaux en sachet fabriquées localement et vendues dans les marchés. Ces sachets d'eau répondent non seulement à un besoin Ba Eau Bab Sénégal pratique pour les consommateurs, mais constituent une source de revenus pour les commerçants.

Ainsi, sur la journée, des milliers de sachets d'eau sont vendus. Les eaux de boisson dont la qualité n'est pas garantie envahissent la ville de Dakar. Leur provenance et les conditions de production échappent souvent aux autorités en charge de la salubrité des aliments. Selon L'OMS (2017), la consommation d'une eau insalubre expose les populations à plusieurs risques notamment les maladies d'origines hydriques. Diverses études ont mis en évidence la pollution des eaux par les microorganismes. Les études réalisées par Benajiba et al. (2013), Soncy et al. (2015), Hounsinou et al. (2015) et Zerhouni et al. (2015) ont révélé une importante présence de flore mésophile aérobie totale et une contamination fécale due à la présence de Coliformes totaux, de Coliformes thermotolérants et d'Entérocoques.

L'objectif de ce travail est d'étudier la qualité physicochimique et microbiologique des eaux conditionnées en sachets afin de mettre en évidence les éventuels risques de maladies à transmission hydrique auxquelles sont exposées les populations sénégalaises en général et dakaroise en particulier consommatrices de ces types d'eaux.

Matériel et Méthodes

Zone d'étude

La région de Dakar d'une superficie de 550 km² soit 0,28 % de la superficie nationale, est située dans la presqu'île du Cap Vert. Elle est comprise entre les coordonnées 17° 10 et 17° 32 de longitude Ouest et les coordonnées 14° 53 et 14° 35 de latitude Nord. Elle est limitée à l'Est par la région de Thiès et par l'Océan Atlantique dans ses parties Nord, Ouest et Sud (Figure 1). La région de Dakar a été choisie compte tenu de sa position de ville carrefour de grosses unités industrielles assurant la transformation des produits locaux destinés à l'exportation, la manufacture de produits importés destinés au marché local national, de sa dense population et pour son caractère cosmopolite.



Figure 1. Lieux de prélèvements

Échantillonnage

D'août à septembre 2018, un échantillonnage d'eau conditionnée dans des sachets plastiques a été effectué dans les marchés de Tilène, Thiaroye, Colobane, Grand-Yoff et Soumbédioune qui sont les cinq (05) grands marchés de la région de Dakar (Figure 1). Soixante (60) échantillons d'eau conditionnée dans des sachets de 300 à 500 ml ont été prélevés de façon aléatoire dans les 5 marchés de Dakar choisis. Quinze (15) marques de sachets d'eau ont été identifiées et prélevées à raison de 4 échantillons par marque. Les résultats auront pour objectif de sensibiliser les promoteurs et la population. Pour cela, les marques sont numéros de 1 à 15. Les échantillons prélevés ont été prélevés et étiquetés soigneusement puis déposés dans une glacière munie de carboglaces avant d'être acheminés au laboratoire (ISO 5667-3, 2004 ; ISO 5667-1, 2007). Les étiquettes portent un numéro, le nom de la marque et la date de prélèvement. Les analyses microbiologiques ont été effectuées au niveau du Laboratoire National de l'Élevage et des Recherches

Vétérinaires plus particulièrement aux Laboratoires de Bactériologie et Pathologie Aviaire (LBPA).

Analyse chimique et bactériologique de l'eau conditionnée en sachet

Le pH a été mesuré sur le terrain à l'aide d'un multi-paramètre portatif de marque HANNA model HI 9829 de précision 0,01. La turbidité (exprimées en NTU) a été mesurée grâce à un turbidimètre portable de marque Orbico-Hillige modèle 966 (ISO 7027, 2007). La dureté totale est déterminée par titrimétrie à l'EDTA (NF T90-003, 1984).

En ce qui concerne la qualité microbiologique, les analyses généralement effectuées sur une eau de consommation humaine sont basées sur l'identification et le dénombrement des germes dans les échantillons à analyser (ISO 5667-3, 2004 ; ISO 19458, 2006). Il s'agit donc :

- d'une part, pour l'analyse qualitative, de la recherche d'un indicateur de contamination fécale, *Salmonella*, suivant la méthode ISO 6579 (2002). La recherche de *Salmonella* consiste en la détermination de la présence ou de l'absence du genre *Salmonella* suite à une étape de pré-enrichissement, d'enrichissement, d'isolement et d'identification à une température d'incubation de 37°C pendant 24 heures. Le Pré-enrichissement est réalisé sur milieu eau peptonnée tamponnée, L'Enrichissement sur milieu bouillon au sélénite de sodium, l'isolement sur gélose *Salmonella-Shigella* (gélose SS) et sur gélose Hektoen. Enfin, l'identification a été réalisée sur galerie API 20^E.
- Et d'autre part, pour les analyses quantitatives, d'un dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAT) en milieu solide PCA (Plate Count Agar) selon la méthode ISO-4833 (2003) et d'un dénombrement des coliformes totaux (CT) sur la gélose lactosée biliée au vert brillant (VRBL) selon la méthode AFNOR V 08-060.

Analyse statistique

Le traitement de l'ensemble de données a été réalisé avec le Tableur Excel 2010. Ces résultats d'analyses chimique et bactériologique ont été comparés aux Valeurs Guides OMS de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine. Ils ont été soumis à une analyse de variance (ANOVA) à un facteur suivi du test de Newman-keuls grâce au logiciel Statistica version 7.1 StatSoft France (2006). La signification statistique de la différence entre les échantillons d'eau conditionnée par numéro de marque a été déterminée au seuil de 5%.

Résultats

Caractéristiques physicochimiques des eaux de boissons conditionnées en sachet sous différentes marques

Le Tableau 1 présente les caractéristiques physicochimiques des eaux de boisson conditionnées en sachet sous différentes marques. Les eaux de boisson conditionnées en sachet ont un pH variant de 7,12 à 7,36. Il n'y a pas de différence significative ($p > 0,05$) entre les différentes valeurs de pH déterminées. Ces pH sont conformes aux Valeurs Guides recommandées par l'OMS qui sont comprises entre 6,5 et 9,5.

La turbidité des eaux varie de 0,10 à 0,61 NTU. Les valeurs de la turbidité des eaux de boisson conditionnées dans les sachets des marques 2, 3, 4, et 15 sont significativement supérieures au seuil de 5% à celles des eaux de boisson conditionnées dans les sachets des autres marques collectées. Cela montre que ces eaux de boisson contiennent plus de particules en suspensions que les autres. Toutefois, tous les échantillons présentent des valeurs très inférieures à celles recommandée par les Valeurs Guides OMS (inférieure à 5 NTU).

La dureté des eaux varie de 24,50 à 34 mg/ml de CaCO_3 . Ces valeurs de la dureté des eaux sont très faibles par rapport aux Valeurs Guides OMS qui sont comprise entre 150 et 500 mg/ml de CaCO_3 .

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux de boissons conditionnées en sachet sous différentes marques

N° marque	Nombre d'échantillons analysés	pH	Turbidité (NTU)	Dureté (mg/l CaCO_3)	de
Marque 1.	4	7,18±0,08 ^a	0,16±0,03 ^a	32,00±0,00 ^a	
Marque 2.	4	7,36±0,11 ^a	0,45±0,05 ^b	32,00±0,01 ^a	
Marque 3.	4	7,27±0,05 ^a	0,51±0,18 ^b	34,00±0,02 ^a	
Marque 4.	4	7,12±0,18 ^a	0,60±0,05 ^b	33,50±2,50 ^{ab}	
Marque 5.	4	7,21±0,09 ^a	0,31±0,02 ^a	30,50±0,50 ^{bc}	
Marque 6.	4	7,24±0,02 ^a	0,20±0,04 ^a	28,00±0,00 ^{cd}	
Marque 7.	4	7,35±0,03 ^a	0,22±0,04 ^a	28,00±0,00 ^{cd}	
Marque 8.	4	7,21±0,02 ^a	0,38±0,04 ^a	28,00±0,00 ^{cd}	
Marque 9.	4	7,26±0,02 ^a	0,19±0,08 ^a	26,50±0,29 ^{de}	
Marque 10.	4	7,23±0,02 ^a	0,22±0,02 ^a	26,00±0,00 ^{de}	
Marque 11.	4	7,26±0,02 ^a	0,10±0,02 ^a	26,00±0,00 ^{de}	
Marque 12.	4	7,23±0,01 ^a	0,14±0,02 ^a	26,00±0,01 ^{de}	
Marque 13.	4	7,22±0,01 ^a	0,23±0,06 ^a	24,00±0,71 ^e	
Marque 14.	4	7,26±0,05 ^a	0,11±0,02 ^a	24,00±0,00 ^e	
Marque 15.	4	7,36±0,01 ^a	0,61±0,15 ^b	24,50±0,50 ^e	
Valeur Maximale admise (OMS)		6,5 < pH < 9,5	Turbidité < 5	150 < Dureté < 500	

Caractéristiques microbiologiques des eaux de boissons conditionnées en sachet sous différentes marques

Les caractéristiques microbiologiques des eaux de boisson conditionnées en sachet sous différentes marques sont présentées dans le

Tableau 2. La flore mésophile aérobie totale (FMAT) varie de 2,06 à 4,78 Log₁₀ UFC/ml d'eau de boisson. Aucune différence significative (p > 0,05) n'est observée pour la FMAT des eaux de boisson. Ces valeurs de la FMAT enregistrées sont très supérieures à celles des recommandations de l'OMS qui sont inférieures ou égales à 1,30 Log₁₀ UFC/ml d'eau de boisson.

Les coliformes totaux considérés comme des indicateurs de pollution varient de <1 à 1,37 Log₁₀ UFC/100 ml. Aucune différence significative (p > 0,05) n'est observée pour les coliformes totaux des eaux de boisson.

Les bactéries pathogènes comme les salmonelles n'ont été détectées.

Tableau 2. Caractéristiques microbiologiques des eaux de boissons conditionnées en sachet sous différentes marque

N° marque	Nombre d'échantillons analysés	FAMT à 37°C Log ₁₀ (UFC/ml)	Coliformes totaux à 37°C Log ₁₀ (UFC/100ml)	Salmonelles Log ₁₀ (UFC/250ml)
Marque 1.	4	2,96±1,23	1,37±0,36	Absence
Marque 2.	4	3,34±0,82	<1	Absence
Marque 3.	4	3,24±0,73	<1	Absence
Marque 4.	4	2,46±0,98	<1	Absence
Marque 5.	4	4,11±0,87	1,36±0,79	Absence
Marque 6.	4	3,77±0,85	<1	Absence
Marque 7.	4	4,11±0,81	<1	Absence
Marque 8.	4	2,09±1,39	1,30±0,74	Absence
Marque 9.	4	2,51±1,32	<1	Absence
Marque 10.	4	4,29±1,21	<1	Absence
Marque 11.	4	3,87±0,94	<1	Absence
Marque 12.	4	2,81±1,15	<1	Absence
Marque 13.	4	3,12±1,40	<1	Absence
Marque 14.	4	2,06±0,69	<1	Absence
Marque 15.	4	4,78±0,71	<1	Absence
Valeur Maximale admise (OMS)		≤1,30	<1	Absence

Discussion

L'eau est un élément indispensable pour la vie de l'homme et de celle des autres êtres vivants ; sa présence en quantité et qualité concourt au maintien de la santé (OMS, (2017). L'eau de boisson conditionnée dans des sachets constitue donc un aliment le plus consommé surtout dans les villes et les marchés subsahariens où elle est fréquemment utilisée pour la désaltération lors des périodes de grandes chaleurs.

L'étude des caractéristiques physicochimiques des eaux de boisson conditionnées en sachet suivant différentes marques vendues dans les marchés

de Dakar a montré que ces eaux ont une qualité physicochimique conforme aux recommandations de l'OMS pour l'eau de boisson.

Toutefois, sur le plan microbiologique ces eaux de boisson sont contaminées par la flore mésophile aérobie totale (FMAT) et les germes coliformes totaux.

En fait, le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale vise à estimer la densité de la population bactérienne générale présente dans l'eau de boisson, la plupart de ces germes constituant cette flore ne sont pas pathogènes. Cependant, certaines espèces peuvent être pathogènes opportunistes et causent des infections chez les personnes dont le système immunitaire est affaibli. La FAMT présente peu d'intérêt pour déceler la pollution d'origine fécale mais elle permet d'estimer l'état de salubrité de l'eau.

Le Tableau 3 montre que 83% des eaux de boisson conditionnées en sachet de différentes marques contiennent une flore mésophile aérobie totale supérieure à la norme. Ces échantillons contaminés sont non satisfaisants contre à peine 17 % qui sont satisfaisants. De ce fait, la forte concentration en germes totaux génère des problèmes d'ordre organoleptique de l'eau. Cette flore constitue donc un bon indicateur pour ce qui est de l'application des bonnes pratiques d'hygiène.

Rodier et al. (2013) ont évoqué que la qualité microbiologique des eaux de boisson est habituellement la principale responsable des cas de maladies infectieuses provoquées par les bactéries, virus, protozoaires et helminthes pathogènes. Ces microorganismes sont responsables des risques sanitaires associés aux eaux de boisson les plus répandues.

Dans ce cas, la consommation de ces eaux polluées n'est pas sans conséquence sur la santé de la population de Dakar qui consomme ces eaux. Notons que Kouadio et al. (1998) ont fait la même observation dans les communes d'Abidjan où les eaux en sachet vendues aux abords des écoles ont été révélées de mauvaise qualité microbiologique et chimique. Ils ont mentionné que les consommateurs s'exposent à des risques sanitaires.

Le Tableau 4 présente le taux de contamination des eaux de boissons par les coliformes totaux. En fait, 15% des échantillons sont contaminés par les coliformes totaux. Les coliformes totaux ne sont pas des indications de pollution fécale seulement, leur origine peut être aussi environnementale (sol, végétation, eau) (Rodier, 2009). Ces bactéries coliformes sont en majorité du genre *Escherichia*, *Citrobater*, *Klebsiella* et *Enterobacter*, etc... (Rodier, 2009).

Ces bactéries ne sont généralement pas dangereuses du point de vue sanitaire sauf en cas de prolifération abondante ou de sensibilité particulière du consommateur. Toutefois, Rodier et al. (2009) ont souligné que leur

présence en grand nombre signifie qu'ils peuvent véhiculer des microorganismes pathogènes.

La présence des coliformes totaux dans certains échantillons témoigne d'une hygiène défectueuse dans la transformation.

En ce qui concerne les Salmonelles l'analyse témoigne de leur absence dans tous les échantillons. De ce fait, ces eaux conditionnées en sachets ne transmettent pas la salmonellose qui augmente le risque d'une issue fatale surtout chez les personnes âgées (OMS, 2017).

Tableau 3. Niveau de contamination des eaux de boisson par la flore mésophile aérobie totale

	Nombre d'échantillons	Pourcentages
Contaminés	50	83%
Non contaminés	10	17%

Tableau 4. Niveau de contamination des eaux de boisson par les coliformes totaux

	Nombre d'échantillons	Pourcentages
Contaminés	9	15%
non contaminés	51	75%

Conclusion

Cette étude a montré que les eaux conditionnées en sachet sous différentes marques vendues dans les marchés de Dakar ont une qualité physicochimique conforme aux recommandations mais la qualité microbiologique est inadéquate avec une majorité (83%) des eaux de boisson contaminée par des germes bactériologiques. La présence de ces germes bactériologiques implique une vigilance accrue car ils indiquent un risque pour la santé de la population de Dakar qui consomme ces eaux. Il est donc nécessaire de prévenir les consommateurs du risque que représentent ces eaux pour la santé. De ce fait, les services d'hygiène sont appelés à une sensibilisation, et au contrôle de l'activité de la vente de l'eau de boisson conditionnée en sachet afin de prévenir la population des cas de maladies hydriques.

Remerciements

Ces travaux ont été effectués dans le cadre d'un projet de recherches et développement entre le Laboratoire d'analyses et Essais de l'Ecole Supérieure Polytechnique (ESP) de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar et le Laboratoire de Bactériologie et Pathologie Aviaire (LBPA) de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA). Les auteurs tiennent à remercier respectivement les Directeurs de l'ESP et l'ISRA.

References:

1. Benajiba M. H., Saoud Y., Lamribah A., Ahrikat M., Amajoud N. & Ouled-Zian O. (2013). Evaluation de la qualité microbienne des eaux de la nappe phréatique de Martil au Maroc. *Revue des Sciences de l'Eau* 26 (3): 223-233.
2. ANSD (Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie). Situation économique et sociale du Sénégal en 2012. 2015, 11 p.
3. Hounsinou P., Mama D., Dovonou F. & Alasane A. (2015). Seasonal evolution of the quality microbiological of the natural waters in the township of Abomey-Calavi (South Benin). *British Journal of Earth Sciences Research* 3(1): 30-41.
4. ISO 19458 (2006). Norme NF EN ISO 19458 (2006) Qualité de l'eau – Échantillonnage pour analyse microbiologique.
5. ISO 4833 -2003. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of microorganisms – Colony-count technique at 30°C (ISO 4833). In: ISO-Microbiology, editor. 3rd ed. p1-9.
6. ISO 5667-3. NF EN ISO 5667-3 (2004). Qualité de l'eau – Échantillonnage – Partie 3 : lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau (Indice de classement : T90-513).
7. ISO 7027. Norme NF EN ISO 7027 (2007). Qualité de l'eau – détermination de la turbidité (Indice de classement : T-90-033).
8. Kouadio L. P., Ekra NB, Atindehou E., Nanou C. & Monnet D. (1998). Etude de la potabilité des eaux de boisson en sachet vendues aux abords des écoles primaires publiques d'Abidjan. <https://pathexo.societe-mtsi.fr/documents/articles-bull/T91-2-1766.pdf>.
9. NF T90-003 (1984). Essais des eaux – Détermination de la concentration totale en calcium et magnésium – Méthode titrimétrique à l'EDTA.
10. OMS (2017). Organisation mondiale de la Santé, Directives de qualité pour l'eau de boisson : 4^e éd. intégrant le premier additif; 564 p.
11. Rodier J., Legube B. & Merlet N. (2009). *Analyse de l'eau*. 9^e Ed, Dunod, Paris 2009 ;1579 p.
12. Santsa Nguefack C. V., Ndjouenkeu R. & Ngassoum M. B. (2018). Pollution de l'eau de consommation humaine et risques sanitaires à court terme : Cas du bassin versant de la Menoua (Ouest-Cameroun). *European Scientific Journal* 14 (3) : 96-117.
13. Soncy K., Djeri B., Anani K., Eklou-Lawson M., Adjrah Y., Karou D.S., Ameyapoh Y. & De Souza C. (2015). Évaluation de la qualité

bactériologique des eaux de puits et de forage à Lomé, Togo. Journal of Applied Biosciences 91: 8464 – 8469.

14. Zerhouni J., Rhazi Filali F. & Aboukacem A. (2015). Qualité et facteurs de risque de pollution des eaux souterraines périurbaines de la ville de Sebaa Ayoun (Meknes, Maroc). Larhyss Journal 22 : 91-107.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Prevalence Des Infections Parasitaires Dues Aux Protozoaires Identifies Au Laboratoire National De Biologie Clinique Et De Sante Publique, Bangui Republique Centrafricaine

Ernest Lango-Yaya
Donatien Clotaire Rafai

Laboratoire National de Biologie Clinique et de Santé Publique, Ministère de la Santé Publique, et de la Population, Bangui, République Centrafricaine
Faculté des Sciences de la Santé, Université de Bangui, République Centrafricaine

Tatiana Ngalema
Freddy Marcelin Agboko
Romaric Lebon Bandom
Marcellin Namzeka

Laboratoire National de Biologie Clinique et de Santé Publique, Ministère de la Santé Publique, et de la Population, Bangui, République Centrafricaine

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p115](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p115)

Submitted: 02 January 2021

Accepted: 24 May 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Lango-Yaya E., Rafai D.C., Ngalema T., Agboko F.M., Bandom R.L. & Namzeka M. (2021). *Prevalence Des Infections Parasitaires Dues Aux Protozoaires Identifies Au Laboratoire National De Biologie Clinique Et De Sante Publique, Bangui Republique Centrafricaine*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 115.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p115>

Résumé

Les Protozoaires sont des parasites de petite taille, de forme diverses parmi lesquels on distingue les Protozoaires intestinaux (Amibes, Flagellés, Coccidies, Ciliés et Microsporidies) qui sont les plus répandus. Selon l'OMS, les parasitoses intestinales constituent un problème de santé publique dans le monde en général et en Afrique en particulier. Les formes graves sont généralement provoquées par certains protozoaires intestinaux à savoir *Entamoeba histolytica*, *Giardia intestinalis* et *Trichomonas intestinalis* qui jouent un rôle dans la survenue du syndrome dysentérique. C'est dans ce contexte que cette étude est menée dans l'objectif est d'évaluer la prévalence

des Protozoaires digestifs selon leur degré de pathogénicité chez les patients. La mise en évidence des parasites a été effectuée par la technique de Formol-ether et de l'examen à l'état frais. Cette étude a montré que sur 11500 patients, 3922 soit 34,1% étaient parasités. Parmi les patients parasités le sexe féminin était prédominant avec un pourcentage de 57,51%. La tranche d'âge la plus touchée est celle comprises entre 20 à 29 ans (39,4%), les enfants de moins de 1 an étaient moins touchés (1,2%). Le parasite le plus représentatif est le kyste d'Entamoeba histolytica 30,40% suivi de Trichomonas intestinalis 1,4%. L'amibiase, la giardiose et la trichomonose restent les protozooses les plus pathogènes associées à l'hygiène défectueuse et du péril fécal.

Mots clés: Prévalence, Protozoaires, Entamoeba, Giardia, Trichomonas

Prevalence Of Parasitic Infections Due To Protozoa Identified At The National Laboratory Of Clinical Biology And Public Health, Bangui Central African Republic

Ernest Lango-Yaya
Donatien Clotaire Rafai

Laboratoire National de Biologie Clinique et de Santé Publique, Ministère de la Santé Publique, et de la Population, Bangui, République Centrafricaine
Faculté des Sciences de la Santé, Université de Bangui, République Centrafricaine

Tatiana Ngalema
Freddy Marcelin Agboko
Romarc Lebon Bandom
Marcellin Namzeka

Laboratoire National de Biologie Clinique et de Santé Publique, Ministère de la Santé Publique, et de la Population, Bangui, République Centrafricaine

Abstract

Protozoa are parasites of small size, of various shapes, among which we distinguish the intestinal Protozoa (Amoeba, Flagellates, Coccidia, Ciliates and Microsporidia) which are the most widespread. According to WHO, intestinal parasitosis is a public health problem in the world in general and in Africa in particular. The severe forms are generally caused by certain intestinal protozoa namely Entamoeba histolytica, Giardia intestinalis and Trichomonas intestinalis which play a role in the occurrence of dysenteric syndrome. It is in this context that this study is being carried out with the objective of assessing the prevalence of digestive protozoa according to their degree of pathogenicity in patients. The detection of the parasites was carried out by the formalin-ether

technique and the examination in the fresh state. This study showed that out of 11,500 patients, 3,922 or 34.1% were parasitized. Among the parasitized patients the female sex was predominant with a percentage of 57.51%. The most affected age group is between 20 to 29 years old (39.4%), children under 1 year old were less affected (1.2%). The most representative parasite is the *Entamoeba histolytica* cyst 30.40% followed by *Trichomonas intestinalis* 1.4%. Amebiasis, giardiasis and trichomoniasis remain the most pathogenic protozoa associated with poor hygiene and faecal hazard.

Keywords: Prevalence, Protozoa, *Entamoeba*, *Giardia*, *Trichomonas*

Introduction

Les protozoaires sont des parasites de petite taille et de forme diverses parmi lesquels les Protozoaires intestinaux (Amibes, Flagellés, Coccidies, Ciliés et Microsporidies). Ces espèces peuvent provoquer des protozooses intestinales plus ou moins grave. Il s'agit particulièrement de l'amibiase, la giardiose et la cryptosporidiose (Coudert *et al.*, 2010). Très largement répandus à travers le monde, les parasitoses intestinales constituent un sérieux problème de santé publique. Il a été estimé que plus de 3 milliards de personnes sont infectées par les parasitoses intestinales dans le monde (Thellier *et al.*, 2007). Le tube digestif de l'être humain peut être colonisé par diverses espèces parasites. Qu'il s'agisse de Protozooses ou d'Helminthiases, ces parasitoses digestives siègent préférentiellement dans l'intestin. Cette situation stratégique au sein de l'hôte apporte au parasite un substrat nutritionnel régulier et assure la pérennité de son cycle de transmission. Majoritairement liées au péril fécal, seules certaines parasitoses intestinales peuvent être pathogènes pour l'organisme humain. Leur pathogénicité se traduit par l'agression de la paroi colique conduisant à colites asymptomatiques, voire des pseudotumeurs ; ce qui justifie leur prise en charge thérapeutique (Nicolas *et al.*, 2001), (Rey *et al.*, 2005). Après ingestion par l'homme, les oocystes perdent leur coque protectrice dans le tube digestif et libèrent des sporozoïtes, qui envahissent les cellules épithéliales de l'intestin grêle et causent de la diarrhée, des crampes abdominales ou des ballonnements et des nausées (Ortega *et al.*, 2010) En effet Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, plus de 2 millions de personnes, surtout des enfants de moins de cinq ans des pays en voie de développement meurent chaque année des maladies diarrhéiques du fait de l'insuffisance des mesures d'hygiènes et d'assainissement (OMS, 2014). Les parasitoses intestinales, bien qu'elles suscitent de nos jours peu d'intérêt à côté des maladies comme le SIDA, la tuberculose, le paludisme et l'onchocercose, elles constituent en milieu tropical un problème de santé publique, en raison essentielle des conditions climatiques favorables, de l'absence ou de l'insuffisance des mesures

d'hygiène, d'assainissement et de pauvreté. En Afrique les facteurs tels que la promiscuité, le manque d'eau potable, l'hygiène alimentaire et l'insuffisance d'installation sanitaire ont fait que la prévalence globale des parasitoses intestinales était de 63,3%, dont la majorité (53%) était transmise par l'eau sale (Ohouya, 2015). La croissance démographique, l'immigration, les conditions climatiques, le faible niveau socio-économique et l'hygiène précaire sont des facteurs favorables pour l'extension du parasitisme dans une population (Afriad, 2018). Ces parasitoses sont souvent sévères chez les enfants, avec comme conséquence la malnutrition, l'anémie, la faible résistance à l'infection et un fort taux de mortalité infantile (Bouree, 2000). En République Centrafricaine (RCA), les parasitoses intestinales posent un problème de santé publique au sein de la population en raison des multiples crises qu'a connues le pays. Celles-ci ont engendré des multiples déplacements avec un manque d'eau potable, manque d'hygiène alimentaire et l'insuffisance d'installation sanitaire. Cette étude a pour objectif de contribuer à une analyse épidémiologique des parasitoses au sein de la population selon leur degré de pathogénicité.

Méthodologie

Cadre d'étude

Cette étude a été réalisée au Laboratoire National de Biologie Clinique et de Santé Publique, Il s'agissait d'une étude rétrospective à viser descriptive enrôlant tous les échantillons des selles en provenance des 8 (huit) Arrondissements de la ville de Bangui, Bimbo et Begoua. Elle était basée sur l'analyse épidémiologique des parasitoses au sein de la population durant l'année 2017 à 2019 suite à une Infestation due aux protozoaires : à propos de 3922 soit 34,1% parasités. L'analyse bactériologique de l'eau à l'alentour de ces zones a été également mise aux points.

Analyse parasitologique des selles

-Prélèvement des selles

Une quantité suffisante des selles a été prélevée et déposée dans un pot stérile, sur lequel est collée une étiquette portant l'identité du patient. Les selles ne devraient pas être mélangées avec des urines, du papier hygiénique ou des fragments de coton. Les selles sont amenées au Laboratoire.

-Examen macroscopique

La couleur et la consistance des selles à analyser ont été notées, ainsi que la présence éventuelle du sang, de glaires, des mucosités et du pus.

-Examen direct

Une partie de selle (5 mg) a été prélevée et étalée dans une goutte de sérum physiologique sur une lame et recouverte d'une lamelle. La préparation

doit être mince et examinée au microscope à l'objectif x10. Une fois repérés, les parasites sont confirmés à l'objectif x40.

-Techniques d'enrichissement

Concentration parasitaire au Formol-ether

Un morceau de selles (2 g) a été écrasé et mélangé à 10 ml de soluté physiologique. La suspension a été filtrée à travers 2 couches de Gaze dans un tube à centrifuger portant des graduations de 10 ml et de 13 ml. Elle a été ensuite centrifugée pendant 1 minute à une vitesse moyenne. Le surnageant a été rejeté. Le culot a été lavé deux fois avec du soluté physiologique, ensuite 10 ml de formol à 10% ont été ajoutés. Puis, le culot a été bien délayé et laissé au repos pendant 5 minutes. 3 ml d'éther ont été ajoutés (jusqu'à la graduation 13 ml). Le tube a été fermé et centrifugé pendant 1 minute à une vitesse réduite. A la fin de la centrifugation le tube contenait 4 couches: la première couche était de l'éther; la deuxième couche était des débris; la troisième couche était le formol et la quatrième couche était le culot, qui pouvait contenir des œufs et des kystes de parasites.

La deuxième couche a été décollée à l'aide d'un applicateur en bois, en glissant celui-ci entre la couche et les parois du tube, et le surnageant rejeté. A l'aide d'un écouvillon-coton, tous les débris adhérant encore à l'intérieur du tube ont été raclés. Bien mélanger le culot restant en tapotant doucement le fond du tube puis déposer sur une lame 2 gouttes de culot, l'une à une extrémité de la lame et l'autre à l'autre extrémité de la lame. Une goutte de lugol a été ajoutée uniquement à la deuxième goutte de culot. Les deux préparations ont été recouvertes de lamelles. La première préparation (non colorée) a été observée aux objectifs x10 et x40 afin d'observer les œufs et les larves. La deuxième préparation colorée a été seulement observée l'objectif x40 pour observer les kystes

Analyses statistiques

Les données recueillies ont été analysées à l'aide de Logiciels EXCEL 2010 et Epi info. Des tests statistiques tels que les tests Chi 2 ont aussi été utilisés pour les comparaisons avec un ddl de 0,005.

Résultats

Tableau I. Caractéristiques sociodémographiques de la population d'études et Prévalence de contamination (%)

Variables	Effectifs	Pourcentage (%)	Prévalence de contamination (%)
Sexe			-
Masculin	4874	42,4	
Féminin	6626	57,6	-
Tranche d'âges (an)			

< 1	141	1,2	24,99%
1-9	1676	14,6	35,55%
10-19	1219	10,6	18,88%
20-29	4533	39,4	12,54
30-39	2009	17,5	10,5
40-49	780	6,8	5,64
≥ 50	1142	9,9	2

Le tableau 1 montre que le sexe féminin est plus représentatif que le sexe masculin avec un pourcentage respectivement 57,6 et 42,4%. La tranche d'âge de 20 à 29 ans a une prévalence de 39,4% et celle de 30 à 39 ans est de 17,5%. Les taux d'infestation en fonction des tranches d'âge sont élevés dans la tranche d'âge de 1 à 9 ans (35,55%), et la moins affectée de 10 à 19 ans (18,88%). La tranche d'âge inférieure à 1 an dispose d'un taux de prévalence de 24,99% relativement proche de ceux de 10 à 19 ans. En fait, la tranche d'âge de 1 à 9 ans exempte de toute activité, devrait courir le moins de risque de contamination. Malgré ces variations entre les tranches d'âge, les taux de prévalences diminuent considérablement chez les adultes.

Tableau I. Répartition selon les patients parasités

Patients	Effectifs	Pourcentage(%)
Parasités	3922	34.1
Non parasités	7578	65.9
Total	11500	100

Le Tableau II montre que sur un total de 11500 patients reçus pendant la période d'étude, 3922 étaient parasités soit un pourcentage de 34,1%. La contamination était due à la qualité de l'eau consommée. Presque tous les puits sont contaminés par les germes. L'homme se contamine en consommant de l'eau non traitée ou en ingérant des aliments contaminés.

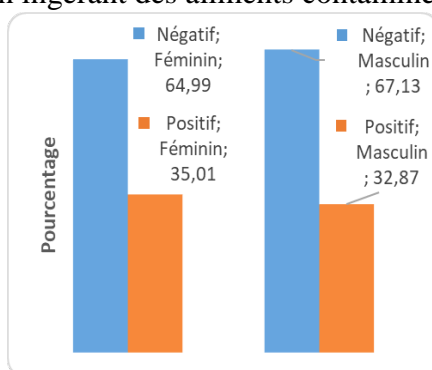


Figure I. Répartition des cas positif et négatif selon le sexe

Selon la figure 1, les femmes sont plus parasitées que les hommes. Le nombre de cas positif était de 2320 chez les patientes femmes et de 1602 chez les hommes. L'absence d'hygiène féco-orale, le manque des latrines

aménagées, les mauvaises méthodes de conservation des aliments favorisent la multiplication des parasites dans les familles et dans les collectivités. Toutefois, il faut également noter que la prévalence des protozoaires dépendrait plus de la période d'étude. La contamination serait plus élevée en saison pluvieuse qu'en saison sèche.

Tableau III. Distribution de données selon l'année par rapport aux types de parasites

Parasites	ANNEE			Total
	2017	2018	2019	
EHH	44	40	24	108
Col%	1.28%	0.97%	0.61%	0.94%
EHH + TRICHO	0	0	7	7
Col%	0.00%	0.00%	0.18%	0.06%
EHH	1096	1392	1004	3492
Col%	31.93%	33.90%	25.34%	30.37%
KEH + EHH	0	15	1	16
Col%	0.00%	0.37%	0.03%	0.14%
KEH + KGL	10	5	2	17
Col%	0.29%	0.12%	0.05%	0.15%
KGL	80	19	18	117
Col%	2.33%	0.46%	0.45%	1.02%
KEH	2115	2613	2850	7578
Col%	61.63%	63.64%	71.93%	65.90%
TRICHO	85	17	55	157
Col%	2.48%	0.41%	1.39%	1.37%
TOTAL	3432	4106	3962	11500
Col%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Chi ²	df	Probabilité
289.8944	18	0

EHH = Entamoebahistolytica ; KEH = kysted'Entamoebahistolytica ; KGL= Kyste de Giardia lamblia ; TRICHO = Trichomonasintestinalis

L'analyse des registres du laboratoire National a montré que les types de parasites retrouvés sur cette période de deux ans ont été : Entamoeba histolytica histolytica ; Kyste d'Entamoeba histolytica ; Kyste de Giardia lamblia et Trichomonas intestinalis. Les protozoaires les plus communément retrouvés étaient Entamoeba histolytica (30,37%), Thricomonas intestinalis (1,37 %) et Gardia intestinalis (1,02 %). La répartition des cas positif et négatif selon le sexe est représentée par la figure 1. La prévalence des parasites intestinaux en année d'étude, était de 35,55 % pour la tranche d'âge de 1 à 9 ans (tableau 1). Pour les tranches d'âge des adultes, on note une baisse significative de la prévalence, jusqu'à un minimum de 2 %. Le parasite le plus

représentatif est le kyste d'*Entamoeba histolytica* (KEH) avec 65,90% suivi de forme végétative d'*Entamoeba histolytica histolytica* avec 30,37%. Le parasite le moins représenté est le Kyste de *Giardia lamblia* (1,02%).

Discussion

Cette étude à viser descriptive transversale du type rétrospective, réalisée au Laboratoire National de Biologie Clinique et de Santé Publique de Bangui, montre que les parasitoses constituent un problème de santé publique à Bangui et ses environs. Durant la période de 2017 à 2019, sur les 11500 patients recensés, 3622 patients étaient parasités soit une prévalence de 34,1%. Ce résultat est sensiblement proche de celle de (Ntumba Kabongo, 2012) qui a obtenu une prévalence de 31,9% chez les enfants de 0 à 10 ans hospitalisés et examinés à l'hôpital de Kisanga en (RDC) et similaire au résultat de Diouf *et al* en 2020. La prévalence dans une étude réalisée par (Ndiaye, 2006) au Sénégal était de 54,4%, cette prévalence est supérieure à celle de cette étude, cela pourrait s'expliquer par les différents modes et facteurs de contamination qui dépendent d'un pays à un autre. Selon certaines études, ces parasitoses comptent parmi les dix infections les plus répandues au monde (Ndiaye, 2006). En effet, plusieurs études ont établi l'existence de corrélations entre l'augmentation des concentrations de microorganismes et une turbidité accrue (Snead *et al.*, 2011; Goshko *et al.*, 2011; Haas *et al.*, 2011). La qualité de l'eau et de la nourriture devrait donc être une priorité, le plus grand nombre des parasitoses fait suite à l'abondance des pluies (Mweze, 2003). Les eaux de puits ont contenu moins d'oocystes que les eaux de sources et de cours d'eau (Ngakomo-Ananga *et al.* 2020). La réduction de la turbidité permet l'inactivation des microorganismes surtout les oocystes de *Cryptosporidium*. Du point de vue sociodémographique, les femmes se sont présentées à la consultation plus que les hommes avec un pourcentage de 57,6 et 42,4% respectivement. Ces résultats sont en adéquation avec ceux obtenus par Ndiaye, un pourcentage de 60,4% pour les femmes et 54,4% pour les hommes au centre de santé de Guédiawaye (Sénégal) en 2006. Le nombre de cas positif est plus élevé chez les patients de sexe féminin que ceux du sexe masculin. La tranche d'âge la plus affectée est celle de 20 à 29 ans suivie de celle de 30 à 39 ans ainsi. Les enfants de moins de 1 an sont moins représentés. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par (Nimo Ngbabo, 2008) dans une étude réalisée sur la prévalence des parasitoses intestinales à Kisangani qui a montré que la fréquence d'infestation des adultes est plus élevée que celle des enfants, soit 63,0% contre 57,0% (Nimo Ngbabo, 2008). L'étude a montré que la prévalence de kyste d'*Entamoeba histolytica* était de 30,4%, suivi de *Trichomonas intestinalis* (1,4%). Dans plusieurs études menées, l'amibiase était toujours plus représentative que les autres protozoaires. Ndiaye en 2006 avait trouvé une prévalence de 23,8% pour *Entamoeba histolytica*, 20,8% pour

Giardia lamblia et 0,50% pour *Trichomonas intestinalis*. La forte prévalence de *Entamoeba histolytica* et de la *Giardia lamblia* serait liée à leur cycle de vie, ces parasites peuvent passer d'un état végétatif à un état kystique et vis versa. Il est à noter que les hommes sont plus parasités que les femmes que pour la co-infection *Entamoeba histolytica* plus *Trichomonas intestinalis*. Cependant en 2017 le nombre de cas positif était plus élevé (38,4%) qu'en 2018 (36,4%) et en 2019 (28,1%).

Conclusion

Cette étude menée au Laboratoire National de Biologie Clinique et de Santé Publique sur les parasitoses intestinales, s'était intéressée sur les protozoaires en particulier constitue un problème de Santé Publique. Vu la prévalence de l'infestation obtenue dans cette étude, les femmes sont plus infestées que les hommes et de même, les adultes sont plus infestés que les enfants. La prévalence des infestations due à l'*Entamoeba histolytica* était plus élevée que celle de *Giardia lamblia* et de *Trichomonas intestinalis*. Les taux d'infestations obtenus sont liés à des notions élémentaires d'hygiène, des fosses septiques, des latrines très mal entretenues et de l'insalubrité d'environnement favorisant beaucoup plus l'infestation parmi la population d'étude.

References:

1. Coudert. P, Dreyfuss, (2010). G. Biologie et cycles parasitaires. Actualités pharmaceutiques. 500:18-22.
2. Thellier. M, Faussart. A, Danis. M, (2007). Epidémiologie mondiale des maladies parasitaires. La revue du Praticien. 57 : 131-136.
3. Nicolas. X, Chevalier. B, Simon. F, Klotz. F, "Traitement des parasitoses intestinales (amibiase et mycose exclues)", Encycl. Méd. Chir. (Elsevier, Paris), 9-062-A-60, pp. 1-13, 2001 [2]
4. Rey. P, Andriamanantena. D, Bredin. C, Klotz. F, "Colites parasitaires", Encycl. Méd. Chir. (Elsevier, Paris), 9-062-A-45, pp. 1-9, 2005.
5. Ortega, YR., Sanchez, R. (2010). Update on Cyclospora cayetanensis, food-borne and waterborne parasite. Clin Microbiol Rev; 23(1):218-34.
6. (OMS, 2014). Eau, Hygiène, Assainissement et Santé dans les quartiers précaires à Nouakchot (Mauritanie): Contribution à l'approche écosanté à tysaken <https://doi.org/10.4000/vertigo.14999>.
7. Ohouya. D.G, (2015). Prévalence des parasitoses intestinales chez les enfants de 0 à 5 dans la communauté d'anonkoi 3. Thèse de Pharmacie, Université Felix Houphouët Boigny, Abidjian Côte-d'Ivoire. p 149.

8. Afriad. Y, (2018). Epidémiologie des parasitoses intestinales chez la population de la ville 'd'Agadir. Thèse de doctorat en Médecine. Université CADI AYYAD, Marrakech, Maroc.
9. Bouree. P, (2000). Parasitose intestinal infantiles. Encyclopédie Médico-chirurgicale (Ed. Scientifique et Médicale EL Service SAS Paris, tout droit réservé). Pédiatrie 4-015-F-10, Akos, Encyclopédie Pratique de Médecine. 8- 1075.
10. Ntumba Kabongo. E, (2012). Prévalence des Parasitoses Intestinales chez les enfants de 0 à 10 ans de HGR Kisanga. UNILU-Licence en Santé Publique. Mémoire-Online Biologie-Médecine.
11. Diouf. S, Diallo. A, Camara. B, Diagne. I, Singate, SY. H, (2000). Parasitoses intestinales de l'enfant en zone rurale sénégalaise (KHOMBOLE). Médecine d'Afrique Noire. 47.
12. Ndiaye. A, (2006). Contribution à l'étude des parasitoses intestinales à l'institut de pédiatrie sociale de PIKINE GUEDIAWAYE. Thèse pour obtenir le grade de Docteur en Pharmacie (diplôme d'Etat). 78pages.
13. Snead, M.C., Olivieri, V.P., Kruse, C.W. et Kawata K. (2011). Benefits of maintaining a chlorine residual in water supply systems. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. Juin (EPA600/2-80-010).
14. Goshko, M.S., Minnigh, H.A., Pipes, W.O. et Christian, R.R. (2011). Relationships between standard plate counts and other parameters in water distribution systems. J. Am. Water Works Assoc., 75(11): 568571
15. Haas, C.N., Meyer, M.A. et Paller, M.S. (2011). Microbial alterations in water distribution systems and their relationship to physicalchemical characteristics. J. Am. Water Works Assoc., 75: 475-481. Review.
16. Mweze. N, (2003). Nature et fréquence des parasitoses intestinales, Monographie inédite UNIKIS, Fac de Méd. RDC.
17. Ngakomo Ananga. R. P, Ajeagah. G. A, Elnaga. Z. A, Ngassam. P, (2020). Caractéristique Physico-Chimique Etdynamique des Formes Environnementales des Coccidies Entériques Dans Les Eaux De Sources, Puits et Cours D'eau dans La Commune d'Akono(Cameroun, Afrique Centrale). European Scientific Journal. 16(3) : 1857 – 7881.
18. Nimo Ngbabo. S, (2008). Prévalence des parasitoses intestinales au C.S. Boyoma/Kisangani UNIKIS – Graduat. RDC.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Etude De L'arrière Effet Des Légumineuses Alimentaires Sur La Productivité Des Légumes : Cas De La Tomate (*Solanum Lycopersicum*), Cultivée Dans La Localité De Bouaké Au Centre De La Côte d'Ivoire

Noupé Diakaria Coulibaly

Christian Landry Ossey

André Gabazé Gadji

Mako François De Paul N'Gbesso

Lassina Fondio

CNRA (Centre National de Recherche Agronomique), Programme Cultures Maraîchères et Protéagineuses, Côte d'Ivoire

Olivia Tiaplé Soro

INPRAT (Institut Privée d'Agriculture Tropicale), Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p125](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p125)

Submitted: 30 March 2021

Accepted: 08 June 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Coulibaly N.D., Ossey C.L., Gadji A.G., N'Gbesso M.F.D.P., Fondio L. & Soro O.T. (2021). *Etude De L'arrière Effet Des Légumineuses Alimentaires Sur La Productivité Des Légumes : Cas De La Tomate (*Solanum Lycopersicum*), Cultivée Dans La Localité De Bouaké Au Centre De La Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 125.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p125>

Résumé

Dans le but de proposer des méthodes agroécologiques pour améliorer la qualité et la quantité de production des légumes et aussi pour préserver l'environnement de l'utilisation abusive des intrants de synthèse, l'exploitation de l'arrière effet des légumineuses a été entreprise. Cette étude a donc pour objectif d'évaluer l'effet des légumineuses alimentaires sur la productivité de la tomate. Trois légumineuses alimentaires (arachide, niébé et soja) ont été mises en avant culture de la tomate à Bouaké localisée au centre de la Côte d'Ivoire. Après la récolte des légumineuses, un essai de fertilisation de la tomate a été mis en place selon un dispositif en blocs randomisés complets avec trois répétitions. Les antécédents culturaux des légumineuses ont été utilisés comme source de fertilisation de la tomate. Deux témoins dont un

sans aucune source de fertilisation et un autre témoin de référence qui est la pratique habituelle utilisant des engrais de fond (NPK) et de couverture (urée et sulfate de potasse). Les résultats obtenus ont montré que les paramètres de croissance, de développement végétatif et des stades phénologiques ont évolué indépendamment des sources de fertilisation. Par contre, la plupart des composantes du rendement ont été sources de variabilité entre les traitements. En effet, l'antécédent niébé a généré les rendements brut et net les plus élevés (7, 38 t/ha) par rapport autres traitements. Les traitements Témoin (T0), la référence (T1), les antécédentes culturales arachides et soja ont obtenu respectivement 2,85 ; 5,31 ; 4,80 et 2,35 t/ha. Le niébé pourrait être recommandé pour la culture de la tomate, vu la performance de son antécédent cultural.

Mots clés: Légumineuse, Tomate, Arrière Effet, Antécédent Cultural, Rendement, Côte d'Ivoire

Study Of The After-Effect Of Food Legumes On Vegetable Productivity: Case Of Tomato

Noupé Diakaria Coulibaly

Christian Landry Ossey

André Gabazé Gadji

Mako François De Paul N'Gbesso

Lassina Fondio

CNRA (Centre National de Recherche Agronomique), Programme Cultures
Maraîchères et Protéagineuses, Côte d'Ivoire

Olivia Tiaplé Soro

INPRAT (Institut Privée d'Agriculture Tropicale), Côte d'Ivoire

Abstract

In order to propose agroecological methods to improve the quality and quantity of vegetable production and also to preserve the environment from the abusive use of synthetic inputs, the exploitation of the after-effect of legumes was undertaken. The objective of this study is to evaluate the effect of food legumes on tomato productivity. Three food legumes (groundnut, cowpea and soybean) were put forward for tomato cultivation in Bouaké located in central Côte d'Ivoire. After harvesting the legumes, a tomato fertilization trial was set up in a complete randomized block design with three replications. The crop background of the legumes was used as a source of fertilizer for the tomato. Two controls, one without any source of fertilization and another reference control which is the usual practice using base (NPK)

and cover fertilizers (urea and sulphate of potash). The results obtained showed that the parameters of growth, vegetative development and phenological stages evolved independently of the sources of fertilization. However, most of the yield components showed variability between treatments. Indeed, the cowpea crop history generated the highest gross and net yields (7.38 t/ha) compared to other treatments. The control (T0), reference (T1), groundnut and soybean treatments obtained 2.85, 5.31, 4.80 and 2.35 t/ha respectively. Cowpea could be recommended for tomato cultivation, given the performance of its crop history.

Keywords: Legume, Tomato, Back Effect, Crop History, Yield, Côte d'Ivoire

Introduction

L'agriculture représente le secteur clé de l'économie ivoirienne, occupant plus de 60% de la population active et fournissant en moyenne 30 à 35% du produit intérieur brute, (MINAGRI, 2015). En Côte d'Ivoire, l'agriculture est constituée de grands composants dont l'agriculture d'exportation et vivrière. Bien que le succès de cette agriculture soit, principalement, basé sur les cultures de rente, le pays a de nos jours, opté pour une agriculture plus diversifiée. Cette diversification a eu pour conséquence le développement des cultures vivrières dont les cultures maraîchères (PNIA, 2017). Parmi ces cultures, la tomate a obtenu une place de choix auprès des producteurs et des consommateurs. Tant il est avéré qu'elle est riche en vitamines C, en provitamine A et, surtout, en lycopène qui est l'antioxydant le plus actif des caroténoïdes alimentaires qui donne sa couleur rouge à la tomate (Rao et Agarwal, 2000).

D'une production de 27 101 tonnes en 2006, la Côte d'Ivoire a réalisé une production de 34 734 tonnes de tomate en 2013 (FAO, 2019). La production de tomate a, donc, considérablement augmenté. Pour maintenir cette production ou encore l'augmenté, les producteurs sont amenés à faire un maraîchage intensif sur des surfaces limitées. Dans la pratique actuelle, ils utilisent une importante quantité d'intrants agricoles, notamment, les insecticides, les fongicides et les engrais. Ces produits peuvent augmenter considérablement la production des cultures maraîchères. Ces intrants agricoles contiennent d'importantes quantités de substances chimiques, et ces substances ont trop souvent des effets néfastes sur la santé humaine et sur l'environnement. Ces substances peuvent s'accumuler dans les fruits sous forme de résidus. Et la consommation de tels fruits ou légumes peut être dangereuse pour la santé de l'homme. On pourrait, cependant, assister à une perturbation de l'équilibre des écosystèmes, à l'apparition des phénomènes de résistances des ravageurs aux pesticides utilisés et à la contamination des eaux et du sol. Face à ces menaces, il apparaît plus que nécessaire de trouver des

solutions. Lesquels doivent viser à la préservation de la santé humaine et de l'environnement. Il faut, donc, mettre en place des techniques culturales qui réduiraient l'utilisation des produits chimiques.

C'est dans cette optique que la mise au point de méthodes agroécologiques pour la production de légumes a été envisagée. Il s'agit donc de méthodes qui tiennent compte de la qualité de production et de la préservation de l'environnement.

La présente étude a pour objectif d'étudier l'arrière effet des légumineuses alimentaires sur la productivité de la tomate.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

L'étude a été réalisée à Bouaké, au centre de la Côte d'Ivoire, avec pour coordonnées géographiques, 7°46' de latitude Nord, 5°06' de longitude Ouest et 375 m d'altitude. La ville de Bouaké est située dans la zone de transition entre le climat forestier du Sud et le climat de la savane du Nord. Le climat est de type tropical humide, avec quatre saisons dont une grande saison sèche (novembre à février), une grande saison de pluies (mars à juin), une petite saison sèche (juillet à août) et une petite saison de pluies (septembre à octobre).

Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette expérimentation, provient de la collection du Programme Cultures Maraîchères et Protéagineuses du Centre National de Recherche Agronomique de Côte d'Ivoire. Trois (3) légumineuses alimentaires, notamment, l'arachide (*Arachis hypogaea*), le niébé (*Vigna unguiculata*) et le soja (*Glycine max*) ont été retenues. Pour l'arachide, la variété 3-5A avec un cycle de 90 jours et un rendement potentiel de 1,5 t/ha a été préférée. Concernant le niébé, la variété KN1 dont le cycle de culture est de 90 jours et un rendement potentiel de 1,5 t/ha a été choisie. Quant au soja, la variété Canarana présentant un cycle de 90 jours et un rendement potentiel de 1,5 t/ha a, également, été choisi.

Le légume, étudié, a été la variété de tomate TM 44/14EW. Le cycle cultural de cette variété est de quatre-vingt-dix (90) jours avec un rendement potentiel de 30 t/ha.

Méthodes

Pratiques culturales

Avant la mise en place de la tomate, une parcelle a été labourée et préparée pour recevoir les légumineuses (arachide, niébé et soja). En effet, l'essai a été conduit en deux (2) cycles de culture. Le premier cycle de culture a porté sur les légumineuses alimentaires. En fin de cycle, elles ont été

récoltées. Après la récolte, les parcelles qui ont abrité les légumineuses ont été aménagées pour recevoir la culture de tomate.

Par ailleurs, une planche de 5 m² a été confectionnée pour la mise en place de la pépinière. Après la confection de la planche, les semences de tomate ont été semées à raison de 10 cm entre les lignes et 5 cm entre les poquets. Cette pépinière a été ensuite recouverte par des feuilles de palmier à huile fraîches déposées à même le sol, et cela pendant les quatre (4) premiers jours. Après quatre (4) jours, une ombrière montée à une hauteur de 80 cm a été mise en place pour protéger les plants du soleil et des intempéries.

Vingt-un (21) jours après le semi en pépinière, les plants issus de la pépinière ont été repiqués sur des planches de 20 m².

Dispositif expérimental

Sur le terrain, le dispositif expérimental utilisé pour la mise en place de l'essai a été des blocs randomisés complets. Les parcelles élémentaires ont été composées de quatre (4) billons de 5 m de longueur. Les billons étaient distants de 1 m. La distance entre les plants sur le billon a été de 0,5 m. Les parcelles élémentaires ont été séparés de 1,5 m. La superficie de chaque parcelle élémentaire était de 20 m² (4 m x 5m).

Dans cette expérimentation, cinq (5) traitements ont été observés. Le témoin sans traitement (T0), la fertilisation de référence (FR), les arrières effets des légumineuses alimentaires ; en l'occurrence l'arrière effet arachide (AA), l'arrière effet niébé (AN) et l'arrière effet soja (AS). Chacun de ces traitements a été répété trois (3) fois. Chaque traitement est constitué d'une parcelle élémentaire de 4 billons. Cette expérimentation comprend au total 15 parcelles élémentaire (5 traitements × 3 répétitions).

Pour la fertilisation de référence (FR), 300 kg/ha de NPK 10 22 22 ont été apportés comme engrais de fond aux parcelles avant le repiquage. Ensuite, à la deuxième et à la cinquième semaine après le repiquage, un mélange de 100 kg/ha d'urée et 200kg/ha de sulfate de potasse a été appliqué sur les mêmes parcelles. Les apports d'engrais de fond et de couverture ont été faits en les répandant sur les billons.

Les arrières effets des légumineuses alimentaires ont été utilisés comme fertilisants. Pour le niébé (AN) et le soja (AS), les tiges ont seulement été fauchées en laissant les racines dans le sol. En ce qui concerne l'arachide (AN), les racines ont été enfouies dans le sol après la récolte.

Pour toutes les légumineuses alimentaires, l'azote résiduel après culture issu de l'action symbiotique entre la légumineuse et les bactéries rhizobium sera exploité comme source d'apport d'éléments minéraux à la tomate.

L'échantillonnage a porté sur les plants utiles des deux billons centraux ; les deux autres billons aux extrémités comportaient les plants de bordure.

Observations et mesures

Les observations et mesures ont porté sur différents paramètres de croissance et de rendement.

- Le développement végétatif et l'état sanitaire de 5 plants choisis au hasard à 30 et 60 jours après repiquage en attribuant des notes allant de 1 à 5. (1 = développement végétatif /état sanitaire très mauvais ; 2 = développement végétatif /état sanitaire mauvais ; 3 = développement végétatif /état sanitaire moyennement bon ; 4 = développement végétatif /état sanitaire bon ; 5 = développement végétatif /état sanitaire très bon).

- Les stades phénologiques : le délai de floraison a été défini lorsque 50 % des plants de la parcelle élémentaire ont fleuri. Le délai de première récolte représente le nombre de jours qui s'écoule entre le semis et le jour où la première récolte des fruits matures a été faite. Cette variable a permis de déterminer la précocité suivant les traitements. Le nombre de jours qui s'écoule entre la date de la première récolte et celle de la dernière récolte, a donné la durée de production en nombre de jours pour chaque traitement.

- les paramètres végétatifs prenant en compte la hauteur des plants, la canopée, le diamètre au collet, la longueur et la largeur de la feuille à la floraison sont mesurés sur cinq (5) plants échantillonnés par parcelle élémentaire. Pour la hauteur, les mesures ont été faites à l'aide d'un mètre ruban, en allant du collet au sommet du plant. Le mètre ruban a également servi à mesurer la canopée en déterminant la distance entre les deux extrémités du houppier. La longueur et la largeur de la feuille ont été mesurées en utilisant une règle graduée de 30 cm. Un pied à coulisse a permis de déterminer le diamètre au collet du plant.

- La notation de la fermeté des fruits sains à la première récolte. Cette observation a été faite en choisissant au hasard 10 fruits sains par traitement dans chaque répétition. La notation de la fermeté des fruits s'est faite sur une échelle de 1 à 5 (1 = fruits complètement mous ; 2 = fruits mous ; 3 = fruits moyennement fermes ; 4 = fruits fermes ; 5 = fruits très fermes).

- Les composantes du rendement ont porté sur le nombre total de fruits, le nombre de fruits sains et le nombre de fruits avariés. A chaque récolte et pour chaque traitement, tous les fruits ont été comptés manuellement et pesés. Ensuite, les fruits sains et les fruits avariés (fruits perforés, éclatés, pourris, etc.) ont également été dénombrés et pesés. En fin de production, la somme des différents nombres et les poids totaux de fruits de chaque récolte ont été déterminés. Les poids totaux de fruits obtenus ont permis par extrapolation à l'hectare d'obtenir les rendements nets et potentiels en (t/ha).

Les rendements potentiels et nets ont été calculés selon la formule suivante :

$$\text{Rendement potentiel} \left(\frac{\text{t}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{Poids total des fruits (kg)}}{\text{Surface parcelle (m}^2\text{)}} \times 10000 \frac{\text{[(m)}^2\text{]}}{1000}$$

Le rendement net est obtenu en remplaçant le poids total des fruits par le poids total des fruits sains.

Analyse statistique des données

Les données collectées ont été analysées avec le logiciel Statistica version 7.1 où une analyse de variance (ANOVA) à un facteur a été réalisée pour l'étude de l'arrière effet des légumineuses alimentaires sur le rendement de la tomate (variété TM44). En cas de différence significative entre les moyennes, le test de Fisher au seuil de 5 % ($\alpha = 0,05$) a été effectué pour classer les moyennes en groupes homogènes.

Résultats

Développement végétatif et état sanitaire des plants de tomate de la variété TM44

Le tableau 1 présente le taux de reprise ; c'est-à-dire les plants ayant survécu 15 jours après repiquage (15 JAR), le développement végétatif (au 30^{ème} et 60^{ème} JAR) puis l'état sanitaire à 30 et 60 JAR de la tomate de la variété TM44.

L'analyse de variance (ANOVA) appliquée au taux de reprise, aux paramètres du développement végétatif et à l'état sanitaire des plants a montré qu'il n'existe aucune différence ($P > 0,05$) entre les moyennes des traitements appliqués sur la variété de tomate TM44. Cependant, les valeurs numériques obtenues ont varié selon les traitements. En effet, le taux de reprise a été de 97,50 %, chez le traitement de référence. La valeur du taux de reprise la plus petite (89,15 %) a été observée chez l'arrière effet arachide. Pour les développements végétatifs à 30 et 60 JAR, les valeurs les plus élevées ont été enregistrées respectivement chez l'arrière effet niébé (4) et tous les arrières effets des légumineuses (4 à 4,33). En ce qui concerne l'état sanitaire, l'arrière effet niébé a donné les valeurs les plus importantes (5) à 30 JAR. A 60 JAR, les valeurs les plus élevées (4) ont été notées chez les arrières effets arachide et soja.

Tableau 1. Taux de reprise, paramètres de développement végétatif puis état sanitaire de la tomate TM44 en fonction des traitements

Arrière effet	TR 15JAR (%)	DV 30JAR	DV 60JR	ES 30JAR	ES 60JAR
T0	92,50±21,00 ^a	3,00±1,00 ^a	3,66±0,57 ^a	4,00±1,00 ^a	3,33±0,57 ^a
T1	97,50±10,00 ^a	3,66±1,15 ^a	4,00±1,00 ^a	4,00±1,00 ^a	3,33±1,15 ^a
Arachide	89,15±15,20 ^a	3,00±0,00 ^a	4,00±0,00 ^a	4,00±0,00 ^a	4,00±0,00 ^a
Niébé	96,65±11,52 ^a	4,00±0,00 ^a	4,33±0,50 ^a	5,00±0,00 ^a	3,00±0,00 ^a
Soja	95,82±17,57 ^a	3,00±1,00 ^a	3,33±0,57 ^a	3,33±0,57 ^a	4,00±1,00 ^a
Moyenne	94,32 ±15,06	3,33±0,81	3,86±0,63	4,06±0,79	3,53±0,74
Probabilité	0,06	0,45	0,41	0,13	0,39
CV (%)	4,50	24,32	17,21	19,45	20,96

*Les chiffres dans la même colonne, affectés de la même lettre, ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (Test de Fisher)

TR 15JAR : Taux de reprise des plants 15 jours après repiquage ; **DV** : développement végétatif ; **ES** : état sanitaire

Le tableau 2 présente la hauteur des plants, la canopée, la surface foliaire et le diamètre au collet des plants de tomate de la variété TM44. L'analyse de ce tableau a indiqué que les valeurs des paramètres de croissance produites ont été statistiquement identiques au niveau de tous les traitements ($P > 0,05$). Pour les descripteurs agromorphologiques tels que le diamètre au collet, l'indice de la vigueur végétative, la surface foliaire et la canopée, les valeurs les plus élevées (respectivement 0,80 cm ; 1,47 ; 40,44 cm² ; 66,33 cm) ont été observées chez l'arrière effet niébé. La fertilisation de référence (T1) en a généré les plus faibles valeurs (respectivement 0,64 cm; 1,25 ; 27,60 cm² ; 53,33 cm).

Tableau 2. Les valeurs de la hauteur des plants, canopée, surface foliaire et diamètre au collet de la tomate de la variété TM44

Traitements	HP (cm)	DC (cm)	IVV	SF (cm ²)	Canopée (cm)
T0	59,33±8,57 ^a	0,78±0,09 ^a	1,45±0,03 ^a	27,87±5,88 ^a	56,06±17,60 ^a
T1	54,73±5,46 ^a	0,64±0,02 ^a	1,25±0,09 ^a	27,60±10,44 ^a	53,33±12,39 ^a
Arachide	52,66±1,90 ^a	0,72±0,19 ^a	1,33±0,01 ^a	35,68±7,74 ^a	59,46±9,41 ^a
Niébé	59,20±4,35 ^a	0,80±0,04 ^a	1,47±0,05 ^a	40,44±7,92 ^a	66,33±5,03 ^a
Soja	57,60±5,04 ^a	0,72±0,10 ^a	1,37±0,07 ^a	30,44±7,12 ^a	59,13±6,70 ^a
Moyenne	56,70±5,37	0,73±0,10	1,37±0,05	32,40±8,46	58,86±10,44
Probabilité	0,52	0,47	0,39	0,28	0,69
CV (%)	9,47	13,69	10,75	26,11	17,73

*Les chiffres dans la même colonne, affectés de la même lettre, ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (Test de Fisher)

HP : hauteur des plants ; **SF** : surface foliaire ; **DC** : diamètre au collet

Stades phénologiques des plants de tomate de la variété TM44

Dans le tableau 3, sont indiquées les valeurs des stades phénologiques de la tomate TM44, à savoir, les dates de floraison, de la première récolte et

de la dernière récolte. Les résultats obtenus ont montré que les valeurs des stades phénologiques, étudiés, ont été statistiquement identiques quel que soit la source de fertilisation. Mais numériquement, la fertilisation de référence a donné des valeurs précoces (42,33 JAR) du délai de floraison. Les valeurs tardives (48,33 JAR) du délai de floraison ont été obtenues par l'arrière effet soja. Concernant les délais de première et dernière récolte, la fertilisation de référence (T1) et l'arrière effet arachide ont occasionné les valeurs précoces (respectivement 63,00 JAR; 89,00 JAR). Les valeurs tardives (respectivement 67,67 JAR ; 93,67 JAR) ont été observées chez le témoin (T0).

Tableau 3. Date de floraison, date de 1^{ère} récolte et date de dernière récolte de la tomate de la variété TM44

Traitements	DF (JAR)	D1ere R (JAR)	D D rec (JAR)
T0	47,00±4,36 ^a	67,67±6,87 ^a	93,67±4,04 ^a
T1	42,33±6,43 ^a	63,00±6,40 ^a	89,00±0,00 ^a
Arachide	45,00±2,65 ^a	63,00±6,40 ^a	89,00±0,00 ^a
Niébé	43,00±2,65 ^a	65,33±6,63 ^a	91,33±4,04 ^a
Soja	48,33±2,52 ^a	65,33±6,63 ^a	91,33±4,04 ^a
Moyenne	45,13±4,14	64,87±6,58	90,87±3,20
Probabilité			
	0,36	0,38	0,38
CV (%)	9,17	10,15	3,52

*Les chiffres dans la même colonne, affectés de la même lettre, ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (Test de Fisher)

DF : date de floraison en jours après repiquage (JAR) ; **D1ereR** : date de première récolte en JAR ; **DDrec** : date de dernière récolte en JAR

Rendements et ses composantes des plants de tomate de la variété TM44

Le tableau 4 montre le rendement et ses composantes de la tomate TM44, notamment, les poids totaux des fruits, des fruits avariés, des fruits par plant et le poids moyen des fruits. L'analyse de ce tableau a indiqué que deux (2) paramètres étudiés, à savoir, les poids des fruits avariés et le poids moyen des fruits ont de façon statistique, tous généré les mêmes valeurs quel que soit le traitement appliqué ; avec cependant, un poids de fruits avariés de plus de 3,97 kg, chez la fertilisation de référence (T1) par rapport à l'arrière effet soja qui en a produit le plus faible (1,10 kg). Pour le poids moyen du fruit, les plus grandes (22,62 g) et plus petites (16,64 g) valeurs ont été observées respectivement chez l'arrière effet niébé et la fertilisation de référence (T1). Quant aux poids totaux des fruits, le poids de fruits sains et celui des fruits par plant, une différence (P=0,04 et P=0,01) a été observée entre les moyennes obtenues avec les arrières effets des légumineuses. L'antécédent niébé a obtenu les plus grandes valeurs (respectivement 21,30 kg ; 17,79 kg ; 552,46 g) de ces deux paramètres agromorphologiques. Les plus petits poids (respectivement 6,03 kg ; 4,93 kg ; 157,34 g) ont été générés par l'arrière effet soja.

Tableau 4. Poids total des fruits, des fruits avariés, des fruits sains, des fruits par plant, et poids moyens du fruit de la tomate de la variété TM44.

Traitements	P T Ft (kg)	P Fav (kg)	P Fts (kg)	P Ft/plt (g)	P moy Ft (g)
T0	9,27 ± 5,98 ^{bc}	3,29 ± 2,56 ^a	5,98 ± 2,70 ^{bc}	246,05 ± 155,01 ^c	17,06 ± 6,67 ^a
T1	14,62 ± 12,21 ^{ab}	3,97 ± 4,38 ^a	10,65 ± 3,26 ^{ab}	374,83 ± 313,19 ^b	16,64 ± 3,56 ^a
Arachide	12,75 ± 1,62 ^b	2,84 ± 0,84 ^a	9,91 ± 2,84 ^b	359,28 ± 61,69 ^b	19,54 ± 1,99 ^a
Niébé	21,30 ± 6,10 ^a	3,24 ± 0,70 ^a	17,79 ± 4,63 ^a	552,46 ± 165,23 ^a	22,62 ± 4,24 ^a
Soja	6,03 ± 1,62 ^c	1,10 ± 0,63 ^a	4,93 ± 1,46 ^c	157,34 ± 43,12 ^d	16,97 ± 3,89 ^a
Moyenne	12,79 ± 7,82	2,89 ± 2,21	9,9 ± 7,26	337,99 ± 202,99	18,57 ± 4,36
Probabilité	0,04	0,64	0,04	0,01	0,43
CV (%)	61,14	76,47	54,83	60,05	23,47

*Les chiffres dans la même colonne, affectés de la même lettre, ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (Test de Fisher)

PTFt : poids total des fruits ; **PFav** : poids des fruits avariés ; **PFTs** : poids des fruits sains ; **PFT/plt** : poids des fruits par plant ; **Pmoy Ft** : poids moyen du fruit.

Le tableau 5 regroupe la fermeté des fruits, le nombre de récoltes, les nombres totaux de fruits et de fruits sains de la variété de tomate TM44. L'analyse du tableau a indiqué que la fermeté des fruits et le nombre de récoltes n'ont pas varié selon les traitements appliqués sur cette variété. Au plan numérique, les valeurs ont été plus importantes (4,07) chez le témoin et l'arrière effet niébé en ce qui concerne la fermeté du fruit. Parmi les traitements utilisés, celui du soja a eu les plus faibles valeurs (3,90). Pour le nombre de récoltes, les valeurs ont été importantes (6,00) chez la fertilisation de référence et l'arrière effet arachide que celui du témoin qui en a donné les plus faibles (5,33).

L'ANOVA des paramètres tels que les nombres totaux de fruits et de fruits sains a indiqué qu'il existe une différence significative entre les traitements. L'arrière effet niébé a donné les plus importantes valeurs (respectivement 928,33 ; 716,67) et celui du soja en a eu les plus petites (respectivement 381,67 ; 268,33).

Tableau 5. Fermeté des fruits, nombre de récoltes, nombre total de fruits, nombre de fruits sains de la tomate de la variété TM44.

Traitements	Ferm ft	Nb rec	Nb Tft	Nb ft s
T0	4,07 ± 0,51 ^a	5,33 ± 0,58 ^a	491,67 ± 213,56 ^d	283,33 ± 107,51 ^c
T1	3,93 ± 0,35 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	836,67 ± 628,83 ^b	536,67 ± 355,61 ^b
Arachide	3,97 ± 0,15 ^a	6,00 ± 0,00 ^a	656,67 ± 102,63 ^c	465,00 ± 74,67 ^b
Niébé	4,07 ± 0,26 ^a	5,67 ± 0,58 ^a	928,33 ± 108,67 ^a	716,67 ± 101,16 ^a
Soja	3,90 ± 0,26 ^a	5,67 ± 0,58 ^a	381,67 ± 181,48 ^c	268,33 ± 85,20 ^c
Moyenne	3,99 ± 0,31	5,73 ± 0,46	659,00 ± 340,14	454,00 ± 230,03

Probabilité	0,96	0,38	0,01	0,04
CV (%)	7,76	8,02	51,61	50,66

*Les chiffres dans la même colonne, affectés de la même lettre, ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (Test de Fisher)

Ferm ft : fermeté des fruits ; **Nb rec** : nombre de récolte ; **Nb T ft** : nombre total de fruits ;
Nb ft s : nombre de fruits sains

Dans le tableau 6, sont consignés le nombre de fruits avariés, le nombre de fruits par plant, le rendement net et le rendement potentiel de la variété de tomate TM44. Les résultats obtenus ont montré qu'il existe une différence significative entre les moyennes des traitements appliqués en ce qui concerne tous ces descripteurs étudiés. Concernant le nombre de fruits par plant, les rendements potentiel et net, les valeurs les plus élevées (respectivement 24,06 ; 10,64 t/ha ; 7,38 t/ha) ont été enregistrées chez l'antécédent niébé ; alors que les plus faibles valeurs ont été produites par l'arrière effet soja (respectivement 9,96 ; 3,01 t/ha ; 2,35 t/ha). Par rapport au nombre de fruits avariés, l'arrière effet soja a donné le plus petit nombre de fruits (105,00). Par contre, le plus grand nombre de fruits avariés (300,00) a observé chez le traitement de référence T1.

Tableau 6. Nombre de fruits avariés, nombre de fruits par plant, rendements net et potentiel chez la variété de tomate TM44.

Traitements	N Ft av	Nft /plt	Rdt pot (t/ha)	Rdt net (t/ha)
T0	208,33±107,28 ^{ab}	13,15±5,43 ^b	4,6±2,99 ^d	2,85 ±1,66 ^c
T1	300,00±273,36 ^a	21,45±16,12 ^a	7,31±6,11 ^b	5,31 ±4,18 ^b
Arachide	175,00 ±42,72 ^{ab}	18,50 ±3,64 ^{ab}	6,3 ±8,11 ^c	4,80 ±1,24 ^b
Niébé	211,67 ±16,07 ^{ab}	24,06±3,33 ^a	10,65±3,05 ^a	7,38±2,69 ^a
Soja	105,00 ±85,29 ^c	9,96±4,80 ^{bc}	3,01±8,12 ^e	2,35 ±6,38 ^c
Moyenne	200,00±133,83	17,43±8,78	6,40 ±3,91	4,54± 2,78
Probabilité	0,02	0,02	0,01	0,03
CV (%)	66,91	50,37	61,12	61,16

*Les chiffres dans la même colonne, affectés de la même lettre, ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (test de Fisher).

N Fr av : nombre de fruits avariés ; **N fr/plt** : nombre de fruits par plant ; **Rdt pot** : rendement potentiel ; **Rdt net** : rendement net.

Etude des corrélations entre les paramètres agromorphologiques

Pour étudier les relations entre les paramètres agromorphologiques prises deux à deux, une matrice de corrélation dite matrice de Pearson a été générée. Seules les corrélations en gras ont été celles qui sont significatives au seuil de 5 %.

Les résultats consignés dans le tableau 7 ont montré que le développement végétatif à 30 jours après repiquage (JAR) est corrélé positivement avec le développement végétatif à 60 JAR, l'état sanitaire à 30 JAR, la hauteur des plants, la canopée, le nombre total de fruits, le nombre de

fruit sains, le nombre de fruits avariés, le poids total de fruits, le poids de fruits avariés, le nombre de fruits par plant, le poids de fruits par plant, les rendements potentiel et net. Dans l'ensemble, les corrélations ont été fortes et positives ; sauf le délai de floraison qui a été négativement corrélé avec l'état végétatif à 30 JAR. En plus des paramètres tels que la surface foliaire et le poids moyen d'un fruit, ceux qui ont été corrélés à l'état végétatif 30 JAR, ont également été corrélés à l'état végétatif à 60 JAR. L'état sanitaire à 30 JAR a été lié positivement à la hauteur des plants, la canopée, la surface foliaire, le nombre total de fruits, de fruits sains, le nombre de fruits avariés, le poids total de fruits, le poids de fruits avariés, le nombre, le poids de fruits par plant, le poids moyen de fruits puis les rendements potentiel et net. La date de floraison quant à elle évolue négativement par rapport à l'état sanitaire 30 JAR. La canopée est positivement liée à la hauteur des plants et à la surface foliaire. La surface foliaire a donné une corrélation positive avec le nombre total de fruits, de fruits sains, le poids total de fruits, le nombre et poids de fruits par plant, le poids moyen de fruits et le rendement potentiel. Cependant, la corrélation a été négative avec le délai de floraison. Le délai de floraison a produit des corrélations négatives avec le rendement et ses composantes. Le nombre total de fruits a montré une forte liaison positive avec les nombres de fruits sains (0,96) et avariés (0,88), les poids totaux de fruits (0,94), de fruits avariés (0,81), de fruits par plant (0,94), puis les rendements potentiel (0,94) et net (0,92). Le nombre de fruits sains a donné une forte corrélation positive avec le poids total de fruits (0,97), le nombre de fruits par plant (0,96), le poids de fruits par plant (0,96), puis les rendements potentiel (0,97) et net (0,95). Cependant, la corrélation avec le nombre de fruits avariés et le poids de fruits avariés a été faible. Les paramètres qui ont évolué dans le même sens que le nombre de fruits avariés sont le poids total de fruits, le poids de fruits avariés, le nombre et le poids de fruits par plant puis les rendements potentiel et net. Par ailleurs, il a été observé que les paramètres tels que le poids de fruits avariés, le nombre de fruits par plant et les rendements potentiel et net ont été liés positivement au poids total de fruits. Le poids de fruits avariés a évolué positivement avec le nombre et le poids de fruits par plant et les rendements potentiel et net. Les paramètres tels que le poids de fruits par plant, les rendements potentiel et net ont fortement évolué et positivement avec le nombre de fruits par plant. Quant au poids de fruits par plant, il a été lié positivement au poids moyen de fruits puis aux rendements potentiel et net. Les rendements potentiel et net ont été liés positivement au poids moyen de fruit. Le rendement potentiel a augmenté positivement (0,96) avec le rendement net.

Tableau 7. Matrice de Pearson montrant les corrélations entre les paramètres agromorphologiques de la tomate TM44

	NbP 15 JAR	Dev Veg 30	Dev Veg 60	ES 30	ES 60	HP (cm)	Can (cm)	SF (cm ²)	DC (cm)	DF (j)	D Iere Rec. (j)	D Drec. (j)	Ferm ft	Nb rec.	NbTft	NbE s	NbE av	PTEt (kg)	Pft av (kg)	Nb Et/pl	Pft/pl (g)	P moy. ft (g)	Rdt net (kg/ha)	PFA	
NbP 15 JAR	1,00																								
Dev Veg 30	0,38	1,00																							
Dev Veg 60	0,23	0,77	1,00																						
ES 30	0,17	0,84	0,86	1,00																					
ES 60	- 0,16	0,04	0,31	0,06	1,00																				
HP (cm)	0,16	0,62	0,34	0,64	0,16	1,00																			
Canopée (cm)	0,19	0,59	0,59	0,71	0,18	0,68	1,00																		
SF (cm ²)	0,13	0,51	0,73	0,69	0,29	0,38	0,85	1,00																	
DC (cm)	0,08	0,21	0,16	0,32	-0,11	0,41	0,50	0,51	1,00																
DF (j)	0,32	-0,84	-0,75	-	0,07	-	-	-0,56	-	1,00															
D Iere Rec. (j)	0,19	-0,25	-0,11	-	-0,24	-	-	-0,16	0,14	0,28	1,0														
D Drec. (j)	0,19	-0,25	-0,11	-	-0,24	-	-	-0,16	0,14	0,28	1,0	1,0													
Ferm ft	- 0,37	0,08	0,03	0,18	-0,03	0,19	0,07	0,13	0,47	0,02	0,0	0,0	1,00												
Nb rec.	- 0,19	0,25	0,11	0,25	0,24	0,30	0,31	0,16	-	-	-1,0	-1,0	0,02	1,0											
NbTft	0,19	0,87	0,86	0,82	0,09	0,36	0,47	0,53	0,04	0,83	-	-0,2	-0,2	0,04	0,2	1,00									
NbE s	0,19	0,82	0,83	0,82	-0,01	0,27	0,47	0,59	0,01	0,77	-	-0,2	-0,2	0,08	0,2	0,96	1,00								
NbE av	0,22	0,80	0,74	0,67	0,19	0,45	0,41	0,34	0,05	0,82	-	-0,2	-0,2	-0,03	0,2	0,88	0,72	1,00							
PTEt (kg)	0,20	0,79	0,86	0,85	0,02	0,33	0,51	0,61	0,05	-	-0,1	-0,1	0,08	0,1	0,94	0,97	0,74	1,00							
Pft av (kg)	0,24	0,70	0,69	0,67	0,14	0,42	0,41	0,32	-0,03	0,74	-	-0,1	-0,1	-0,13	0,1	0,81	0,67	0,93	0,73	1,00				Active Go to S	
Nb Et/pl	0,10	0,85	0,84	0,81	0,10	0,35	0,46	0,52	0,06	0,81	-	-0,3	-0,3	0,07	0,3	1,00	0,96	0,87	0,94	0,80	1,00				
Pft/pl (g)	0,12	0,77	0,85	0,85	0,04	0,32	0,49	0,60	0,03	-	-0,2	-0,2	0,10	0,2	0,94	0,96	0,73	1,00	0,71	0,94	1,00				
P moy. ft (g)	0,20	0,28	0,54	0,57	0,11	0,22	0,48	0,55	0,10	-	0,0	0,0	-0,11	0,0	0,40	0,50	0,18	0,64	0,33	0,40	0,65	1,00			
Rdt pot (/ha)	0,20	0,79	0,86	0,85	0,02	0,33	0,51	0,61	0,05	-	-0,1	-0,1	0,08	0,1	0,94	0,97	0,74	1,00	0,73	0,94	1,00	0,64			
Rdt net (kg/ha)	0,05	0,75	0,75	0,80	0,06	0,34	0,41	0,50	-	0,61	-	-0,3	-0,3	0,18	0,3	0,92	0,95	0,70	0,96	0,67	0,93	0,97	0,59	1,00	
PFA	0,01	0,17	-0,19	-	-0,17	-	-	-0,30	0,05	-	-0,09	-0,1	-0,1	0,05	0,1	0,07	0,14	-	0,08	-	0,09	0,11	0,03	0,22	1,00

Discussion

L'analyse des résultats obtenus à partir des différents paramètres de croissance et de développement végétatif, des stades phénologiques et des paramètres du rendement ont permis d'évaluer l'arrière effet de trois légumineuses alimentaire sur le comportement de la tomate (TM44).

En effet, l'analyse de variance en ce qui concerne les paramètres de croissance, de développement végétatif, l'état sanitaire, les stades phénologiques des plants n'a montré aucune variabilité entre les traitements. Les valeurs obtenues en étudiant les paramètres mentionnés ont évolué indépendamment des différentes sources de fertilisation utilisées. Il semble que ces traitements ont peu influencé les paramètres de croissance, de développement, l'état sanitaire et les stades phénologiques qui ont été mesurés. De ce point de vue, il est donc probable que les nutriments présents dans le sol avant la mise en place des légumineuses aient été en quantité suffisante pour la croissance et le développement des plants. Cela est d'autant vraisemblable si l'on se réfère au témoin sans traitement qui a eu la même

performance que la fertilisation de référence et les arrière effets des légumineuses. Les résultats de cette étude ont confirmé ceux de Fondio *et al.* (2015). Selon eux, chez certaines variétés de tomate, les délais des stades phénologiques sont peu influencés par certains traitements tels que les apports d'engrais.

Les résultats obtenus en étudiant les paramètres du rendement ont indiqué que les descripteurs agromorphologiques tels que le nombre de récolte, la fermeté du fruit, le poids moyen du fruit et le poids des fruits avariés ont produit des valeurs statistiquement identiques quel que soit le traitement appliqué. Cependant, en prenant en compte les valeurs numériques, l'on note des poids moyen du fruit plus élevés chez l'arrière effet niébé suivi de celui de l'arachide. Les autres traitements (le témoin, la référence et l'arrière effet soja) en ont donné des valeurs inférieures. En se basant sur les performances du témoin sans traitement, il se pourrait que les éléments minéraux présents dans le sol avant l'application des traitements aient été en quantité suffisante. Avec une légère contribution des arrière effets niébé et arachide qui ont dû fournir une quantité supplémentaire de minéraux.

Par ailleurs, Benjamin (2019) en étudiant l'effet de trois types de composts et fertilisants chimiques sur la croissance et le rendement de la courgette a également noté qu'il n'y avait pas de différence significative entre les traitements pour le nombre de feuilles par plant. Par contre, une différence significative entre les traitements a été observée pour le poids moyen du fruit.

Parmi les paramètres du rendement et ses composantes qui ont été source de variabilité entre les traitements, l'on a noté : le nombre total de fruits, les nombres de fruits sains, de fruits avariés, de fruits par plant, les poids de fruits sains, et de fruits par plant puis les rendements potentiel et net. Ces descripteurs agromorphologiques ont donné les meilleures valeurs avec l'antécédent niébé. Les plus faibles valeurs ont été produites par l'arrière effet soja. Les rendements ont donc été plus élevés chez le traitement arrière effet niébé par rapport aux autres traitements. Ces résultats laissent à penser que le moment de la fructification a coïncidé avec la libération totale de l'azote contenu dans les nodules résiduels après la culture des légumineuses. Cela signifierait que la mise à disposition des éléments minéraux a été optimale après transformation de l'azote organique résiduel laissé par la légumineuse en fin de cycle de culture. Cela a permis aux plants du légume d'exprimer leur potentiel pour obtenir un rendement plus élevé. De ce point de vue, il semble que les éléments minéraux fournis par l'arrière effet du niébé ont été plus disponibles et ont également été en quantité plus élevée pour les plants de tomate en comparaison avec les autres traitements. En effet, le niébé, le soja et l'arachide sont des légumineuses qui abritent des bactéries rhizobium qui leur fournissent l'azote minéral à partir de l'azote atmosphérique. Cette symbiose est source de nutrition azotée pour les légumineuses, mais aussi

permet d'enrichir la rhizosphère en azote. C'est donc dire qu'après la récolte, il subsiste une quantité résiduelle d'azote dans le sol. Et c'est cette quantité d'azote qui est utilisable par les cultures qui suivent celle des légumineuses. De ce point de vue, il est probable que la quantité d'azote laissée dans le sol par le niébé pour la tomate soit plus importante que les autres traitements. Les résultats de cette étude ont confirmé ceux de Konaté *et al.* (2012) qui ont noté que le niébé peut produire des nodules fixateurs plus importants soit 262 nodules.m⁻² que chez le soja qui est de 199 nodules.m⁻².

Selon Boubié (2002), les rhizobiums du niébé peuvent fixer jusqu'à 56 kg d'azote /ha. Or le traitement T1 a fourni 300 kg de NPK (10 22 22), soit 10 kg×6 d'azote/ha + (100 kg d'urée/ha) ×2 = 46 kg d'azote×2 = 92 kg d'azote/ha ; soit au total 102 kg d'azote/ha. L'on observe d'après ce qui précède, que T1 a finalement donné 102 kg d'azote/ha. T1 a donc apporté plus d'azote que le niébé ; et pourtant, les rendements ont été plus importants avec l'arrière effet niébé que T1. Cela pourrait s'expliquer par le fait que soit les pertes en azote dans le sol ont été élevées chez T1 soit que cette quantité d'azote ait été perçue comme un excès chez les plants de tomate ; ce qui a généré des rendements inférieurs à ceux du niébé.

Les résultats de cette étude ont également montré que les valeurs du rendement et ses composantes obtenues avec le témoin (parcelle sans traitement) ont été supérieures à ceux du soja. Cela signifierait que la quantité d'azote produite par la jachère a été importante que celle produite par l'arrière effet soja. Il est donc probable que les bactéries des rhizobiums du soja n'aient pas été efficaces au point de libérer assez d'azote dans la rhizosphère.

Mpika *et al.* (2015) puis Iqbal *et al.* (2015) ont, dans un autre contexte, montré que l'azote est essentiel au métabolisme de la plante. Son absorption suivie par son utilisation, conduit à la formation de protéines considérées comme les constituants essentiels de la formation de la matière vivante des plantes.

Conclusion et perspectives

L'étude de l'arrière effet des légumineuses alimentaires, sur la culture de tomate (TM44/EW), a montré que les traitements qui ont été appliqués sur les plants n'ont pas influencé les paramètres végétatifs et les stades phénologiques. En ce qui concerne le rendement et ses composantes, les poids de fruits avariés, le poids moyen de fruits, la fermeté des fruits et le nombre de récolte n'ont donné aucune différence significative entre les traitements. Par contre, les autres descripteurs tels que le nombre total de fruits, les nombres de fruits sains, de fruits avariés, de fruits par plant, les poids de fruits sains, avariés et de fruits par plant, les rendements potentiel et net ont été source de variabilité entre les traitements. Parmi les antécédents culturaux étudiés, c'est celui du niébé qui a généré les meilleurs résultats en termes de rendement. Les plus faibles résultats ont été enregistrés chez l'arrière effet

soja. L'étude de l'arrière effet des légumineuses alimentaires en comparaison de la fertilisation minérale a permis d'observer que l'antécédent culturel du niébé pourrait être exploité pour la culture de tomate. Ce résultat pourrait donc être considéré comme un acquis majeur dans la recherche agronomique qu'il faut confirmer.

References:

1. Benjamin J. : Effet de trois types de composts et fertilisants chimiques sur la croissance et le rendement de la courgette (*Cucurbita Pepo L.*) dans des sols basaltiques et calcaires à la commune de Kenscoff, Haïti. Master de spécialisation en production intégrée et préservation des ressources naturelles en milieu urbain et péri-urbain. Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT), Liège Université, 63 pages, 2019.
2. Boubié V.B. : Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Département des sols et de génie agroalimentaire, Faculté des Sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval Québec, 197 pages, 2002.
3. FAO : La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2019. Aller plus loin dans la réduction des pertes et gaspillages de denrées alimentaires. Rome. 203 pages, 2019.
4. Fondio L., N'zi J.C et Kobenan K. : Comportement agronomique et sanitaire de nouvelles lignées de piment dans le Sud de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 92: 8594-8609. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v92i1.4>, 2015.
5. Iqbal J., Mitchell D.C., Barker D.W., Miguez F., Sawyer J.E., Pantoja J. et Castellano
6. M. J.: Does Nitrogen Fertilizer Application Rate to Corn Affect Nitrous Oxide? (3)44: 771-779, 2015.
7. PNIA (Programme National D'investissement Agricole De Deuxième Génération 2017–2025): Ministère de l'agriculture et du développement rural de Côte d'Ivoire (MINADER). Abidjan, Rapport final Novembre 2017. 156 pages, 2017.
8. Rao A.V. et Agarwal S. Role of antioxidant lycopene in cancer and heart disease. *The Journal of the American College of Nutrition*, 19: 563-569, 2000.
9. Konaté Z., Gala B.T.J., Messoum F.G., Sekou A., Yao-Kouame A., Camara M. et Keli
10. Z.J. : Alternatives à la fertilisation minérale des sols en riziculture pluviale de plateau

11. : apports des cultures du soja et du niébé dans la fertilité d'un ferralsol hyperdystrique au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 54 : 3859 – 3869, 2012.
12. MINAGRI : Politique d'orientation agricole en Côte d'Ivoire. Loi n° 2015-537 du 20 juillet 2015 d'orientation agricole. *Journal Officiel de la République de Côte D'Ivoire*. 12 pages, 2015.
13. Mpika J., Attibayeba, Makoundou A. et Minani D. : Influence d'un apport fractionné en potassium et en azote sur la croissance et le rendement de trois variétés de tomate de la zone périurbaine de Brazzaville en République du Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 94 :8789 – 8800, 2015.

Epidémiologie De La Mortalité En Réanimation Polyvalente De l'Hôpital National De Zinder Au Niger

Magagi Amadou

Service d'anesthésie réanimation de l'hôpital national de Zinder, Niger

Egbohoulou Pilaimwé

Service d'anesthésie réanimation du CHU Sylvanus Olympio de Lomé, Togo

Maikassoua Mamane

Boukari Mahamane Bawa

Service d'anesthésie réanimation de l'hôpital de référence de Maradi, Niger

Service d'anesthésie réanimation hôpital national de Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p142](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p142)

Submitted: 08 January 2021

Accepted: 27 May 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Magagi A., Egbohoulou P., Maikassoua M. & Boukari M.B. (2021). *Epidémiologie De La Mortalité En Réanimation Polyvalente De l'Hôpital National De Zinder Au Niger*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 142.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p142>

Résumé

Objectif : décrire les aspects épidémiologiques des patients décédés Réanimation Polyvalente (RP) de l'hôpital Nationale de Zinder (HNZ) au Niger.

Patients et méthodes: Il s'agissait d'une étude descriptive, transversale à collecte rétrospective des données sur une période de 12 mois allant du 1er janvier au 31 décembre 2019. L'étude s'est déroulée dans le service de réanimation polyvalente de l'hôpital national de Zinder au Niger. Etaient inclus dans cette étude tous les patients admis durant la période d'étude dans ce service en accord avec leurs familles et celui du comité éthique.

Résultats : Durant la période d'étude 1000 patients ont été enregistrés dont 148 décès soit un taux de mortalité de 14,8 %. L'âge moyen était de 36,45 ans avec une prédominance de sexe masculin dans 56,1% (83 hommes). Les taux de décès étaient plus élevés durant les mois de mars, juin et août avec respectivement 19,8 % 17% et 22,2%. Les étiologies des décès étaient médicales dans 54% des cas dont l'AVC (18,91 %) et le diabète (13,51 %).

Les causes chirurgicales étaient responsables de 46% des décès, dont 23% par péritonite aiguë généralisée. Près de la moitié des décès (49,2%) survenaient dans les 24 premières heures.

Conclusion : le taux de mortalité en RP de HNZ était élevé. Les pathologies médicales étaient responsables de plus de décès que celles chirurgicales. Des efforts d'amélioration du plateau technique de la RP, des services d'aide au diagnostic et à la prise en charge de l'hôpital national de Zinder, et une sensibilisation à une consultation précoce réduiraient certainement ce taux.

Mots clés: Épidémiologie, Mortalité, Réanimation, Niger

Epidemiology Of Mortality In Multipurpose Intensive Care Unit At The Zinder National Hospital In Niger

Magagi Amadou

Service d'anesthésie réanimation de l'hôpital national de Zinder, Niger

Egbohoun Pilaimwé

Service d'anesthésie réanimation du CHU Sylvanus Olympio de Lomé, Togo

Maikassoua Mamane

Boukari Mahamane Bawa

Service d'anesthésie réanimation de l'hôpital de référence de Maradi, Niger

Service d'anesthésie réanimation hôpital national de Niamey, Niger

Abstract

Objective: to describe the epidemiological characteristics of patients dying in the multipurpose intensive care unit (M ICU) at Zinder National Hospital (ZNH) in Niger.

Patients and method: it was a cross-sectional descriptive study over 12-months, from January 1 to December 31, 2019. The study was conducted in the MICU at the ZNH. All patients admitted to this MICU during the study period were included. Deaths were recorded and analyzed.

Results: A total of 148 deaths out of 1000 admissions was recorded, mortality rate: 14.8%. The average age was 36.45 years old. The male predominated: 83 (56.1%) deaths. Death rates were higher during the months of August (22.2%), March (19.8%), June (17.4%) and September (17%). Medical causes of deaths accounted for 54%, with stroke (18.91%), followed by diabetes metabolic complications (13.51%). Surgical causes accounted for 46% of deaths, with 23% of acute generalized peritonitis. Nearly half of the deaths (49.2%) occurred within the first 24 hours.

Conclusion: The mortality rate in MICU at ZNH was high. Medical conditions were responsible for more deaths than surgical ones. Efforts to improve the MICU facilities, diagnostic and support services at ZNH, and early consultation awareness would surely reduce this rate.

Keywords: Epidemiology, Mortality, Resuscitation, Niger

Introduction

La réanimation est une discipline médicale ayant pour mission de prendre en charge des patients présentant ou susceptibles de présenter des défaillances viscérales aiguës dont le pronostic à court terme est mis en jeu. Les taux de décès malgré des moyens thérapeutiques lourds mis en jeu pour suppléer ces fonctions défaillantes sont souvent élevés. Des études dans des pays africains rapportent des taux de mortalité élevés variant de 7,8 % au Cameroun à 51,6 % au Burkina Faso, avec des étiologies aussi bien médicales que chirurgicales [1-5]. Notre étude avait pour objectif de décrire les aspects épidémiologiques des patients décédant en Réanimation Polyvalente (RP) de l'hôpital Nationale de Zinder (HNZ) au Niger.

Patients et méthodes

Il s'agissait d'une étude descriptive à collecte rétrospective des données sur une période de 12 mois allant du 1^{er} janvier au 31 décembre 2019. L'étude s'était déroulée dans le service de réanimation polyvalente (RP) de l'hôpital national de Zinder (HNZ) au Niger. C'est une réanimation polyvalente mixte médicale et chirurgicale de 15 lits. Elle reçoit les patients de tout sexe et tout âge. Ce service est le principal centre de référence en matière de réanimation pour les régions de Zinder, Maradi, Diffa, Agadez et d'une partie du Nord du Nigeria. Les soins y sont assurés par un médecin anesthésiste réanimateur et 14 infirmiers diplômés d'Etat. Comme équipement le service disposait de deux (2) respirateurs et un moniteur de surveillance pour chaque lit. Les bilans biologiques de routine (détermination de groupe sanguin ABO/Rh, numération sanguine, créatinémie, glycémie, ionogramme sanguin) étaient disponibles, de même que des radiographies standards et un scanner. Il n'existait pas à Zinder un service de prise en charge pré hospitalier des traumatisés. Etaient inclus dans cette étude les patients admis directement au service de réanimation, ceux provenant d'autres services de l'HNZ et les référés des structures sanitaires des régions suscitées tous décédés au service de réanimation. Une fiche a été utilisée pour le recueil des données auprès des patients conscients et des accompagnants lorsque les patients étaient inconscients. Les variables étudiées étaient démographiques (l'âge, le sexe, le motif d'admission, la provenance), l'état clinique à l'admission, la durée d'hospitalisation, les causes du décès. Les données ont

été analysées avec le logiciel Statistical Package for Social Science (SPSS) version 21. Les variables qualitatives ont été exprimées sous forme de fréquences et pourcentages et celles quantitatives sous forme de moyennes.

Résultats

Les patients admis en réanimation étaient souvent dans des états cliniques très préoccupant dont parfois le pronostic était réservé. Cet état clinique fragile à l'admission était souvent source de décès. Durant cette étude mille (1000) patients ont été enregistrés et 148 d'entre eux n'ont pas survécu soit un taux de mortalité de 14,8 %. L'âge moyen des patients décédés était de 36,45 ans avec des extrêmes de 02 jours à 85 ans. Le sexe masculin prédominait avec 83(56,1 %), le sexe ratio était de 1,27. Les mois de septembre, octobre et novembre ont enregistré plus d'admission avec respectivement 100, 107 et 98 patients. Les taux de décès étaient plus observés durant les mois de mars, juin, aout et septembre avec respectivement 19,8% 17,4% 22,2% et 17% des cas. Les étiologies des décès étaient médicales (AVC, diabète) dans 54% soit 80 patients et chirurgicales (péritonite, traumatisme) dans 46% soit 68 admis.

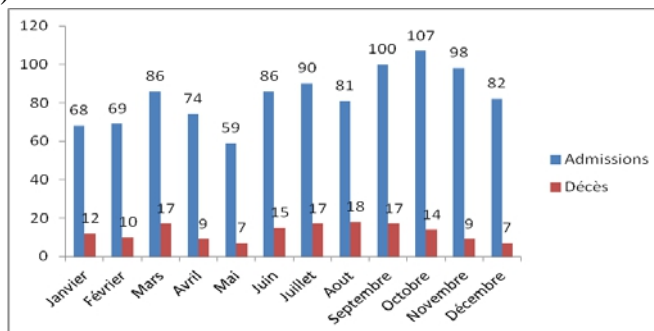


Figure 1. Répartition mensuelle des admissions et des décès

La figure n°1 illustre les admissions et les décès au cours des différents mois de l'année d'étude. Aux mois de mars, juin, juillet, août et septembre nous avons observés plus de décès avec respectivement 17, 15, 17, 18 et 18 cas de décès.

Tableau 1. Causes médicales des décès

Pathologies	Nombre de cas de décès	Pourcentage
AVC ¹	28	18,91 %
Diabète	20	13,51 %
Insuffisance rénale	06	04,05 %
Anémie sévère	03	02,02 %
Paludisme grave	05	03,37 %
Etat de mal convulsif	03	02,02 %
Coma	10	06,75 %
Détresse respiratoire	05	03,37 %

1: AVC = accident vasculaire cerebral

La répartition des patients selon les causes médicales du décès ressortait que l'accident vasculaire cérébral ou AVC occupait la première place avec 28 décès soit 18,91 %, suivi des complications du diabète avec 20 décès soit 13,51 %.

Tableau 2. Causes chirurgicales des décès

Pathologie	Nombre de cas	Pourcentage
Péritonite aiguë généralisée	35	23,64 %
Occlusion intestinale	02	01,35 %
Malformation ano -rectale	04	02,70 %
Hernie ombilicale et inguinale	03	02,02 %
Invagination intestinale	03	02,02 %
Appendicite aiguë	01	00,67 %
Tumeur abdominale	03	02,02 %
Traumatisme grave	12	08,10 %
Brulure sévère	04	02,70 %
Hypertrophie bénigne de la prostate	01	00,67 %

Le tableau n°2 présentait le détail des étiologies chirurgicales enregistrées comme cause des décès. La péritonite aiguë généralisée était la pathologie chirurgicale venant en tête des décès avec 34 (23,6%) décès. Elle était suivie des traumatismes graves avec 12 décès (08,10%). Le tableau 2 détaille les étiologies chirurgicales des décès survenus en RP. Près de la moitié des décès (49,2%) survenaient dans les 24 premières heures.

Discussion

Au cours de la période d'étude 1000 patients ont été admis en RP parmi lesquels 148 étaient décédés soit un taux de 14,8 %. Ce taux de décès était plus élevé que celui de Metogo Mbengono et al au Cameroun de 7,8 % ou de Coulibaly et al à Bamako au Mali avec 5,2 % [4, 6]. Il est par contre plus bas que ceux trouvés ailleurs au Togo, au Mali, au Maroc, ou au Burkina Faso avec des taux de mortalité en réanimation respectifs de 32,4%, 41,46 %, 25,8 %, 51,6 % [1-3, 5]. Le taux élevé de décès dans cette étude trouvait son explication dans la sévérité des pathologies impliquées, l'insuffisance de moyen et surtout le retard à la consultation des patients. Le sexe masculin était prédominant avec 56,08 %. Ce même constat a été fait dans les études sus-citées de Bonkoungou et al au Burkina, Egbohou et al au Togo avec respectivement 56,7 % et 68,8 % [1, 5]. Par contre Metogo Mbengono et al au Cameroun et Sougane et al au Mali avaient enregistré plus des femmes avec respectivement 52,1 % et 52,3 % [3, 4]. Cette prédominance féminine de certaines séries s'expliquerait par le fait que les femmes seraient majoritaires dans la population générale des pays d'étude. Quant à la prédominance masculine, elle trouverait son explication à la plus grande exposition des hommes surtout aux traumatismes, les femmes étant confinées au domicile et

donc moins exposées. Dans notre série l'âge moyen des patients décédant était de 36,45 ans avec des extrêmes de 02 jours à 85 ans. Cet âge jeune a été retrouvé dans d'autres études africaines ; Egbohoun et al à Lomé au Togo trouvaient une moyenne de 41,7ans et une prédominance de la tranche d'âge de 31 – 40 ans qui représentait 19,8 %. Bonkougou et al au Burkina, Metogo et al au Cameroun et Sougane et al au Mali retrouvaient des moyennes respectives de 42,9 ans, 42 ans et 45,9 ans [2, 5, 8, 13]. Les décès étaient plus en rapport avec des pathologies médicales que chirurgicales avec dans cette série 54,1% de décès de causes médicales. De nombreuses études ont retrouvées la même prédominance léthale des pathologies médicales [3-5]. Si dans cette série l'accident vasculaire cérébral (AVC) suivi des complications métaboliques du diabète venaient en tête des pathologies médicales, les insuffisances respiratoires, les AVC, et les sepsis venaient en tête des pathologies médicales dans la série de Egbohoun et al à Lomé [5]. Au sein des pathologies chirurgicales, les péritonites (23,4%) suivies des traumatismes (8,1%) constituaient les premières causes de décès dans cette étude. Ailleurs c'étaient des pathologies traumatiques qui occupaient le devant de la scène. A Lomé Egbohoun et al avait enregistré 45,15 % cas de traumatismes dont 34,18 % de traumatismes crâniens graves [5]. Des études en Afrique au Sud du Sahara ont rapporté, une mortalité périopératoire par des urgences abdominales élevée et identifiaient comme raisons : le retard à la consultation, la prise en charge en phase de sepsis sévère, ou de choc septique, avec installations des défaillances multi viscérales et prise en charge inadéquate [7-10]. Les traumatismes comme rapporté ailleurs, souffrent de l'absence d'une prise en charge pré hospitalière et d'une organisation inefficace des services d'urgences à Zinder, les blessés étant transporté dans des conditions non sécuritaire par la population et sans aucune prise en charge précoce des détresses vitales, conduisant à l'aggravation de lésions traumatiques, et à l'installation d'agressions secondaires délétères notamment l'hypotension et l'hypoxie grevant le pronostic des traumatisés crâniens [5, 11]. Nous avons enregistré plus de décès entre le premier et le troisième jour d'hospitalisation avec près de la moitié des décès (49,3 %) dans les premières 24 heures. Des décès en phase précoce ont été également enregistrés au Togo, 55,7 % de décès survenant dans les 3 premiers jours, au Burkina Faso, 61 % de décès dans les 72 heures, et au Mali, 73 % de décès dans les 5 premiers jours [1,3, 5]. La sévérité des défaillances, le retard à l'admission et l'insuffisance du plateau technique (matériel, personnel qualifié) sont des raisons pouvant expliquer ces décès précoces.

Conclusion

De cette étude, il ressortait que les pathologies médicales étaient les plus létales avec l'AVC et les complications du diabète en tête. Les

pathologies chirurgicales étaient essentiellement représentées par les péritonites et les traumatismes graves. Le taux élevé de décès en rapport certainement avec un plateau technique insuffisant, un retard à la consultation suggère des efforts d'équipement de la RP mais aussi de services de support connexes tels les laboratoires, l'imagerie médicale indispensable à la prise en charge, pour espérer une réduction des taux de mortalité.

References:

1. Bonkougou P, Traore´ I, Bako YP, Sanou J, Oue´draogo N. La mortalité en réanimation polyvalente du centre hospitalier universitaire Yalgado Ouédraogo de Ouagadougou au Burkina-Faso (Résumé). Ann Fr d'Anest Réanim 2014 ; 33 : A310.
2. Afra K. Facteurs de mortalité en réanimation. [Thèse en médecine, Marrakech (Maroc)], 2010. p. 23.
3. Sougane M. Mortalité et morbidité au service de réanimation du CHU de l'Hôpital Gabriel Toure de Bamako. [Thèse en médecine, Bamako (Mali)], 2006. p. 39.
4. Metogo Mbengono JA, Bengono R, Mendimi Nkodo J, et al. Étiologies des décès dans les services d'urgences et de réanimation dans deux hôpitaux de la ville de Yaoundé. Health Sci Dis 2015 ; 16 : 1-4.
5. Egbohoun P, Sama HD, Mouzou T, Assenouwe S, Akala-Yoba G, Tchetiké F, Tomta K. Etiologies des décès dans le service de réanimation polyvalente du CHU Sylvanus Olympio de Lomé, Togo. Med Sante Trop 2018 ; 28 : 281-284. doi : 10.1684/mst.2018.0823.
6. Coulibaly. Y, Goita .D, Dicko .H, Diallo.D, Keita, Dombia.D Diallo.Morbidity et mortalité maternelle en réanimation en milieu tropical. Rev Afr Anesth Reanim et Med Urgence, 2011. Tome 16.
7. Assouto P, Tchaou B, Kangni N, et al. Evolution postopératoire précoce en chirurgie digestive en milieu tropicale. Med Trop 2009; 69 : 477-9.
7. Ayite A, Dosseh DE, Katakoua G, Tekou HA, James K. Traitement chirurgical des perforations non traumatiques uniques de l'intestin grêle : excision-suture ou résection-anastomose. Ann chir 2006 ; 131 : 91-5.
8. Kassegne I, Dosseh DE, Sewa EV, et al. Évolution postopératoire des laparotomies dans le service de chirurgie générale du centre hospitalier préfectoral D'Aného (Togo). J Afr Chir Digest 2012 ; 12 : 1313-8.
9. Harouna Y, Ali L, Seibou A, et al. Deux ans de chirurgie digestive d'urgence à l'hôpital national de Niamey (Niger) : étude analytique et pronostique. Med Afr Noire 2001 ; 48 : 49-54.

10. McHugh GS, Engel DC, Butcher I, et al. Prognostic value of secondary insults in traumatic brain injury: results from the IMPACT study. *J Neurotrauma* 2007 ; 24 : 287-93.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Typologie De La Pêche Et Production De *Synodontis Membranaceus* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1809) Au Niveau De La Rivière Bagoué (Côte d'Ivoire)

Kassoum Kouyate
Aké Théophile Bedia
Valentin N'Douba

Université Felix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire des milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité, Abidjan , Côte d'Ivoire

Zéré Marius Gogbe

Université Peleforo Gon Coulibaly, UFR Sciences Biologiques, Département de Biologie Animale, Korhogo, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p150](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p150)

Submitted: 01 May 2021

Accepted: 29 May 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Kouyate K., Bedia A.T., N'Douba A. & Gogbe Z.M. (2021). *Typologie De La Pêche Et Production De *Synodontis Membranaceus* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1809) Au Niveau De La Rivière Bagoué (Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 150.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p150>

Résumé

L'étude vise à connaître l'état de la pêche après plus d'une décennie de crise dans la rivière Bagoué. Les campagnes ont lieu d'août 2018 à juillet 2020. Les données ont été collectées à l'aide de questionnaires administrés aux pêcheurs. La taille de première maturité sexuelle (LS50) et la taille de première capture (Lc50) ont été déterminées respectivement à partir de la fonction logistique de régression non linéaire et de l'équation générale de Von Bertalanffy incorporée au logiciel FISAT II. A l'issue de ces enquêtes, 141 pêcheurs ont été recensés sur l'ensemble des sites visités. Ils financent sur fond propre leur activité. La pêche est dominée par les ivoiriens (88,65 %) et elle est plus importante dans les villages Samôgôs qui concentrent 68,08 % des pêcheurs. Les pêcheurs sont tous des illettrés et pour la plupart des adultes (44,68 %). Les Bozos, avec 5,67 %, sont des pêcheurs professionnels. Les autres effectuent des activités annexes. Les engins de pêche sont pareils à ceux utilisés dans les pêcheries en Côte d'Ivoire mais, les filets maillants sont les

plus utilisés (55%). Les embarcations sont des pirogues en planches clouées. Les engins de prédilection pour la capture de *Synodontis membranaceus* sont les filets maillants dont les mailles varient de 10 mm à 60 mm. Les captures de cette espèce s'élèvent respectivement à 2200,25 kg et 2465,67 kg la première et deuxième année d'échantillonnage. Les tailles de première maturité (LS50) sont inférieures aux tailles de première capture (Lc50). Ce qui suggère que les poissons atteignent la maturité sexuelle avant d'être pêcher. Cette pêche est menacée par l'orpaillage artisanal dans les localités de Zanikaha et de Kanakono. En outre, le manque d'organisation professionnel et de formations ainsi que le non-respect des maillages des filets peuvent entraver la gestion durable de l'activité de pêche.

Mots clés: Typologie, Pêche, Engins, Rivière Bagoué, *Synodontis membranaceus*, Côte d'Ivoire

Typology Of Fishing And Production Of *Synodontis Membranaceus* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1809) At The Bagoué River (Côte d'Ivoire)

Kassoum Kouyate
Aké Théophile Bedia
Valentin N'Douba

Université Felix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire des milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité, Abidjan , Côte d'Ivoire

Zéré Marius Gogbe

Université Peleforo Gon Coulibaly, UFR Sciences Biologiques, Département de Biologie Animale, Korhogo, Côte d'Ivoire

Abstract

This study aims to know the state of the fishery after more than a decade of crisis in the Bagoué River. The campaigns take place from August 2018 to July 2020. Data were collected using questionnaires administered to fishermen. Size of first sexual maturity (LS50) and size of first capture (Lc50) were determined from the non-linear regression logistic function and the general Von Bertalanffy equation incorporated into the FISAT II software, respectively. At the end of these surveys, 141 fishermen were identified on all the sites visited. They finance their activity from their own funds. Fishing is dominated by Ivorians (88.65%) and is more important in the Samôgô villages, where 68.08% of the fishermen live. The fishermen are all illiterate and mostly adults (44.68%). The Bozos, with 5.67 percent, are the professional fishermen. The other fishermen carry out secondary activities. The fishing

gear is similar to that used in the fisheries of Côte d'Ivoire, but gillnets are the most commonly used (55%). The boats are only pirogues made of nailed boards. The preferred gear for the capture of *S. membranaceus* is gillnets. The catches of this species amounted to 2200.25 kg and 2465.67 kg in the first and second years of sampling, respectively. The sizes at first maturity (LS50) are smaller than the sizes at first capture (Lc50). This suggests that the fish reach sexual maturity before being caught. This fishery is threatened by artisanal gold panning in the localities of Zanikaha and Kanakono. In addition, the lack of professional organization and training, as well as the lack of respect for the mesh size of the nets, may hinder the sustainable management of the fishery.

Keywords: Typology, Fishing, Gears, Bagoué River, *Synodontis Membranaceus*, Côte d'Ivoire

Introduction

En Côte d'Ivoire, la pêche fournit 70.000 emplois directs et 400.000 emplois indirects (PND, 2015). Les produits de la pêche, précisément le poisson représente plus de 70% des protéines animales (Micha et Franck, 2004) et son niveau de consommation se situe entre 15 et 20 kg par habitant et par an (FAO, 2015). Les besoins en poisson sont passés de 300.000 à 350.000 tonnes/an (PSDPA, 2014) alors que la production locale moyenne est de 80.000 tonnes/an (FAO, 2014). La forte demande en protéine halieutique a orienté les ivoiriens vers l'activité de pêche et attiré de nombreux étrangers dans ce secteur d'activité. Cette situation a occasionné une intensification de la pêche continentale, une forte diminution des stocks (Vanga, 2004). Une pêche intensive diminue la durée de vie du poisson et entraîne par ailleurs une réduction de la taille de maturité des individus débarqués, une diminution de l'abondance et des rendements (Vanga *et al.*, 2002).

Par ailleurs, en plus de la situation déjà alarmante de ce secteur en Côte d'Ivoire, la crise militaro-politique qu'a connue le pays a rendu impossible tout accès aux plans d'eau et le suivi de la pêche durant plus d'une décennie dans la partie Nord. En effet, les activités de pêche qui s'y déroulent restent encore mal connues. Aussi, la crise a-t-elle eu pour corollaire la dégradation des lits des rivières par des orpailleurs clandestins (Kouamé *et al.*, 2020). Ainsi, l'état actuel de la pêche dans les cours d'eau du Nord de la Côte d'Ivoire en général et dans la rivière Bagoué en particulier devient alors une préoccupation majeure. Cette rivière dispose d'une biodiversité ichtyologique très importante (N'da, 2015). *Synodontis membranaceus*, poisson chat présent dans cette rivière, est beaucoup apprécié par les consommateurs et figure en grande quantité parmi les captures des pêcheurs.

Ce travail vise à connaître l'état de la pêche dans la rivière Bagoué. Il décrit plus spécifiquement les acteurs, les techniques utilisées et évalue la production de *Synodontis membranaceus*.

Matériel et méthodes

Milieu d'étude

La rivière Bagoué, localisée entre les longitudes 5°40' et 7°10' Ouest et entre les latitudes 9°15' et 10°50' Nord (Adja *et al.*, 2009), prend sa source en Côte d'Ivoire et poursuit son cours au Mali (N'da, 2015). Elle a un bassin versant de 10150 km² (Adja, 2009 ; Adja *et al.*, 2009) et s'écoule sur une distance de 530 km, dont 230 km sont en terre ivoirienne (Sanogo *et al.*, 2015). Cette rivière, entièrement localisée dans la région des savanes, compte de nombreux barrages à vocation agropastorale (Adja, 2009). Elle est soumise au climat tropical de transition sec caractérisé par deux saisons : une saison sèche et une saison pluvieuse (Savané et Konaré, 2010). La saison sèche s'étend de mi-novembre à fin avril avec des mois de janvier et février très secs. Elle est souvent accompagnée d'un vent chaud dans la journée et frais la soirée avec des écarts thermiques importants. La saison pluvieuse s'étend de mai à fin novembre (Savané et Konaré, 2010).

Cinq sites (Figure 1) ont été retenus sur la rivière en tenant compte de leur accessibilité, des caractéristiques des milieux et surtout de la disponibilité des pêcheurs et de l'activité de pêche.

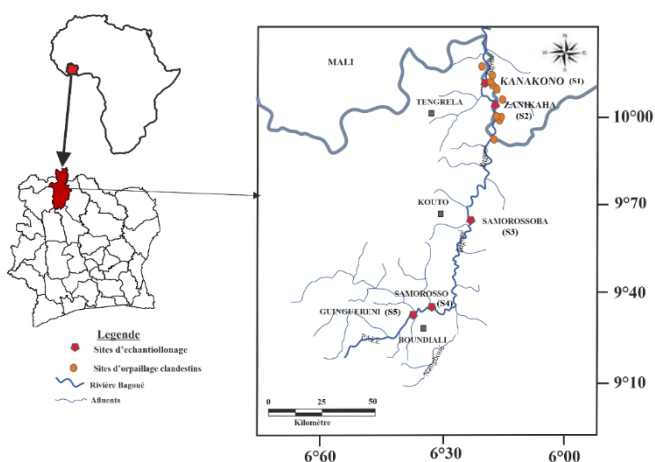


Figure 1. Situation géographique du bassin de la Bagoué (Côte d'Ivoire) et des sites d'échantillonnage

Collecte des données

Les enquêtes se sont déroulées de septembre 2018 à juillet 2020 soit 24 mois. Durant cette période, les activités de pêche ont été suivies et des enquêtes portant sur les pêcheurs, les techniques de pêche et le financement

de l'activité ont été menées. Le recueil des données comprend trois volets. D'abord, l'enquête par questionnaire a consisté à interroger chaque pêcheur sur le nom, la date de naissance, l'ethnie, la nationalité, le niveau d'étude, l'activité alternative, les engins de pêches, le type embarcation et le financement de l'activité. Le second volet a porté sur l'enregistrement des captures à l'aide de fiches. Au cours de cette opération, au moins 30 spécimens (si possible) ont été mesurés (longueur standard LS et longueur totale LT, au centimètre près à l'aide d'un ichtyomètre), pesés (poids total, avec une balance électronique de portée 10 kg et de précision 0,1 g) et disséqués afin de déterminer le sexe et le stade de maturité sexuelle. La troisième technique a consisté à l'observation directe des faits sur le terrain afin de vérifier les informations recueillies à partir des questionnaires.

Effort de pêche, captures par unité d'effort et capture annuelle

Selon Laë (1997), l'effort de pêche correspond à la quantification de l'exploitation d'un stock pendant un intervalle de temps donné. Dans la présente étude, l'effort de pêche a été estimé en recensant les pêcheurs utilisant les filets maillants et en suivant leurs mouvements. Il est exprimé par le nombre de pêcheurs sorti au cours de la journée. La prise par unité d'effort (PUE) exprimée en kilogramme (kg) correspond au poids des captures réalisées par pêcheur durant une journée de pêche. Pour chaque mois, la PUE moyenne par site a été déterminée à partir de l'ensemble des captures journalières selon la formule suivante :

$$\text{PUEm} = \text{Pt} / \text{Nc} \text{ (Tah } et \text{ al., 2009)}$$

PUEm = prise moyenne mensuelle par unité d'effort en g ; Pt = masse totale en kg des captures journalières débarquées par l'ensemble des pêcheurs enquêtés dans le mois par site ; Nc = nombre total de pêcheurs enquêtés par site dans le mois.

Les captures mensuelles (Ci) sont estimées par la sommation des captures journalières (Cj) réalisées pendant le mois.

Les captures annuelles (Ca) dans les différents sites d'étude sont déterminées en faisant la somme des captures mensuelles selon la formule suivante :

$$\text{Ca} = \sum \text{Ci} \text{ (Da Costa et Dietao, 2007)}$$

Traitement des données et analyses statistiques

Le traitement statistique des données a été réalisé sous Excel 2007 pour les différents tableaux.

La taille de première maturité sexuelle (LS₅₀) définie comme étant la taille à laquelle 50% des individus de la population (mâles et femelles) sont matures (Ghorbel *et al.*, 1996 ; Légendre et Ecoutin, 1996) a été déterminée en ajustant le pourcentage des individus matures par la fonction logistique d'une régression non linéaire selon Ghorbel *et al.* (1996).

$$P = \frac{1}{1 + e^{\alpha + \beta LS}} \quad LS_{50} = \frac{\alpha}{\beta}$$

P = Proportions d'individus matures ; LS = longueur standard (cm) α et β = constantes. De cette équation, nous avons déduit les tailles à LS_{50} . Elle a été déterminée à l'aide du logiciel STATISTICA version 7.1

La taille de première capture (Lc_{50}), taille à laquelle 50% des poissons sont capturés, a également été déterminée grâce à l'équation générale de Von Bertalanffy (1938) incorporée au logiciel FISAT II (Niyonkuru, 2007).

Le test de Khi-deux (χ^2) a été utilisé pour comparer les tailles de première maturité sexuelle entre mâle et femelle.

L'analyse de la variance à un critère de classification (Anova1) a permis de comparer la production de *S. membranaceus* entre la première et la deuxième année de même que l'effort de pêche. La signification des résultats est donnée au seuil de 5%. Ces deux tests ont été réalisés à l'aide du logiciel STATISTICA version 7.1

Resultats

Typologie de la pêche

Structure de la communauté des pêcheurs

Au total, 141 pêcheurs ont été recensés dans les localités visitées sur la rivière Bagoué. La localité de Samorosso regorge le plus grand effectif avec 64 pêcheurs soit 45,39 %. Elle est suivie de la station de Samorossoba qui compte 56 pêcheurs (39,71 %). Le nombre des pêcheurs est faible dans les localités de Kanakono, Guinguéréni et Zanikaha avec des effectifs respectifs de 12 (8,51 %) ; 6 (4,16 %) et 3 (2,23 %) pêcheurs (Figure 2). Ces pêcheurs sont répartis en deux nationalités : la nationalité ivoirienne et la nationalité malienne. Les ivoiriens dominent la pêche avec 125 pêcheurs soit une proportion de 88,65 %. Ils sont présents sur tous les sites. Les pêcheurs maliens ont un effectif de 16 personnes et représentent 11,35 % des pêcheurs.

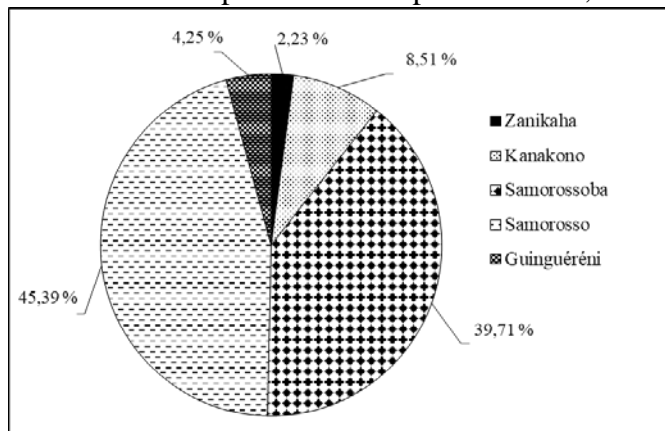


Figure 2. Répartition des pêcheurs en fonction des sites d'études dans le bassin de la Bagoué d'août 2018 à juillet 2020

Les ethnies qui composent la communauté ivoirienne sont les Malinkés (10,64 %), les Sénoufos (9,93 %) et les Samôgôs (68,08 %) (Tableau I). Les maliens sont composés des Bozos (5,67 %), des Malinkés (4,26 %) et les Peuls (1,42 %). De façon générale, la pêche est plus importante dans les villages Samôgôs (Samorosso et Samorossoba) sur la rivière Bagoué.

Tableau I. Répartition des pêcheurs en fonction de la nationalité et du groupe ethnique dans le bassin de la Bagoué (Côte d’Ivoire) d’août 2018 à juillet 2020. S1 = Zanikaha ; S2 = Kanakono ; S3 = Samorossoba ; S4 = Samorosso ; S5 = Guinguéréni

Nationalité/ethnie	S1	S2	S3	S4	S5	Total	Pourcentage
Ivoiriens							
Malinké	2	3	8	0	2	15	10,64
Samôgô	0	0	32	64	0	96	68,08
Sénoufo	1	3	10	0	0	14	09,93
Total Ivoiriens	3	6	50	64	2	125	88,65
Maliens							
Bozo	0	4	0	0	4	8	05,67
Malinké	0	0	6	0	0	6	04,26
Peuls	0	2	0	0	0	2	01,42
Total Maliens	0	6	6	0	4	16	11,35
Total par localité	3	12	56	64	6	141	100

Répartition des pêcheurs par tranche d’âge et par niveau d’étude

Dans les différentes localités visitées, l’âge des pêcheurs varie de 18 ans à 65 ans (Figure 3). Les pêcheurs dont l’âge est inférieur à 30 ans représentent 19,86 %. Les pêcheurs qui se situent entre 30 et 45 ans sont majoritaires avec 44,68 % tandis que ceux dont l’âge est supérieur à 45 ans ont une proportion de 35,46%. Les enquêtes ont montré qu’aucun pêcheur n’a été scolarisé en français. Quelques-uns ont fait l’école coranique.

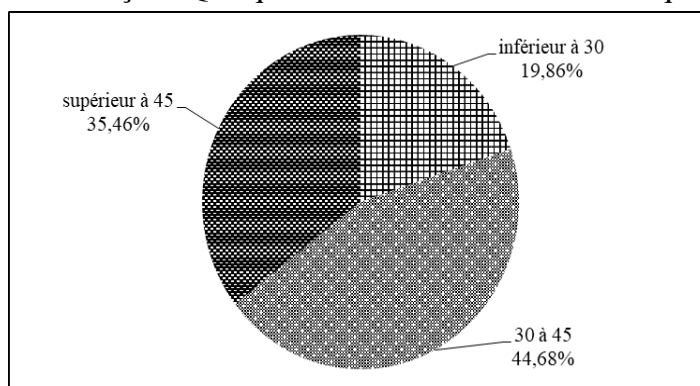


Figure 3. Répartition des pêcheurs par tranche d’âge dans le bassin de la Bagoué d’août 2018 à juillet 2020

Organisation des pêcheurs

Sur la rivière Bagoué, deux pratiques de pêche (pêche en solitaire et pêche en équipe) s'exercent. La pêche en solitaire ou individuelle regroupe 90,58% des pêcheurs tandis que la pêche en équipe est pratiquée par 9,42% des pêcheurs. Seuls les malinkés de Kanakono et de Samorossoba exercent la pêche en équipe. La pêche est exercée tous les jours de la semaine mais, le nombre de pêcheurs diminue en fonction des jours de cultes (vendredi pour les musulmans et dimanche pour les chrétiens). Aucune forme d'organisation professionnelle des pêcheurs voire du secteur pêche n'existe dans les localités de Zanikaha, Kanakono, et Guinguéréni. En revanche, les pêcheurs de Samorossoba et Samorosso sont regroupés en association dirigée par un responsable qui sert d'interface avec les autorités villageoises et administratives. Le responsable des pêcheurs de Samorossoba ne possède pas de licence alors que celui de Samorosso en possède. Seuls les Bozos sont des pêcheurs professionnels (5,67 %), les autres pêcheurs (94,33 %), effectuent des activités annexes telles que l'agriculture, la pisciculture et la chasse (Tableau II).

Tableau II. Répartition des pêcheurs en fonction des activités annexes dans le bassin de la rivière Bagoué d'août 2018 à juillet 2020

	Nombre	Pêche uniquement	Pêche et agriculture	Pêche et pisciculture	Pêche et chasse
Nombre total	141	8	124	1	8
Pourcentage	100	5,67	87,94	0,71	5,67

Les poissons issus de la pêche sont utilisés d'une part pour l'auto consommation et d'autre part à la vente. Les revenus obtenus servent pour le ménage, l'achat de nouveaux matériels pour la pêche et la scolarisation des enfants.

Engins et techniques de pêche

Les engins utilisés par les pêcheurs sur la Bagoué sont les éperviers, les filets maillants, les nasses en filet, les nasses en liane, les palangres et les pirogues (Figure 4). Les embarcations utilisées sont des pirogues en planches clouées. Les filets maillants sont majoritairement utilisés et représentent 55% des engins de pêche sur la Bagoué. Les mailles varient de 20 mm à 55 mm. Sur le terrain, les mailles des filets sont exprimées en nombre de doigts par les pêcheurs qui ne savent ni lire, ni écrire. Ces mailles exprimées en nombre de doigts correspondent sensiblement aux valeurs en mm du Tableau III. Le taux d'utilisation des nasses en filet (17%), des nasses en lianes appelées *Souhou* (14%), des palangres (13%) et des éperviers (1%) (Figure 5) est plus faible. Les filets maillants, les nasses et les palangres sont utilisés dans toutes les stations visitées. Seuls les pêcheurs Malinké de Kanakono et de Samorossoba

utilisent les éperviers. Les nasses en lianes sont utilisées par les pêcheurs Samôgô dans les localités de Samorossoba et Samorosso. La fréquence d'utilisation des différents engins varie en fonction des périodes de l'année. En saison des pluies, les nasses en filet et les filets maillants dérivants de fond sont fréquemment utilisées. Ces deux engins sont placés au fond de l'eau à l'aide de cailloux. En saison sèche, les filets maillants et les nasses sont à nouveau utilisés mais à faible hauteur dans l'eau. Les nasses en lianes sont utilisées en période d'étiage par les femmes des pêcheurs Samôgô dans les localités de Samorossoba et Samorosso pour la pêche. Les spécimens de *Synodontis membranaceus* sont capturés majoritairement à l'aide des filets maillants quelle que soit la période de l'année.



Figure 4. Illustration des engins utilisés par les pêcheurs dans la rivière Bagoué d'août 2018 à juillet 2020. A : Palangre ; B : Epervier ; C : Filet maillant ; D : Nasse en filet ; E : Nasse en liane (Souhou) ; F : Pirogue en planche clouée

Tableau III. Correspondance entre les mailles des filets maillants exprimées en nombre de doigts et celles exprimées en mm

Mailles en doigts	Mailles en mm
1	20
1,5	30
2	35
2,5	40
3	45
3,5	50
4	55

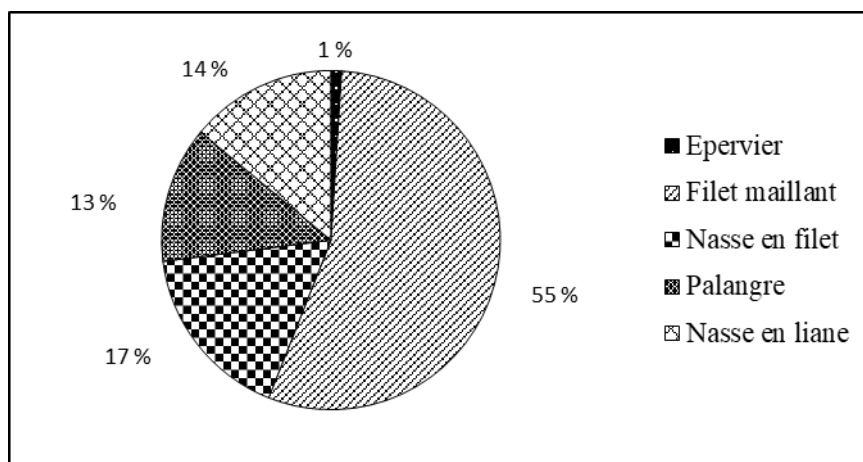


Figure 5. Proportions des engins de pêche utilisés dans le bassin de la Bagoué d'août 2018 à juillet 2020

Financement de l'activité de pêche

Les sources de financement sont d'ordre personnel aussi bien chez les ivoiriens que chez les étrangers. Le coût de confection des engins de pêche varie en fonction du type d'engin. Ainsi, le prix d'achat d'une pirogue d'environ 3 mètres de longueur coûte 40.000 F CFA et celle de longueur environ 4 mètres est à 50.000 F CFA. Les pagaies sont vendues à 2.000 F CFA l'unité. Pour les engins de pêche, le prix d'achat dépend de leur nature et de leur dimension. Le filet maillant de maille allant de 8 à 30 mm et de longueur 40 mètres coûte environ 15.000 FCFA. Les palangres à petits hameçons (n°15) (1.250 F CFA le paquet) sont vendues à 6.000 F CFA alors que les palangres à gros hameçons (n°4) (2.000 F CFA) coûtent 7.000 F CFA. Le coût de la nasse en filet est de 5.000 f CFA contre 6.000 F CFA pour la nasse en liane (*Souhou*). L'épervier est confectionné à hauteur de 15.000 f à 20.000 F CFA. Pour effectuer une pêche individuelle, le coût de l'investissement minimum s'élève à 68.000 F CFA sans les frais de licence.

Paramètres de pêche Production halieutique

La production de *Synodontis membranaceus* obtenue dans les différentes stations d'août 2018 à juillet de 2019 est de 2200,25 kg contre 2465,67 kg durant la période d'août 2019 à juillet 2020. La différence entre les productions des deux années est significative (ANOVA, $p < 0,05$). En se basant sur la biomasse dans les localités, les plus fortes productions ont été obtenues à Samorosso et les plus faibles pour la première année à Zanikaha (Figure 6). Durant la deuxième année, nous n'avons pas obtenu de production à la station de Zanikaha. En ce qui concerne la variation temporelle, la production est plus élevée dans le mois d'août pour les deux années d'échantillonnage. Au-delà du mois d'août, elle baisse progressivement et atteint sa plus faible valeur au mois de février avant d'augmenter de nouveau (Figure 7).

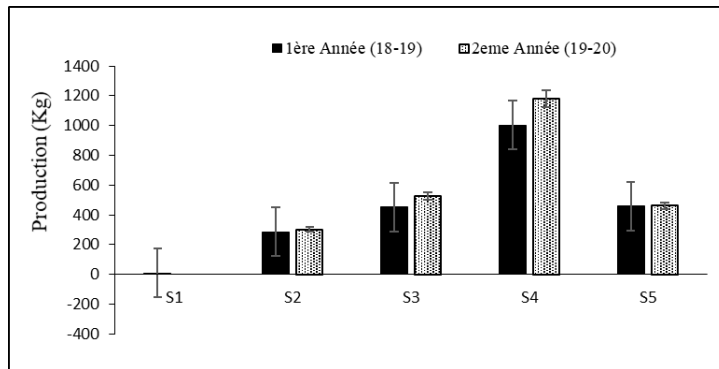


Figure 6. Production annuelle (en kg) de *Synodontis membranaceus* en fonction des stations dans le bassin de la Bagoué d' Août 2018 à juillet 2020

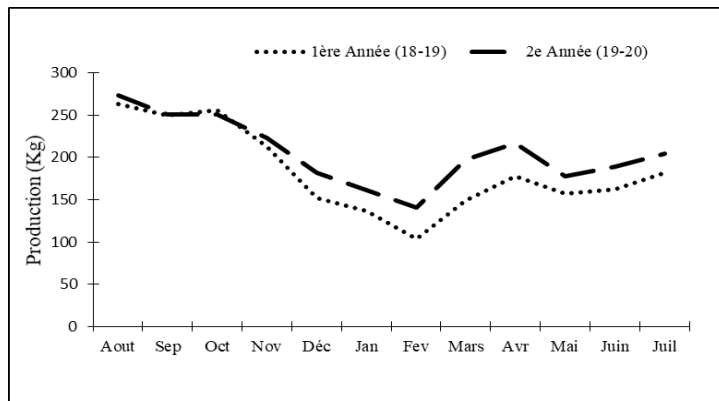


Figure 7. Evolution des captures mensuelles (en kg) de *Synodontis membranaceus* d'août 2018 à juillet 2020 dans le bassin de la Bagoué

Effort de pêche

Le nombre total de sorties pendant les deux années d'étude est de 86276 sorties de pêches. L'effort au cours de la première année est de 43087 sorties de pêche contre 43189 sorties pendant la deuxième année. La différence entre les efforts de pêche des deux années n'est pas significative (ANOVA, $p > 0,05$). L'effort de pêche dans les différentes stations ne varie pratiquement pas d'une année à une autre. Quelle que soit l'année, il est plus élevé à Samorosso et faible à Zanikaha (Figure 8). L'effort de pêche n'a pu être évalué à Zanikaha durant la 2e année. La valeur la plus forte de l'effort de pêche est enregistrée en août 2019 avec 4185 sorties la première année et 4140 sorties la deuxième année. L'effort de pêche le plus faible est en février (2548 sorties la première année et 2726 sorties la deuxième année). La courbe de l'effort de pêche indique une baisse des sorties d'août à février et une hausse à partir de février (Figure 9).

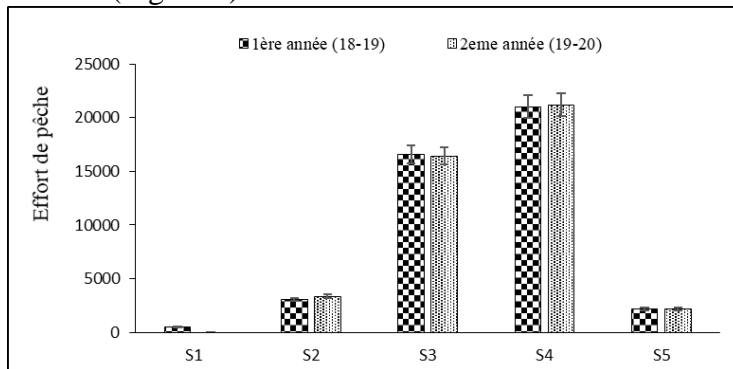


Figure 8. Variation de l'effort de pêche sur la rivière Bagoué en fonction des stations d'Août 2018 à juillet 2020

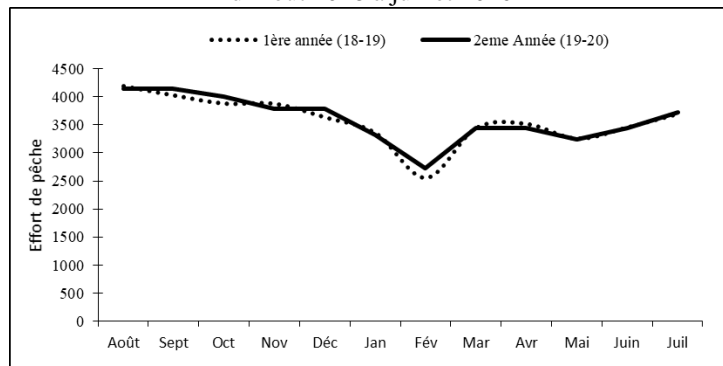


Figure 9. Variation mensuelle de l'effort de pêche dans le bassin de la Bagoué d'Août 2018 à juillet 2020

Taille de première maturité sexuelle

La taille de première maturité sexuelle (LS_{50}) est de 93,65 mm chez les mâles et de 110,49 mm chez les femelles (Figure 10). Les mâles mûres ont une taille inférieure à celle des femelles. La comparaison des tailles de

première maturité sexuelle en fonction des sexes n'a révélé aucune différence significative ($\chi^2 = 0,24$; p -value > 0,05). Les plus petits individus matures obtenus sont de l'ordre de 62 mm pour les mâles et de 76 mm pour les femelles.

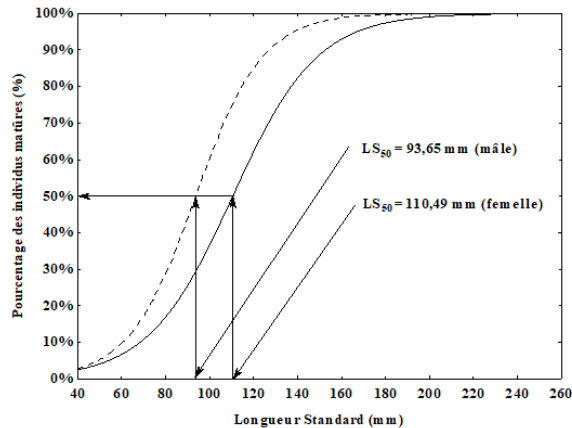


Figure 10. Taille de première maturité sexuelle (LS_{50}) chez les mâles et femelles de *Synodontis membranaceus* capturés dans la rivière Bagoué

Taille de première capture

La taille de première capture (Lc_{50}) de *S. membranaceus* est de 169,5 mm. Les tailles auxquelles 25 % et 75 % des poissons sont retenues par les filets maillants sont, respectivement, 153,1 mm et 187,5 mm (Figure 11).

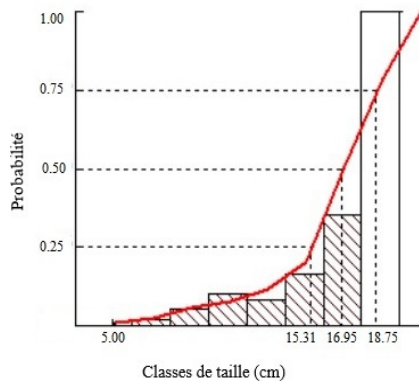


Figure 11. Probabilité de capture de *Synodontis membranaceus* en fonction de la taille des individus dans la rivière Bagoué d'août 2018 à juillet 2020

Discussion

La pêche dans la rivière Bagoué est dominée par les ivoiriens. Le pourcentage élevé des pêcheurs ivoiriens sur cette rivière s'explique par le fait que les « Samôgôs », plus nombreux dans le bassin de la Bagoué, sont traditionnellement des pêcheurs. Ils considèrent l'étendue du plan d'eau de Samorossoba et Samorosso comme leur héritage. De ce fait, ils empêchent

l'installation de pêcheurs étrangers en particulier des Bozos dans leurs villages. Les Samôgôs pratiquent la pêche pour satisfaire les besoins de la famille ainsi que celle de la communauté. Ils s'adonnent également à d'autres activités lucratives pour accroître leurs revenus mensuels. Des observations similaires ont été faites par Bédia *et al.* (2009) dans la lagune Aghien-Potou et par Diaby *et al.* (2012) sur la pêche des *Mugilidae* dans la lagune de grand-lahou. Ces auteurs ont montré respectivement que la pêche est dominée par les ivoiriens dans la lagune Aghien-Potou et les autochtones dans la lagune de grand-lahou. Les résultats de cette enquête sont contraires à ceux de N'dri (2019) dans le lac Bolondo située dans la région de la Bagoué au Nord de la Côte d'Ivoire. En effet selon cet auteur, la pêche dans ce lac est dominée par les non-nationaux d'origine malienne.

Il ressort de cette étude que l'activité de pêche dans la Bagoué est le fait des adultes. Nos résultats sont similaires aux travaux de Boguhé *et al.* (2011), Yao *et al.* (2015) et N'dri (2019). En effet, ces auteurs ont montré respectivement que les jeunes sont moins représentés que les adultes dans la pêche de crevettes dans le fleuve Bandama, dans le cours inférieur du Bandama et dans la pêche dans le lac Bolodon dans la région de la Bagoué. Pour Boguhé *et al.* (2011) ainsi que Yao *et al.* (2015), la faible participation des jeunes est due à l'exode rural et au manque d'équipements et d'expériences. Selon N'dri (2019), elle est due aussi au manque de moyens financiers pour l'achat des matériels de pêche et la peur par noyade à cause de leur inexpérience. Par ailleurs, la faible présence des jeunes dans le secteur de la pêche sur la rivière Bagoué est due en grande partie à l'activité de l'orpaillage artisanal. En effet, dans les localités de Zanikaha et de Kanakono, les jeunes préfèrent s'adonner à l'orpaillage qui est plus rentable que la pêche. En ce qui concerne les personnes de plus de 45 ans, ils sont moins représentés car la pratique de pêche nécessite un effort physique pour la manipulation du matériel.

Chez les pêcheurs de Zanikaha, Kanakono, Samorossoba et Guinguéreni, il n'existe pas d'organisation professionnelle. L'absence d'organisation ou de coopératives témoigne du manque d'encadrement et du non suivi de ces acteurs de la pêche dans ces différentes localités. Cela aura pour conséquence le manque de formation et l'absence de financement par les structures appropriées. En effet, les pêcheurs ne bénéficient pas de crédits. Le financement se fait sur fonds propres. Les résultats de la présente étude sont contraires aux observations de Vanga (2001) et Koudou (2012) en milieu lacustre ainsi qu'à celles de Bédia *et al.* (2009) en milieu lagunaire, qui stipulent que l'octroi de crédits est assuré par des structures financières et cela nécessite une organisation formelle.

La pêche, dans la rivière Bagoué, est le fait des pêcheurs illettrés. Le manque de scolarisation des acteurs de la pêche dans la Bagoué s'expliquerait

par le fait qu'ils commencent à pratiquer la pêche à un très jeune âge. Ces résultats sont identiques à ceux de N'dri (2019) dans le lac Bolodon qui a montré que la pêche y était pratiquée par des pêcheurs illettrés. L'analphabétisme a des répercussions sur le secteur d'activité locale et forme un point de blocage pour la gestion rationnelle des ressources halieutiques. En effet, les ressources halieutiques sont considérées comme un bien naturel que la nature a offert à l'homme et qui continuerait toujours à donner. Ceci relève du niveau du caractère analphabète de la grande majorité des acteurs de la pêche. L'analphabétisme est ainsi à la base de la méconnaissance des textes législatifs et par la suite des droits et devoirs à l'égard de la gestion durable des ressources halieutiques.

En ce qui concerne les engins de pêche, les filets maillants sont les plus utilisés. Cette situation s'expliquerait par la facilité d'utilisation de ces engins, leurs disponibilités et leurs moindres coups sur le marché. Des résultats similaires ont été obtenus par Diaby *et al.* (2012) dans la lagune de Grand-Lahou. En effet ces auteurs ont montré que les filets maillants étaient les engins les plus utilisés par les pêcheurs. Les résultats de cette enquête ont montré que les mailles utilisées par certains pêcheurs sont inférieures à 35 mm, la norme en vigueur pour la réglementation des pêches. L'utilisation de petites mailles a pour corollaire la réduction de la taille des poissons ainsi que du stock exploité voire même leurs disparitions. Des résultats similaires ont été observés par Kien *et al.* (2015).

L'importante biomasse annuelle de *Synodontis membranaceus* débarquée à Samorosso contre une faible production à Zanikaha et à Kanakono est le reflet de plusieurs faits. D'abord, le nombre élevé de pêcheurs rencontrés à Samorosso augmente significativement l'effort de pêche sur ce site comparativement aux autres sites. Ensuite, ce site est caractérisé par la forte présence de nombreux végétaux sur le cours d'eau. Cette caractéristique du milieu favorable à la recherche de la nourriture est un élément déterminant dans le choix de l'habitat chez les poissons (Lévêque, 1995). Ainsi, les *Synodontis* qui ont un régime alimentaire riche en débris végétaux et animaux (Lauzanne, 1988) sont plus attirés par ce type de milieu. Ce qui expliquerait la présence massive de *S. membranaceus* à Samorosso. Enfin, les faibles productions observées à Zanikaha et à Kanakono seraient liées aux dragages de la rivière Bagoué par les orpailleurs. En effet, l'activité d'orpillage sur le cours influence la qualité de l'eau et perturbe la vie aquatique (Kouamé *et al.*, 2020). Ainsi, ces perturbations induiraient au niveau des poissons une fuite du milieu par manque de nourriture (Laperche *et al.*, 2007) et une réduction de la diversité des espèces de poissons selon Jan *et al.* (2004). De plus, les produits utilisés tels que le mercure et le cyanure peuvent s'accumuler au niveau des branchies par colmatage et entraîner une mortalité des poissons par asphyxie comme la suggère Laperche *et al.* (2007).

La taille de première capture des spécimens de *S. membranaceus* est supérieure à leur taille de première maturité. Cela signifie que la plupart des poissons capturés se sont reproduits au moins une fois avant d'être capturés.

Conclusion

L'étude réalisée dans le bassin de la Bagoué montre que l'activité de pêche est dominée par les ivoiriens. La pêche est le fait des adultes dont l'âge se situe entre 30 ans et 45 ans. Il n'existe pas d'organisation au plan administratif entre les pêcheurs. La capture de *Synodontis membranaceus* se fait à l'aide des filets maillants. Les mailles de certains filets ne sont pas réglementaires. La production moyenne durant les deux années est de 2332.97 kg/an avec un effort de pêche élevé à Samorosso. L'espèce n'est pas surexploitée dans la Bagoué. L'activité de pêche est influencée à certains endroits par l'orpaillage artisanal. Vu l'aspect socio-économique de la pêche, il est nécessaire de mettre en place une gestion durable des ressources halieutiques par les autorités compétentes. Elle doit tenir compte du faible niveau d'instruction des pêcheurs, de la maille des filets utilisés, de l'effort de pêche et de l'expansion.

Remerciements

Les auteurs remercient le Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité de l'UFR Biosciences de l'Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire) pour leur contribution à la réalisation de cette étude. Ils remercient également Bouah Enoutchy Fabrice, Adouko Toppo Désiré, Kouadio Amani Reine et Kouamé N'guessan Augustin pour leurs implications lors de l'échantillonnage, mesdames Toure Alima et Traore Kiloman Fio (tutrices de Kouto) et Monsieur Konaté Karim, chef de village de Guinguéréni ainsi que tous les pêcheurs et enquêteurs des différentes localités.

References:

1. Adja M. G., 2009. Étude de l'état hydrique saisonnier du bassin versant de la Bagoé dans un contexte de variabilité climatique : Départements de Boundiali et Tengréla (milieux soudano-sahéliens au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire. 177p.
2. Adja M. G., Jourda J. P. R., Ta M. Y., Kouamé K., Kouamé K. J., Kouamé K. F., Saley M. B., Djé K. B. & Biemi J., 2009. Diagnostic à la mi-saison sèche de l'état hydrique du bassin-versant de la Bagoé (milieu soudano-sahélien de Côte d'Ivoire) à l'aide d'images ETM + de Landsat. Sécheresse, 20 (3) : 253-261.

3. Bedia A. T., N'zi K. G., Yao S. S., Kouamelan E. P., N'douba V. & Kouassi N. J., 2009. Typologie de la pêche en lagune Aghien-Potou (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest) : Acteurs et engins de pêche. *Agronomie Africaine* 21 (2) : 197-204.
4. Boguhe G. F., Gooré B. G., N'zi G. K., Yao S. S., Kouamelan P. E. & Kouassi J. N., 2011. Premières données sur la pêche crevettière du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire) : Acteurs et Engins de pêche. *Sciences & Nature* 8 (1) : 107-118.
5. Da Costa K. S & Dietoa Y. M., 2007. "Typologie de la pêche sur le lac Faé (Côte d'Ivoire) et implication pour une gestion rationnelle des ressources halieutiques," *Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture*, 384 : 1-14.
6. Diaby M., N'Da K. & Konan K S., 2012. La pêche des poissons Mugilidae dans la lagune de Grand-Lahou (Côte d'Ivoire) : analyse de l'organisation de la pêche, des captures et de l'effort de pêche. *Tropicultura* 30 (3) : 173-179.
7. FAO., 2014. Vue générale du secteur aquacole national Côte d'Ivoire. Département des pêches et de l'aquaculture, FAO. Abidjan, Côte d'Ivoire, 9 p.
8. FAO., 2015. Vue générale du secteur aquacole national-Côte d'Ivoire. In : département des pêches et de l'aquaculture de la FAO. Rome. 10 p.
9. Ghorbel M., Jarboui O., Bradai M. N. & Bouain A, 1996. Détermination de la taille de première maturité sexuelle par une fonction logistique chez *Limanda limanda*, *Pagellus erythrinus* et *Scorpaena porcus*, *Bulletin INSTM*, 3 : 24-27.
10. Jan H.M. & Paul E. O., 2004. Downstream effects of erosion from small-scale gold mining on the Instream habitat and fish community of a small Neotropical Rainforest Stream. *Conservation Biology*, 18 (1) : 201-214.
11. Kien K. B., Yao S. S., Vanga A. F. & Kouamelan E. P., 2015. Typologie de la pêche sur le cours inférieur du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest). *International Journal of Innovation And Applied Studies*, 13(1) : 66-77.
12. Kouamé N. A., Kouamé K. M., Kamelan T. M. & N'douba V., 2020. Physical and Chemical Characterization of the Bagoue Watershed (North-Western Cote d'Ivoire) Impacted by Artisanal and Clandestine Gold Mining. *Journal of Environment Pollution and Human Health*, 8 (1) : 20-28.
13. Koudou D., 2012. La pêche sur le lac de Taabo. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 389p.

14. Laë R., 1997. Estimation des rendements de pêche des lacs Africains au moyen de modèles empiriques, *Aquatic Living Resources*, 10 (2) : 83-92.
15. Laperche V., Maury-Brachet R., Blanchard F., Dominique Y., Durrieu G., Massabuau J.C., Bouillard H., Joseph B., Laporte P., Mesmer-Dubons N., Duflo V. & Callier L. 2007. Répartition régionale du mercure dans les sédiments et poissons de six fleuves de Guyane, Rapport final, France, 201p.
16. Lauzanne L., 1988. Les habitudes alimentaires des poissons d'eau douce africains. In : *Biologie et écologie des poissons d'eau douce africains* (Lévêque C., Bruton M. N. & Ssentongo G. W., eds). Travaux et Documents ORSTOM, Paris, France, 216: 221- 242.
17. Légendre M. & Ecoutin JM., 1989. Suitability of brackish water Tilapia Species from the Ivory Coast for Lagoon aquaculture reproduction, *Aquatic Living Resources* 2: 71-79.
18. Lévêque C., 1995. L'habitat : être au bon endroit au bon moment, *Bulletin Français de la pêche et de l'aquaculture*, 9 (20) : 337-425.
19. Micha J. C & Franck V., 2004. Etude prospective pour la relance du secteur pêche et aquaculture en Côte d'Ivoire. Ministère de la Production Animale et des Ressources Halieutiques, Abidjan, 60p.
20. Niyonkuru C. 2007. Etude comparée de l'exploitation et de la démographie des poissons Cichlidés dans les lacs Nokoué et Ahémé au Bénin. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, p 199.
21. N'da A. S., 2015. Biodiversité, structure du peuplement ichthyologique et relations trophiques d'un bassin du nord de la Côte d'Ivoire : cas de la rivière Bagoué. Thèse de Doctorat, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 220 p.
22. N'dri K. M., 2019. Typologie de la pêche et niveau de biomasse exploitée au lac de Bolondo (Région de la Bagoué : nord de la Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 31 (1) : 1-14.
23. PND., 2015. Vision de développement et orientations stratégiques. Plan National de Développement, rapport, Abidjan, Côte d'Ivoire, 120p.
24. PSDPA., 2014. Diagnostic, Stratégie de développement et orientations. Plan Stratégique des Développement de la Pêche et de l'Aquaculture en Côte d'Ivoire, Tome 1 ; 102p.
25. Sanogo Y., Samaké F., Koné A. & Traoré D., 2015. Diversité du peuplement ichthyologique de la rivière Bagoé (Bassin du Niger, Mali). *Agronomie Africaine*, 27 (1) : 47 56.

26. Savané I. & Konaré A., 2010. Le climat. In : Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Tome III : Côte d'Ivoire (Konaté S. & Kampmann D., eds). Abidjan & Frankfurt/Main, pp. 124-125.
27. Tah L., Da Costa K. S., Kouassi J. N. & J. Moreau., 2009. "Effort de pêche et production piscicole au lac d'Ayamé I (bassin de la Bia ; Côte d'Ivoire) après le départ des pêcheurs « Bozo », " *Agronomie Africaine*, 21 (1) : 1-115.
28. Vanga A. F. 2001. Conséquences socio-économiques de la gestion des ressources naturelles : cas des pêcheries dans les lacs d'Ayamé et de Buyo (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat Unique, Sciences et Gestion de l'Environnement, Université d'AboboAdjamé, Côte d'Ivoire, 210 p.
29. Vanga A. F., 2004. Conséquences socio-économiques de l'expulsion des pêcheurs étrangers en Côte d'Ivoire : lacs d'Ayamé et de Buyo, *Revue Européenne des Migrations Internationales*, 20 (1) : 197-205.
30. Vanga A. F., Gourène G. & Ouattara M., 2002. "Impact de la pêche sur la disponibilité en poissons dans les régions des lacs d'Ayamé et Buyo (Côte d'Ivoire)," *Archives Scientifiques du Centre de Recherches Océanologiques Abidjan*, 17 (2) : 1-12.
31. Von Bertalanffy L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws II.). *Hum. Biol.*, 10 (2) : 181-213.
32. Yao S. S., Kien K. B., Vanga A. F. & Kouamelan E. P., 2015. Typologie de la pêche sur le cours inférieur du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 13 (1) : 66-77.



Preventive Measures Against The Vectors Of Malaria In Akanda, Southwest Gabon: Knowledge, Attitudes, Practices, And Beliefs

Richard Pamba,

Silas Lendzele Sevidzem,

Ecole Doctorale des Grandes Ecole de Libreville (EDGE), Libreville, Gabon
Laboratoire d'Ecologie Vectorielle (LEV), Institut de Recherche en Ecologie
Tropicale (IRET), Centre National de la Recherche Scientifique et
Technologique, Libreville, Gabon

Aubin Armel Koumba,

Laboratoire d'Ecologie Vectorielle (LEV), Institut de Recherche en Ecologie
Tropicale (IRET), Centre National de la Recherche Scientifique et
Technologique, Libreville, Gabon

Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi,
Cotonou, Bénin

Christophe Roland Zinga-Koumba,

Audrey Prisca Melodie Ovono,

Rodrigue Mintsá-Nguema,

Jacques François Mavoungou,

Laboratoire d'Ecologie Vectorielle (LEV), Institut de Recherche en Ecologie
Tropicale (IRET), Centre National de la Recherche Scientifique et
Technologique, Libreville, Gabon

Alexis Mbouloungou,

Laboratoire de Géomatique, de Recherche Appliquée et de Conseil
(LAGRAC), Université Omar Bongo (UOB), Faculté des Lettres et Sciences
Humaines (FLSH), Libreville, Gabon

Felicien M'Foubou Kassa,

Institut d'Hygiène Publique et Assainissement, Ministère de la Santé,
Libreville, Gabon

Pyazzi Obame Ondo Kutomy,

Programme National de Lutte contre le Paludisme, Ministère de la santé,
Libreville, Gabon

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p169](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p169)

Submitted: 05 August 2020

Accepted: 27 May 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Pamba R., Sevidzem S.L., Koumba A.A., Zinga-Koumba C.R., Ovono A.P.M., Mintsanguema R., Mavoungou J.F., Mbouloungou A., M'Foubou Kassa F. & Kutomy P.O.O. (2021). *Preventive Measures Against The Vectors Of Malaria In Akanda, Southwest Gabon: Knowledge, Attitudes, Practices, And Beliefs*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 169. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p169>

Abstract

Background: Reliable data on the Knowledge, Attitudes, Beliefs, and Practices (KABP) of the indigenes of Akanda and its environs on the different approaches to fight against vectors of malaria is lacking. **Objective:** To evaluate the KABP of the indigenes of Akanda and its environs on the different techniques used to fight against vectors of malaria. **Materials and Methods:** A cross sectional survey using semi-structured questionnaires was conducted on heads of randomly selected households at Akanda from April to June 2019. **Results:** We interviewed 369 heads of households and the population had a high literacy rate. It was noticed that 94% of respondents knew that mosquitoes could transmit malaria. More than 80% believed that Insecticide-Treated bed Nets (ITNs) could protect them from malaria infection. There was no preference in ITNs usage with age cohorts and seasons of the year. The ITNs owned by respondents were mostly purchased from shops. Respondents underlined that their reluctance to sleep under ITNs was because of their inability to breath under such conditions. Also, apart from the use of ITNs for malaria control, Indoor Residual Spraying (IRS) using insecticides (mostly Rambo®) purchased from shops and cleaning around house surroundings were practiced by >50% of respondents. **Conclusion:** Despite respondent's awareness of mosquitoes as vectors of malaria as well as the use of ITNs, IRS, and cleaning of home surroundings to reduce malaria vectors burden, the ITNs coverage rate is very weak and more sensitization is also required at Akanda in Gabon.

Keywords: Malaria, vectors, KABP, control, Akanda, Gabon

Introduction

Malaria remains an important parasitic disease of man despite tremendous efforts over the years to bring the infection rates to bay (Badger-Emeka, 2020). Africa remains the most affected continent with 93% (213 millions) of global malaria burden and 94% deaths (WHO, 2018). Besides malaria, arboviral infections such as dengue, chikungunya, yellow fever and Zika fever, threaten 831 millions people worldwide, including 70% of the African population (Zahouli *et al.*, 2017).

In Gabon, arthropod-borne diseases are a threat to its public health (Paupy *et al.*, 2012; Minsanté-SNIS, 2018a; Minsanté-SNIS, 2018b). According to the National Health Information System (NHIS) of Gabon, malaria was the cause of 153 666 cases of consultations and 160 deaths recorded in health care facilities in 2016 (Minsanté-SNIS, 2016). According to Leroy *et al.* (2009), the 2007 Chikungunya epidemic affected nearly 20,000 individuals in the country. Malaria in particular is the main scourge to economic development (due to its high mortality and morbidity rates) as well as school and professional absenteeism in Gabon (Minsanté-SNIS, 2016).

The fight against these vector-borne diseases relies on the control of vector populations (Diakarida *et al.*, 2019 ; Beugre *et al.*, 2020 ; Zagui *et al.*, 2020). The major component of vector control is through the use of insecticides that are applied via different modes (Sevidzem *et al.*, 2019). In the case of mosquitoes, The different modes of insecticide application include insecticide-treated bed nets (ITNs or LLINs), and Indoor Residual Spraying (IRS) (Nd'ri *et al.*, 2020).

The malaria control program of the Ministry of health in Gabon is the only public organ responsible for the fight against malaria and its vectors and has been involved in mass control programs such as distribution of insecticide bed nets and sensitizations. At the community level, indoor residual spraying is common and most of these insecticides are purchased from local vendors (Nd'ri *et al.*, 2020). In 2018, Koumba *et al.* (2018) established the occurrence of resistant alleles (*kdr-w* and *kdr-e*) in a rural community of Gabon and attributed this to insecticide resistance selection pressure caused by the repeated usage of some non-standard insecticides. Because the community of Akanda was reported to have high malaria vector abundance and malaria prevalence (Pamba *et al.*, 2020a; Pamba *et al.*, 2020b), it was deemed necessary to conduct a survey to evaluate the knowledge, attitudes, practices, and beliefs of the population of Akanda on the fight against the vectors of malaria in order to provide reliable data required by malaria control program of Gabon.

Materials and Methods

Study area

This study was conducted in the city of Akanda (0°30'00" North; 09°30'00" East) (Figure 1), a suburban area located in the northern periphery of the city of Libreville, the capital of Gabon. Akanda covers 45 482 hectares of land and is part of the departement du Komo-Mondah in the province de l'Estuaire.

There are several socio-economic activities including trading, sports, health, education, and tourism in this locality. Entomologically, the study of Pamba *et al.* (2020a) identified several breeding sites as well as adults of the

vectors of malaria and arboviruses in Akanda. A hospital-based survey indicated that Akanda is a malaria endemic zone (Pamba *et al.*, 2020b).

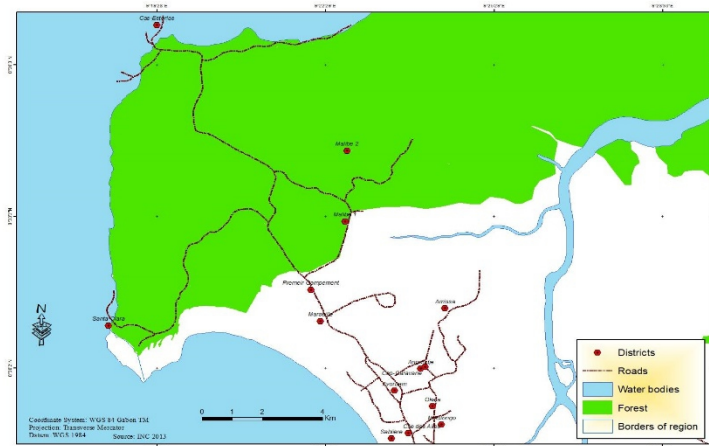


Figure 1. Map showing the study area (Akanda) and its districts

Ethics

Oral consent was received from the target population before commencing the study.

Cross-sectional survey

Three hundred and sixty nine (369) heads of households residing in Akanda and its environs were randomly selected and included in the study.

Data analysis

Data analysis was conducted using Sphinx Plus² version 5.0. Descriptive statistics (frequencies and percentages) were calculated.

Results

Description of respondents

A total of 369 heads of households were interviewed and consisted of 187 males and 182 females. The age cohort that was most highly represented was from 20-29 years old. Concerning the level of education, most of the respondents had completed secondary school. Based on the housing type, most of the buildings of respondents were constructed with cement blocks (Table 1).

Table 1. Socio-demographic information of the study population

Parameters	Category	Number	Proportion (%)
Sex	Male	187	50.68
	Female	182	49.32
Age	15-19	27	7.32

	20-29	119	32.25
	30-39	92	24.93
	40-49	85	23.04
	>50	46	12.47
Level of education	No response	1	0.27
	Never been to school	34	9.21
	Primary	37	10.03
	Secondary	144	39.02
	Professional school	61	16.53
	University	92	24.93
Housing type	Cement blocks	249	67.48
	Wood	90	24.39
	Soil bricks	30	6.78

Respondents knowledge on malaria

A majority (94%) of the respondents attributed malaria to bites from infected mosquitoes. Only 6% had erroneous knowledge on the cause of malaria (Figure 2).

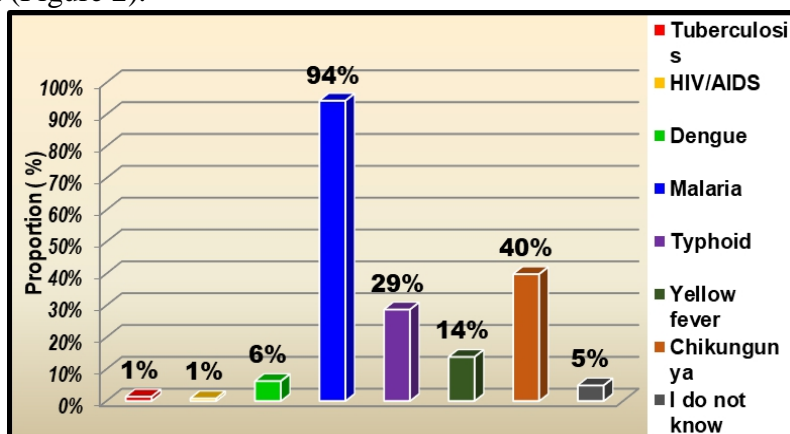


Figure 2. Knowledge of respondents on mosquito as vector of malaria

Respondents knowledge on the different mosquito control approaches

More than eighty percent (80 %) of respondents were aware of the use of insecticide-treated bed nets (ITNs/LLINS) to control malaria. More than 60% of the respondents cleaned around their households to kill mosquitoes (Table 2). The most frequently used insecticide for Indoor Residual Spraying (IRS) to kill mosquitoes was Rambo® (62.06%) and Raid® was rarely used (Table 2).

Table 2. Knowledge of respondents on the fight against malaria vectors

Parameter	Category	Number	Proportion (%)
-----------	----------	--------	----------------

Which method(s) you know is used to fight against mosquitoes	No response	1	0.27
	Fan	112	30.35
	Vaccination	48	13.01
	Mosquito	186	50.41
	Mosquito nets	301	81.57
	Insecticide	193	52.30
	Air conditioner	19	5.15
	Cleaning around homestead	243	65.85
	Others	16	4.34
Types of insecticide brands used to kill mosquitoes	No response	2	0.54
	None	89	24.12
	Rambo®	229	62.06
	ORO®	26	7.05
	Killit®	30	8.13
	Killtox®	4	1.08
	Raid®	1	0.27
	Others	64	17.34

Respondents knowledge, attitudes, Practices, and Beliefs on insecticide-treated bed nets

A high proportion of the respondents used insecticide-treated bed nets to prevent the bites of mosquitoes. Most respondents (82.66%) stated that children as well as adults slept under ITNs. A high number of respondents stated that they used ITNs was all year round. We noted that some respondents did not choose to sleep under ITNs because of the difficulty breathing under such conditions (Table 3).

Table 3. Respondents knowledge, attitudes, practices, and beliefs on the use of insecticide-treated bed nets

Parameters	Category	Number	Proportion (%)
Do you use mosquito nets?	No response	227	61.52
	Yes	105	28.46
	No	37	10.03
Reasons why you do not use mosquito bed nets	No response	328	88.89
	Negligence	11	2.98
	Difficult to use	3	0.81
	I feel heat when sleeping under mosquito bed net	9	2.44

	Difficulty breathing when sleeping under mosquito bed net	16	4.34
	It disturbs me from sleeping	4	1.08
	Others	5	1.36
Persons sleeping under mosquito bed nets	No response	227	61.52
	No body sleeps under mosquito bed nets	21	5.69
	Children between 0 to 5 years old	30	8.13
	Children and adults	99	26.83
	Pregnant women	3	0.81
Which period of the year do you use mosquito bed nets?	No response	1	0.27
	Dry season	8	2.17
	Rainy season	41	11.11
	Throughout the year	305	82.66
	I do not know	14	3.79

It was observed that most of the respondents purchased their ITNs from shops (Table 4). Some that received free ITNs said it was from family members, friends, etc. In Gabon, the price of a mosquito net ranges from 3500 to 8000 FCFA.

Table 4. Source of acquisition of mosquito bed nets

Parameter	Category	Number	Proportion (%)
Mode of acquisition of mosquito nets	No response	228	61.79
	Purchase	106	28.73
	Free	40	10.84

Discussion

Results from surveys on knowledge, attitudes, beliefs and practices are applicable to design or improve malaria control programs, and to identify indicators for a program's effectiveness (Mazigo *et al.*, 2010). The result of our study can be incorporated into the decision-making processes, the design of sustainable interventions with active community participation, and the implementation of sensitization schemes in Gabon. The study population consisted of literate adults who were able to understand our research questions.

About 94% of the respondents were aware that mosquito bites could lead to the transmission of malaria. This observation has also been made in Nigerian communities by Enato *et al.* (2007) and those in Côte d'Ivoire by N'di *et al.* (2020). We noted that in addition to the usage of ITNs, respondents (60%) also cleaned around their buildings to destroy the breeding sites of mosquitoes. This practice of respondents fits perfectly with scientific findings

of Pamba *et al.* (2020a) who reported that abandoned containers as well as natural substrates constituted mosquito breeding sites in Akanda.

Indoor Residual Spraying (IRS) was equally practiced by more than 50% of the respondents. However, the insecticide that was mostly used for the IRS was Rambo® and this could be explained by the fact that it is cheap and available in shops (Mbouloungou *et al.*, 2020). We found that more than 80% of the respondents were aware that the use of ITNs could prevent malaria. This observation has been made by N'dri *et al.* (2020) and Jumbam *et al.* (2020). However, only The respondents reluctance to sleep under ITNs was because it impaired breathing and generated heat. This observation has been made in a similar survey in Angola by Foumane *et al.* (2015) and in Ghana by Owusu *et al.* (2018).

Also, most respondents allowed children and adults to sleep under ITNs and this practice has been observed elsewhere by different authors (Owusu *et al.*, 2018 ; Jumbam *et al.*, 2020).

Most respondents used ITNs throughout the year and this could be due to the annual aggressivity pattern of mosquitoes that makes them use this approach all the time. This observation corroborated the finding of Maghendji-Nzondo *et al.* (2016) and Mbouloungou *et al.* (2019) that malaria cases occurred throughout the year with peak in the short rainy season. We found that most respondents purchased ITNs themselves and only few individuals were provided to them free. Because most individuals prefer to use ITNs donated for free than to purchase, this could explain the low percentage of those who use ITNs to fight malaria in Akanda and its environs.

Conclusion

We noticed that 94% of the respondents were aware of the fact that malaria is transmitted by mosquitoes. More than 80% of them believed that ITNs could prevent malaria infection. However, only 28.5% of respondents reported using ITNs. The use of Indoor Residual Spray (IRS) and cleaning around houses was also practiced. There was no preference in ITNs usage by age cohort or season of the year. The ITNs used by most respondents were purchased. This preliminary finding on the KABP of the indigenes of Akanda and its environs on the use of malaria preventive measures will instruct the malaria control program of Gabon to prepare and execute effective control approaches for this part of the country.

Acknowledgements

Authors thank Merly Trevis Koumba, Darlie Ruth G. Manomba-Koumba and Anastasie Kengue for their technical support during the questionnaire survey.

References:

1. Badger-Emeka, L. I. (2020). The malaria burden : a look at 3 years outpatient malaria clinic visits in a University community town in Southeast Nigeria. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 23(5): 711-719.
2. Beugré, J. M. V., Yao-Acapovi, G. L., Fofana, D., Koné, A. B., Konan, K. L. & Sevidzem, S. L. (2020). Breeding substrates and diversity of *Aedes* species in Peri-urban areas of Côte d'Ivoire. *International Journal of Mosquito Research*, 7(4): 39-44.
1. Diakarida, F., Jean, M. V. B., Yao-Acapovi, G. L. & Sevidzem, S. L. (2019). Risk of Dengue Transmission in Cocody (Abidjan, Ivory Coast). *Journal of Parasitological Research*, 1: 1-7 <https://doi.org/10.1155/2019/4914137>.
2. Enato, E. F., Augustine O., Okhamafe, O., Eugene, E. & Okpere, E. (2007). A survey of knowledge, attitude and practice of malaria management among pregnant women from two health care facilities in Nigeria. *Acta Obstetrica et Gynecologica*, 86: 33-36.
3. Foumane, V., Besnard, P., Le Mire, J., Fortes, F., Dos Santos, M., Carnevale, P. & Manguin, S. (2015). First Knowledge, Attitude and Practices (KAP) Survey of Mosquitoes and Malaria Vector Control at Household Level in Lobito Town (Angola). *Infectious Diseases & Therapy*, 3: 4. <http://dx.doi.org/10.4172/2332-0877.1000230>.
4. Jumbam, D. T., Stevenson, J. C., Matoba J., Grieco, J. P., Ahern, L. N., Hamainza, B, Sikaala, C. H., Chanda-Kapata, P., Esther, I. C., Passwell, M. & Nicole, L. A. (2020). Knowledge, attitudes and practices assessment of malaria interventions in rural Zambia. *Public Health*, 20: 216 <https://doi.org/10.1186/s12889-020-8235-6>.
5. Koumba, A. A., Zinga Koumba, C. R., Mintsu Nguema, R., Obame Ondo, P., Akono Ntonga, P., Sevidzem, S. L., Ketoh, G. K., Djogbenou, L. S., Mavoungou, J. F. (2018). Identification of the *kdr* resistance genes in *Anopheles gambiae* s.l. in the Mouila area, Southwest Gabon. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(3) : 602-607.
6. Leroy, E. M., Nkoghe, D., Ollomo, B., Nze-Nkoghe, C., Becquart, P., Grard, G., Pourrut, X., Charrel, R., Moureau, G., Ndjoyi-Mbiguino, A. & De Lamballerie, X. (2009). Concurrent Chikungunya and Dengue virus infections during simultaneous outbreaks, Gabon, 2007. *Emerging Infectious Diseases*, 15(4) : 591–593.
7. Maghendji-Nzondo, S., Nzoughe, H., Lemamy, G. J., Kouna, L. C., Pegha-Moukandja, I., Lekoulou, F., Mbatchi, B., Toure-Ndouo, F. & Lekana-Douki, J. B. (2016). Prevalence of malaria, prevention

- measures, and main clinical features in febrile children admitted to the Franceville Regional Hospital, Gabon. *Parasite*, 23(32): 1-9.
8. Mathania, M. M., Kimera, S. I. & Silayo, R. S. (2016). Knowledge and awareness of malaria and mosquito biting behaviour in selected sites within Morogoro and Dodoma regions Tanzania. *Malaria Journal*, 15 : 287. DOI 10.1186/s12936-016-1332-4.
 9. Mazigo, H. D., Obasy, E., Mauka, W., Manyiri, P., Zinga, M., Kweka, E. J., Mnyone, L. L. & Heukelbach, J. (2010). Knowledge, Attitudes, and Practices about Malaria and Its Control in Rural Northwest Tanzania. *Malaria Research and Treatment*, 9p. doi:10.4061/2010/794261.
 10. Mbouloungou, A., Koumba, A. A., Mombo, J. B., Ndonghan Iyangui, N., Mavoungou, J. F. & Djeki, J. (2019). Géographie du paludisme dans la région de Libreville-Owendo-Akanda, Gabon. *European Scientific Journal*, 15(2) : 362-382.
 11. Mbouloungou, A., Koumba, A. A., Pamba, R., Zinga Koumba, C. R., Djeki, J., Mombo, J. B. & Mavoungou, J. F. (2020). Utilisation des Insecticides Anti-Moustiques et Risques pour la Santé dans la Région de Libreville et ses Environs (Gabon). *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 19(1): 52-64.
 12. Minsanté-SNIS (2018a). Annuaire statistique année 2017. Ministère de la Santé de la République Gabonaise. Libreville, Gabon, 337p.
 13. Minsanté-SNIS (2018b). Carte sanitaire 2017. Ministère de la Santé de la République Gabonaise. Libreville, Gabon, 215p.
 14. Minsanté-SNIS (2016). Mission de collecte des données en vue d'une cartographie pour établir un état des lieux, des équipements, des usages et perception des TIC des établissements concernés par le Système National d'Information Sanitaire (SNIS). Rapport final de mission, Libreville, 139p.
 15. N'Dri, B. P., Heitz-Tokpa, K., Chouaïbou, M., Raso, G., Koffi, A. J., Coulibaly, J. T., Yapi, R. B., Müller, P. & Utzinger, J. (2020). Use of Insecticides in Agriculture and the Prevention of Vector-Borne Diseases: Population Knowledge, Attitudes, Practices and Beliefs in Elibou, South Côte d'Ivoire. *Tropical Medicine and Infectious Diseases*, 5 : 36. doi:10.3390/tropicalmed5010036 www.
 16. Owusu, E. D. A., Cremers, A. L., Brown, C. A., Mensa, P. F. & Grobusch, M. P. (2018). Knowledge, attitudes and practices regarding malaria in people living with HIV in rural and urban Ghana. *Acta Tropica*, 181 : 16–20.
 17. Pamba, R., Koumba, A. A., Zinga-Koumba, C. R., Sevidzem, S. L., Mbouloungou, A., Yacka, L. L., Djogbenou, L. S., Mavoungou, J. F. & M'Batchi, B. (2020a). Typology of Breeding Sites and Species

Diversity of Culicids (Diptera: Culicidae) in Akanda and its Environs (North West, Gabon). *European Journal of Biology and Biotechnology*, 1(1): 1-6. DOI: <http://dx.doi.org/10.24018/ejbio.2020.1.1.13>.

18. Pamba, R., Koumba, A. A., Zinga Koumba, C. R., Ovono, A. P. M., Itsiembou, L. D., Ogouliguende, S. T., Obame Ondo, P., Sevidzem, S. L., Mints-Nguema, R. & Mavoungou, J. F. (2020b). *Microbes and Infectious Diseases.*, doi: 10.21608/MID.2020.106314.
19. Paupy, C., Kassa Kassa, F., Caron, M., Nkoghe, D. & Leroy, E. M. (2012). A chikungunya outbreak associated with the vector *Aedes albopictus* in remote villages of Gabon. *Vector Borne Zoonotic Diseases*, 12 : 167–169.
20. Sevidzem, S. L., Tchawe, R., Zinga-Koumba, R., Mamoudou, A., Ndjonka, D., & Mavoungou, J. F. (2019). Insecticide coated screen models reduce insect-vector population in a pasture area in Ngaoundere, Cameroon. *Trends Applied Sci. Res.*, 14: 80-89.
21. WHO (2018). *The World Malaria Report 2018*. World Health Organization, Geneva, 210p.
22. Zagui, D. W. G., Fofana, D., Koné, A. B., Konan, K. L., Beugré, J. M. V., Sevidzem, S. L. & Yao-Acapovi, G. L. (2020). Impact of integrated fight against vectors of arboviruses on the epidemic risk indices in six communities of Abidjan, Côte d'Ivoire. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(4): 33-36.
23. Zahouli, B. J. Z. (2017). *Anthropogenic impacts on Aedes mosquitoes community dynamics in Côte d'Ivoire*. Ph.D. dissertation, University of Basel, Switzerland, 173p.

Prevalence Des Maladies Stomatologiques En Milieu Cardiologique Dans Les Hopitaux Nationaux De Niamey

Moussa M.

Service d'odontostomatologie de l'Hôpital National de Niamey

Kolié A.

Camara A.

Faculté des Sciences et Techniques de la Santé, Département d'odontologie,
Université Gamal Abdel Nasser de Conakry

Kourouma A.

Service d'odonto-Stomatologie et de Chirurgie Maxillo-faciale de l'Hôpital
National d' Ignace Deen (CHU de Conakry)

Saley M.

Touré A.

Service de Cardiologie et Maladies Cardiovasculaires de l'Hôpital Lamordé
de Niamey

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p180](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p180)

Submitted: 27 January 2021

Accepted: 05 April 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Moussa M., Kolié A., Camara A., Kourouma A., Saley M. & Touré A. (2021). Prevalence Des Maladies Stomatologiques En Milieu Cardiologique Dans Les Hopitaux Nationaux De Niamey. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 180.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p180>

Résumé

Objectif: Déterminer la prévalence des maladies stomatologiques en milieu cardiologique dans le service de stomatologie de l'Hôpital National de Niamey.

Patients et Méthodes: Il s'agissait d'une étude prospective à-propos de 104 cas recensés en 5 mois (1er Novembre 2017 au 31 Mars 2018). Ont été inclus dans l'étude, les patients hospitalisés ou envoyés par le service de cardiologie ayant consenti à l'étude et présentant une (ou des) affection stomatologique. N'ont pas fait partie de l'étude tous les patients ne répondant pas aux critères sus cités. Les variables étudiées étaient le sexe, l'âge, la clinique, l'épidémiologie et la thérapeutique.

Résultats: Soixante-dix patients avec une affection stomatologique soit 67,3% ont été adressés par le service de cardiologie et 34 patients avec une affection cardiologique soit 32,7% ont été vus au service service de stomatologie. 62 patients soit 59,6% étaient vus en consultation et 42 patients soit 40,4% étaient hospitalisés. Une prédominance féminine était notée dans 58,7% des cas. La tranche d'âge de 50 et 59 ans était la plus concernée avec un âge moyen de 30,8ans. La carie dentaire était retrouvée dans 59,6% des cas et la cardiopathie hypertensive dans 65,4 %. Le traitement était axé sur le brossage dentaire effectué dans 40,4% des cas, le régime hyposodé dans 90,4% des cas, les IEC dans 50% des cas, les diurétiques dans 35,6% des cas et l'antibiothérapie dans 34,6%. L'évolution sous traitement des deux affections était favorable à plus de 80%.

Conclusion: L'étude a permis de dégager la prévalence des maladies stomatologiques et cardiovasculaires à l'Hôpital National de Niamey et l'Hôpital National de Lamordé et d'avoir une perspective thérapeutique adéquate permettant une bonne évolution de l'état de santé des patients.

Mots clés: Prévalence, Stomatologie, Milieu Cardiologique, Niamey, Niger

Prevalence Of Stomatological Diseases In A Cardiological Environment In The National Hospitals Of Niamey

Moussa M.

Service d'odontostomatologie de l'Hôpital National de Niamey

Kolié A.

Camara A.

Faculté des Sciences et Techniques de la Santé, Département d'odontologie,
Université Gamal Abdel Nasser de Conakry

Kourouma A.

Service d'odonto-Stomatologie et de Chirurgie Maxillo-faciale de l'Hôpital
National d' Ignace Deen (CHU de Conakry)

Saley M.

Touré A.

Service de Cardiologie et Maladies Cardiovasculaires de l'Hôpital Lamordé
de Niamey

Abstract

Aim: To determine the prevalence of stomatological diseases in a cardiological environment in the stomatology department of the National Hospital of Niamey.

Patients and Methods: This was a prospective study of 104 cases identified in 5 months (November 1, 2017 to March 31, 2018). Included in the study were patients hospitalized or referred by the cardiology department, who consented to the study and presented one or more stomatologic disease. All patients who meet the above criteria were included in the study. The variables studied were sex, age, clinic, epidemiology, and therapy.

Results: Seventy patients with a stomatological condition, i.e., 67.3%, were referred by the cardiology service. 34 patients with a cardiological condition or 32.7% of them were seen in the stomatology service. 62 patients or 59.6% were seen in consultation and 42 patients or 40.4% were hospitalized. A female predominance was noted in 58.7% of cases. The 50 and 59 age group was the most affected with an average age of 30.8 years. Dental caries was found in 59.6% of cases and hypertensive heart disease in 65.4%. The treatment focused on tooth brushing performed in 40.4% of cases, a low sodium diet in 90.4% of cases, ACE inhibitors in 50% of cases, diuretics in 35.6% of cases, and antibiotic therapy in 34.6% of cases. The outcome under treatment for both conditions was more than 80% favorable.

Conclusion: The study made it possible to identify the prevalence of stomatological and cardiovascular diseases at the National Hospital of Niamey and the National Hospital of Lamordé. It also provided an adequate therapeutic perspective that allows a good evolution of the state of health of the patients.

Keywords: Prevalence, Stomatology, Cardiological Environment, Niamey, Niger

Introduction

Les affections bucco-dentaires sont considérées parmi les maladies les plus répandues dans le monde en raison de leur prévalence et leur incidence élevées (Ameziane et al., 2014).

Ces affections constituent selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), le 3^{ème} fléau mondial après les maladies cardio-vasculaires et les cancers (Ameziane et al., 2014). Il est communément admis que les désordres oraux puissent avoir une influence sur certaines maladies systémiques à support inflammatoire et /ou vice versa, bien que jusqu'à présent les mécanismes impliqués dans d'éventuels liens de causalité ne soient pas clairement élucidés (Abdel-malak et al., 2018). Les maladies parodontales, qui sont des infections bactériennes peuvent avoir une influence sur les maladies cardiovasculaires (Parodontites, 2018). L'objectif de cette étude était de déterminer la prévalence des maladies stomatologiques en milieu cardiologique dans le service de stomatologie de l'Hôpital National de Niamey.

Patients et méthodes

Il s'agissait d'une étude prospective de type descriptif réalisée dans les services de stomatologie de l'Hôpital National de Niamey et le service de cardiologie de l'Hôpital National Lamordé de Niamey. L'étude avait duré cinq(5) mois, du 1 Novembre 2017 au 31 Mars 2018. Etaient inclus dans l'étude, les patients hospitalisés ou venus en consultation ayant consenti à l'étude, et présentant une (ou des) affection stomatologique et cardiovasculaire, dans le service de stomatologie de l'HNN. L'état général des patients a été jugé selon la classification de l'OMS de 0 à 4 (stade 0, patient capable d'une activité identique à celle précédant la maladie, stade1 l'activité physique diminuée mais ambulatoire capable de mener un travail, stade2 ambulatoire et capable de prendre soin de lui, incapable de travailler, stade3 alité ou chaise supérieur à 50% de temps, stade4 incapable de prendre soin de lui alité ou chaise en permanence). Des traitements stomatologiques et cardiovasculaires ont été administrés selon leur état de santé. Les variables étudiées étaient le sexe, l'âge, la clinique, l'épidémiologie et la thérapeutique. Le mode de recrutement des malades était une fiche d'enquête conçue à cet effet.

Résultats

Dans cette étude on note une prédominance féminine de l'ordre de 58,7% (61 patients) contre 41,3% (43 patients) soit un sex ratio F/ H de 1,42. La tranche d'âge de 50 et 59ans était la plus représentée. L'âge moyen des patients était de 30,8ans.

Tableau I. Répartition des patients selon le mode d'entrée

62 patients soit 59,6% étaient vus à la consultation et 42 patients soit 40,4% étaient hospitalisés dans les deux services.

Mode d'entrée	Fréquence	Pourcentage
Consultation	62	59,6
Hospitalisation	42	40,4
Total	104	100

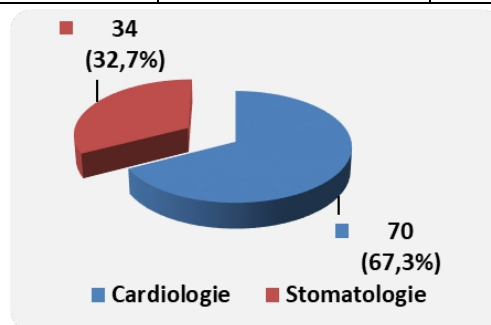


Figure 1. Répartition des patients par service

70 patients avec une affection stomatologique soit 67,3% provenaient du service de cardiologie et 34 patients avec une affection cardiologique soit 32,7% étaient vus au service de la stomatologie.

Tableau II. Répartition des patients selon l'âge
La tranche d'âge de 50 et 59ans était prédominante avec 32 patients soit 30,80%

Age	n	Pourcentage
< 20	3	2,88
20-29	4	3,85
30-39	12	11,50
40-49	13	12,5
50-59	32	30,80
60-69	23	22,10
≥ 70	17	11,9
Total	104	100

Dans cette série on note une prédominance féminine 61 patientes (58,7%) contre 43 patients(41, 3%) soit un Sex ratio H/F de 0,70. La majorité des patients avaient un facteur de risque cardiovasculaire soit suivi, mal suivi ou pas du tout suivi avec comme chef de file l'hypertension artérielle 77 patients soit 74% cas.

Tableau III. Répartition des patients selon la fréquence des pathologies stomatologiques
La carie dentaire était la pathologie la plus rencontrée chez 62 patients soit 59,6% des cas

Pathologies stomatologiques	Fréquence	Pourcentage
Gingivite	32	30,8
Parodontite	53	51
Carie dentaire	62	59,6
Autres pathologies	20	20,8

Tableau IV. Répartition des patients en fonction de la pathologie cardio- vasculaire

Les pathologies cardiovasculaires étaient dominées par l'hypertension artérielle chez 68 patients soit 65,4% des cas

Pathologies cardiovasculaires	Fréquence	Pourcentage
Cardiopathie hypertensive	68	65,4
Cardiopathie ischémique	14	13,5
Valvulopathies	19	18,3
Trouble du rythme	5	4,8
Péricardite	2	1,9
AVC	6	5,8
Thrombophlébite	1	1

Dans cette étude, le stade I de l'OMS était l'état général le plus rencontré chez 29 patients soit 27,9% des cas .Le souffle cardiaque était le signe physique le plus retrouvé chez 17 patients soit 16,3% des cas.

Tableau V. Répartition des patients en fonction des autres signes physiques
 Les autres signes physiques étaient dominés par les œdèmes des membres inférieurs chez 21 patients soit 20,2%

Autre signes physiques	Fréquence	Pourcentage
Hépatomégalie	8	7,7
Splénomégalie	1	1
Ascite	6	5,8
Hémiplégie	6	5,8
Paralysie faciale	2	1,9
Œdèmes des membres inférieurs	21	20,2

Tableau VI. Répartition des patients en fonction des règles d'hygiène bucco-dentaire
 Le brossage dentaire était la mesure d'hygiène bucco-dentaire la plus observée avec 42 patients soit 40,4% des cas.

Règle d'hygiène	Fréquence	Pourcentage
Brossage dentaire	42	40,4
Détartrage	32	30,8

Tableau VII. Répartition des patients en fonction du traitement stomatologique, cardiovasculaire et adjuvants

73,1% des patients utilisent le bain de bouche. 52 patients étaient sous les inhibiteurs de l'enzyme de conversion soit 50% des cas.

Traitement stomatologique	Fréquence	Pourcentage
Bain de bouche	76	73,1
AINS	37	35,6
Antibiotiques	42	40,4%
AIS	1	1
Autres traitements*	73	70,2%
Traitement cardiovasculaire		
Antibiotiques	36	34,6
IEC	52	50
Diurétiques	37	35,6
Bétabloquants	21	20,2
Vasodilatateur	2	1,9
Digitaliques	2	1,9
Anticoagulants	6	5,8
Anti agrégeant plaquettaire	26	25
AINS	18	17,3

*Autres traitements : curetage 3,8%, brossage dentaire 4,8%, extraction dentaire 24,03%, prothèse dentaire 1,9%.

L'évolution des pathologies cardiovasculaires et stomatologiques était favorable dans l'ordre de 87,5% et 82,7% des cas.

Discussion

Soixante-dix patients avec une affection stomatologique soit 67,3% ont été adressés du service de cardiologie et 34 patients avec une affection cardiologique soit 32,7% étaient du service de stomatologie. 62 patients soit 59,6% étaient reçus en consultation et 42 patients soit 40,4% étaient hospitalisés. Dans cette série on note une prédominance féminine (61 patients) soit 58,7% contre 43 hommes soit 41,3% et le sex ratio H/F était de 0,70 contrairement aux résultats de Rasoariseheno FJ en 2012 qui avait rapporté un sex ratio de 1,10 [4]. La tranche d'âge de 50 et 59 ans avec un âge moyen de 30,8ans était la plus touchée par les affections cardio-vasculaires et stomatologiques dans cette étude. Rasoariseheno FJ avait rapporté un âge moyen de 45,48 (Rasoariseheno et al., 2012). Il a été révélé dans cette enquête que le plus grand nombre des hospitalisés avaient un âge compris entre 60 et 70 ans. Cela correspondrait à l'âge des décompensations cardio-vasculaires et tous les patients de cette tranche d'âge cumulent au moins deux pathologies bucco-dentaires notamment la carie dentaire et la parodontite (Abdelgani, 2015). La majorité des patients avaient un facteur de risque cardiovasculaire soit suivi, mal suivi ou pas du tout suivi ce qui engendre des décompensations fréquentes (Meyer et al., 1998). Des signes cliniques tels que les œdèmes des membres inférieurs avaient été retrouvés dans 20,2% des cas. 17 patients présentaient un état général au stade IV de la classification de l'OMS et 17 autres avaient des souffles cardiaques. Le taux de la carie dentaire chez nos patients était très élevé (59,6%), les parodontites (51%) et les gingivites (30,8%). Ces résultats rejoignent ceux de Rakoto alson S et al. (Rakoto alson et al., 2011). On note une nette amélioration de l'état de santé des patients par la régressions des signes cliniques recueillis à l'arrivée du malade à la première consultation après la mise en place du traitement et le respect de l'hygiène bucco-dentaire. Il a été démontré que des soins adéquats bucco-dentaires associés à un nettoyage fait par un professionnel et/ou avec l'utilisation de composés antimicrobiens peuvent combattre la plaque dentaire (Annuaire statistique régional de Niamey, 2014). Les scores obtenus concernant l'hygiène bucco-dentaire sont comparables aux valeurs retrouvées dans la plupart des études africaines (Seck-Diallo, 2009). Dans cette série, l'hygiène bucco-dentaire à travers le brossage dentaire était observé chez 40,4% des patients. Ces résultats sont différents à ceux rapportés par Rakoto alson S et al. (2011) où 84,2% de la population avaient utilisé des adjuvants de brossage. Rasoariseheno et al. (2012) avaient rapporté quant à eux seulement 11,2% des patients avaient déclaré se brosser les dents. Cela pourrait s'expliquer par la non sensibilisation des patients sur l'influence de la maladie parodontale, sur leur état général et avec l'évolution négative de leurs cardiopathies préexistantes. Dans cette étude la cardiopathie hypertensive était dominante dans 65,4% des cas, la valvulopathie 18,3% des cas et la

cardiopathie ischémique 13,5% des cas. Ces résultats avaient été largement partagés par beaucoup d'auteurs notamment (Rasoariseheno et al., 2012 ; Rakoto alson et al., 2011). Le traitement instauré a permis la régression des signes cliniques dans les deux affections (cardiovasculaires et stomatologiques) les antalgiques, les antibiotiques, l'hygiène bucco-dentaire, les bains de bouche, les antihypertenseurs, notamment les antiagrégants plaquettaire, les inhibiteurs de l'enzyme de conversion, les bêta bloquants, les diurétiques étaient les principaux médicaments dans la prise en charge de nos malades. Cela avait permis une bonne évolution de l'état de santé des patients jusqu'à un taux de 87,5% pour la maladie cardiovasculaire et 82,7% pour la maladie stomatologique. Les difficultés rencontrées au cours de cette étude résidaient dans le recrutement des patients qui étaient dans deux hôpitaux nationaux très éloignés l'un de l'autre, à cela s'ajoute la réticence de certains patients pour cette étude.

Conclusion

La grande fréquence des affections bucco-dentaires, leur retentissement sur l'état général et sur la qualité de vie, ainsi que leur répartition très inégale dans la population, en font une question de santé publique à part entière. Un état bucco-dentaire altéré est susceptible d'avoir des répercussions sur les affections cardio-vasculaires, respiratoires, endocriniennes, rénales, dermatologiques.

References:

1. Ameziane, R., Elwady, W., Chbicheb, S. et al. (2014). Guide de promotion de la santé bucco-dentaire Ministère de la Santé Maroc Edit ,4-30.
2. Annuaire Statistique Régional de Niamey 2010 – 2014. (Edition 2015). République du Niger INS Niger.
3. Abdel-Malak, C. & Mokbel, N. (2018). Maladies parodontales et diabète type 1: enquête observationnelle . Article scientifique [en ligne].2016, IAID vol. 7-Issue, disponibilité sur: <https://ojs.usj.edu.lb/ojs/index.php/iajd/article/download/275/161>.
4. Institut clinident. [En ligne]<https://docplayer.fr/-Recherche-identification-et-quantification-des-bacteries>.
5. Les parodontites (2018). Recherche, identification et quantification des bactéries parodontopathogènes , parodontites: Recherche, Identification et Quantification des bactéries - DocPlayer.fr
6. Meyer, MW., Gong, K., & Herzberg, MC. (1998). Streptococcus sanguis induced platelet clotting in rabbits and hemodynamic and cardiopulmonary consequences. Infect. Immun., 66 (12):5906- 5914.

7. Rakotoalson, S., Ramanoson, J., RAlaia rimanana, LFE. et al. (2011). Santé parodontale dans la région de Menabé à Madagascar. Rosmel , 3: 18-28.
8. Roariseheno, FJ., Raveloson, AE., Rakotoarivony et al. (2012). Relation entre maladies parodontales et maladies cardiovasculaires à Madagascar. Revue d'odontostomatologie malgache ; volume 5, 16-26.
9. Seck-Diallo, A., Diouf, A., Benoist, H.M. (2009). Maladie parodontale et affections cardiovasculaires en milieu hospitalier à DAKAR Rev. Iv. Odonto-Stomatol., vol. 11, n° 1, 6-15.



Single Versus Combined Forecasting: The Case Of Wind Run Data

Bushirat T. Bolarinwa

Ismaila A. Bolarinwa

Department of Statistics

The Federal Polytechnic, P.M.B. 55, Bida, Niger State, Nigeria

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p189](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p189)

Submitted: 14 January 2021

Accepted: 03 June 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Bolarinwa T. Bushirat & Bolarinwa A. Ismaila. (2021). *Single Versus Combined Forecasting: The Case Of Wind Run Data*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 189.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p189>

Abstract

This article compared single to combined forecasts of wind run using artificial neural networks, decomposition, Holt-Winters' and SARIMA models. The artificial neural networks utilized the feedback framework while decomposition and Holt-Winters' approaches utilized their multiplicative versions. Holt-Winters' performed best of single models but ranked fourth, of all fifteen models (single and combined). The combination of decomposition and Holt-Winters' models ranked best of all two-model combinations and second of all models. Combination of decomposition, Holt-Winters' and SARIMA performed best of three-model combinations and ranked first, of all models. The only combination of four models ranked third of all models. The accuracy of single forecast should not be underestimated as a single model (Holt-Winters') outperformed eleven combined models. It is therefore, evident that inclusion of additional model forecast does not necessarily improve combined forecast accuracy. In any modeling situation, single and combined forecasts should be allowed to compete.

Keywords: Forecasting Model, Combined Forecast, Wind Run, Time Series

Introduction

Courtesy of improved availability of computing facilities, it has become the practice to analyze time series data using a number of models. Because of inadequacies of single models in generating forecasts with desired level of accuracy sometimes, researchers have devised ways of improving the forecasts. Such efforts include combining forecasts from various models to arrive at single forecasts. The forecasts can be combined in various ways. Simple arithmetic mean and the median are some of the methods in the literature. Research involving combinations of forecasts include Bates and Granger (1969), Newbold and Granger (1974), Reid in Kendall and Ord (1990), Palm and Zelner (1992), and Aksu and Gunter (1992). More recent efforts include Zou and Yang (2004), Chen (2011), Clements and Harvey (2011), Constantini and Kunst (2011). Mancuso and Werner (2013) and Firmino, Neto and Ferreira (2014) provide good reviews of methods for combining forecasts.

Efforts at modeling wind run include Mohandes, Halawani, Rehman, and Hussain (2004), Jiang, Qin, Wu, and Sun (2015), Ambach (2016), Doucoure, Agbossou and Cardinas (2016), Iversen, Morales, Moller and Madsen (2016), Niu, Wang, Zhang and Du (2018). Others are Qureshi, Khan, Zameer, and Usman (2017), Sun and Wang (2018), Sun, Jiang, Cheng, Liu, Wang, Fu and He (2018), Zhang, Yang, Guo and Zhao (2019), Jiang, Li and Li (2019), Nie, Bo, Zhang and Zhang (2020), Aslam (2020), Behnken, and Wächter and Peinke (2020). Although several methods for combining forecasts appear to be appealing, the fact remains that a simple average of forecasts might just be sufficient a combination for attaining desired level of accuracy.

The question of whether a single or a combined forecast is desirable depends on the data in question. Model performance does not also depend on sophistication. In modeling, parsimony is key. Emphasis should be on not just performance but also on simplicity. The simpler a model is, the more stable it tends to be. Complicated models can be very erratic. The logic behind combining forecasts is to improve accuracy by exploiting strength inherent in the individual models from which forecasts are generated. Elegance is clearly not the reason for combining forecasts. As fundamental as the decomposition method may appear to be, it could outperform sophisticated methods like SARIMA and its variants and even artificial neural networks models in a particular modeling situation. The performance of forecasts (based on a clearly defined criterion) on out-of-sample data is paramount. When single and combined forecasts are compared, the decision as to whether a single or combined forecast is appropriate can be objectively taken.

The focus of the article is to investigate the performance of four univariate time series models (Artificial neural networks (ANN),

Decomposition, Holt-Winters' and SARIMA) and their combinations on wind run data.

The remainder of this article is arranged as follows: Section 2 presents the Theoretical Framework while Section 3 presents the Methodology. Results and Discussion is presented in Section 4 while the last section presents the Conclusion.

Theoretical Framework

Artificial Neural Networks (ANN) Model

Traditional methods for analyzing time series include decomposition, exponential smoothing, SARIMA which are linear in nature. Meanwhile, not all series have linear underlying data generating process. To overcome the inability of linear models to capture nonlinearity that characterizes some time series data sets, ANN models among others came into being. It is a recent development and is gaining patronage by researchers owing to its capacity to model nonlinear phenomena. ANN models are a flexible, soft computing framework for modeling a broad range of non-linear problems (Zhang, 2003). They are termed *universal approximators* owing to their capacity to approximate a broad range of functions with high accuracy. Because of their capacity to model complex nonlinear systems, they have been identified as a viable alternative to traditional time series methods. According to Zhang, Patuwo and Hu (1998), a single hidden layer feedback network is the most widely used for modeling and forecasting time series. This network typically has an input layer, a hidden layer and an output layer. The relationship between the input y_{t-i} ($t=1, 2, \dots, p$) and the output y_t for a one-output layer feedback model has the form

$$y_t = g \left[\alpha_0 + \sum_{j=1}^h \alpha_j f \left(\beta_{0j} + \sum_{i=1}^p \beta_{ij} y_{t-i} \right) \right] \quad (1)$$

where

α_i, β_{ij} ($i = 0, 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, \dots, h$) are model parameters often called *connection weights*; f and g are respectively activation functions for hidden and output layers.

Decomposition Model

This is one of the oldest time series models. It is based on the theory that the time series variable is made up of four components (trend (T), seasonal (S), cyclical (C) and irregular (I)) which interact multiplicatively resulting in the multiplicative model

$$y_t = T.S.C.I \quad (2)$$

or additively yielding

$$y_t = T + S + C + I \quad (3)$$

Whenever it is desired to model seasonal data, emphasis is on seasonal rather than cyclical and hence, the cyclical component is merged into the irregular so that (2) becomes

$$y_t = T.S.I \quad (4)$$

and (3) translates to

$$y_t = T + S + I \quad (5)$$

Cyclical component is emphasized for nonseasonal data modeling. Unlike several time series models whose parameters do not lend themselves readily to meaningful interpretation, the decomposition model parameters have clear and meaningful interpretations.

Holt-Winters' (H-W) Model

The exponential family of time series models started with the development of a single exponential smoothing model. The model was extended to incorporate trends by Holt (1957). This is called Double exponential smoothing model. Winters (1960) extended Holt (1957) model to include seasonal components resulting in H-W model. This model has two variants, namely the additive and the multiplicative version.

The additive version is of the form

$$l_t = \alpha(y_t - s_{t-p}) + (1 - \alpha)(l_{t-1} + b_{t-1}) \quad (6a)$$

$$b_t = \beta(l_t - l_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (6b)$$

$$s_t = \delta(y_t - l_t) + (1 - \delta)s_{t-p} \quad (6c)$$

$$\hat{y}_{t+k} = l_t + kb_t + s_{t-k-p} \quad (6d)$$

where $0 < \alpha < 1; 0 < \beta < 1$ and $0 < \delta < 1$; α, β and δ are smoothing constants accounting for the level, trend and the seasonal components respectively). l_t, b_t and s_t are smoothed estimates of the level, trend and the seasonal components at time t respectively. p is seasonality and equals 12 and 4 respectively for monthly and quarterly data. \hat{y}_{t+k} is the k -step-ahead forecast.

The H-W method requires initial values to begin the estimation process. The values are

$$l_p = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p y_i$$

$$b_p = \frac{1}{p^2} \sum_{i=1}^p (y_{p+i} - y_i) \quad \text{and}$$

$$s_i = y_i - l_p \quad i = 1, 2, \dots, p$$

The multiplicative version of the H-W model is of the form

$$l_t = \alpha \frac{y_t}{s_{t-p}} + (1 - \alpha)(l_{t-1} + b_{t-1}) \quad (7a)$$

$$b_t = \beta(l_t - l_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (7b)$$

$$s_t = \delta \frac{y_t}{l_t} + (1 - \delta)s_{t-p} \quad (7c)$$

$$\hat{y}_{t+k} = (l_t + kb_t)s_{t-k-p} \quad (7d)$$

The initial values for the multiplicative model differ from those of additive model in respect of the seasonal component, s_i . In this case,

$$s_i = \frac{y_i}{l_p} \quad i = 1, 2, \dots, p$$

SARIMA Model

SARIMA model is a linear model in which the time series variable y_t is assumed to be a function of its lagged values and some random shocks. The model was developed by Box and Jenkins (1976).

SARIMA (p, d, q) X (P, D, Q) is of the form

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D y_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)\varepsilon_t \quad (8)$$

where p, d, q are integers and represent the number of autoregressive parameters, the order of nonseasonal differencing and number of moving average parameters in the model respectively. P, D and Q are seasonal counterparts of p, d and q . When P, D and Q are all zero, SARIMA becomes ARIMA. This is appropriate when data is not seasonal. If in addition, $d = 0$, ARIMA becomes ARMA implying that no differencing is required on the data to attain stationarity.

Fitting SARIMA models is iterative in nature and entails the following:

- i) Postulate general class of models
- ii) Identify a tentative model
- iii) Estimate parameters of identified model

- iv) Perform diagnostic checking
- v) Use model for forecasting and control.

Methodology

Data

Average monthly wind run data covering January 2000 to December 2015 were collected from NCRI, Baddegi, Bida, Niger State, Nigeria. Data for January 2000 to December 2014 were used for modeling while the remaining data were used for out-of-sample model performance.

Model and Estimation

Four models (ANN, Decomposition, H-W and SARIMA) were involved in the study.

ANN Model

The ANN model fitted is of the form stated in (1). Six different model architectures:

$$\text{ANN} (12, h, 1) \quad h = 1, \dots, 6$$

were fitted.

The models were estimated (trained) by a method known as *backpropagation learning algorithm*. The activation function for the hidden and the output layer is bipolar sigmoid function defined:

$$f(x) = \frac{1 - \exp(-x)}{1 + \exp(-x)} \quad (9)$$

Decomposition Model

The multiplicative model of form (4) was fitted. The trend was represented by a simple linear model whose parameters were estimated by ordinary least squares while the seasonal component was estimated by ratio-to-moving average method.

Holt-Winters's Model

The multiplicative version of the Holt-Winters' model specified in (7a) to (7d) was fitted.

The smoothing parameters were each allowed to take on 0.1, 0.2, ..., 0.9. A total of 729 parameter combinations were involved and the best combination was selected on the basis of 1-step-ahead mean square error. The resulting model was then used for forecasting.

SARIMA Model

SARIMA model of the form specified in (8) was fitted. Model parameters were estimated by nonlinear least squares. Diagnostic procedure adopted Ljung-Box statistics due to Ljung and Box (1978). Just like the other diagnostic tests, it is based on the principle that for model adequacy, the residuals should behave like a *white noise process*.

Principle for Combining Forecasts

Forecasts were combined by taking arithmetic mean of single forecasts. This remains the most employed method for combining forecasts.

The naming nomenclature for the models follows:

- ANN: A
- Decomposition: D
- H-W: H
- SARIMA: S

A combination of models was indicated by '+', sign. For example, A+D implies a combination of ANN and decomposition models.

Results and Discussion

Results of analysis are hereby, condensed and discussed.

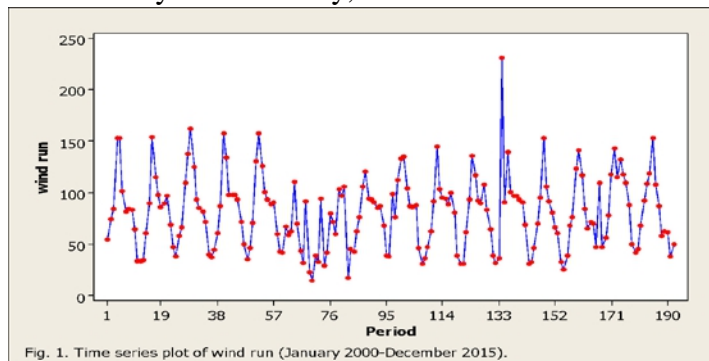


Fig.1 presents the time plot of the wind run data. The data exhibit marked seasonality. Except for an obvious spike, the pattern is consistent.

Table 1. Mean square errors of ANN models

Model	MSE
ANN(12, 1, 1)	1841.443
ANN(12, 2, 1)	1290.777
ANN(12, 3, 1)	1286.062
ANN(12, 4, 1)	1256.616
ANN(12, 5, 1)	1254.338*
ANN(12, 6, 1)	1404.694

Table 1 presents the mean square errors for the six fitted ANN models. ANN (12, 5, 12) has produced the least MSE and was hence used to forecast values for January to December 2015. The forecasts are presented in Table 2.

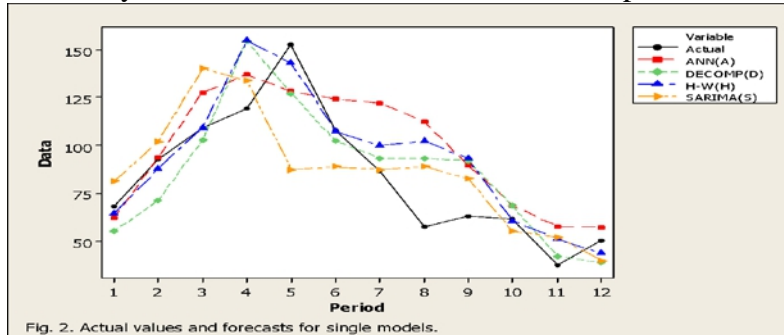


Fig. 2. Actual values and forecasts for single models.

Actual values and forecasts (for January to December 2015) of single models are presented in Fig. 2. The forecasts expectedly portray a mixture of underestimation and overestimation by the individual models. Some of the forecasts are widely different between models.

Table 2. Forecasts, MSE and overall ranking of single models

Period	Actual value	Model			
		ANN	DECOMP	H-W	SARIMA
Jan	68.18	62.3907	55.3048	64.3429	81.538
Feb	92.7	93.7621	71.3321	87.8622	101.951
Mar	109.12	127.7325	102.8621	109.4224	140.150
Apr	119.09	136.9394	154.3041	154.7129	133.915
May	152.70	128.4807	127.1996	143.0960	87.404
Jun	108.07	124.1186	102.4828	107.4531	88.968
Jul	86.92	122.1879	93.5010	99.9193	87.404
Aug	57.77	112.5253	93.3998	102.2596	88.968
Sept	63.0	89.5391	91.8983	93.1742	82.716
Oct	61.64	68.6437	68.4629	60.6469	55.328
Nov	37.8	57.8023	42.3627	51.4530	52.407
Dec	50.34	57.4463	38.9580	44.0435	39.987
MSE	-	582.4781	410.6553	390.4711	649.8144
Rank		14	8	4	15

Table 2 presents the actual values and forecasts for January to December 2015, the period set aside for comparison purposes. Out of four single models, Holt-Winters' produced the least mean square error of 390.4711 based on forecasts for 12 months. Holt-Winter's is next, followed by ANN and SARIMA is the last. The Holt-Winter's model is ranked fourth however, of the fifteen cases (single and combined) considered. The simpler models (Decomposition and Holt-Winter's) have outperformed the

sophisticated models in this instance. This implies that model performance in a particular situation does not depend on sophistication but rather on suitability for the data. Simpler models can outperform more sophisticated models in several instances.

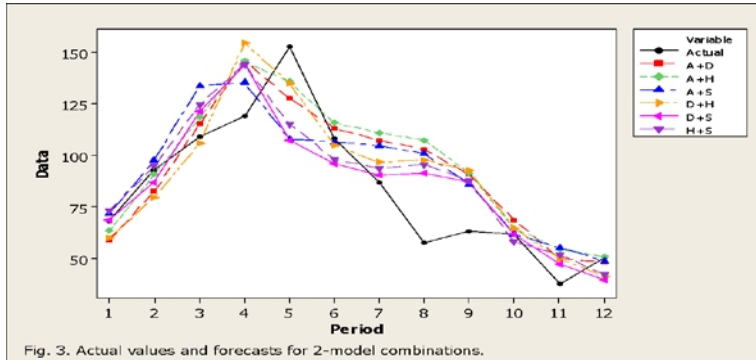


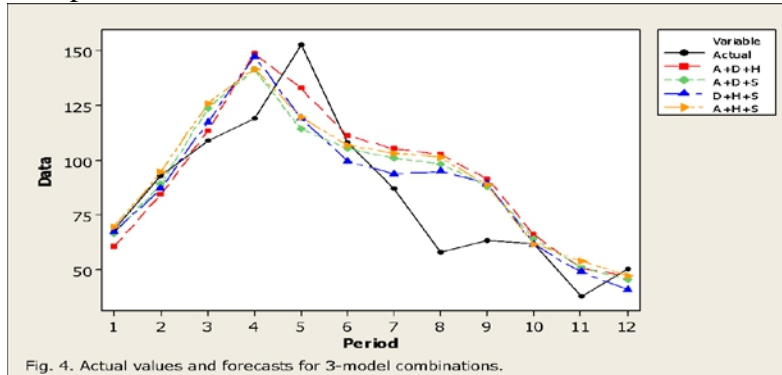
Fig. 3 is a plot of actual values and forecasts for six 3-model combinations involved. The scenario portrayed is a little different from that of single models. Differences between forecasts have closed up.

Table 3. Forecasts, MSE and overall ranking of combinations of two models

Period	Actual value	Model					
		A+D	A+H	A+S	D+H	D+S	H+S
Jan	68.18	58.8478	63.3668	71.9644	59.8239	68.4214	72.9405
Feb	92.7	82.5471	90.8122	97.8566	79.5972	86.6416	94.9066
Mar	109.12	115.2973	118.5775	133.9413	106.1423	121.5061	124.7862
Apr	119.09	145.6218	145.8262	135.4272	154.5085	144.1096	144.314
May	152.70	127.8402	135.7884	107.9424	135.1478	107.3018	115.25
Jun	108.07	113.3007	115.7859	106.5433	104.968	95.7254	98.2106
Jul	86.92	107.3007	111.0536	104.796	96.7102	90.4525	93.6617
Aug	57.77	102.9626	107.3925	100.7467	97.8297	91.1839	95.6138
Sept	63.0	90.7187	91.3567	86.1276	92.5363	87.3072	87.9451
Oct	61.64	68.5533	64.6453	61.9859	64.5549	61.8955	57.9875
Nov	37.8	50.0825	54.6277	55.1047	49.9079	47.3849	51.93
Dec	50.34	48.2022	50.7449	48.7167	41.5008	39.4725	42.0153
MSE	-	419.1956	443.1515	494.4266	380.429	413.2819	399.2567
Rank		11	12	13	2	9	6

Combined forecasts for two-model combinations are presented in Table 2. Model (D+H), signifying combination of Decomposition and Holt-Winters' forecasts outperformed other models in this category. The combination is ranked second of all cases under consideration. It has outperformed all single model forecasts. This implies that combined forecasts do not necessarily outperform single forecasts. For instance, decomposition

and H-W models have individually performed better than all 2-model forecasts except combined decomposition and H-W models. This is understandable since the two models have performed better than other single models in their individual capacities.



Only four 3-model cases are involved. The forecasts are depicted in Fig. 4. The figure portrays a scenario where forecasts are not radically different, similar to that of 2-model combinations.

Table 4. Forecasts, MSE and overall ranking of combinations of three models

Period	Actual value	Model			
		A+D+H	A+D+S	D+H+S	A+H+S
Jan	68.18	60.6795	66.4112	67.0619	69.4239
Feb	92.7	84.3188	89.0151	87.0484	94.5251
Mar	109.12	113.339	123.5815	117.4782	125.7683
Apr	119.09	148.6521	141.795	147.644	141.8558
May	152.70	132.9254	114.3614	119.2332	119.6602
Jun	108.07	111.3515	105.1898	99.6346	106.8466
Jul	86.92	105.2027	101.031	93.6081	103.1704
Aug	57.77	102.7282	98.2977	94.8758	101.251
Sept	63.0	91.5372	88.0511	89.2628	88.5395
Oct	61.64	65.9178	64.1449	61.4928	61.5395
Nov	37.8	50.5393	50.8573	48.7409	53.8874
Dec	50.34	46.8159	45.4638	40.9962	47.1589
MSE	-	398.5755	407.1498	368.922	413.8417
Rank		5	7	1	10

Table 3 presents all possible combinations of three models. Model (D+H+S) is not only the best in this category, it is the overall best of all combinations as it is ranked first. Once again, the individual performances of decomposition and H-W have come into play. The two combined with SARIMA model have produced the overall best model. This is an interesting output of combination of simplicity with sophistication.

Table 5. Forecasts, MSE and overall ranking of a combination of four models

Period	Actual value	A+D+H+S
Jan	68.18	65.8941
Feb	92.7	88.7269
Mar	109.12	120.0418
Apr	119.09	144.9679
May	152.70	121.5451
Jun	108.07	105.7556
Jul	86.92	100.7531
Aug	57.77	99.2882
Sept	63.0	89.3319
Oct	61.64	63.2704
Nov	37.8	51.0063
Dec	50.34	45.1087
MSE	-	383.238
Rank		3

The forecasts for the only four combined models are presented in Table 5. The combination is ranked overall third. It has indeed justified efforts at combining the forecasts as it has performed better than all single model cases. Results have shown that combined forecasts are better as far as wind run forecasting is concerned. The best of single model has performed worse than the best of combined forecasts from two-model, three-model and four-model forecasts. It is therefore worthwhile to combine forecasts as doing so tends to improve accuracy.

Table 6. Average ranks for different model structure (Case of 12-month forecasts)

Model structure	Average rank
Single	10.25
Double	8.83
Triple	5.75
Quadruple	3.00

Average ranks presented in Table 6 suggest that the 4-model forecasts are typically better than others, followed by 3-model forecasts, then 2-model forecasts and lastly, single model forecasts. Combined forecasts have shown supremacy.

Table 7. Absolute errors and ranks based on 1-step-ahead forecasts

Model	Absolute error	Rank
ANN (A)	5.7893	10
DECOM (D)	12.8752	14
H-W (H)	3.3178	6
SARIMA (S)	13.358	15
A+D	9.3322	13
A+H	4.8132	9
A+S	3.7844	7

D+H	8.3561	12
D+S	0.2414	1
H+S	4.7605	8
A+D+H	7.4825	11
A+D+S	1.7688	4
D+H+S	1.1181	2
A+H+S	1.2439	3
A+D+H+S	2.2859	5

Table 7 presents absolute errors for all cases based on 1-step-ahead forecast. Just like the earlier comparisons that were done on the basis of forecasts for 12 months, combined forecasts have shown once again its supremacy over single forecasts. Model (D+S) has performed best on basis of absolute error, followed by D+H+S and then A+H+S. The best performer of single models is Holt-Winters' occupying the sixth position.

Table 8. Average ranks for different model structure (1-step-ahead forecasts)

Model structure	Average rank
Single	10.25
Double	12.50
Triple	5.00
Quadruple	1.25

Average ranks obtained from 1-step-ahead forecasts are presented in Table 8. The behavior is not radically different from that of 12-month forecasts displayed in Table 6 except that single models typically perform better than 2-model forecasts in the case of 1-step-ahead forecasting.

Conclusions

This article has modeled wind run series using four different forecasting models and compared single to combined forecasts. Combined forecasts were found to be better than single forecasts on a short term and long term basis. The combination of decomposition, Holt-Winters' and SARIMA models performed best. Holt-Winters' model performed better than eleven combined models, suggesting that combined models are not always better. It is therefore evident that inclusion of additional model forecast does not necessarily improve combined forecast accuracy but tends to do so. In modeling situations, single and combined forecasts should be allowed to compete as doing so will assist in determining which of single and combined forecasts is appropriate.

References:

1. Aksu, C. & Gunter, S.I. (1992). An empirical analysis of the accuracy of SA, OLS, ERLS and NRLS combination forecasts. *International Journal of Forecasting*, 8(1), 27-43.

2. Ambach, D. (2016). Short-term wind speed forecasting in Germany. *Journal of Applied Statistics*, 43(2), 351-369.
3. Aslam, M. (2020). Forecasting of the wind speed under uncertainty. *Sci Rep*, 10, 20300, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77280-y>
4. Bates, J.M. & Granger, C.W.J. (1969). The combination of forecasts. *Operations Research Quarterly*, 20, 451-468, <https://doi.org/10.1057/jors.1969.103>.
5. Behnken, C., Wächter, M. & Peinke, J. (2020). Multipoint reconstruction of wind speeds. *Wind Energ. Sci.*, 5, 1211–1223, <https://doi.org/10.5194/wes-5-1211-2020>
6. Box, G.E.P. & Jenkins, G. (1976). *Time Series Analysis and Control*. San Francisco: Holden-Day.
7. Chen, K.Y. (2011). Combining linear and nonlinear model in forecasting tourism demand. *Expert Systems with Applications: An international Journal*, 38, 10368-10376.
8. Clements, M.P. & Harvey, D.I. (2011). Combining probability forecasts. *International J of Forecasting*, 27, 208-223.
9. Constantini, M. & Kunst, R.M. (2011). Combining forecasts based on multiple encompassing tests based on macroeconomic core system. *Journal of Forecasting*, 30, 579-596.
10. Doucoure, B. Agbossou, K & Cardinas, A. (2016). Time series prediction using artificial wavelength neural network and multi-resolution analysis: Application to wind speed data. *Renewable Energy*, 92, 202-211.
11. Firmino, P.R.A., Neto, P.S.G. & Ferreira, T.A.E. (2014). Correcting and combining time series forecasters. *Neural Networks*, 50, 1-11.
12. Holt, C.C. (1957). *Forecasting Seasonals and Trends by Exponentially Weighted Moving Averages*. ONR Memorandum, 52, Carnegie Institute of Technology, Pittsburgh.
13. Iversen, E.B., Morales, J.M., Moller, J.K. & Madsen, H. (2016). Short-term probabilistic forecasting of wind speed using stochastic differential equations. *International Journal of Forecasting*, 32(3), 981-990.
14. Jiang, P., Qin, S., Wu, J. & Sun, B. (2015). Time Series Analysis and Forecasting for Wind Speeds Using Support Vector Regression Coupled with Artificial Intelligent Algorithms. *Advanced Time Series Forecasting Methods*. 2015, Article ID 939305, <https://doi.org/10.1155/2015/939305>.
15. Jiang, P., Li, R & Li, H. (2019). Multi-objective algorithm for the design of prediction intervals for wind power forecasting model. *Applied Mathematical Modelling*, 67, 101–122.

16. Kendall, M. & Ord, J.K. (1990). *Time Series* (3rd ed.). London: Edward Arnold.
17. Ljung, G.M. & Box, G.E.P. (1978). On a Measure of a Lack of Fit in Time Series Models. *Biometrika*, 65 (2), 297–303, doi:10.1093/biomet/65.2.297.
18. Mancuso, A.C.B. & Werner, L. (2013). Review of combining forecasts approaches. *Independent Journal of Management and Production*, 4(1). doi:10.14807/ijmp.v4i1.59.
19. Mohandes, M.A., Halawani, T.O., Rehman, S. & Hussain, A.A. (2004). Support vector machines for wind speed prediction. *Renewable Energy*, 29(6), 939-947.
20. Newbold, P. & Granger, C.W.J. (1974). Experience with forecasting univariate time series and the combination of forecasts. *Journal of Royal Statistical Society, Ser. A* 137, 131-164.
21. Nie, Y., Bo, H., Zhang, W., & Zhang, H. (2020). Research on Hybrid Wind Speed Prediction System Based on Artificial Intelligence and Double Prediction Scheme. *Complexity*, 2020 Article ID 9601763, <https://doi.org/10.1155/2020/9601763>.
22. Niu, T., Wang, J., Zhang, K. & Du, P. (2018). Multi-step-ahead wind speed forecasting based on optimal feature selection and a modified bat algorithm with the cognition strategy. *Journal of Renewable Energy*, 118, 213–229.
23. Palm, F.C. & Zellner, A. (1992). To combine or not combine? Issues of combining forecasts, *Journal of Forecasting*, 11, 687-701.
24. Qureshi, A.S., Khan, A., Zameer, A. & Usman, A. (2017). Wind power prediction using deep neural network based meta regression and transfer learning. *Applied Soft Computing*, 58, 742–755.
25. Sun, W. & Wang, Y. (2018). Short-term wind speed forecasting based on fast ensemble empirical mode decomposition, phase space reconstruction, sample entropy and improved back-propagation neural network. *Energy Conversion and Management*, 157, 1–12.
26. Sun, G., Jiang, C., Cheng, P., Liu, Y., Wang, X., Fu, Y. & He, Y. (2018). Short-term wind power forecasts by a synthetical similar time series data mining method. *Renew. Energy*, 115, 575-584
27. Winters, P.R. (1960). Forecasting sales by exponentially weighted moving averages. *Management Science*, 6, 324-342.
28. Zhang, P.G. (2003). Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. *Neurocomputing*, 50, 159-175.
29. Zhang, G., Patuwo, B.E. & Hu, M.Y. (1998). Forecasting with artificial neural networks: the state of the art. *International Journal of Forecasting*, 14(1), 35-62.

30. Zhang, Y., Yang, S., Guo, Y., & Zhao, J. (2019). Wind speed forecasting based on wavelet decomposition and wavelet neural networks optimized by the Cuckoo search algorithm. January 2019 Atmospheric and Oceanic Science Letters, 12(2),1-9, DOI: 10.1080/16742834.2019.1569455
31. Zou, H. & Yang, Y. (2004). Combining Time Series Models for Forecasting. International Journal of Forecasting, 69-84, doi: 10.1016/S0169-2070(03)00004-9.

The Corona Virus Pandemic And Stochastic Growth: Implications For Developed, Developing, And Emerging Economies

Diana Loubaki

ISG, Department of Economics, Marien NGouabi University,
Brazzaville, Congo Republic

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p204](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p204)

Submitted: 11 December 2020

Accepted: 17 February 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Loubaki D. (2021). *The Corona Virus Pandemic And Stochastic Growth: Implications For Developed, Developing, And Emerging Economies*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 204.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p204>

Abstract

This article studies the impact of the “coronavirus” on the economy when the growth path follows a stochastic Markov process in a multi countries’ exchange context. The methodology used is endogenous growth theory coupled with topology, the fixed point, and the separation theorem for the equilibrium determination through private agents’ maximization behaviors. Thereafter, the equilibrium is rendered optimal in the Pareto sense through the linear programming method and the portfolio choice theory used by the social planner. The results found are: First, growth decreases almost everywhere; second, per-capita income increase in contrast. Finally, the conjunction of the whole accelerates convergence and catching-up since the most affected countries are also the richest. As a result, they experience higher economic and social disorders giving credibility to the Solow (1956) marginal productivity that decrease the hypothesis that poor countries grow faster than rich countries. Consequently, the pandemic negative action is an accelerator of the economic retarded countries market-based economy which targets a faster means of achievement.

Keywords: Stochastic Growth, The Markov Process, Multi-Countries Growth, Network Connection, Coronavirus, Global Long-Run Growth, The Inverted U-Shape Curve

Introduction

Motivations of the Analysis

Brief Literature of the Article

This article studies the impact of “the coronavirus” on both economic growth and income inequalities. Since the first component deals with private agents submitted to market, i.e., the equilibrium part, the second part focuses on the social planner duty by looking for the optimality of the equilibrium part. Here, the synthesis made consists of the summary of the whole world in three blocks which are: *first* the developed countries where per-capita income exceeds 12,000 dollars; *second*, the emerging countries where per-capita income is located around 1,031 and less than 12,000 dollars; *third*, the developing countries where per-capita income is less than 1,031 dollars in the sample. The application of the theory built, highlighted by numerical experiments using data observations, show that the virus yields mutations on growth and income everywhere in the network connected countries divided into three blocks. Here, both growth and income suddenly fall everywhere at the beginning of the pandemic event. This is such that in both the developed and the emerging world, growth oscillates and decreases in a cyclical way, whereas income turns out to increase and keeps growing at a constant rate in the developing world after. In contrast, income increases monotonically, respectively, in emerging and in industrialized countries. Therefore, the globalized market is highlighted by a kind of ball of center x_0 and of radius r . Here, x_0 is the unique stable equilibrium highlighted by $(G^*, D^*) = x_0$, which thus are cyclical functions where the growth path is stochastic and follows a Markov chain. It is empirically measured by the GDP for G^* and deaths' stock D^* caused by the virus. Thus, r is the length corresponding to the transition toward the unique market or the growth zone where all the connected countries gravitate (see Figure 0 below for illustration). Indeed, $d(x_0, r)$ is the distance between the advanced and the least advanced countries, specifically those which are in transition toward the market-based economy or the economic growth zone. In this case, it is assumed that $r = r_i$, $i = 1, 2, 3$, and $x_0 = x_0^1, x_0^2, x_0^3$ and it yields $d(x_0^i, r_i) \rightarrow d(x_0, r) = B(x_0, r)$, which is the closed ball of center x_0 and of radius r (see Figure 0 below).

Consequently, this study is inspired by the current world economic context, i.e., the coronavirus, sanitary crisis, that we attempt to model in this article on the basis of the following works. The *first* is that of Lucas (1988) where human capital initiated by Becker (1964) and Shultz (1960) is introduced in growth theory in order to explain what causes the existing

heterogeneities in levels and rate of growth among countries since Solow (1956) fail to explain that empirical fact and concludes on convergence among countries in the long-run. The *second* works series in which our article is based are Lucas (2000) and Lucas (2009), which investigate initial divergence and subsequent convergence of income across countries in a multi-country version of a simple economic growth model. *Third*, Linder and Strulik (2018), a multi-countries growth model where connected countries exchange knowledge, addressed several new facts which are: the increasing flow of ideas through globalization, accelerating growth rates across-country variations of growth rates that increase with distance from the technology frontier, large income and TFP differences across countries, as well as per-capita human capital increase throughout the world. Therefore, the economic take-off and subsequent growth are endogenously explained and understood by the increasing diffusion of knowledge around the world. Indeed, as the summary of the whole quoted works, our work follows the multi-countries growth literature where integrated economies operate through a network, making spillovers emerge from exchanges. Thereafter, this boosts the economy and is finally expected to tend toward the more advanced economies level. However, the previous articles don't take account of random sudden negative shocks which is directly transmitted to other countries, i.e., negative transmission risks inside the network other than financial disturbances are not studied in the growth models yet. This we attempt to do here through the coronavirus pandemic viewed in China first and transmitted to the whole world due to the existing links among countries through networks. Indeed, the research question addressed by this article is on the impact of the coronavirus on growth and income in the whole networks connected countries. However, the preliminary universal remedy that proposed to eradicate the pandemic are networks temporary break and ensuring social distancing among inhabitants of the same country as well as around the world with airports temporary closed. Also, the question on how to leave the unique equilibrium successfully emerges when several of them exist with the international cooperation policy intervention.

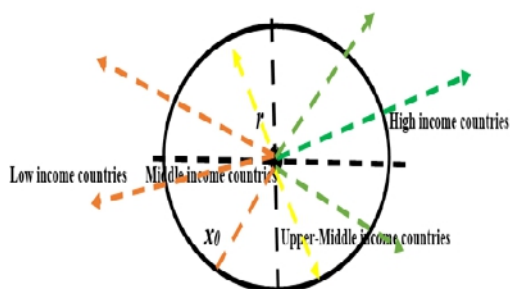


Figure 0. The globalized market, a ball of center x_0 and of radius r

The other works in the small existing literature on networks in the context of economic growth are described below. *First*, Cavalcanti and Giannitsarou (2012) investigate learning externalities between households or schooling in simple networks and focus on convergence behavior. *Second*, Fogli and Veldkamp (2012) provide a study on the role of network connectivity for the diffusion of knowledge and diseases. This is close to our study that focuses on the coronavirus but more specific than their work. *Third*, Lindner and Strulik (2013) investigate how economic development is affected by globalization conceptualized as an evolving network, i.e., how decreasing local connectivity affects occupational choice and investment behavior through eroding trust and trustworthiness. In contrast, in our article, countries are gathered such as blocks sharing the same economic characteristics connected through a network for knowledge exchange purposes. Thereafter, negative externalities such as sudden shocks are shared among all the partners and then all the countries connected to the one which holds the shock initially faces evictions based on the results expected. Focusing on the coronavirus, its negative impact on growth sustainability is difficult to achieve. This ruled out standard conventions on growth and income as one of the concerns of this study. Thus, the theory provided in this article deals with preventions using empirical data after having provided analytical examples of the theory built step by step. Numerical experiments of the theoretical results are conducted by dividing the world economy into three economic performance blocks where the theory is built upon the private agents' behaviors for the equilibrium first and the social planner for the optimality of the equilibrium after. Finally, the globalized economy summarizes the whole agents' behaviors as well as the countries' blocks characteristics. Since the pandemic eradication means sustainable growth establishment, which is in conformity to the economic literature, sustainability is similar to the inverted U-shape curve emergence which was initially provided by Kuznets (1957) and introduced in environmental economics in the 1990s. Thus, it is used as an economic policy success condition where the fixed-point existence, announcing the unique equilibrium back, is the concern of countries which when open: yield multiple equilibria for globalization purpose; needs to converge toward a unique equilibrium symbolized by a zone delimitation similar to a ball centered on the unique equilibrium shared by the whole world economic countries blocks where they gravitate; displays a larger growth zone where all the connected countries' economic growth paths are located around that locus and all neighbors in the exchange. However, the available multi-country's growth literature mostly focuses on the question of whether and how, initially, different countries converge sometimes as well as why they diverge (Linders & Strulik, 2018). The question of the existing inequalities among the whole countries in the world is the concern of that new growth approach. As shown

in Table 1 below, SARS-COV2 data source recorded up to 16,037.768 coronavirus detected cases and 644.785 deaths in July 2020.

Table 1. Brief presentation of the coronavirus shock effect and transmission risk

Coronavirus in 2020	INFECTED	DEATHS	RECOVERED
FRANCE	170,752	30,004	
BRAZIL	1,604,585	64,900	9,787,615
INDIA	698,233	19,703	424,928
RUSSIA	681,251	10,261	450,750
USA	2,982,928	132,569	1,289,564

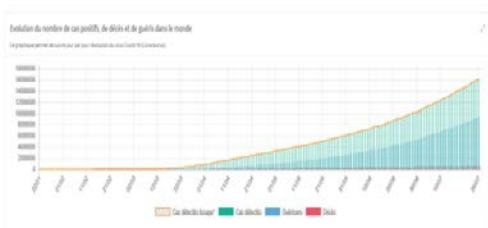
Source: SARS-COV2, Corona Virus

Coronavirus started in Wuhan (China) in the month of January 2020. This has resulted to more than 569, 370 deaths in the whole world in July 2020 (see Figure 1), which necessitates various research to proffer effective solutions to this pandemic. From a political aspect, vaccine is used as prevention measures in contrast to AIDS which, until today, doesn't exist.

The globalized world economy due to the impact of coronavirus yields a unique equilibrium existence highlighted by a ball endowed by a center and a radius, $B(x_0, r)$. This is already invoked above such that the gravitation around the ball leaves and emerge as the new globalized world which, when compares to before, highlights mutations in the theory of economic growth where growth is stochastic. Therefore, this is in contrast to the standard theory where it is stable over time due to financial disturbances caused by asset prices movements absence since the real economy is not the stochastic component. Therefore, current solutions call back the link between medicine and economy already established at the beginning of the year 2000 as the case of obesity (Goel, 2006; Zon-Muysken, 2001; Cutler et al., 2003; Chou et al., 2004) and AIDS (Kremer & Glennester, 2004; Loubaki, 2012a; Duflo et al., 2018). Finally, there was a breakthrough because medicine science worked on them and yields efficient solutions, for example, antiretroviral drugs for AIDS and stomach surgery for obesity.

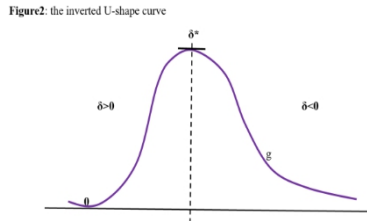
Consequently, this article contributes to the coronavirus debate in the context of multi-countries *stochastic* growth literature interaction with health focused on a sudden shock emergence of a dangerous disease. Thus, this results to a rapid death in contrast to AIDS and obesity as shown in Figure 1.

Figure1: corona virus evolution in the world



Caption of Figure 1: Yellow line: regression of the detected cases; green box: detected cases recorded; blue box: healed cases recorded; red box: deaths number records; x axis represent the years; y axis represent the number of deaths

Furthermore, private agents' behavior is modeled using mathematical tools, i.e., theorems and lemmas. The social planner enters into the model using a linear programming technique resulting to the inverted U-shape curve (see Figure 2).



According to Figure 2 (x axis represents the length of the pandemic evolution and the y axis represents growth evolution), $\delta \in [\delta_1, \delta^*]$, the virus curve dynamics gravity, $s_{t+1} = vc$, is increasing. Thus, $\partial vc / \partial t = \partial s_{t+1} / \partial s_t = \delta > 0$. The economic policy will be engaged and would keep increasing until the reach of δ^* ; then after, the virus curve dynamics gravity, s_{t+1} , would also decrease, i.e., when $\delta \in [\delta^*, \delta_2]$ since now, $\partial s_{t+1} / \partial s_t = \delta < 0$. This results to sustainable growth and the coronavirus dynamics finally exhibits the inverted U-shape curve. Indeed, since the coronavirus dynamics, s_{t+1} , is assimilated to the detection cases according to data observations, s_{t+1} yields multiple equilibria depending on the impact of the pandemic from one place to the other (see Figure 3). Therefore, the unique equilibrium, if it exists, should correspond to the world sanitary crisis stability possibility (see Figure 3).

Figure3: corona virus cases evolution in the world

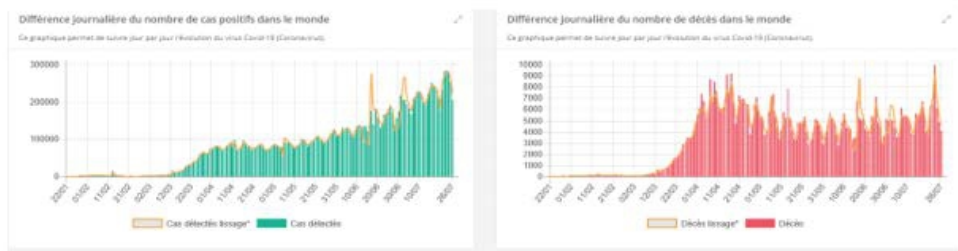
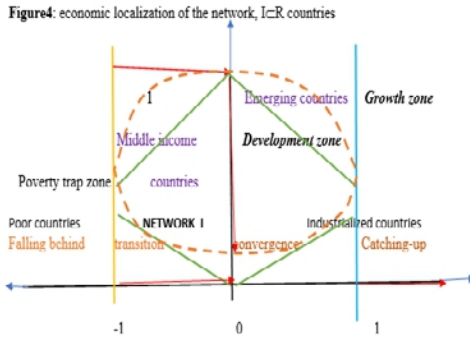


Figure 3 part 3a represents the relationship between dates in x axis and detected sick people number in y axis, whereas 3b represents the relationship between dates (x axis) and deceased caused by the coronavirus pandemic (y axis). The first part of Figure 3a show-off the detected cases dynamics, s_{t+1} , as an increasing curve according to the data observation. Here, the pic provided by data is reached at the date, just before July 27, whereas it emerges the first time at around January 2020 in China and spread all over the whole world. The curve begins to decrease after the date, July 27, after the pic crossed according to data observations display by the first part of Figure 3. The second

curve of Figure 3b highlights death cases evolution, denoted in this article, D_{t+1} in level or $d_{t+1}=D_{t+1}/D_t$ in evolution rate. Here, multiple pics equilibria are highlighted due to heterogeneities of the severity of the virus among different countries of the world. The whole world curve, thus, highlights oscillatory dynamics endowed with several different pics. Indeed, if the curve is viewed in its global plan (or on the average), it begins to decrease after the pic is reached due to the international cooperation policy.

Graphical Presentation of the Problem

Figures 4 and 5 below summarize the whole world on the space R where the scale used is an increasing function of the economic performance. Here, the equilibrium of stochastic growth following a Markovian process yields both the existence and the stability of the equilibrium provided by the compact subset of R in which countries belong since it is a closed and bounded set of R . Therefore, each countries' growth path sequences converges toward at least one limit called the equilibrium. Since the Markovian growth path sequences $\{G_{n+1}^i\}_{n \geq 0, i \in I}$ belongs to the countries' block indexed by i at time n , then it converges at least to one limit, G^{i*} , because of the compactness of the subset of R in which they belong and where the limit is located on the boundary of that set. Therefore, since the dynamics of the sequence of the i countries' block, $\{G_{n+1}^i\}_{n \geq 0, i \in I}$, possesses a transition probability matrix as stipulated by a closeness according to the standard mathematical theory, and it also possesses a speed component that allows it to move from one place to the other. Thus, this explains how and why some countries grow and some others don't, which is due to technological change growth rate speed. When high, it allows for higher growth and income as proved by numerical experiments, convergence, and catching-up speed making them the least advanced economies where the pandemic lacks power for action. Therefore, mutations yield in the coronavirus that contrast common beliefs, since a given countries' block i growth path sequences $\{G_n^i\}_{n \geq 0, i \in I}$ at each time, n , is GDP measurable. Also, its sequences rate at each time n , $\{g_n^i = G_{n+1}^i / G_n^i\}_{n \geq 0, i \in I}$, is the associated economic growth rate which converge at least to one finite limit, g^{i*} , i.e., the equilibrium in growth rate. Stochastic growth highlighted by the Markovian structure stability is, thus, guaranteed by the closeness property of the subset of R in which they belong. Thus, the compact property of the set, $C \supset \{C_i\}_{i \in I} \supset \{G_i^n\}_{i \in I, n \in N}$, where $C \subset I \subset R$ thus yields convergence as the necessary condition for growth emergence, i.e., the market-based economy integration and technological change high speed evolution. This results to sufficient condition for catching-up.



Captions: Yellow Line: Low growth frontier limit $\{g_n^i\}_{n \geq 0, i \in R} < 0$, green line frontier limit: Take-off locus: $\{g_n^i\}_{n \geq 0, i \in R} \rightarrow 0$, blue line frontier limit, Growth locus, $\{g_n^i \rightarrow g^{i*}\}_{n \geq 0, i \in R}$. Where, $g^{i*} = \lim\{G_n^i / G_{n-1}^i = g_n^i\}$ is optimal growth path rate. Axis x represent economic development zones and the axis y represents the associated frontier

The Methodology Used

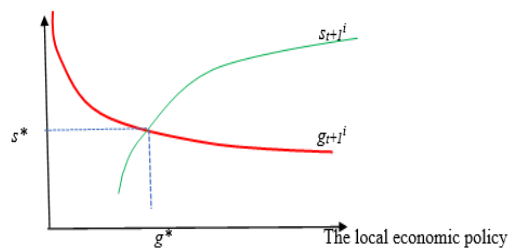
Our study uses modern growth theory in the multi-countries context, as well as mathematical tools, such that the Markovian sequences, $\{G_n^i\}_{i \in I, n \in \mathbb{N}}$, is moving according to time, n , and space, $i \in I \subset \mathbb{R}$. Here, the transition probabilities to move from one place to the other is the transition probabilities matrix, $\{p_{jk}^n\}_{i, k \in I}$, which is added to other mathematical tools such as topology, the fixed point, and the separation theorems for the current sanitary crisis of the corona virus modeling purpose. Thus, this extends the standard growth theory literature specifically when the growth path is stochastic and moves according to a given speed with power that depends on technological change growth level. However, in contrast to the usual growth models, the stochastic character of the growth path no more guaranties the equilibrium existence and stability like it does (Denison, 1962). Therefore, in order to establish the long-run growth existence and stability, we assume that countries belong to the subset of the space \mathbb{R} which is a compact, i.e., closed and bounded. Also, each countries' block admits a limit, and it converge at the equilibrium.

However, private agents' equilibrium allocations found using pure mathematics in one part and concavity in linear programming problem, adopted by the social planner by looking at the Pareto optimal equilibrium in the other part, allows stochastic growth path to converge toward a stable equilibrium. The generalization of the separating hyperplan theorem is used to highlights networks break that occur during the confinement period when countries cease connections among them, and when countries were completely isolated along the pandemic eradication first step process. The countries isolation yields multiple closed and bounded sets containing countries. Then, the compactness property of those several sets, thus, guarantees the equilibrium in the countries separately. Also, their numerical experiments needed classification in three kinds: show growth decrease everywhere around the world, that the growth path dynamics, $\{G_{n+1}^i\}_{i \in C, n \geq 0}$, of a given countries' sequences block; $C = \{C_i\}_{i \in I}$, can be stable despite its stochastic character of the dynamics; and $\{G_{n+1}^i\}_{i \in C, n \geq 0}$ consider both over time and space where time is $n+1$ and $i \in C \subset \mathbb{R}$ is the space that don't necessarily guaranty the equilibrium

existence without additional property of the set. Thus, this is because the path moves randomly in contrast to the standard growth theory. Here, the existence and stability of the long-run growth are guaranteed by the equality between population and labor force (Solow, 1956; Denison, 1962). Endogenous growth theory, which originates from the critics of the Solow (1956) model, due to convergence of the whole countries toward the same economic level in the long-run failed to find empirical support to explain what causes the sources of the observed inequalities in the world. After then, it enters endogenous growth theory where marginal capital productivity is constant. Therefore, endogenous growth theory proved increasing returns mechanisms causing growth to be as a result of knowledge accumulation (Romer, 1986), human capital investment (Lucas, 1988; Azariadis-Drazen, 1992), the experience while working (Arrow, 1962), and R&D (Anant-Dinopoulos, 1990; Aghion-Howitt, 1992). Then, the least advanced economies, when in exchange with the more advanced economies through networks, generate knowledge spillovers, thus improving growth that can yield convergence and catching-up over time. Therefore, a sudden shock and its transmission becomes a possible event inside a multi-countries exchange partners. Thus, this leads to evictions on the economic projects expected results, and it legitimates the social planner intervention in regard to the violation of the well-being theorem, i.e., the markets' failures.

Consequently, in the case of the current sanitary crisis of “the corona virus”, the optimal solution provided by the social planner makes the growth path dynamics, g_{t+1}^i , to be an increasing function of knowledge. In contrast, the pandemic dynamics, s_{t+1}^i , is a decreasing function of the economic increasing returns mechanisms, and these curves meet at least once on the space and time. If both curves are monotone, then their interaction is a unique stable equilibrium which is able to eradicate the pandemic (see Figure 5 for local equilibrium existence and stability where the x axis represents the economic policy and the y axis represents the dynamics of growth, g_{t+1}^i , and of the pandemic, s_{t+1}^i).

Figure5: the unique stable equilibrium in domestic plan



However, local stability of the equilibrium, i.e., inside a given country, deals with the growth path rate dynamics sequences, $(g_{t+1}^i)_{t \geq 0, i \in C}$. It is an

increasing function of technological change in macro level and of income in micro level, which is expected to be an increasing function of the long-run growth mechanisms. In contrast to the pandemic dynamics sequences, $(s_{t+1}^i)_{i \in C, t \geq 0}$ needs health spending, i.e., medical treatment and prevention while decreasing growth and income. Also, it allows multiple equilibria to be expressed by a sequence couple $(s_n^i; g_n^i)_{i \in C, n \geq 0}$ even in the same countries' block at the beginning of the emergence of the pandemic. Indeed, each countries' block converge toward a unique equilibrium, $(s^{i*}; g^{i*})_{i \in C}$, along with time. This is as a result of the social planner intervention since each countries' block belongs to a compact set, C , which explains the existence of a sequence $(s_n^i; g_n^i)_{i \in C, n \geq 0}$ such that $(s_n^i; g_n^i)_{i \in C, n \geq 0} \rightarrow (s^{i*}; g^{i*})_{i \in C}$ due to the compactness of the countries' sequences set, $C \supset \{C_i\}_{i \in C}$, of the network. Subsequently, local equilibrium is stable in each given country of a given countries' block as displayed in Figure 5 below. Stable equilibrium is Pareto optimal. Consequently, the deal is to allow the global equilibrium existence and stability that is shown later on or in the theory application context using data observations.

Lemma 1, Network Space Delimitation: *If a given countries' block $C = \{C_i\}_{i \in C}$, i.e., the association of several similar countries that belongs to the network I , then those countries are integrated economies, i.e., are in transition toward the global market. Otherwise, they are marginalized since they are far away from the new world economic thought.*

Proof: Let two different countries sequences blocks $C = \{C_i\}_{i \in C}$ and $D = \{D_j\}_{j \in D}$ be such that, $\{C_i\}_{i \in C} \subset]-\infty, -1[= C$ and $\{D_j\}_{j \in D} \subset]1, +\infty[= D$ in the R axis. Here, there exists the closed ball of center 0 and of radius 1. Therefore, $B(0, 1) \approx]-1, +1[$ is a compact set and, thus, the countries located inside ensures both the existence and the stability of the equilibrium. Indeed, since, on the one hand, $\{C_i\}_{i \in C} < -1$ and $\{D_j\}_{j \in D} > 1$, there exist $Sup\{x_n^i\}_{n \geq 0, i \in C} = M = 1 > -\infty$. This is such that the sub-sequences $\{x_n^i\}_{n \geq 0} \subset \{C_i\}_{i \in C}$ yields $\{x_n^i\}_{n \geq 0, i \in C}$ and converge to $\{1\}$, which is not included in $\{C_i\}_{i \in C}$ and there also exist $Inf\{x_n^i\}_{n \geq 0} = x^*$. Therefore, the *Min* and the *Sup* are not reached by C . On the other hand, since $Inf\{y_n^j\}_{n \geq 0, j \in D} = m = +1$ exist for the sub-sequences, $\{y_n^j\}_{n \geq 0} \subset \{D_j\}_{j \in D}$, then it converge at y^* where, $y^* = Sup\{y_n^j\}_{n \geq 0, j \in D} < +\infty$ since it exist. Therefore, before the beginning of the economic policy, the network $I \subset R$ is approximated by $I \approx [x^*, 0[\cup]0, +1[\cup]1, y^*]$. Thus, this is a set of integrated economies' sequences composed of N countries. Also, it is indexed by $i \in \{1, 2, \dots, N\}$, irrespective of where they are geographically located. Consequently, outside the set I , all the countries located inside $]-\infty, x^*]$ are considered to be marginalized economies.

The article presentation is done through the following. *Section II* provides the theory, *section III* shows sudden shocks in connected countries and transmission risks, *section IV* highlights risk impact on the international

economy, *section V* highlights the social planner's intervention, *section VI* focuses on the numerical experiments of the theory, *section VII* provides the macroeconomics' empirical view of the theory elaborated, and *section VIII* concludes on this study.

The Theory

The Private Agents

Lemma 2: *Since two different countries sequences blocks, $C=\{C_i\}_{i \in I}$ and $D=\{D_j\}_{j \in I}$, partnerships in the network I , then, according to assumption 1, the sum of those countries' $C+D$ is also a compact set. Thus, it is closed and bounded.*

Proof: Since the countries' sequences, $C=\{C_i\}_{i \in I}$ and $D=\{D_j\}_{j \in I}$, belong to the network, $I \subset R$, where R is a metric space, then I as well as C and D are also metric spaces such that those countries relationships between C and D in I are summarized by a matrix, $A=(a_{ij})_{i,j}$ of format (N, N) . Thus, it is diagonalizable since it is a squared matrix format. It admits an eigenvalues sequences, $\{\lambda_i\}_{n \geq 0, i \in I}$, which if the product is negative and the sum is positive, then the countries' sequences block, $C=\{C_i\}_{i \in I}$ and $D=\{D_j\}_{j \in I}$, admit a stable solution, i.e., each growth path equilibrium sequences, $\{g_n^i\}_{n \geq 0, i \in C}$ and $\{g_n^j\}_{n \geq 0, j \in D}$. Here, the sum converges toward a unique equilibrium, g^* , such that $(g^{i*} + g^{j*})/2 \rightarrow g^*$ when $n \rightarrow \infty$. Moreover, since the matrix A is also invertible, the corresponding partners relationships is a bijective function (solutions are fixed points). Thus, the connections are strong. Indeed, the countries sequences partnerships blocks, $C=\{C_i\}_{i \in I}$ and $D=\{D_j\}_{j \in I}$, are endowed respectively by the Markov growth paths sequences, $\{G_n^i\}_{n \geq 0, i \in C}$ and $\{G_n^j\}_{n \geq 0, j \in D}$, such that $P(G_n^i + G_n^j = n+m / G_0^i + G_0^j = k+l, G_l^i + G_l^j = (k+l)+1, j_{n \geq 0, i \in C, j \in D}$. Thereafter, the growth paths sum, $\{G_n^i + G_n^j\}_{n \geq 0, j \in I}$, yield a positive existence, ε^0 , such that $\{d(G_n^i, G_n^j)\}_{n \geq 0, i, j \in I} < \varepsilon^0$. This means that there exist $\{\varepsilon^0\} > 0$ such that the sequences, $\{G_n^i + G_n^j\}_{n \geq 0, i \in C, j \in D} \rightarrow \{G_0^i + G_0^j\}_{i \in C, j \in D}$, converge toward a finite limit over time. Thus, when $n \rightarrow \infty$ and in distance terms, it yields $\{d(G_n^i + G_n^j), (G_0^i + G_0^j)\}_{n \geq 0, i \in C, j \in D} \leq \varepsilon^0/2$ for all $n \geq 0$. Indeed, $Sup\{d((G_n^i + G_n^j), (G_0^i + G_0^j))\}_{n \geq 0, i \in C, j \in D} = \{G_0^{i*} + G_0^{j*}\}_{i \in C, j \in D}$ exist. Therefore, that sequences sum is of Cauchy, i.e., $\{d(G_n^i + G_n^j, G_m^i + G_m^j)\}_{n, m \geq 0, i \in C, j \in D} \leq \{\varepsilon^0/2\}_{i \in I}$. Indeed, the sum of the sets, $C+D$, is compact since $C=\{C_i\}_{i \in I}$ and $D=\{C_j\}_{j \in I}$ are individually compact sets of $I \subset R$, i.e., closed and bounded sets. Thus, the sum of the whole existing sequences in I admits a stable equilibrium.

Lemma 3: *According to Lemma 2, if M different countries sequences blocks $C=\{C_1, C_2, C_3, \dots, C_M\}_{i \in I}$ are partnerships in the network, $I=\sum_{i=1}^M C_i$, then, the sum of the whole of them, $C=C_1+C_2+C_3+ \dots +C_M$, is a closed and bounded exchange zone.*

Proof: if $M=2$, then by Lemma 2, $C=C_1+C_2$ is a closed and bounded exchange zone. Indeed, assuming $C=C_1+C_2+C_3+ \dots +C_M$ to be a closed and

bounded exchange zone, then if $D=C_{M+1}$ is a compact set partner of C , by Lemma 2, the sum $C+D$ is also a closed and bounded zone. Also, $C+D=C_1+C_2+C_3+ \dots +C_{M+1}$ is a closed and bounded exchange zone too

Definition 1: Each country's sequences block, $C=\{C_i\}_{i \in I}$, of the network I is characterized by a Markov growth path sequences, $\{G_n^i\}_{n \geq 0}$, and N knowledge exchange partners sequences (H_1, H_2, \dots, H_N) . It is summarized by a function f , defined on C , and takes its values on $\{H_i\}_{i \in I}$.

Definition 2 (Generalization): Let several countries blocks, $C=C_1+C_2+C_3+ \dots +C_M$, of the network I be partnership in exchange. Thus their relationships is summarized by a (N,N) matrix. $A=(H_{i,j})_{i,j \in I}$ is a diagonalizable matrix since it has the same number of line and columns, thus ensuring stability in the exchanges when the eigenvalues of the matrix verify a positive sum and a negative product.

Definition 3: Since each Markov growth path sequences, $\{G_n^i\}_{n \geq 0, i \in I}$, of the countries' sequences block, $C=\{C_i\}_{i \in I}$, is characterized by the transition probability matrix, then the blocks vector $(C_1, C_2, C_3, \dots, C_M)$ admits a transition probabilities matrix $P=(P(\{G_n^i\}_{n \geq 0, i, j \in I}))=(p_{jk}^n)_{n \geq 0, i, j, k \in I}$ such that $\{(p_{jk}^n)^i\}_{j, k \in C, n \geq 0} = P(G_n^i = k_0, G_n^j = k_1, \dots, G_n^m = k_{m+n} \mid G_0^j = i)_{n \geq 0, i, j \in I}$.
 $= \cap_{n \geq 0, l, j, l \in I} P(G_n^i = ki / G_m^i = kj) P(G_{n-1}^i = ki / G_{m-1}^i = h, \dots, G_0^j = k_0)$
 $= \prod_{n \geq 0, l, j, l \in I} \{(p_{kj}^i)^i\}_{n \geq 0, i \in C}$ and $\sum_{n \geq 0} (\sum_{i, j \in C} (p_{jk}^i)^i) = I$ when independency among countries' blocks is verified

Lemma 4: The equilibrium of the economy, C_i of a given countries' sequences block, $C=\{C_i\}_{i \in I}$, is characterized by the sequences vector, $(\{G_n^i\}_{n \geq 0}, \{p_{jk}^i\}_{j, k \in S}, \{g_n^i\}_{n \geq 0}, \{v_n^i\}_{n \geq 0}, \{A_n^i\}_{n \geq 0})$.

Proof: Given the Markov growth path vector $\{G_n^i\}_{n \geq 0}$ of country $C_i \subset C=\{C_i\}_{i \in I}$ by Definition 1, its transition probabilities vector, $\{p_{jk}^i(G_n^i)\}_{j, k \in S}$, and its growth rate vector, $\{g_n^i = \{g_n^i(h_n^i)\}_{n \geq 0}$, exist and increase with knowledge accumulation. Then its Markov growth path moves from one stage to the other, according to a velocity vector $\{v_n^i\}_{n \geq 0} = \{v_n^i(G_{n+1}^i)\}_{n \geq 0}$ which power depends on technological change level, h_{ji}^n . Thus, at time n , the country i is in exchange trade with country j , a by-product of knowledge acquired in the education sector or the experience when working. The whole of this is summarized by $\{A_n^i(C_i)\}_{n \geq 0}$, i.e., the relationship with his partners in exchange trade.

Lemma 5: The Markov growth path of the country, $C_i \subset C=\{C_i\}_{i \in I}$, i.e., $G_{n+1}^i = f(G_n^i)$, moves according to the speed, $v_i^n \{(h_{ji}^n)\}$, and converge toward the maximum, $v^i((h_{ij}^n)_{n \geq 0, i, j \in C}) = p(G^{i*}) = [\partial \{(p_{kj}^i)^i\} / \partial t] / [\partial \{(p_{ik}^n)^i\} / \partial t]_{n \geq 0, i \in I}$ when technological change level accelerates and yields $v_i^n \{(p_{jk}^n)^i\}_{n \geq 0, i, k \in C} \rightarrow v^i((h_{ij}^n)_{n \geq 0, i \in C})$ where, $\sum_{n \geq 0} (\sum_{i, j \in C} (p_{ji}^n)^i) = I$.

Proof: According to mathematical theory, a given process, $\{G_n^i\}_{n \geq 0}$, results from the dynamics, $\{G_{n+1}^i\} = f(G_n^i)_{n \geq 0, i \in C}$, and through Lemma 4, the dynamics sequences moves according to a velocity sequences,

$\{v_n^i(h_{ij}^n)\}_{n \geq 0, i, j \in C} = \{\partial G_n^i / \partial G_{n-1}^i\}_{n \geq 0, i \in C}$. Thus, this is the speed of convergence of the growth path dynamics over time, $n \geq 0$. Therefore, in the long-run, since the sequences $\{v_n^i(h_{ij}^n)\}_{n \geq 0, i, j \in C} = \{\partial G_{n+1}^i / \partial G_n^i\}_{n \geq 0, i \in C}$ is included inside a compact set, it converges at the limit, $v^i(h^{i*})$. Therefore, $\{G_{n+1}^i\}_{n \geq 0, j, k \in l}$ converge at G^{i*} . Finally, in the long-run, the growth path dynamics moves according to $v^i = p(h^{i*})$.

Lemma 6: *Let the growth path sequences dynamics of the countries' sequences block, $C = \{C_i\}_{i \in l}$, i.e., $\{G_{n+1}^i\}_{n \geq 0, i \in l}$, moves according to the velocity sequences, $\{v_n^i(h_{ij}^n)\}_{n \geq 0, i, j \in C} = \{F(h_{ij}^n)\}_{n \geq 0, i, j \in C} = \{\partial G_{n+1}^i / \partial G_n^i\}_{n \geq 0, i \in l}$. Then, in the long-run, the resulting growth path rate sequences, $\{g_n^i = G_{n+1}^i / G_n^i\}_{n \geq 0, i \in l}$, converge or catch-up the leader's economic performance faster, if $\{v_n^i\}_{n \geq 0, i \in l} \rightarrow v^{i*} = \text{Sup}\{v_n^i(h_{ij}^n)\}_{n \geq 0, i, j \in C}$ over time.*

Proof: Using Lemma 4, the growth path dynamics sequences, $\{G_{n+1}^i = f(G_n^i)\}_{n \geq 0} \subset C = \{C_i\}_{i \in l}$, moves according to the velocity $\{v_n^i(h_{ij}^n)\}_{n \geq 0, i, j \in C}$ (according to Lemma 2). Then, as time n goes toward ∞ , the velocity sequences also converge, i.e., $\{v_n^i(h_{ij}^n)\}_{n \geq 0, i, j \in C} \rightarrow \{v^{i*}\}_{i \in l}$. Thus, the growth path sequences, $\{G_{n+1}^i = f(G_n^i)\}_{n \geq 0, i \in l}$, also converge at its limit very fast at a fewer time, m^* , such that $m^* = \text{Inf}\{m \text{ and } \{v_n^i(h_{ij}^n)\}_{n \geq 0, i, j \in C} \rightarrow \{v^{i*}\}_{i \in C} \geq \{G_{n+1}^i = f(G_n^i)\}_{n \geq 0} \rightarrow \{G^{i*}\}_{i \in l}\}$ where $\{v^{i*}\}_{i \in C} = \text{Max}\{\partial G_n^i / \partial G_{n-1}^i\}_{n \geq 0, i \in \{1, 2, \dots, N\}}$. Therefore, catching-up occurs.

The Theoretical Results

Proposition 1: *Let the economy of a given countries sequences block, $C = \{C_i\}_{i \in l}$, be characterized by the sequences vector $(\{G_n^i\}_{n \geq 0}, \{p_{jk}^i\}_{j, k \in S}, \{g_n^i\}_{n \geq 0}, \{v_n^i\}_{n \geq 0}, \{A_n^i\}_{n \geq 0})_{n \geq 0, i \in l}$. Thus, the necessary condition for economic transition toward market-based economy is convergence in knowledge terms, i.e., $\{h_{n+1}^{i,j} = h_n^i + h_n^{j(i)}\}_{n \geq 0, i, j \in l} \rightarrow \{h^{i,j*}\}_{i \in l} = \text{Sup}\{h_n^{i,j}\}_{n \geq 0, i, j \in l}$ over time.*

Proof: According to the literature, domestic knowledge is provided by incentives to invest in human capital accumulation, $\{h_{n+1}^{ij}\}_{n \geq 0, i \in C}$. This is a sum of knowledge spillovers provided by exchanges with other partners $\{h_n^{j(i)}\}_{n \geq 0, i, j \in l}$ and the average domestic knowledge, $\{h_n^i\}_{n \geq 0, i, j \in l}$. Indeed, knowledge accumulation, $\{h_{n+1}^{i,j} = h_n^i + h_n^{j(i)}\}_{n \geq 0, i, j \in l}$, is able to yield convergence and catching-up faster if is high enough depending on the growth path speed. If high, then, $\{h_{n+1}^{i,j}\}_{n \geq 0} \rightarrow \{h^{i*}\}_{i \in l} = \text{Sup}\{h_n^{i,j}\}_{n \geq 0, i, j \in l}$. Thus, it is the necessary condition of convergence and catching-up toward more advanced economies "knowledge".

Proposition 2: *The sufficient condition, respectively, for convergence and catching-up to occur is the existence of a high technological change speed parameter, $\{\varepsilon_v(G^{i*})\}_{i \in l} > 0$. If $\{\varepsilon_v(G^{i*})\}_{i \in C} \rightarrow \text{Max}\{v(\partial h_{n+1}^i / \partial h_n^i)\}_{n \geq 0, i \in C}$, then catching-up occurs, otherwise if $\{\varepsilon_v(G^{i*})\}_{i \in C} \rightarrow \text{Sup}\{v(\partial h_{n+1}^i / \partial h_n^i)\}_{n \geq 0, i \in l}$ then convergence occurs.*

Proof: Using Proposition 1, human capital, R&D, and technology, i.e., knowledge of the country, C_i is the sequences $\{h_n^i\}_{n \geq 0, i \in C}$ such that it accumulates according to $\{h_{n+1}^i = K(h_n^i)\}_{n \geq 0, i \in C}$. Since technological change $\{\varepsilon_{v(G_i)}\}_{i \in I} = \{v(\partial h_{n+1}^i / \partial h_n^i)\}_{n \geq 0, i \in I}$, where $\{g_n^i = h_{n+1}^i / h_n^i\}_{n \geq 0}$ is the growth rate sequences, knowledge increase yields. Also, the least advanced countries' sequences block, $C = \{C_i\}_{i \in I}$, transits toward more advanced countries block, $D = \{D_k\}_{k \in D}$. After then, C converged at D over time. Otherwise, if technological change sequences of C_i , $\{\varepsilon_{v(G_i)}\}_{i \in I} = \{v(\partial h_{n+1}^i / \partial h_n^i)\}_{n \geq 0, i \in C}$, converge toward the highest level, $\text{Max}\{v(\partial h_{n+1}^i / \partial h_n^i)\}_{n \geq 0, i, j \in I} = \{\varepsilon_{v(G_i^*)}\}_{i \in I} > \{\varepsilon_{v(G_k^*)}\}_{k \in I}$, then the follower countries sequences block, $C = \{C_i\}_{i \in C}$, catch-up the leading countries' sequences, $D = \{D_k\}_{k \in D}$. This is because the follower countries growth path sequences is inside a closed ball, i.e., $\{G_{n+1}^i \subset B(G_{n+1}^k, \varepsilon_{v(G_i^*)})_{n \geq 0, i \in C} \subset \{\varepsilon_{v(G_k^*)}\}_{k \in D}$. This is in addition to the ball of center, $\{G_{n+1}^k\}_{n \geq 0, k \in D}$, and of radius, $\{\varepsilon_{v(G_k^*)}\}_{k \in D}$. Thus, C converge to a finite limit, and it becomes locally stable.

Proposition 3: Let the countries sequences block, $C = \{C_i\}_{i \in I} \subset I$, be a compact set endowed with a Markov growth path dynamics sequences, $\{G_{n+1}^i\}_{n \geq 0, i \in C}$, moving at the velocity, $v^{i*} = \text{Max}\{v_n^i(h_{ij}^n)\}_{n \geq 0, i, j \in C}$. Then, the equilibrium sequences, $\{(g^{i*}, h^{i*})\}_{i \in I}$, that ensures convergence and catching-up over time exist and is stable.

Proof: Since the growth path dynamics sequences, $\{G_{n+1}^i\}_{n \geq 0, i \in C} \subset C = \{C_i\}_{i \in I} \subset I$, is a compact countries' sequences set endowed with the velocity dynamics sequences, $\{v_n^i(h_{ij}^n)\}_{n \geq 0, i, j \in C}$, with such moving at its limit $\text{Max}\{v(G_n^i)\}_{n \geq 0, i \in I}$, then the knowledge accumulation sequences, $\{h_{n+1}^i\}_{n \geq 0, i \in I}$, will converge to its maximum, i.e., $\text{Max}\{h_n^i\}_{n \geq 0, i \in I}$. This is due to technological change in high speed, i.e., $\text{Max}\{v(\partial h_{n+1}^i / \partial h_n^i)\}_{n \geq 0, i, j \in I} = \{\varepsilon_{v(G_i^*)}\}_{i \in I}$ is reached. Thus, this made the growth path sequences, $\{g_n^i(h_n^i)\}_{n \geq 0, i \in I}$, to converge at the maximum sequences limit, $\text{Max}\{g_n^i(h_n^i)\}_{n \geq 0, i \in C}$. Consequently, since $\text{Max}\{g_n^i(h_n^i)\}_{n \geq 0, i \in C} \rightarrow \{g(h^{i*}) = g^{i*}\}_{i \in C}$ and $\text{Max}\{(h_n^i)\}_{n \geq 0, i \in C} \rightarrow \{h^{i*}\}_{i \in C}$, then the equilibrium sequences, $(g^{i*}, h^{i*})_{i \in D}$, that ensures that convergence and catching-up exist is stable. Since they are included in the compact set $\{C_i\}_{i \in I}$, it is located at the boundary of the set.

Example 1: Let the countries' sequences $C = \{C_i\}_{i \in I}$ be endowed with a Markov dynamics sequences, $\{G_{n+1}^i\}_{n \geq 0, i \in C} = \{x_{n+1}^i\}_{n \geq 0, i \in C}$ and follow a gaussian distribution, $N(E(x_n^i), \text{Var}(x_n^i))$. There exist a sequences $\{X_n^i\}_{n \geq 0, i \in C}$, such that $\{X_n^i = (x_n^i - E(x_n^i)) / \text{Var}(x_n^i)\}_{n \geq 0, i \in C}$, which follows a centered and reduced Gaussian distribution, $N(0, 1)$ where $\{E(x_n^i)\} = 0$ and $\{\text{Var}(x_n^i) = 1\}_{n \geq 0, i \in C}$, and then the associated density probability sequences, $\{f_n^i(x)\}_{n \geq 0, i \in I} = \{(1/2\pi)^{-1/2} \exp\{-x^2/2\}\}$, $n \geq 0$. Indeed, the expectation for the chain $\{G_{n+1}^i\}_{n \geq 0, i \in C}$ to be at the stage k if it begins at the stage 0 is, $\{E(X=x)\} = \int_{x=0}^k x (1/2\pi)^{-1/2} \exp\{-x^2/2\} dx = \{(1/2\pi)^{-1/2} [-\exp\{-x^2/2\}]_0^k\}$ since the sequences $\{x_n^i\}_{n \geq 0, i \in I}$ converge to x^* when n tends to ∞ .

Since $\{x_n^i\}_{n \geq 0, i \in C}$ converge, then $\{x_{n+1}^i/x_n^i\}_{n \geq 0, i \in C} = \{g_n^i(h_n^i)\}_{n \geq 0, i \in C} \rightarrow g^{i*}$ and $\{h_n^i\}_{i \in C} \rightarrow h^{i*}$ for all fixed $i \in C$. Thus, $x^{i*} = (g^{i*}, h^{i*})$ ensures that convergence and catching-up possibility over time exist and is stable since it is included in a compact set, $C = \{C_i\}_{i \in I}$. Then $\{(1/2\pi)^{-1/2} [1 - \exp\{-k^2/2\}]\} \rightarrow 0$ when $k \rightarrow +\infty$ where, $\{X_i\}_{i \in C} = \{x_n^i\}_{n \geq 0, i \in C} \rightarrow x^{i*} = (g^{i*}, h^{i*})$ is the stable equilibrium.

Example 2: According to Example 1, if the countries' sequences block, $C = \{C_i\}_{i \in C}$, growth path dynamics sequences moves at the maximum speed, then the associated growth path rate sequences, $\{g_n^i = G_{n+1}^i/G_n^i\}_{n \geq 0, i \in C}$, converge surely to the optimum growth path rate, $Max\{g_n^i\}_{n \geq 0, i \in C} = Max\{G_{n+1}^i/G_n^i\}_{n \geq 0, i \in C} \rightarrow \{g^{i*}\}_{i \in C}$. Therefore, the countries' sequences, $C = \{C_i\}_{i \in I}$, converge toward more advanced economies and may catch up with the industrialized countries' sequences block over time. Consequently, the maximum speed if reached yields catching-up, otherwise if not, the follower countries would block the move at the same constant rate. As the more advanced countries' block, then convergence is likely to occur over time. More precisely, there exist time sequences, $\{\tau^i\}_{i \in C} > 0$, defined by $\{\tau^i\}_{i \in C} = Inf\{n \geq 0$. This is such that if the growth path sequences block, C moves at the same constant rate as the more advanced economies at the average speed, i.e., $(g_n^i)_{n \geq 0, i \in C} \rightarrow (g^{i*})_{i \in C}$ (convergence). Otherwise, if the growth path sequences block, C moves at the speed, $\{\tau^i\}_{i \in C}$, $\{g^{i*}\}_{i \in C} = Sup\{g_n^i\}_{n \geq 0, i \in C} = Max\{G_{n+1}^i/G_n^i\}_{n \geq 0, i \in C}$ and the growth path rate sequences is reached over time. Thus, this allows for catching-up.

Proposition 4: Given two different countries sequences blocks, $C = \{C_i\}_{i \in I}$ and $D = \{D_j\}_{j \in I}$ in the network I , with respective growth rate paths sequences, $\{g_n^i\}_{n \geq 0, i \in C}$ and $\{g_n^j\}_{n \geq 0, j \in D}$ where $\{g_n^i\}_{n \geq 0, i \in C} < \{g_n^j\}_{n \geq 0, j \in D}$, then the countries' sequences block, $C = \{C_i\}_{i \in I}$, converge or catch-up with the countries' sequences block, $D = \{D_j\}_{j \in I}$ if and only if, the respective technological change parameters speed is such that, $v(C) = \{v(\partial h_{n+1}^i/\partial h_n^i)\}_{n \geq 0, i \in C} \geq v(D) = \{v(\partial h_{n+1}^j/\partial h_n^j)\}_{n \geq 0, j \in D}$.

Proof: Since two different countries sequences are characterized by their respective growth path rate sequences, $\{g_n^i\}_{n \geq 0, i \in C}$ and $\{g_n^j\}_{n \geq 0, j \in D}$, such that at the boundary $\{g^{i*}\}_{i \in C} < \{g^{j*}\}_{j \in D}$ since the both technological change converge, i.e., $\{v(\partial h_{n+1}^i/\partial h_n^i)\}_{n \geq 0, i \in C} \rightarrow \{v(\partial h_{n+1}^j/\partial h_n^j)\}_{n \geq 0, j \in D}$ when $n \rightarrow \infty$, then the least advanced countries' sequences block $C = \{C_i\}_{i \in I}$ would also converge at the more advanced countries' sequences block, $D = \{D_j\}_{j \in I}$. Therefore, the same result holds for the growth path rate sequences, and thus convergence occurs. Otherwise if $\{v(\partial h_{n+1}^i/\partial h_n^i)\}_{n \geq 0, i \in C} \geq \{v(\partial h_{n+1}^j/\partial h_n^j)\}_{n \geq 0, j \in D}$, then the countries' sequences block $C = \{C_i\}_{i \in I}$ catch-up the more advanced countries' sequences block, $D = \{D_j\}_{j \in I}$.

Theorem 1: Let the Markov growth path dynamics sequences $\{G_{n+1}^i\}_{n \geq 0, i \in I}$ of the compact and metric countries sequences set, $C = \{C_i\}_{i \in I}$,

moves according to the velocity, $\{v_n^i\}_{n \geq 0, i \in C} = \{v(\partial h_{n+1}^i / \partial h_n^i)\}_{n \geq 0, i \in C}$. Thus, the general equilibrium of the whole sequences block (g^{i*}, h^{i*}) exist in the network I, and is stable, since $\{g_n^i(h_n^i)\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow g^{i*}(h^{i*})_{i \in I}$ and $\{(h_n^i)\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow (h^{i*})_{i \in I}$.

Proof of Theorem 2: Let the Markov growth path dynamics sequences, $\{G_{n+1}^i\}_{n \geq 0, i \in C}$, belongs to the compact and metric countries sequences set, $C = \{C_i\}_{i \in C}$. Then, the set C admits a contraction mapping application sequences, i.e., an application sequences $\{g_n^i\}_{n \geq 0, i \in C}$ which takes values in knowledge sequences, $\{h_n^i\}_{n \geq 0, i \in C}$ for all $n \geq 0$ where $\{g_n^i(h_n^i)\}_{n \geq 0, i \in C} = \{h_n^i\}_{n \geq 0, i \in C}$. Then, there exist a parameter, $\{\gamma(g_n^i)\}_{n \geq 0, i \in C} \in [0, 1]$, such that $\{d(g_n^i(h_n^i), g_n^i(h_m^i))\}_{n \geq 0, i \in C} \leq \gamma(g_n^i)d(h_n^i, h_m^i)_{n \geq 0, i \in C}$. Therefore, the compacity yields convergence, i.e., $\{g_n^i(h_n^i)\}_{n \geq 0, i \in C} \rightarrow g^{i*}(h^{i*})_{i \in C}$ since $\{h_n^i\}_{n \geq 0, i \in C} \rightarrow (h^{i*})_{i \in C}$ and $\{g_n^i(h_n^i)\}_{i \in C, n \geq 0} \rightarrow g^{i*}$ and $\{h_n^i\}_{i \in C, n \geq 0} \rightarrow h^{i*}$.

Example 3: Using the Banach fixed point theorem used above, convergence is similar to the existence and the stability of the equilibrium since knowledge spillovers increase continuously over time. Given two different times of the same growth rate path sequences, m and n such that $\{g_n^i\}_{n \geq 0, i \in C}$ and $\{g_m^j\}_{m \geq 0, i \in C}$ as well as the existence of $\{\varepsilon_i\}_{i \in C} > 0$ and $\{\varepsilon_j\}_{j \in C} > 0$, then all $m, n \geq N_{\varepsilon_i}$, yields $\{d(g_n^i(h_n^i), g_m^j(h_m^j))\}_{n \geq 0, i \in I} \leq (\varepsilon_i)_{i \in I}$ according to the growth rate path rates sequences. The same result holds for knowledge sequences, i.e., all $m, n \geq N_{\varepsilon_i}$, such that $\{d(h_m^i, h_n^i)\}_{n \geq 0, i \in C} \leq \varepsilon_i$ and $\{d(h_m^j, h_n^j)\}_{j \in C} \leq (\varepsilon_j)_{j \in C}$ yields $\{d(g_n^i(h_n^i), g_m^j(h_m^j))\}_{n \geq 0, i \in C} \leq (\varepsilon_j)_{j \in C}$. Indeed, the sequences, $\{g_n^i(h_n^i) = h_n^i\}_{n \geq 0, i \in C}$, are Cauchy sequences and thus converge toward the steady state, $\{g^{i*}(h^{i*})\}_{i \in C} = \{h^{i*}\}_{i \in C}$. Therefore, $i = 1, 2, \dots, N$ yields the large number of law that $\sum_{i=1}^N \{g^{i*}(h^{i*})\}_{i \in C} / N = \sum_{i=1}^N h^{i*} / N$ converges at (g^*, h^*) since $\{g^{i*}(h^{i*}) = h^{i*}\}_{i \in I}$ converge at the general equilibrium (g^*, h^*) . Therefore, knowledge spillovers provided by countries relationships through the network, I, reduces inequalities among countries. Also, it accelerate convergence and catching-up with the richest countries.

Theorem 2: Two different countries inside a given counties' block sequences are similar.

Proof: Given two countries inside the sequences block, $C = \{C_i\}_{i \in C} \subset [0, 1] \subset B(0, 1)$, C belongs to a compact set, which is its growth path rate sequences. There exist $\{g_n^i\}_{n \geq 0, i \in C}$ and $\{g_n^j\}_{n \geq 0, j \in C}$ which respectively converge at g^{i*} and g^{j*} where $g = \{g_n^k = G_{n+1}^k / G_n^k\}_{n \geq 0, k: i, j \in C} \rightarrow g^{k*}$ because of the closeness of C. Thus, those growth path rate sequences are Cauchy sequences and then any $\varepsilon^{k*} > 0$ yields $n_0 \in \mathbb{N}$ for two different times $m, n \in \mathbb{N}$. Also, locus where countries i and j are located, such that $n \geq n_0$ and $m \geq n_0$, yields $\{d(h_n^i, h_m^j)\}_{n, m \geq 0, i, j \in C} \leq \varepsilon^{k*}$. Furthermore, by the continuity of the growth path rate, it yields $\{d(g_n^i(h_n^i), g_m^j(h_m^j))\}_{n, m \geq 0, i, j \in C} \leq \varepsilon^{k**}$ which means that the both countries i and j are similar. Moreover, by the fixed point theorem, the sequences, $\{g^i(h^{i*})\}_{i \in C} = \{h^{i*}\}_{i \in C} \subset C_i$ and $\{g^j(h^{j*})\}_{j \in C} = \{h^{j*}\}_{j \in C} \subset C_j$, admit fixed point limit of the sequences, $\{g^k(h^k) = h^k\}_{l=m, n \geq 0, j \in C}$. Since $\{h^{k*}\}_{k=i, j \in I} \subset \{B(h^{k*}, r^{k*})\}_{k=1, j \in C}$,

the closed ball sequences limit of $\{B(h_n^k, r_n^k)\}_{n \geq 0, k=i, j \in C}$, where $\{B(h^{k*}, r^{k*}) \supset g^{k*}\}_{k=i, j \in C}$, fixes the countries' sequences. This is such that they converge at the growth path rate equilibrium, $g^{k*} = (g^{i*}, g^{j*})$ where $\{g_n^k\}_{k=i, j \in C, n \geq 0} \rightarrow g^{k*}$. Thus, the growth path rate sequences is stable inside the whole network I , where the network general solution is given by g^* . Since convergence is expressed by $\{B(h_t^k, r_t^k)\}_{k=1/2(i+j) \in C, t \geq 0} \rightarrow \{B(h^{k*}, r^{k*})\}_{k=1/2(i+j) \in C}$, then catching-up occurs if $(1/2)\{B(h^{k*}, r^{k*})\}_{k=1/2(i+j) \in C} \rightarrow \{B(g^*(h^*), r^*)\} \subset C$. Countries C_i and C_j are similar because they belong to the same countries' sequences block, while C is composed of several countries.

Theorem 3: Let the whole network I of R be divided into three countries blocks types by $r=D, E, H$, i.e., developing, emerging and industrialized countries respectively. Then the associated Markov growth path dynamics sequences or the r countries blocks, $\{G_{n+1}^r\}_{n \geq 0, r \in I}$ move according to the velocity, $\{v_n^r(h_n^r)\}_{n \geq 0, r \in I}$, which converge to $\{v^{r*}\}_{r \in I}$. Since the countries blocks belong to the compact set, $I \subset R$, then each blocks growth rate paths sequences, $\{g_n^r(h_n^{r*})\}_{n \geq 0, r \in I}$, converge at its respective equilibrium growth rate, $(g^{r*}(h^{r*}))_{r \in I}$. Thereafter, the general equilibrium of the whole network (g^*, h^*) exist in I such that $\{g^{r*}(h^{r*}) = h^{r*}\}_{n \geq 0, r \in I} \rightarrow g^*(h^*)$ since $\{h^{r*}\}_{n \geq 0, r \in I} \rightarrow h^*$.

Proof: The network I is the set of all connected countries with heterogeneity based on the rate and level of GDP. According to the World Bank, they can be classified into three main categories which are developing, emerging, and industrialized countries depending on their per-capita income level, and thus their respective economic performance development level focused on technological change and speed. Also, according to the theory built, since stochastic growth paths expressed by the Markov sequences depending on time and space admits a growth path sequences, then using Lemma 1 to 4 and Theorem 1 and 2, the equilibrium exist. When taken separately, they are multiple, but also allow the average limit of the whole of them to converge at a unique limit or the general equilibrium which also is a fixed point due to the equivalency between knowledge and the economic growth path.

Sudden Shocks in Connected Countries and Transmission Risks

Assumption 2: The r existing countries sequences blocks in I growth path rate dynamics sequences, $\{g_{n+1}^r\}_{n \geq 0, r \in I}$, move according to $\{g_{n+1}^r = v_n^r g_n^r(h_n^r) - \delta_n^r s_n^r\}_{n \geq 0, r \in I}$. Here, $\{s_n^r\}_{n \geq 0, r \in I}$ is the idiosyncratic shock sequences, $\{\delta_n^r\}_{n \geq 0, r \in I}$ is the severity of the idiosyncratic shock on the countries growth path sequences blocks, and $\{v_n^r\}_{n \geq 0, r \in I}$ is the same thing for the speed associated to the growth path rate dynamics sequences.

Proposition 5: According to assumption 2, before the corona virus emergence, the r countries' economic performance highlighted by the growth

path dynamics sequences and measured by the growth path rate sequences (g^{min}, g^*, g^{max}) was such that, $g(D)=g^{min} < g(E)=g^* < g(H)=g^{max}$. Since $r=D, E, H$, then I exhibits multiple growth path rates equilibria.

Proof: According to assumption 3, if the dynamics sequences block is stable, i.e., converges at 0, then $v_n^r g_n^r(h_n^r) \approx \delta_n^r s_n^r$. Therefore, the sequences, $\{g_n^r\}_{n \geq 0, r \in I}$, converge at $\{\delta_n^r s_n^r / v_n^r\}_{n \geq 0, r \in I}$. Thus, at the boundary, g^* converge at $(\delta^* s^*) / v^*$. Indeed, $\{g_n^r\}_{n \geq 0, r=D, E, H \in I} \rightarrow g^{r*} = \delta^{r*} (s^{r*} / v^{r*})_{r=D, E, H \in I}$ which is the equilibrium or the stable long-run growth, where $\{g_n^D\}_{n \geq 0, D \in I} \rightarrow \text{Inf}(g) = g^{min} < g^*$, $\{g_n^E\}_{n \geq 0, E \in I} \rightarrow \text{Inf}(g) = g^* < g^{max} = \text{Max}\{g_n^H\}_{n \geq 0, H \in I}$. Finally, the “corona virus” emergence yields g^{vc*} existence such that there exist $g^{r*} = (1/3) \sum \{g_n^r\}_{n \geq 0, r=D, E, H \in I} \rightarrow g^{r*} < g^{vc*}$. In addition, $g(D)=g^{min} \geq g(E)=g^* \geq g(H)=g^{max}$ are multiple equilibria.

Figure6: local stability of the growth path criteria

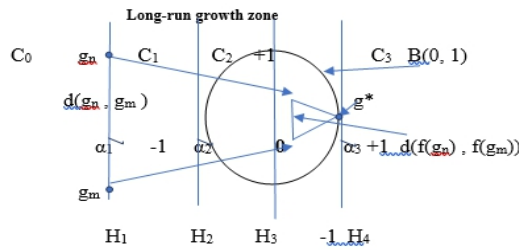


Figure 6 axis x represents zones' heterogeneities in economic performance levels and axis y is the frontier. Thus, this evoked the case of domestic remedy through which the unique stable equilibrium in growth sustainability exists.

Proposition 6: Let two countries' sequences blocks in I , i.e., $C = \{C_k\}_{k \in C}$ and $D = \{D_l\}_{l \in C}$, be partners, where C is initially endowed with the idiosyncratic shock sequences, $\{s_n^k\}_{n \geq 0, k \in C}$. Thus, there exist an application sequences, $\{vp_n^r\}_{n \geq 0, r \in I}$, defined on $C = \{C_r\}_{r \in I}$ and which allows the idiosyncratic shock transfer to D to be expressed by $vc_n^l(s_n^k) = s_n^l \in D$ for all $n \geq 0$.

Proof: Let the countries sequences, $C = \{C_k\}_{k \in C}$ and $D = \{D_l\}_{l \in C}$, be connected partnerships in I . Here, the first countries' block inhabitants face the “corona virus” expressed by the sequences, $\{s_n^k\}_{n \geq 0, k \in C}$, at time, n where $k, l \geq 0$ are the regions number contain in those countries and expressed by the set, C and D . After then, all the kinds of exchanges occur among than and yields a correspondence expressed by the application sequences $\{vp_n\}_{n \geq 0}$, such that all $\{s_n^k\}_{n \geq 0, k \in C} \in C = \{C_k\}_{k \in C}$ yields $\{vp_n(s_n^k) = s_n^l\}_{n \geq 0, (k, l) \in C \times D}$. Indeed, $n \geq 0$, $\{s_n^l\}_{n \geq 0, l \in D} \in D = \{D_l\}_{l \in D}$.

Stabilization Theorem 4: Let the whole existing countries sequences blocks in I (C_1, C_2, \dots, C_M) be compact sets with each endowed with shock

sequences, $\{s_n^q\}_{n \geq 0, 1 \leq q \leq M}$. Thus, there exist an equilibrium in the shock s^* such that $\{s_n^q, vp_n(s_n^q) = s_n^u\}_{n \geq 0, q, u \in I} \rightarrow s^*$.

Where, $s^* = ((1/M) \sum_{1 \leq q \leq M, n \geq 0} (s_n^q), 1/M \sum_{n \geq 0, 1 \leq q \leq M} (s_n^q))$

Proof: Let the whole M countries sequences in the network, I i.e., (C_1, C_2, \dots, C_M) be all connected among them. Thus, using proposition 6, $\{s_n^q\}_{n \geq 0, q \in I}$ yields $\{vp_n(s_n^q) = s_n^u \in C_j\}_{n \geq 0, q, u \in I}$. Thus, there exist $\{s_n^q, vp_n(s_n^q) = s_n^u\}_{n \geq 0, q, u \in I} = B$ which is a matrix of format (M, M) such that $\{s_n^q, vp_n(s_n^q) = s_n^u\}_{n \geq 0, q, u \in I} \rightarrow s^* = (s^q, s^u)_{q, u \in I}$ finally converges at:

$s^* = ((1/M) \sum_{1 \leq q \leq M, n \geq 0} (s_n^q), 1/M \sum_{n \geq 0, 1 \leq q \leq M} (s_n^q))$

Therefore, the network system is stable.

Risk Impact on the International Economy

Theorem 5: Let a given country, $C_k \subset C = \{C_r\}_{r \in I}$, be a convex set endowed with a idiosyncratic shock sequences, $\{s_n^k\}_{n \geq 0, k \in C_k}$, such that it converges to $s^{k*} = \text{Max}\{s_n^k\}_{n \geq 0, k \in C_k}$. Here, s^{k*} doesn't belong to C_k and there exist an hyperplane. Also, H^k separates the country C_k from s^{k*} .

Proof: Convexity of the fixed country, C_k , means that given two regions of the country, i.e., $x, y \in C_k$, yields the existence of λ such that $\lambda x + (1-\lambda)y \in C_k$, i.e., $[x, y] \subset C_k$. Therefore, the same thing holds for the whole country due to sequences of the regions of the country, C_k . $\{x_j\}_{j \in C_k}$ yields to a sequence, $\{\lambda_k\}_{k \in C_k}$, such that $\sum \lambda_k x_k \subset C_k$. Consequently, the higher shock level, s^{k*} , exist but doesn't belong to C_k . By the separating hyperplane theorem, the following exists: H^k an hyperplane which separates s^{k*} from the whole country, $C_k \subset I$ (see Figure 7 representing a space that includes a convex set and a separated point that allows the separation of the both by a hyperplane).

Lemma 7: Generalization of the Separating Hyperplane Theorem: In Theorem 5, if the whole existing countries of the sequences block, $C = \{C_r\}_{r \in I}$, of the network I admits a shock sequences, $\{s_n^r\}_{n \geq 0, r \in I}$, then $\{s_n^r\}_{n \geq 0, r \in I}$ converge to $\{s^{r*}\}_{r \in I}$ where $\{s^{r*}\} \cap \{C_r\}_{r \in I} = \emptyset$. Thus, there exist multiple hyperplane sequences, $\{H^r\}_{r \in I}$, which separate s^{r*} from all the existing countries' blocks in I .

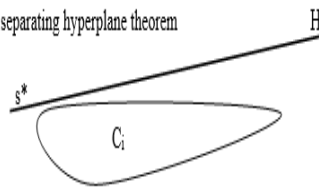
Proof: According to Theorem 5, each convex countries' sequences, endowed with shock sequences, admits a hyperplane which separates the set from the average shock level when it is outside the set. Due to the validity of the process for n existing convex countries' sequences in I , then, extending the property to $i = n+1$ countries' sequences, in order to validate the generalization of the hyperplane theorem, yield to the sum of 1 country admitting a hyperplane plus $n+1$ while others are doing the same thing. Then the $n+1$ convex countries sequences in I , i.e., $\{C_1, C_2, \dots, C_n, C_{n+1}\}$, yield to $\{H^i\}_{i \in \{1, 2, \dots, n\}}$. Thereafter, the countries are separates among themselves, i.e., they are closed and networks are also closed.

IV.A. The Idiosyncratic Shock Dynamics Study

Proposition 7: *The idiosyncratic shock dynamics exhibits multiple equilibria*

Proof: Let the idiosyncratic shock dynamics sequences, $\{s_{n+1}^i(d_n^i)\}_{n \geq 0, i \in I}$, be an increasing function of the death rate in each countries' sequences blocks, $\{C_i\}_{i \in I}$. If the death rate sequences depend on the parameters sequences, $\{\delta_s^i\}_{n \geq 0, i \in I}$, and, according to the data observations, if $\{\delta_s^i\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow 0$, then the countries' sequences $\{C_i\}_{i \in I}$ is composed of poor countries block since it yields $\{d_n^i\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow d^{min} = \text{Inf}\{d_n^i\}_{n \geq 0, i \in I}$ and $\{s_n^i\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow s^{min}$. Otherwise, if $\{\delta_s^i\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow 1$, then, in conformity to the data observations, the countries' sequences $\{C_i\}_{i \in I}$ is a rich countries' sequences block as $\{d_n^i\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow d^{max} = \text{Sup}\{d_n^i\}_{n \geq 0, i \in I}$. Here $\{s_n^i\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow s^{max}$. Therefore, the death rate sequences, $\{d_n^i\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow +\infty$. Finally, if $\{\delta_s^i\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow l \in]0, 1[$, then $\{s_n^i\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow s^*$, which is the average level. Thus, $s^* \in]s^{min}, s^{max}[$. The concerned countries' sequences are middle-income countries' block. Consequently, the death rate sequences, $\{d_n^i\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow L \in]0, +\infty[$ (see the data provided in the appendix).

Figure7: the simple separating hyperplane theorem



Proposition 8: *Let the hyperplane sequences, $\{H^i\}_{i \in I}$, be such that $\text{Inf}\{H_n^i\}_{n \geq 0, i \in I} = H^{min}$ and $\text{Sup}\{H_n^i\}_{n \geq 0, i \in I} = H^{max}$ exist. Thus, the isolation policy leads to death stabilization if the shock sequences impact on the economies is reducing over time due to some restrictions.*

Proof: According to Proposition 7, each convex countries' sequences block is endowed with a shock sequences that admits an hyperplane sequences which separates the countries sets one to another as a barrage where from the maximum shock level, s^* is not reached in each countries' block sample. Indeed, since the multiple hyperplanes, $\{H^i\}_{i \in \{1, 2, \dots, n\}}$ separates all the N convex countries sequences in I where $\cap \{C_i\}_{i \in I} = \emptyset$ $i \in I$ and $\{C_i\}_{i \in I}$ are countries' sequences in the network, I . For all $i \in \{1, 2, \dots, N\}$, the whole hyperplane sequences are closed and bounded, thus, admitting an upper and a lower limits, H^{min} and H^{max} . Here, $H^{min} = \text{Inf}\{H_n^i\}_{n \geq 0, i \in I}$ and $H^{max} = \text{Sup}\{H_n^i\}_{n \geq 0, i \in I}$, where $H^* = (1/2)(H^{min} + H^{max})$ also exist. Then, each countries sequences block is endowed with his own idiosyncratic shock dynamics, $\{s_{n+1}^i\}_{n \geq 0, i \in I}$, moving separately from the other countries blocks with a low internal transmission only after the international closure of the network which, then, blocks the virus transmission. Indeed, two isolated forces can be identified. *First* is the epidemic transmission risk highlighted by the parameter included in the

growth function which can be stabilized, i.e., $\{\delta_n^i\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow \delta^{i*}$. Thus, this yields $\{s_n^i\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow s^{i*}$. Therefore, the growth rate sequences reach their steady state, $\{g_n^i\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow g^{i*}$. *Second*, if no prevention measures provided are followed by the population in order to fight the pandemic, specifically in high-death numbers countries, then $\{\delta_s^i\}_{n \geq 0, i \in I}$ may pursue its evolution and converge at its upper level, i.e., may reach δ^{max} and yield $\{s_n^i\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow s^{max}$. Therefore, per-capita income, $\{y_n^i\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow \text{Sup}\{y_n^i\}_{n \geq 0, i \in I}$, is caused by human being extinctions over time, since the death rate sequences $\{d_n^i\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow +\infty$ (thus tends to validate Thomas Malthus population theory).

Example 4: Given the death rates sequences caused by the pandemic shock, $\{d_n^i\}_{n \geq 0, i \in I}$, $M^* = \max\{d_n^i\}_{n \geq 0, i \in I} = d^{max} \in \{C_i\}_{i \in I}$ and $m^* = \min\{d_n^i\}_{n \geq 0, i \in I} = d^{min} \in \{C_j\}_{j \in I}$ exist in the network I. Thus, if the countries' sequences remain connected, then $m^* \rightarrow M^*$ for all existing countries sequences in the network, I. Otherwise, if the countries' sequences are no more connected, then m^* and M^* are not linked with probability, where $p(m^*) = P(\{y_{n+1}^k\}_{n \geq 0, k \in I})$. This is such that $y \rightarrow y^{min}$ since $\{C_i\}_{i \in I, n \geq 0, j, k \in I}$ belongs to a low income countries' sequences. However, $p(M^*)$ is the probability for the countries' sequences to belong to the high income countries sequences category where $p(M^*) = P(\{y_{n+1}^k\}_{n \geq 0, k \in I})$ since it concerns $\{C_i\}_{i \in I, n \geq 0, j, k \in I}$, a high income countries' sequences block. For the emerging countries' sequences, p^* exists such that $y \rightarrow y^*$. Here, p^* is the probability for the emerging countries' sequences category to transmit the epidemic to the other countries' sequences. Consequently, the sanitary policy is promoted by the global economy based on 2 levels: *first*, on international isolation, *second*, on internal isolation (crowded activities cease) expected results. *First*, this results make $p^{max} \rightarrow p^{min}$, i.e., $M^* \rightarrow m^*$, yields $\{s_n^i\}_{i \in I, n \geq 0} \rightarrow s^* = (M^* - m^*)/2$ such that the number of deaths stabilize. Thus, the corona virus dynamics yields $\{d_n^i\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow d^* = (d^{min} + d^{max})/2$ existence. Since s^* once exist, $\{s_n^k\}_{n \geq 0, k \in I} \rightarrow s^*$ yields $\{d_n^k\}_{n \geq 0, k \in I} \rightarrow d^*$, i.e., stabilization

Lemma 8: Countries classification in economic performance, termed under the international stabilization policy, yield multiple growth rate paths equilibria, $(g^r)_{r=inf,*,sup} = (g^{inf}, g^{*}, g^{sup})$ respectively. This entails the lowest and the medium of the highest economic performance groups, i.e., $g^{inf} = \{(H^{min}, s^{min}, d^{min}, y^{min})\}$, $g^{*} = \{(H^*, s^*, d^*, y^*)\}$, and $g^{sup} = \{(H^{max}, s^{max}, d^{max}, y^{max})\}$.

Proof: The hyperplanes sequences existence $\{H^i\}_{i \in I}$, the sudden shock dynamics or the corona virus sequences $\{s_n^k\}_{n \geq 0, k \in I}$, and the death rates due to the corona virus $\{d_n^k\}_{n \geq 0, k \in I}$, as well as their respective per-capita income sequences $\{y_n^k\}_{n \geq 0, k \in I}$, can be classified into three categories. This is indexed by r as viewed above such that $r = \text{low income countries, emerging countries, and industrialized countries}$. Also, the vector $(\{H^i\}_{i \in I}, \{s_n^k\}_{n \geq 0, k \in I}, \{d_n^k\}_{n \geq 0, k \in I}, \{y_n^k\}_{n \geq 0, k \in I})$ then characterized the countries sequences blocks indexed by r and the multiple equilibria $\{(H^{min}, \sigma_L), (H^*, \sigma_M), (H^{max}, \sigma_H)\}$.

Here, $\sigma_L=(s^{min},d^{min},y^{min})$, $\sigma_M=(s^*,d^*,y^*)$, and $\sigma_H=(s^{max},d^{max},y^{max})$ are the respective developing, emerging, and industrialized countries sequences blocks parameters.

Assumption 3: At each time, $n \geq 0$, the growth path dynamics equilibrium of the r countries' sequences categories move such that, $\{G_{n+1}^r\}_{n \geq 0, r=(L,M,H)} = \{G_n^r\}_{n \geq 0, r=L,M,H} - \{\delta_n^r s_n^r\}_{n \geq 0, r=(L,M,H)}$.

Here, $\{\delta_n^r\}_{n \geq 0, r=(L,M,H)} \geq 0$ is the impact of the virus on the human state of health; $\{s_{n+1}^r\}_{n \geq 0, r=(L,M,H)} = \{\delta_n^r s_n^r\}_{n \geq 0, r=(L,M,H)} = D_n^r$ is the corona virus dynamics or the death movements; $\{G_n^r\}_{n \geq 0, r=(L,M,H)}$ is the growth path sequences per-category, $r=L,M,H$ countries types.

Fundamental Theorem of the Theory: According to assumption 3, growth sustainability dynamics of each countries' category, $\{C_r\}_{r=L,M,H}$, with the growth path dynamics sequences $\{G_{n+1}^r\}_{n \geq 0, r \in I}$ is in its reduced form, which is expressed by equation (1):

$$g_{n+1}^r = \lambda_n^r g_n^r - \delta_n^r d_n^r \quad (1)$$

Where $\{g_{n+1}^r = G_{n+1}^r / G_n^r\}_{n \geq 0, r=L,M,H \in I} = \{g_{n+1}^r(s_n^r, g_n^r)\}_{n \geq 0, r=L,M,H \in I}$ and $r = \text{inf or } L, * \text{ or } E \text{ and sup or } H$, are countries' sequences per-category; $n \geq 0$ is the current time; and $\lambda_n^r \geq 0$ is the technological change level; and the country's sequences category are $r=L,M,H$.

Proof: According to assumption 3, the growth path dynamic $\{G_{n+1}^r = G_n^r(s_n^r)\}_{n \geq 0, r=L,M,H \in I}$; and according to proposition 7, the growth rate sequences, $\{G_n^r\}_{n \geq 0, r=L,M,H}$, is the product of the growth rates and technological change per-sector, λ_n^r of the economy at time n , i.e., $\{G_n^r\}_{n \geq 0, r=L,M,H} = \{\lambda_n^r g_n^r\}_{n \geq 0, r=(L,M,H)}$. Therefore, the corresponding growth path rate sequences,

$\{g_{n+1}^r = G_{n+1}^r / G_n^r\}_{r=L,M,H} = \{g_{n+1}^r = g_{n+1}^r(s_{n+1}^r, g_{n+1}^r)\}_{n \geq 0, r=L,M,H} = \{\lambda_n^r g_n^r\}_{n \geq 0, r=(L,M,H)}$, exist. Here, the sequences, $\{s_n^r\}_{n \geq 0, r=L,M,H} = \{\delta_n^r s_n^r\}_{n \geq 0, r=L,M,H}$, are thus linked to the growth rate path sequences such that $\{g_{n+1}^r = \lambda_n^r g_n^r - \delta_n^r d_n^r\}_{n \geq 0, r=L,M,H}$.

The Social Planner's Intervention

Fundamental Linear Theorem: Let the linear programming problem, $\{P^r\}_r$, be such that $\{P^r\}_{r=L,M,H} = \text{Max}\{\Delta y_n^r = \Gamma\{\Delta(G_n^i / D_n^r)\}_{n \geq 0, i \in I}\}$ for all the countries sequences types, $\{C_r\}_{r=\text{inf}, *, \text{sup}, n \geq 0}$ where, $\{\Delta y_n^r\}_{n \geq 0, r \in I}$ is per-capita income, $\{D_n^r\}_{i \in I, r=\text{inf}, *, \text{sup}, n \geq 0}$ is the sequences of the death recorded and, $\{G_n^r\}_{r=\text{inf}, *, \text{sup}, n \geq 0}$ is the growth path sequences measured by the GDP. Then, sustainable growth equilibrium, (G^*, D^*) existence yields, the linear programming problem, $\{P^r\}_r$, admits the equilibrium sequences of optimal per-capita income, $\{\Delta y^{r*}\}_{r=\text{inf}, *, \text{sup}, n \geq 0}$ such that, $\{\Delta y^{r*}\}_{r=\text{inf}, *, \text{sup}, n \geq 0} = \text{argmax}\{\Delta y_n^r = \Gamma\{\Delta(G_{n+1}^i / D_{n+1}^i)\}_{r=\text{inf}, *, \text{sup}, n \geq 0}$

Proof : From the resolution theorem, the linear programming sequences, $\{P^r\}_{r=L,M,H}$, consists of the optimization of the ratio of the growth path and death sequences, i.e., $\{P^r\}_{r=L,M,H} = \text{Max}\{\Gamma\{\Delta(G_{n+1}^i/D_{n+1}^i)\} \rightarrow \{\Delta y^r = \{\Delta(G^r/D^r)\}\}_{r=L,M,H}$.

Here, $\{G^r\}_{r=L,M,H \in I}$ is a sequences of polytope sets of the GDP growth rate measurable sequences. For $(G_{n+1}^i)_{n \geq 0, i \in I}$, $(G_{n+1}^i)_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow \{G^r\}_{r=L,M,H \in I}$. Death sequences, $\{D^r\}_{r=L,M,H}$, is a sequences of cones such that the shock impact measurable by the deaths number, $(D_n^i)_{n \geq 0, i \in I}$, at each period converge, i.e., $(D_n^i)_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow \{D^r\}_{r=L,M,H \in I}$. Through the concavity and the convexity of the objective function, $\Gamma\{(G_{n+1}^i, D_{n+1}^i)\}_{n \geq 0, i \in I}$, respectively in the first argument and in the second argument, the sequences, $\{P^r\}_{r=L,M,H}$, admits at least one extreme sequences solution, $(G^r, D^r)_{r=L,M,H}$. Here, $\{G^r\}_{r=L,M,H}$ is a convex hull sequences of the extreme points solution of the linear programming sequences and $\{D^r\}_{r=L,M,H}$ is a cone sequences of the extreme points of the linear programming sequences, $\{P^r\}_{r=L,M,H}$. Since $\{G^r\}_{r=L,M,H} \in \{P^r\}_{r=L,M,H}$ for a fixed death stock is a concave function, it is expressed by the product of technological change and the respective growth rates of all the existing economic sector, i.e., it is an increasing function. In contrast, $\{D^i\}_{i \in I}$, a non-negative linear combination of the extreme rays sequences, is a decreasing function and the both sequences meet at least one on the space. Here, per-capita income sequences, $\{\Delta y^{r*} = \Delta(G^{r*}/D^{r*})\}_{r=L,M,H}$, is the corresponding ratio. Therefore, given the sequences, $\{e_n^r\}_{n \geq 0, r=L,M,H}$ and $\{r_n^r\}_{n \geq 0, r=L,M,H}$ respectively of $\{G^{r*}\}_{r=L,M,H}$ and $\{D^{r*}\}_{r=L,M,H}$, the sets of the extreme points of $\{G^{i*}\}_{i \in I}$ and of the extreme rays of $\{D^k\}_{k \in I}$ yields $\{G^{i*}\}_{i \in I} = \text{Max}\{G_{n+1}^i\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow \{G^{r*}\}_{r=L,M,H}$ and $\{D^{i*}\}_{i \in I} = \text{Min}\{\delta_s^i D_n^i\}_{n \geq 0, i \in I} \rightarrow \{D^{r*}\}_{r=L,M,H}$. Indeed, $\{P^r\}_{r=L,M,H}$ admits the optimal solution sequences, $\{G^{r*}, D^{r*}\}_{r=L,M,H}$.

Here,

$$(G_{n+1}^i)_{n \geq 0, i \in I} = \{\sum_{t=0}^{t=+\infty} \lambda_t e^t - \sum_{t=0}^{t=+\infty} \mu_k r_k\}_{t \geq 0} \rightarrow \{G^{r*}\}_{r=L,M,H}$$

$$(D_{n+1}^i)_{n \geq 0, i \in I} = \{\sum_{t=0}^{t=+\infty} \mu_k r_k = \{\delta_n^i D_n^i\}\}_{t \geq 0, i \in I} \rightarrow \{D^{r*}\}_{r=L,M,H}$$

Where $\lambda_t \geq 0$, $\mu_k \geq 0$ for all t , $k \geq 1$ and $\sum_{t=0}^{t=+\infty} \lambda_t = 1$

Finally, since $\{G^{r*}, D^{r*}\}_{r=L,M,H} \rightarrow \{G^*, D^*\}$, then $\{\Delta y^{r*} = \Delta(G^{r*}/D^{r*})\}_{r=L,M,H} \rightarrow \Delta y^* = \Delta(G^*/D^*)$. Indeed, $\{P^r\}_{r=L,M,H}$ admits the equilibrium solution sequences, $\{G^*, D^*\}_{r=L,M,H}$, that yields growth sustainability since it yields to the optimal per-capita income equilibrium variation, Δy^* .

Numerical Experiments of the Theory: Updating Statistics on the Corona Virus Pandemic until January 2021

Equation (1) Numerical Experiment

Let r be such that $r=L,M,H$, where λ_g^r is per-countries' category, r knowledge spillovers and δ_n^r per-countries' category corona virus severity of

the sample r . Also, $\sum_r \lambda_g^r = 1$ means that the countries' sample is highlighted according to knowledge spillovers importance. Thus, $\sum_r \delta_n^r = 1$ in each sample. According to setting, D is for developing countries sample, E for emerging countries sample, and H is for industrialized countries sample. The equilibrium dynamics of the economy or future growth rate, g_{n+1}^{r*} , moves according to the difference between the economic growth knowledge spillovers and the corona virus impact in a given country of the sample. Also, r highlights the product of the deaths rate, d_n^r , as stipulated by equation (1). Thus, Table 3 shows the countries' growth rates augmented by knowledge spillovers. Indeed, growth without shock, $\{g = \lambda_g^r g_n^r\}_{r=H,E,D}$, results from data observed in 2019. Thereafter, the dynamics evolution of the growth rate, including the "corona virus" shock $(g_{n+1}^{r*})_{r=H,E,D}$, is as a result of the model computation. Tables 3, 4, and 5 graphical presentations are displayed by Figure 8, 9, and 10 respectively for the developed, the emerging, and the developing countries (see the appendix section).

Proposition 9: *Corona virus yields economic growth decrease all around the world* (see Figure 8 and the association numerical experiment data in the appendix section for proof)

Figure 8. Growth in the world before (at t) and under corona virus (at $t+1$)

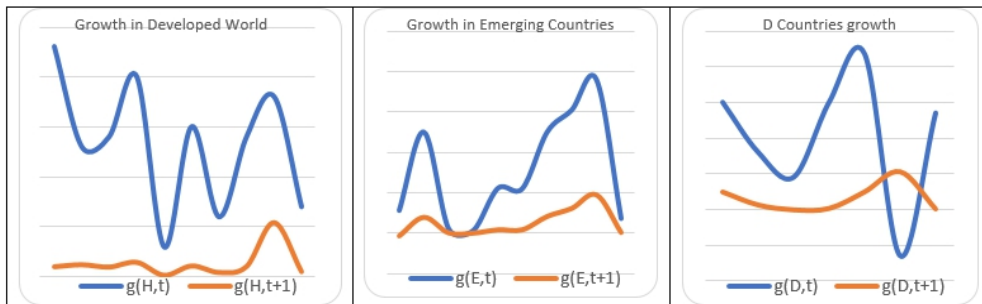
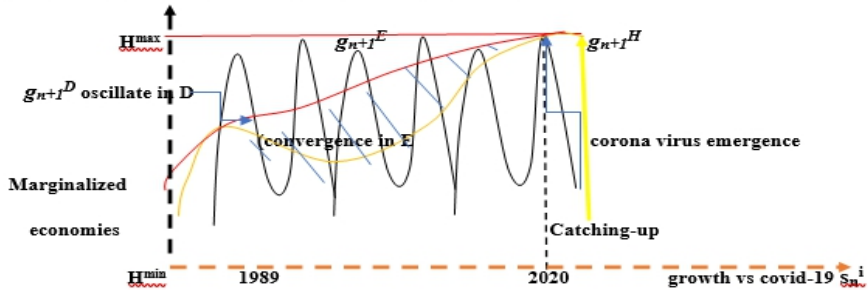


Figure 8 explanation: *First*, since $\delta_n^{H,i} = \nu_{c_t}^{H,i} / \sum_{i=1}^{10} \nu_{c_t}^{H,i} = 6438602$ and $\lambda_g^{H,i} = g_n^{H,i} / \sum_{i=1}^{10} g_n^{H,i} = 13,3$, $\sum \delta_n^{H,i} = 1$, $\sum \lambda_g^{H,i} = 1$, $\nu_{c_t}^{H,i}$ is the virus detected cases data sample, and D_t^H is the deaths number recorded in developed countries. *Second*, since $\delta_n^{E,i} = \nu_{c_t}^{E,i} / \sum_{i=1}^{10} \nu_{c_t}^{E,i} = 5416265$ and $\lambda_g^{E,i} = g_n^{E,i} / \sum_{i=1}^{10} g_n^{E,i} = 13,3$, $\sum \delta_n^{E,i} = 1$, $\sum \lambda_g^{E,i} = 1$, $\nu_{c_t}^{E,i}$ are the observed virus detected cases data, and D_t^E is the deaths number recorded in emerging countries. *Third*, since $\delta_n^{D,i} = \nu_{c_t}^{D,i} / \sum_{i=1}^{10} \nu_{c_t}^{D,i} = 29159$ and $\lambda_g^{D,i} = g_n^{D,i} / \sum_{i=1}^{10} g_n^{D,i} = 13,3$, $\sum \delta_n^{D,i} = 1$, $\sum \lambda_g^{D,i} = 1$, and $D_t^{D,i}$ is the deaths number recorded and are the observed virus detected cases data in developing countries.

The theory provided displays Figures 8, 9, and 10 as a single one-numbered. Figure 11 (where axis x relates the date and axis y relates the growth dynamics) relates the history.

Figure 11: Multi Countries Growth rates Dynamics



Discussions

From 1989s until today, the least developed countries' economy aims to *converge toward market-based economy* after the Berlin Wall Fall, the Communism, and the cold war ceases. This symbolizes the victory of the liberal economy because the planned Soviet Union model has been given up almost everywhere. This is as a result of market-based economy which is focused on competitive markets' power. Also, the East and the West Germany succeeded its transition and Russia also caught up with most industrialized countries' economic performance. Furthermore, Russia is currently classified at the 8th rank of the most richest countries. However, economic retarded countries or marginalized countries still exist. Thus, situation needs to be addressed through the networks association for exchange of knowledge purpose. The countries which are trying to improve their economic levels are assumed to be in transition toward market-based economy. In parallel, the *Emerging countries* have already successfully achieved their convergence stage, and they have mostly experienced improvement in their economic growth both in level and rate through knowledge investment and spillovers. However, before the years 2000s, only the 4 Asian dragons' countries successfully transited from an under developed to developed countries, i.e., Hong-Kong, Singapore, South Korea, and Taiwan successfully converge toward the industrialized countries' economic growth path. This was achieved through knowledge copy and assimilation, as well as exchange of trade based on knowledge spillovers. Therefore, there are no more considered as developing countries, but they have rather settled between the most richest and the emerging countries that are richer. From the years, 2000s, until today, China emerges and mostly shares its knowledge with the least advanced countries, specifically African countries, pushing Washington Consensus fall for Pekin Consensus emergence in least advanced countries. Here, transition towards market-based economy remains the goal looked forward by the integrated economies.

Next section introduces the social planner's intervention which aims to establish the optimality of the equilibrium if it exists under the corona virus

context. In this case, the main question remains how to eradicate the pandemic. The Pareto-optimal equilibrium (G^*, D^*) is focused on using the linear programming method rather than the traditional method settled on convexity and optimization technique, which is commonly used in growth theory. Thereafter, the theorems provided prove of the existence of a solution of the social planner optimization problem based on the linear programming method. Moreover, since the countries' growth path sequences follow the Markov process, such that they depend positively on knowledge, but negatively on the corona virus shock impact, the two opposite forces interaction determine the following. *First*, knowledge generates wealth; *second*, corona virus generates deaths; and the conjunction of the both forces ruled out growth sustainability.

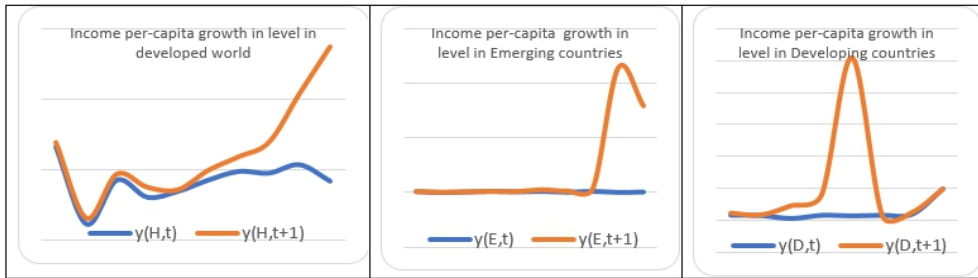
Assumption 4: High death number $\{D_n^r\}_{i \in L, r = \text{inf}, *, \text{sup}} > 0$ reduces population size, $\{N_n^r\}_{n \geq 0, r = \text{inf}, *, \text{sup}}$ then yields the difference decrease, i.e., $\{\Delta N_n^i = N_n^i - D_n^i\}_{i \in L, r = L, M, H} = \{N_n^i\}_{r = L, M, H, i \in L} < \{N_n^i\}_{r = L, M, H, i \in L}$. Therefore, per-capita income sequences, $\{y_n^r = G_n^i / N_n^r\}_{r = \text{inf}, *, \text{sup}, i \in L}$, converge to $\{y_n^r = G_n^i / D_n^r\}_{r = \text{inf}, *, \text{sup}, n \geq 0}$, i.e., increases with corona virus action.

The Social Planner's Numerical Experiments

The general equilibrium, $\{\Delta y^{r*} = \Delta(G^{r*} / D^{r*})\}_{r = L, M, H}$ sequences is computed using data observations on per-capita income of the World Bank, 2019, as well 2020 data and based on the corona virus. Thus, deaths and detected cases converted in % is denoted by dt of 2020. Here, the ratio of deaths per country of the whole given countries' category sample is set to 1. Data provided by the theory applied to real data observations are displayed in Figure 9, which is per-capita income without the virus. This took place in 2019 before the beginning of the pandemic and per-capita income, and it is divided into three categories. Income variables are given as g/dt , i.e., the ratio of the growth rate and the death rate. Since income variations are $100(g/dt)$, thus, future per-capita income equals the sum of per-capita income and per-capita income variations in level. Then, numerical experiments highlighted by Figure 9 show the countries' mutations on per-capita income without the virus, $y(r, t)$, and under the virus action, $y(r, t+1)$.

Proposition 10: *The virus yields per-capita income increase in the stable way in developed countries, while inverted U-shape curve quickly settled in the developing world but is slowly half settled in the emerging countries* (see Figure 9 and the associated numerical data tables in the appendix for proof).

Figure 9. The world per-capita income



Therefore, according to our sample, per-capita income variations due to the deaths caused by corona virus are: $\Delta y^{H*} = 0.350/10 = 0.035 = 3.5\%$, $\Delta y^{E*} = 0.416/10 = 0.041 = 4.16\%$, and $\Delta y^{D*} = 0.12/10 = 0.012 = 1.2\%$. Consequently, the unique equilibrium in income variation is $\Delta y^* = (3.5 + 4.16 + 1.2)/3 = 0.012 = 2.95\%$ (see Figure 12)

Table 2. World Bank Countries' classification according to per-capita average income in 2019

2019	y_1	y_2	y_3	y_4
Range	$<1,026$	$[1,026; 3,995]$	$[3,995; 12,375]$	$\geq 12,375$

Where y_1 is per-capita income of the low-income countries, y_2 is per-capita income of the lower-middle income countries, y_3 is per-capita income of upper-middle income countries, and y_4 is per-capita income of high income countries. In this article, we consider developing countries and per-capita income to be such that $y_D < 1,026$. As stipulated by the World Bank, the emerging countries is approximately the average of both ranges, i.e., $y_E \in [1,995; \&11,000]$. Also, the industrialized countries per-capita income is given as $y_H \geq 11,000$. Thus, deaths due to corona virus yields per-capita income increase as viewed above. This modifies the WB levels such that the D countries and per-capita income becomes $y_3' = \Delta y^H + y_1 \leq 1,026 + 0.012 = 1,038$, i.e., $y_3' \leq 1,038$. For the second category known as countries E, we added 0.041. Therefore, taking the average divided by 2, added to 0.020, yields $y_2' = \Delta y^E + y_2 \in \{[1,026 + 0.2, 3,995 + 0.2] + [3,995 + 0.2, 12,375 + 0.2]\} = \{[1,226, 4,195] + [4,195, 12,575]\} = [1,226, 12,575]$. Thus, $y_2' = [1,226, 12,575]$. Finally, for the countries, H, we have $y_1' \geq 12,375 + \Delta y^H = 12,375 + 0,035 = 12,410$. Thus, $y_1' \geq 12,410$.

Consequently, the opening of the countries for exchange is one of the economic growth engine. Otherwise, if frontiers' separability is maintained, then it would yield multiple equilibria rather than the group equilibria studied before, which rules out all the effort made for globalization to emerge¹ (see

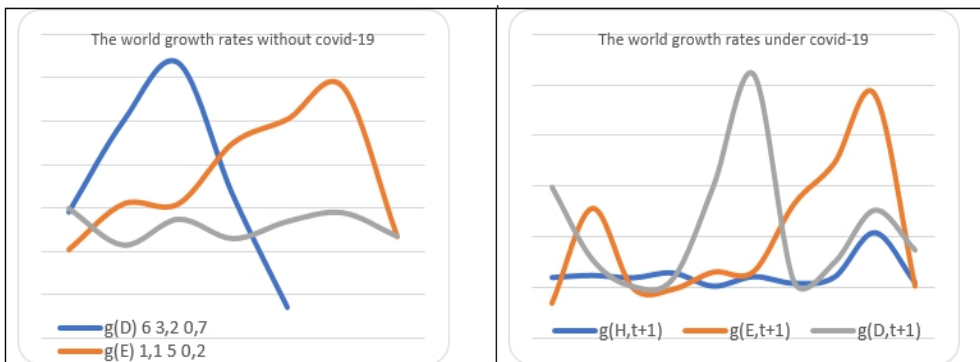
¹Since each countries' sequences set $C = \{C_i\}_{i \in I}$ in a I network, exchanges, yield follower countries and receive knowledge spillovers, it transits toward a market-based economy (middle-income countries) or converge (emerging countries) toward more advanced

Figure 6). Thus, this remains the necessity for countries to keep being connected, since going back is later and no more possible due to high-tech connections supports around the world between people, i.e., internet and other social supports contacts (Facebook, Twitter, LinkedIn,...). The focus is to maintain contacts and continue to develop the communication process because it has more advantages than the contrast. Hence, protection techniques against sudden negative shocks make perturbations emergence to be understood, thereby improving the networks functioning for the future of humanity.

The Macro-economics’ Empirical View of the Theory
Presentation of the Study Consequences

Proposition 11: *Before the virus came, the world equilibrium, symbolized by the inverted U-shape curves, and the sustainable growth signal reversed after high growth oscillation, specifically in developing and emerging countries (see Figure 12 below and the associated data in the appendix for proof)*

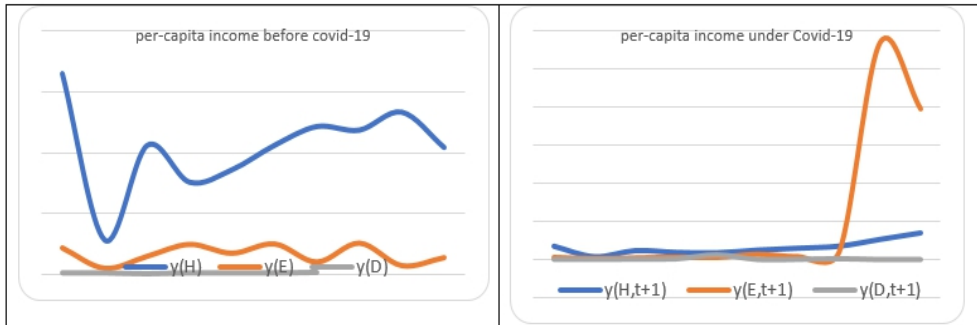
Figure 12. The world countries growth rates variations



Proposition 12: *Before the virus came, developing income inequalities were greater around the world followed by the emerging countries, the sudden corona virus shock, and reduction in income inequalities everywhere in the three world blocks. Thus, the new equilibrium is characterized by stability in the developed world and sudden boost in emerging countries in contrast to a low increase in the developing world (see Figure 13 below).*

economies, and may catch-up the industrialized countries (Russia and the 4 Asian Dragons). Here, marginalized countries are those located outside of the network, I.

Figure 13. The world countries income variations



Definition 4: The world economy is globalized when a unique stable equilibrium exist, $(g(r^*,t), g(r^*,t+1), y(r^*,t), y(r^*,t+1))$, which is provided by the theory and can be proved numerically.

Proposition 13: There exist a unique stable numerical equilibrium, $(g(r^*,t), g(r^*,t+1), y(r^*,t), y(r^*,t+1))$, allowing the three countries' economies blocks similarity

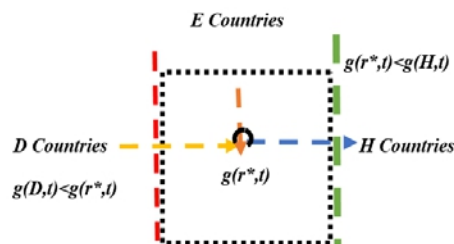
Proof: The existence of the numerical equilibrium is provided by:

$$g(r^*,t+1) = 1/3 \sum_{r=D,E,H} g(r,t+1) = \text{where } g(r,t) = 1/3 \sum_{r=D,E,H} g(r,t) =$$

$$y(r^*,t+1) = 1/3 \sum_{r=D,E,H} y(r,t+1) = \text{where } y(r,t) = 1/3 \sum_{r=D,E,H} y(r,t) =$$

Then the unicity of the computational equilibrium is provided by $g(r^*,t)$ such that, $g(r,t) = 1/3 \sum_{r=D,E,H} g(r,t) = 1/3 (1/10 \sum g(D,t) + 1/10 \sum g(E,t) + 1/7 \sum g(H,t))$
 $= 1/3 (1/10 \sum g(D,t) + 1/10 \sum g(E,t) + 1/7 \sum g(H,t))$

Figure 13. The empirical globalized equilibrium is a space endowed with several frontiers (y axis), and each is composed of a center, $g(j,t)_{j=D,*H}$, and a radius with an unknown length indicating existing frontiers among heterogeneous countries in economic performance



Conclusion

In conclusion, this paper focuses on the recent shock that took place all over the world, the corona virus pandemic, specifically its relation to growth and income. We introduced countries first and wonder, after, what happens about converges and catching-up desired in the economic globalization context through a mathematical model based on the economic growth that is submitted to numerical experiments after in two steps. The first concerns private agent's behavior and the social planner after when countries are fixed in general. When classified into three blocks, the study reveals

growth decrease specifically in developed countries since the virus had more impact on rich countries compared to the emerging countries as well as the developing countries. At that step, developed countries' growth path then moves slowly because the virus yields marginal decreasing capital productivity. This is like the first growth models where convergence yields equality among countries in development terms. Poor countries experienced growth faster than the rich countries but this was only temporary since vaccines are going to be used. However, before the vaccines would be distributed to the developed world, the emerging countries' economies will be less affected by the pandemic compared to the developed world during the pandemic eradication process.

References:

1. Acemoglu, D. & Ventura, J. (2002). The world income distribution, *Quarterly Journal of Economics* 117, 659-694.
2. Aghion, P. & Howitt, P. (1992). A Model of Growth Through Creative Destruction, *Econometrica*, 60, 323-351.
3. Arrow, K.J. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing, *Review of Economic Studies*, 29(1), 155-173.
4. Arroyo, C. R., Dinopoulos, E. & Donald, S.G. (1994). Schumpeterian Growth and Capital Accumulation, Unpublished
5. Azariadis, C. & Drazen, A. (1990). Threshold Externalities in Economic Development, *Quarterly Journal of Economics*.
6. Becker, G. (1964). *Human Capital*, Columbia University Press.
7. Cavalcanti, T. & Giannitsarou, C. (2012). Network structure and human capital dynamics, Working Paper, University of Cambridge.
8. Chou, S. Y., Grossman, M. & Saffer, H. (2003). An Economic Analysis of Adult Obesity Results from the Behavioral Risk Factor System, *Journal of Health Economics*, 23(3), 565-587.
9. Denison, E.F. (1962). *The Sources of Economic Growth in the United States*, New-York Committee for Economic Development
10. Dixmier, J. (1981). *General Topology*, France University Press
11. Elliott, M. & Golub, B. (2017). *A Network Approach of Public Goods*, Harvard University Press.
12. Eicher, T. (1996). Interaction Between Human Capital and Technological Change, *Review of Economic Studies*, 63, 127-144
13. Fogli, A. & Veldkamp, L. (2011). *Germs, social networks and growth*, mimeo, University of Minnesota.
14. Gagnon, J. & Goyal, S. (2017). Networks, Markets and Inequality, *American Economic Review*, 107 (1), 1-30.
15. Harrod, R. (1939). An Essay in Dynamic Theory, *Economic Journal*, 49, 14-33

16. Howitt, P. (2000). Endogenous growth and cross-country income differences, *American Economic Review* 90, 829-846
17. Kremer, M. & Glennester, R. (2004). *Strong Medicine and Creative Incentives for Pharmaceutical Research on Neglected Diseases*, Princeton University Press
18. Lindner, I. & Strulik, H. (2012). *From Tradition to Modernity: Economic Growth in a Small World*, Discussion Paper, University of Hannover
19. Lindner, I. & Strulik, H. (2014). *The Great Divergence: A Network Approach*, Discussion Paper, TI 2014-033/II, University of Hannover
20. Loubaki, D. (2012a). On the Mechanics of the Diseases Reduction in Poorest Developing Countries, *Journal of Economics and Sustainable Development*, 3 (8), 37-51
21. Lucas, R.E. (1988). On the Mechanics of Economic Development, *Journal of Monetary Economics*, 22 (1), 3-42
22. Lucas, R.E. (2000). Some Macroeconomics for the 21st century, *Journal of Economic Perspectives* 14, 159-168.
23. Lucas, R.E. (2009). Trade and the industrial revolution, *American Economic Journal: Macroeconomics*, 1, 1-25.
24. Philipson, T. J. & Posner, R.A. (1999). *The Long-Run Growth in Obesity as a Function of Technological change*, W.P. 7423, National Bureau of Economic Research
25. Romer, P.M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth, *Journal of Political Economics*, 94 (5), 1002-1037
26. Solow, R. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth, *Quarterly Journal of Economics*, 70 (1), 65-94
27. Stockey, N. (1988). Learning by Doing and the Introduction of New Goods, *Journal of Political Economy*, 96, 701-708
28. Zon, A. & Myusken, J. (2001). Health and Endogenous Growth, *Journal of Health Economics*, 20, 169-185.

Online Publication, Annex

Data on corona virus recorded through observations classified according to the theory proposed: r=developing countries (D), emerging countries (E), industrialized countries (H). Here DC means detected cases and DN means deaths number, Data Source: SARS-COV-2 corona virus. Thus, through the calculus, we can determine both variables and parameters necessary for applying the theory to build using data observations in order to provide recommendations to policy makers. According to the growth rate dynamics, equation (1), i.e., $g_{n+1}^{r*} = \lambda_g^r g_n^r - \delta_n^r d_n^r$, we conducted numerical applications in order to study the growth dynamics when corona virus has an impact on the economic growth rate. Taking the growth rates, (g_n^r), provided

by data observations (Source: The World Bank, 2019), the other are provided through calculus on the basis of real data on both virus detections' number and deaths' number for a fixed $n=2019$. Determining the parameters, $(\lambda_g^r)_{r=H,E,D}$, knowledge spillovers create growth increasing returns and it helps to determine the importance of each country's growth rate in the sample. Equivalently, the death severity in the sample, $(\delta_n^r)_{r=D,E,H}$, is the percentage of severity of the virus in a given country of the data observations sample. Finally, the percentage of the virus detections data, $(d_n^r)_{r=D,E,H}$, is measured in 1000%, a code used in the population's dilemma (Source: SAS-COV-2 corona virus).

Presentation of the Calculus Results to the Numerical Experiment of Equation (1), i.e., $g_{n+1}^r = \lambda_g^r g_n^r - \delta_n^r d_n^r$.

H countries	vc_t	D_t	g_n^H	λ_g^H	δ_n^H	g_{n+1}^H
USA	4233923	146935	2,3	0,172	0,172	0,172
RUSSIA	811073	13249	1,3	0,098	0,098	0,098
UK	301020	45837	14	0,105	0,105	0,105
Spain	272421	28752	20	0,15	0,15	0,15
Italia	246118	35107	03	0,02	0,02	0,02
France	217801	30222	1,5	0,113	0,113	0,113
Germany	206667	9124	0,6	0,045	0,045	0,045
Belgium	66026	9821	1,4	0,105	0,105	0,105
Netherlands	53005	6159	1,8	0,545	0,545	0,545
Japan	30548	998	0,7	0,052	0,052	0,052
Somme	6438602	326204	13,3	1	1	1

E Countries	vc_t	D_t	g_n^E	λ_g^E	δ_n^H	g_{n+1}^E
Brazil	2419091	87004	1,1	0,0364234	0,446634	0,1537544
India	1435616	32771	5	0,1655621	0,265055	0,7844897
South A	445433	6769	0,2	0,0066222	0,082238	0,0014522
Mexico	390516	43680	0,1	0,0033116	0,072101	0,0153772
Peru	375961	17843	2,2	0,0728478	0,069413	0,1540879
Argentina	162526	2939	2,2	0,0728478	0,030003	0,1598252
Indonesia	98778	4781	5	0,1655621	0,018239	0,8273797
China	86570	4652	6,1	0,2019865	0,015984	1,2317484
Angola	932	40	7,6	0,2516553	0,000177	1,9125825
Jamaica	842	10	0,7	0,02317881	0,000156	0,0162256
SOMME	5416265	200489	30,2	1	1	1

D	vc_t	D_t	g_n^D	λ_g^{Di}	$\delta_n^{D,i}$	g_{n+1}^D
Countries	1950	56	6	0,16666	0,06472	0,99296
Burkina	915	75	3,2	0,0888	0,03137	0,28002
Tchad	842	10	0,7	0,0194	0,02887	0,01306
Jamaica	361	1	1,8	0,05	0,01238	0,08997
Burundi	277	6	6	0,1666	0,00949	0,99989
Gambia	263	1	8,7	0,2416	0,00995	2,10248
Erythrea	8684	227	-2,6	0,0722	0,29781	0,06070
Haiti	314	1	3	0,0833	0,01076	0,24997
Botwana	10548	66	5,4	0,15	0,36174	0,76512
Guinée	5005	89	3,8	0,1055	0,17164	0,37239
Congo	29159	532	24,367	1	1	
SOMME						

The Social Planner Numerical Experiment Results

H countries	$y(H,t)$	y_H^t in %	$\partial y_H^t / \partial t$	$y(H,t+1)$
USA	65760	0,0510613	3357,79104	69117,791
Russia	11585	0,32007336	3708,04992	15293,0499
UK	42370	0,09963252	4221,43004	46591,43
Spain	30390	0,22690874	6895,75651	37285,7565
Italia	34460	0,02787512	960,576794	35420,5768
France	42400	0,16190391	6864,72583	49264,7258
Germany	48520	0,21451381	10408,21	58928,21
Belgium	47350	0,46500927	22018,1887	69368,1887
Netherlands	53200	0,95334827	50718,128	103918,128
Japan	41690	2,28800401	95386,8871	137076,887

Source: Author computations of future income (the theory) through data observations on per-capita income of the World Bank, 2019 and corona virus deaths rates of SARS-COV2

D	$y(D,t)$	$y(D,t)$ in %	$\partial y(D,t) / \partial t$	$y(D,t+1)$
Countries	774,8	0,03890593	15429909,6	739,644318
Burkina	709,5	0,03562695	709,5	734,77732
Tchad	5582,3	0,28031052	5582,3	5655,51711
Jamaica	261,2	0,01311594	261,2	271,054005
Burundi	751,3	0,0377259	50,2429782	776,199095
Gambia	660	0,03314135	20,7105868	685,008461
Erythrea	754,6	0,03789161	21,7899516	790,597027
Haiti	950	0,38464049	94,833842	8433,55049
Botwana		0,04770346	9,02465791	1216,295
Guinée		0,10098068	18,1382421	2011,10098

Therefore, the results show only present, current, and future growth rate. Nonetheless, the first doesn't incorporate the corona virus, since they are from 2019, and the sudden shock emergence is around January 2020 (see Figure 1 for presentation of the corona virus emergence).



Indices De Minéralisations En Or Dans La Province Panafricaine Du Sud Maradi (Sud Niger)

Dr. Souley Baraou Idi

Université d'Agadez, Faculté des Sciences et Techniques, Département de
Géologie P.O., Agadez, Niger

Prof. Moussa Konaté

Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et
Techniques, Laboratoire de Géologie : Eaux Souterraines et Géoressources,
Niamey, Niger

Dr. Yacouba Ahmed, M.C

Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et
Techniques, Laboratoire de Géologie : Eaux Souterraines et Géoressources,
Niamey, Niger

Dr. Abdoulwahid Sani

Université d'Agadez, Faculté des Sciences et Techniques, Département de
Géologie P.O., Agadez, Niger

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p238](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p238)

Submitted: 12 May 2021

Accepted: 01 June 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND
4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Baraou Idi S., Konaté M., Ahmed Y. & Sani A. (2021). *Indices De Minéralisations En Or Dans La Province Panafricaine Du Sud Maradi (Sud Niger)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 238.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p238>

Résumé

Le socle du Sud Maradi (Sud Niger) correspond à l'extrémité Nord du bouclier Bénino-Nigérian, appartenant à la zone mobile panafricaine à l'Est du Craton Ouest-Africain. Cette étude apporte une modeste contribution dans la caractérisation géochimique des minéralisations aurifères de cette province métallogénique panafricaine. A cet effet, l'approche méthodologique mise en œuvre associe le dosage géochimique de l'or par absorption atomique (Au Fire Assay/AA) pour les roches saines, et la séparation des pépites d'or par l'utilisation de la table à secousse pour les altérites du socle et les sédiments (placers et paléoplacers). Les analyses géochimiques ont mis en évidence

l'existence de deux types de minéralisations: primaires et secondaires. Les minéralisations primaires de l'or sont à l'état disséminé (faibles teneurs de 0.005 à 0.017 g/t) mais des teneurs relativement plus élevées (0.006 à 0.017 g/t) ont été enregistrées au voisinage des zones de cisaillement du socle. Tandis que la minéralisation secondaire, mise en évidence dans les altérites du socle, dans les alluvions (placers) et dans les grès du Crétacé (paléoplacers) présentent des teneurs en or plus élevées (5 à 30 g/t), dépassant largement les teneurs des minéralisations primaires observées dans les roches saines du socle. Ce grand écart de teneurs s'explique par un fort lessivage du socle, qui aurait permis une reconcentration de l'or dans les sédiments.

Mots clés: Sud Maradi, Bouclier Bénino-Nigérian, Zone Mobile Panafricaine, Minéralisation En Or

Occurrences Of Gold Mineralization In South Maradi Pan-African Province (South Niger)

Dr. Souley Baraou Idi

Université d'Agadez, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie P.O., Agadez, Niger

Prof. Moussa Konaté

Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Géologie : Eaux Souterraines et Géoressources, Niamey, Niger

Dr. Yacouba Ahmed, M.C

Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Géologie : Eaux Souterraines et Géoressources, Niamey, Niger

Dr. Abdoulwahid Sani

Université d'Agadez, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie P.O., Agadez, Niger

Abstract

The South Maradi (South Niger) basement corresponds to the northeastern part of the Benin-Nigerian Shield, belonging to the Pan-African mobile zone, which is located to the east of the West African Craton. This study brings a modest contribution to the geochemical characterization of gold mineralization in this Pan-African metallogenic province. For this purpose, the methodological approach implemented combines the geochemical determination of gold contents by atomic absorption (Au Fire Assay/AA) for basement rocks and physical separation of gold specks by using the vibrating

table process for basement alterites and sediments (placers and paleoplacers). The obtained results showed two types of gold mineralization: primary and secondary. Primary gold mineralization is in a disseminated state (low contents of 0.005 to 0.017 g / t) but relatively the higher values (0.006 to 0.017 g / t) were recorded near the basement shear zones. While the secondary gold mineralization, highlighted in basement alterites, alluvium (placers) and Cretaceous sandstones (paleoplacers) present higher gold contents (5 to 30 g / t) than primary gold contents observed in basement rocks. This large difference in values can be explained by a strong alteration of the basement, which would have allowed a reconcentration of the gold in the sediments.

Keywords: South Maradi, Benin-Nigerian Shield, Pan-African Mobile Zone, Gold Mineralization

Introduction

Des gisements d'or ont été décrits dans plusieurs provinces panafricaines d'Afrique de l'Ouest (Goh, 2016), notamment dans le bouclier Bénino-Nigérian qui représente une importante province métallogénique (Samuel and Fakorede, 1988 ; Garba, 2000 ; Talaat et *al.*, 2010 ; Abubakar, 2012). La zone Sud Maradi (latitudes N 13° et 13°20' et longitudes E 6° 50' et 7°35'00''), objet de cette étude, représente l'extrémité nord de cette province métallogénique, appartenant à la zone mobile panafricaine située à l'Est du Craton Ouest-Africain (Mignon, 1970).

Les premières études de prospection minière dans le Sud Maradi ont été réalisées par Mignon (1970). A ces travaux s'ajoutent des études de prospection géophysique aéroportée effectués par le PRDSM (2005). Toutes ces études ont mis en évidence des indices d'or dans les alluvions charriées par les deux principaux cours d'eaux: le *Goulbi N'Maraka* et le *Goulbi N'Nielwa*. Depuis ces travaux de reconnaissance, aucune étude détaillée sur la caractérisation géochimique des minéralisations aurifères n'a été entreprise.

La présente étude vise à améliorer les connaissances sur les minéralisations aurifères de cette portion de la zone mobile panafricaine. Il s'agit spécifiquement de déterminer les teneurs en or dans les formations de socle et dans les sédiments puis d'établir un modèle préliminaire de distribution spatiale des indices aurifères dans la zone étudiée.

Contexte géologique de la zone d'étude

La zone d'étude (Sud Niger) correspond à la bordure Nord du bouclier Bénino-Nigérian, située à l'Est du Craton Ouest Africain et à l'Ouest du Craton congolais (**Figure 1**). Les travaux géologiques réalisés dans la province contiguë du Nord Nigéria ont démontré que les déformations se sont produites dans un contexte d'orogénèse polyphasée qui a affecté le bouclier

Bénino-Nigérien (Turner, 1983 ; Fitches *et al.*, 1985 ; Grant, 1970; Ajibade *et al.*, 1987; Dada 1998). Plusieurs auteurs s'accordent sur le fait que le socle polycyclique du Nord-Ouest du Nigéria correspond à une ancienne croûte comprenant des panneaux archéens (2700 ± 200 Ma) et éburnéens (2000 ± 200 Ma, Grant, 1970; Ajibade *et al.*, 1987; Dada 1998). Le bouclier Bénino-Nigérien est un vaste ensemble, affecté par l'évènement thermo-tectonique panafricain pendant la période allant du Néoprotérozoïque au Cambrien (750 Ma - 500 Ma) - Kennedy, 1964 ; Villeneuve & Cornée, 1994 ; Stern, 1994 ; Trompette, 1997 ; Castaing *et al.*, 1993 ; Abdelsalam *et al.*, 2002 ; Liégeois *et al.*, 2003 ; Caby, 2003-. L'orogénèse panafricaine (600 ± 150 Ma) est la dernière réactivation qui a affecté toute la région (Turner, 1983; Fitches *et al.*, 1985; Wright *et al.*, 1985). Ce dernier évènement thermo-tectonique serait associé au fonctionnement de structures cisailantes panafricaines vers 505 ± 10 Ma K-Ar dans le Sud Maradi et vers 496 ± 50 Ma Rb-Sr dans le NW Nigeria (Ogezi, 1977), jouant ainsi un rôle important dans la circulation des fluides minéralisés (Aboubacar, 2012 ; Garba, 2002 ; Fatiha *et al.*, 2015).

Dans la zone d'étude, la distribution des formations géologiques se traduit par des passages graduels des gneiss à des migmatites (**Figure 2**). Les schistes forment des bandes d'orientation globalement NE-SW, limitées par des couloirs de cisaillement ("*Shear Zone*") de même orientation. Ces ensembles sont intrudés par des granitoïdes peu ou pas déformés (Mignon, 1970 ; PRDSM, 2005 ; Baraou, *et al.*, 2018 ; Fati et Konaté, 2020).

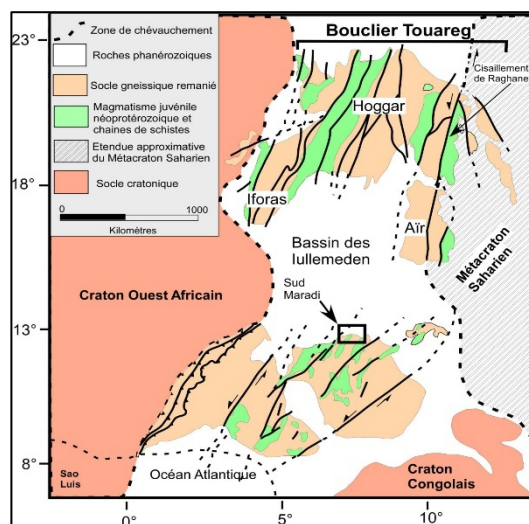


Figure 1. Localisation de la province panafricaine du Sud Maradi dans la chaîne mobile Trans-Saharienne (Castaing *et al.*, 1993 ; Villeneuve and Cornée, 1994; Stern, 1994; Trompette, 1997; Abdelsalam *et al.*, 2002; Liégeois *et al.*, 2003; Caby, 2003).

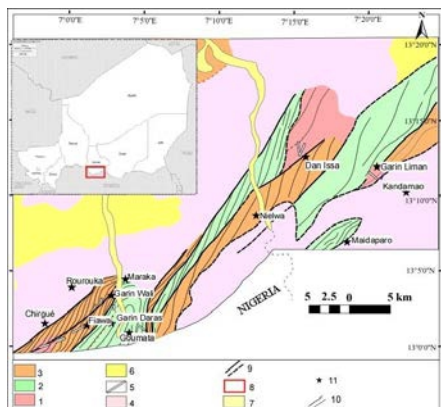


Figure 2. Carte géologique du secteur d'étude compilée à partir des données géophysiques (PRDSM, 2005), cartographiques (Mignon, 1970), de forage et de terrain, montrant la position des coupes réalisées. (1) Gneiss migmatitiques, (2) Ceinture de schistes, (3) Gneiss mylonitiques, (4) Granites peu ou pas déformés, (5) Filons de quartz ou de pegmatite, (6) Grès du Crétacé, (7) Alluvions, (8) Zone d'étude, (9) Cisaillements panafricains, (10) Trajectoires de la schistosité/foliation, (11) Villages

Matériel et méthodes

Echantillonnage

Les échantillonnages ont été réalisés aussi bien dans les roches du socle que dans alluvions "*stream sediments*" et dans les grès du Crétacé (paléoplacers). Pour les formations de socle, différents faciès pétrographiques (gneiss, granite, quartz et pegmatite) ont été prélevés. Dans les alluvions, des prélèvements ont été opérés à une profondeur de 30 à 40 cm dans les lits d'oueds (ou koris), drainant les zones de cisaillement affectant le socle. Les grès du Crétacé ont été également échantillonnés à proximité des zones de cisaillement et du socle (**figure 3**).

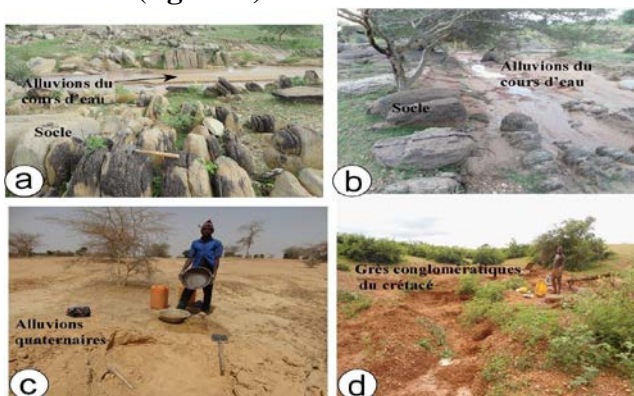


Figure 3 : Sites d'orpaillage dans les alluvions, montrant les différents types d'altérites aurifères, au voisinage des zones de socle. **a** et **b**: Alluvion de cours d'eaux drainant les éléments du socle, **c** : Alluvions quaternaires de la zone du socle, **d** : Grès conglomératiques ferrugineux aurifères du Crétacé

Dosage géochimique

L'analyse géochimique a consisté à la détermination des teneurs en or par le procédé de la table vibrante (ou table à secousse), au Laboratoire du Génie des Procédés de l'Ecole des Mines de l'Industrie et de la Géologie (EMIG, Niger) et par la méthode du dosage par absorption atomique (Au Fire Assay/AA) au Laboratoire de géochimie ActLabs à Ouaga (Burkina Faso). Au total, 30 échantillons de socle ont été dosés : soient 11 de gneiss, 7 de schistes, 3 de granites et 9 de roches filoniennes (**tableau 1**). Parallèlement, 5 échantillons de sédiments (2 dans les alluvions, 1 dans le sable quaternaire et 2 dans les grès du Crétacé) ont fait l'objet d'un traitement à la table vibrante (ou table à secousse).

Procédé de la table à secousses

La table à secousses est employée pour le traitement des particules dont le diamètre varie entre 75 microns et 4,75 mm. L'efficacité varie principalement en fonction de la taille des particules à séparer. Pour une séparation efficace, la différence entre les masses volumiques des particules denses et des particules légères doit être au moins de 1 g/cm³.

La table à secousses est composée d'une table légèrement inclinée (réglable de 0° à 6°) dans le sens de la largeur et équipée d'un mécanisme qui lui communique longitudinalement un mouvement de va-et-vient asymétrique (**Figure 4**). L'amplitude et la vitesse de ce mouvement sont réglables. La surface de la table est couverte de rainures longitudinales et parallèles dont la profondeur diminue progressivement à partir du point d'alimentation de la pulpe jusqu'à la sortie, qui est diamétralement opposée (**Figure 4**). L'effet des secousses entraîne la formation de deux couches de particules distinctes dont l'une est composée de particules de masse volumique élevée (couche inférieure) et l'autre de particules de masse volumique faible (couche supérieure).

Les particules légères (les grains du sable) sont entraînées dans la direction transversale par l'eau de lavage jusqu'au bas de la pente de la table où elles sont collectées. Les particules lourdes sont acheminées longitudinalement jusqu'à l'autre extrémité de la table vibrante grâce à la direction et à la nature asymétrique des secousses.

Pour la méthode à la batée, les teneurs en or dans les alluvions ont été déterminées en faisant le rapport de poids de l'or au poids total de l'échantillon.



Figure 4. Différentes parties de la table à secousse

Procédé de la méthode d'absorption atomique

La méthode d'absorption atomique utilisée par le laboratoire ActLabs Burkina Faso est la suivante : prélèvement de 50 ou 30 g représentatif de l'échantillon, préalablement pulvérisé, auquel des fondants basiques sont ajoutés. L'ensemble est ensuite porté à une température de fusion de l'or (1060°C) dans un four. Après fusion, les métaux sont séparés des scories de silicates pour obtenir un « bouton » au fond du creuset. Ce bouton contient les métaux (y compris l'or). Une fois l'échantillon retiré du four, on procède à la séparation de l'or des autres métaux puis à la concentration de l'or par la spectrométrie d'absorption atomique. (SAA). L'organigramme de la **figure 5** illustre le protocole expérimental du dosage de l'or par la méthode de spectrométrie d'absorption atomique (SAA).

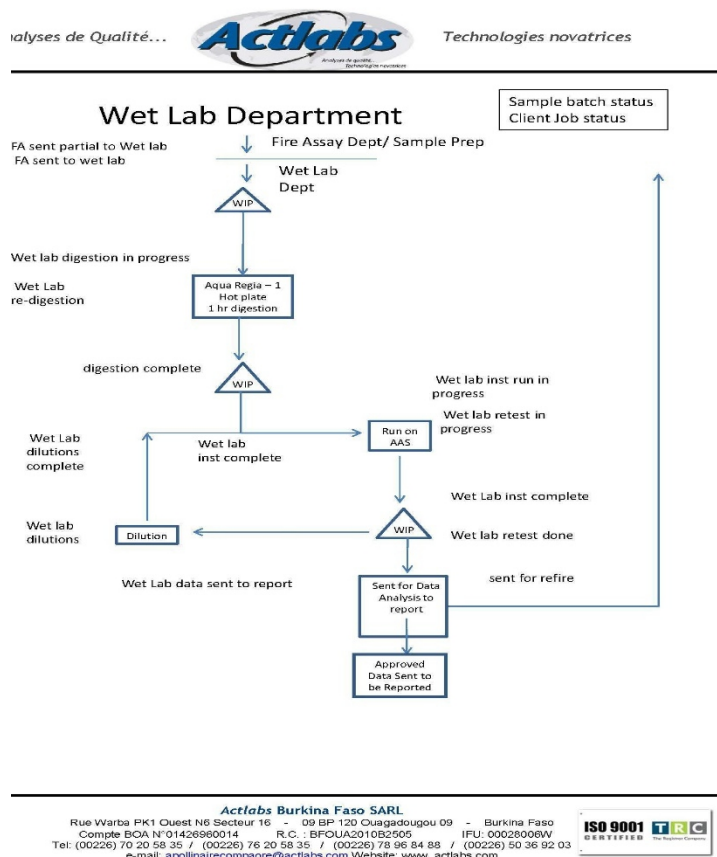


Figure 5. Organigramme du procédé du dosage géochimique de l'or

Résultats et discussions

Minéralisations aurifères secondaires

Le dosage de l'or alluvionnaire à la table vibrante a concerné les échantillons prélevés dans les cours d'eau, les grès conglomératiques ferrugineux du Crétacé et les sables quaternaires. Les paillettes d'or obtenues dans les sédiments sont de taille millimétrique (**Figure 6**). Les échantillons prélevés dans les zones d'orpaillage ont donné de fortes teneurs allant de 5 à 15 g/t. Ainsi :

- les deux échantillons de grès du Crétacé ont donné des teneurs de 12 g/t et de 14 g/t,
- les teneurs obtenues dans les alluvions varient de 5 à 12 g/t,
- l'échantillon de sable quaternaire indique une teneur de 15 g/t.



Figure 6. Aspect des paillettes d'or dans les sédiments : en (a) dans le sable quaternaire, en (b) dans le grès conglomératique du Crétacé

Tableau 1. Teneurs en or alluvionnaire obtenues par la table vibrante

Type de sédiment analysé	Teneur calculée en or (g/t)	Masse des échantillons prélevés (Kg)	Longitude Est (en degré)	Latitude Nord (en degré)	Secteur
Sable quaternaire	15	20.50	7.04400	13.05214	Garin Wali
Alluvions de cours d'eau	12	10.35	7.04408	13.05375	Garin Wali
Alluvions de cours d'eau	5	7.6	6.98222	13.02736	Chirgué
Grès conglomératique	14	17.40	7.04528	13.05447	Garin Wali
Grès conglomératique	12	11.56	7.02238	13.06244	Rourouka

Afin de mieux visualiser la répartition spatiale des indices aurifères alluvionnaires (placers), les teneurs obtenues par le procédé de la table à secousse ont été complétées par celles des dosages géochimiques multi-éléments réalisés par Chalamet (2004) (**tableau 2**).

Tableau 2. Indices d'or secondaire (alluvionnaire) obtenus par analyse multi-éléments ICP (Chalamet, 2004)

Teneurs en Au (g/t)	Long (m)	Lat (m)	Teneurs en Au (g/t)	Long (m)	Lat (m)	Teneurs en Au (g/t)	Long (m)	Lat (m)
8	283100	145100	15	279600	1441400	10	289150	1442750
5	284100	1440300	11	289400	1441500	5	284400	1442800
7	292200	1438700	8	292600	1441600	5	285250	1442800

6	282650	1438750	8	294750	1441600	11	285400	1443100
6	287900	1438800	10	287600	1441600	5	293200	1443200
6	285200	1439300	5	287750	1441850	8	284050	1443350
7	288000	1439600	7	289950	1441850	6	285400	1443500
8	280700	1439800	5	290300	1441900	11	284900	1443600
5	288800	1440300	9	283100	1442300	20	293700	1443600
5	284750	1440500	6	280900	1442400	12	285000	1444350
10	288200	1440535	6	282000	1442400	5	292350	1444400
5	285000	1440800	27	292650	144250	10	285640	1444450
5	284550	1440900	14	290050	1442500	7	295700	1445300
30	277600	1440950	8	280100	1442600	6	286700	1445600
7	290400	1441200	33	288595	1442720	7	286800	1445900
						9	292500	1447200

Les données projetées sur la carte géologique du Sud Maradi (**Figure 7**) indiquent que les sédiments les plus minéralisés sont situés à proximité des zones de cisaillement du socle ("*Shear Zone*").

Des investigations ont été également menées sur les altérites du socle. Suivant la lithologie, les teneurs obtenues se répartissent comme suit:

- les schistes présentent des teneurs variant de 5 à 30 g/t ;
- les gneiss mylonitiques indiquent des teneurs allant de 5 à 20 à g/t ;
- tandis que dans les granites les teneurs varient de 8 g/t à 15 g/t.

L'analyse de ces résultats montre ainsi que les éluvions du socle présentent des teneurs en or relativement plus élevées (de 5 à 30 g/t) au même titre que les alluvions (placers) ou les grès du Crétacé (paléoplacers), dépassant largement celles obtenues dans les roches saines du socle (0.006 à 0.017 g/t). Ce grand écart de concentrations peut s'expliquer par les lessivages importants ayant affecté les roches du socle. Ces lessivages auraient remobilisé, puis reconcentré l'or dans les sédiments. Des observations similaires ont été réalisées au Nord-Ouest du Nigéria, dans le secteur de Maru-Anka, où la zone d'altération longeant les zones de cisaillement présente de fortes concentrations en or (Talaat et Mohammed, 2010).

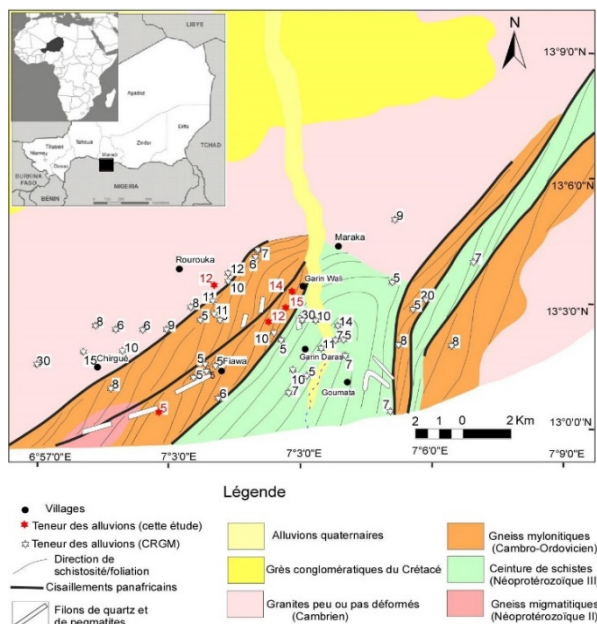


Figure 7. Carte géologique de la zone d'étude montrant la localisation et les teneurs des échantillons alluvionnaires en gramme par tonne. Les étoiles rouges représentent les teneurs obtenues au cours de cette étude et les étoiles blanches celles provenant de Chalamet (2004)

Indices d'or dans les formations de socle (indices primaires)

Les teneurs en or sont exprimées en ppm ou en g/t. Sur les trente (30) échantillons dosés, seize (15) présentent des teneurs < 0.005 g/t (c'est la limite de détection du laboratoire ACTLABs de Ouagadougou). Les teneurs supérieures à 0.005 g/t sont projetées sur la carte géologique de la zone d'étude (**Figure 8**). Les teneurs obtenues par le dosage de l'or par absorption atomique sont consignés dans le **tableau 3** et se répartissent comme suit :

- Les gneiss mylonitiques présentent des teneurs variant de 0.006 à 0.017 g/t,
- Les schistes indiquent des teneurs variant de 0.006 à 0.013 g/t,
- Dans les granites post-tectoniques les teneurs sont ≤ 0.006 g/t. Il en est de même pour les filons de quartz et de pegmatite (≤ 0.006 g/t).

Ces résultats indiquent que les minéralisations primaires de l'or sont à l'état disséminé dans les formations du socle (faibles teneurs de 0.005 à 0.017 g/t) et ne semblent pas être liées à une formation géologique particulière.

La teneur de coupure permettant la séparation entre la minéralisation et l'encaissant varie selon les exploitations minières et en fonction du contexte géologique. Elle est de l'ordre de $0,3$ g/t pour la mine de Samira au Niger, $0,74$ g/t à Siguri en Guinée (Lebrun et *al.*, 2017) $0,60$ g/t à Morila au Mali et $0,98$ à Bamboré au Burkina Faso (Robertson and Peters, 2016). Comparées à ces teneurs de coupure, les valeurs obtenues dans le Sud Maradi, variant de 0.005

à 0.017 g/t, indiquent que toutes les formations de socle sont très faiblement minéralisées.

Tableau 3. Résultats du dosage par absorption atomique des formations de socle exprimé en gramme par tonne (g/t). Les teneurs considérées comme étant positives sont représentées en gras

Echantillons	Teneur en Au (g/t)	Longitude Est (en degré)	Latitude Nord (en degré)	Localité
Filon d'aplite	< 0.005	7.0750270	13.018861	Goumata
Filon d'aplite	< 0.005	7.0495000	13.049500	Kwari
Filon pegmatite	< 0.005	6.9822200	13.027360	Chirgué
Filon pegmatite	0.006	7.0353000	13.049700	Dan ali
Filon pegmatite	0.006	7.0284444	13.042388	Fiawa
Filon pegmatite	< 0.005	7.0440800	13.053750	Garin Wali
Filon quartz blanc	< 0.005	7.0179000	13.022700	Fiawa
Filon quartz gris	0.005	7.0490000	13.033000	Garin Darras
Filon quartz gris	< 0.005	7.0779440	13.021972	Goumata
Gneiss à amphibole	0.006	7.092167	13.021806	Goumata
Gneiss mylonitique à biotite	0.006	7.046814	13.052839	Kwari
Gneiss migmatitique 1	< 0.005	6.9736110	13.005694	Chirgué
Gneiss migmatitique 2	0.009	6.9744450	13.004440	Chirgué
Gneiss Migmatitique 3	0.006	7.3366110	13.192500	Garin Liman
Gneiss Migmatitique 4	< 0.005	7.3366110	13.192500	Garin Liman
Gneiss mylonitique 1	0.017	7.2659440	13.191055	Dan Issa
Gneiss mylonitique 2	< 0.005	7.0256670	13.021306	Fiawa
Gneiss mylonitique 3	< 0.005	7.0473610	13.045138	Garin Kwari
Gneiss mylonitique 4	0.009	7.0422220	13.053277	Garin Wali
Gneiss mylonitique 5	0.017	7.0879170	13.022667	Goumata
Granite 1	< 0.005	7.0234000	13.040600	Dan Ali
Granite 2	< 0.005	7.0051940	13.025750	Fiawa
Granite 3	0.006	7.0284440	13.042389	Rourouka
Micaschiste 1	< 0.005	7.046416	13.00622	Doufoumara
Micaschiste 2	0.006	7.0464160	13.006220	Doufoumara
Micaschiste 3	0.006	7.0464160	13.006220	Doufoumara
Micaschiste 4	< 0.005	7.0414720	13.023611	Karamné
Schiste 1	0.013	7.0369170	13.020833	Fiawa
schiste 2	0.009	7.0490000	13.033000	Garin Darras
Schiste 3	< 0.005	7.0503610	13.023111	Karamné

Interprétation des données

L'analyse des résultats du dosage géochimique des roches du socle indique que les minéralisations primaires de l'or sont à l'état disséminé (faibles teneurs de 0.005 à 0.017 g/t). Au contraire, au voisinage des zones de cisaillement (**Figure 7**) les teneurs enregistrées sont relativement plus

importantes aussi bien dans les formations de socle (0.006 à 0.017 g/t) que dans les sédiments (5 à 30 g/t). Il ressort de ces résultats que les teneurs en or dans les sédiments sont bien plus élevées que celles enregistrées dans les formations de socle.

Dans la province contiguë du Nord Nigéria, les études réalisées ont montré également que les minéralisations aurifères sont spatialement associées aux zones de cisaillement (Talaat et Mohammed, 2010). Par exemple, la zone de cisaillement d'Anka, Zuru (au Nord-Ouest Nigéria) représente un important couloir prospectif qui s'étend jusqu'au Niger, dans le Sud Maradi (Garba, 2000, 2002, Talaat et Mohammed, 2010, Baraou, 2018). Au Nord-Ouest du Nigéria, dans les zones de cisaillement altérées les teneurs en or peuvent atteindre 39 g/t (Talaat et Mohammed, 2010). En Guinée également, dans certaines zones de faille, les teneurs peuvent dépasser 100g/t (Lebrun et *al.*, 2017). Le fait que les indices aurifères primaires soient relativement plus élevés dans les "Shear Zones" orientées ~N40° (Baraou et *al.*, 2018, Baraou et Konaté, 2020), ou dans leur voisinage, suggèrent qu'une activité thermo-tectonique tardi à post-panafricaine aurait exercé un rôle important dans les "remobilisations" de l'or. Ces zones de cisaillement représenteraient des conduits favorables au mouvement de fluides minéralisateurs (Abubakar, 2012), tandis que les schistes graphiteux constituent une barrière chimique pour la précipitation de la minéralisation de sulfure d'or (Garba, 2002). Ce type de contrôle tectonique dans la minéralisation en or a été observé dans le gisement d'or d'Ashanti Gold au Ghana (Mumin et *al.*, 1994).

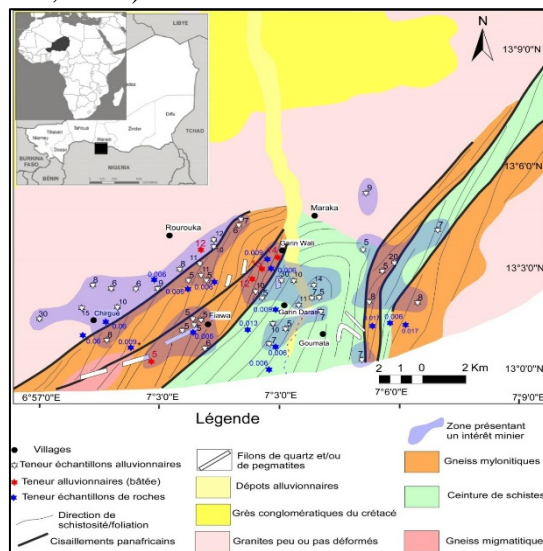


Figure 8. Carte géologique du secteur d'anomalie du Sud Maradi montrant la localisation et teneurs des échantillons du socle et des alluvions (D'après Mignon, 1970; modifiée et complétée)

Modèle de distribution des indices aurifères du Sud Maradi

La distribution de l'or dans les formations du Sud Maradi pourrait se faire en deux étapes :

1. La première correspondrait à une dissémination de la minéralisation dans les roches de la ceinture et dans les couloirs de cisaillements tardi-panafricains d'orientation NE-SO ("**or invisible**"), représentées par des schistes et des gneiss mylonitiques ou rubanés.
2. La seconde correspondrait à la formation de paillettes d'or de taille infra millimétrique dans les placers récents (alluvions et sables quaternaires) à millimétrique dans les paléoplacers (grès conglomératiques du Crétacé), comme résultant d'une remobilisation postérieure de l'or formé au cours de la première étape, "**or visible**" (concept emprunté à Sangaré et *al.*, 2014). Une telle configuration a été décrite dans certains gisements birimiens du Craton Ouest Africain, dont Bogoso-Prestea au Ghana (Mumin et *al.*, 1994) et Sabodala au Sénégal (Sylla et *al.*, 1997), en Côte d'Ivoire dans le gisement de Dougbafla (Ouattara et *al.*, 2017, Ouattara et *al.*, 2016). Dans le cas du gisement ghanéen (Bogoso-Prestea), la minéralisation tardive à "or visible" serait le produit d'une remobilisation de l'"**or invisible**" (Mumin et *al.*, 1994) dans les grains d'arsénopyrite (Mumin et *al.*, 1994). Ce qui n'est pas le cas dans le Sud Maradi, où les paillettes d'or alluvionnaires et des sédiments ne sont pas associées à des minéraux. Dans le cas du gisement sénégalais (Sabodala), la remobilisation se produit à la suite d'une déformation cassante postérieure au cisaillement ductile (Sylla et *al.*, 1997). Un tel scénario pourrait expliquer les fortes teneurs de coupure observées dans les minéralisations secondaires observées dans le Sud Maradi (5 à 30 g/t).

Dans le drainage en aval les zones de cisaillement, à minéralisation aurifère primaire, une quantité importante d'or pourrait provenir de l'altération météorique (**Figure 9**). L'or invisible capté par le système de drainage (**Figure 9**), pourrait alors soit précipiter soit former des agrégats à une certaine distance en aval de la zone minéralisée ; ce qui aurait conduit dans le Sud Maradi à des teneurs économiquement significatives.

Par ailleurs, la présence de paillettes d'or dans les alluvions de la zone étudiée (secteur de Garin Wali, **Figure 6**) pourrait s'expliquer par des lessivages lointains des formations de socle du Nord-Ouest du Nigéria. En effet, dans les zones de cisaillement de Garin Hawal, Birnin-Yauri-Zuru, Anka (Nord-Ouest Nigéria), Talaat et Mohammed (2010) ont mis en évidence des larges zones d'altération présentant des forts indices d'or or (0.3 à 10 g/t). Dans ces zones d'altération, "l'**or visible**" est associé aux placers à éléments d'amphibolites.

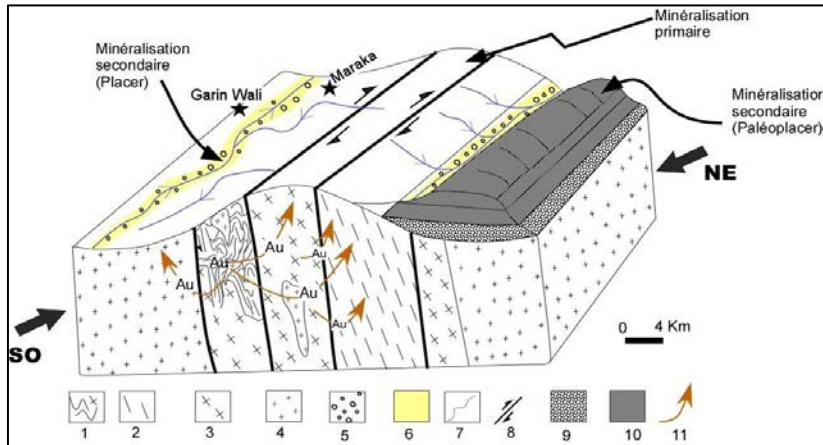


Figure 9. Modèle de la minéralisation aurifère du Sud Maradi. Ce modèle part de l'hypothèse selon laquelle : la collision continent-continent conduit au métamorphisme des schistes et des plutons granitoïdiques, d'où une fusion partielle localisée favorisant la minéralisation primaire de l'or dans les couloirs de cisaillement. Le lessivage du complexe métamorphique conduit à une remobilisation et à une minéralisation secondaire. **1** : Gneiss migmatitiques, **2** : Ceinture de schistes, **3** : Gneiss mylonitiques, **4** : Granites peu ou pas déformés, **5** : Grès du Crétacé, **6** : alluvions récentes (placer), **7** : Cours d'eau, **8** : Cisaillements panafricains dextres, **9** : Grès du Crétacé, **10** : sables quaternaires (paléoplacer), **11** : sens probable de dissémination de l'or

Conclusion

Il ressort de ces résultats que les teneurs en or dans les sédiments sont bien plus élevées que celles enregistrées dans les formations de socle. Ces résultats indiquent que les minéralisations primaires de l'or sont à l'état disséminé dans les formations du socle (faibles teneurs de 0.005 à 0.017 g/t) et ne semblent pas être liées à une formation géologique particulière. Les sédiments les plus minéralisés sont situés à proximité des zones de cisaillement du socle ("*Shear Zone*"). La distribution de l'or dans les formations du Sud Maradi pourrait se faire en deux étapes : La première correspondrait à une dissémination de la minéralisation primaire dans les schistes et dans les couloirs de cisaillements tardi-panafricains d'orientation NE-SO. La seconde correspondrait à l'altération supergène des zones de cisaillement du socle ayant favorisé une redistribution des teneurs en or conduisant à des concentrations secondaires plus importantes dont l'exploitation éventuelle ne pourra se faire que par lixiviation.

En perspective, des études sur les inclusions de fluides et les éléments traceurs comme le Cu, le Pb, Sb ou As pour permettre un bon marquage des roches porteuses de la minéralisation.

References:

1. Abdelsalam, M. G., Liegeois, J. P. and Stern R. J. (2002). The Saharan Metacraton. *Journal of African Earth Sciences*, vol. 34, no. 3-4, pp. 119-136.
2. Abubakar, Y. I. (2012). An Integrated Technique in Delineating Structures: A Case Study of the Kushaka Schist Belt Northwestern Nigeria. *International Journal of Applied Science and Technology*, Vol. 2 No. 5; May 2012, pp. 164-173.
3. Baraou, I.S., Konaté M., Ahmed, Y., Abdoul, W. D. (2018). Caractérisation de la déformation du socle de la zone mobile panafricaine du Sud Maradi, Sud Niger. *Afrique Science* 14(1), 156-170.
4. Baraou, S. I. and Konaté. M. (2020). Kinematic evolution of the Pan-African shear zones of South Maradi, southern Niger. *Glo. J. Earth Environ. Sci*, Volume 5(4), pages 101-116. <https://doi.org/10.31248/GJEES2020.087>
5. Caby, R. (2003). Terrane assembly and geodynamic evolution of Central-Western Hoggar: a synthesis. *Journal of African Earth Sciences*, 37, 133-159.
6. Castaing, C., Triboulet, C., Feybesse J.L. and Chèvremont, P. (1993). Tectonometamorphic evolution Ghana, Togo and Benin in the light of Pan-African /Bresikiano orogeny. *Tectonophysics*, 218, 323-342.
7. Chalamet, D. (2004). Rapport de mission de terrain dans le sud Maradi (CRGM). p.35-63.
8. Dada, S.S. (1998). Crust-forming ages and proterozoic crustal evolution in Nigeria: a reappraisal of current interpretations. *Precambrian Research* 87, 65–74.
9. Fati, B. et konaté, M. (2020). Utilisation de la télédétection et du SIG pour la cartographie des zones minéralisées en or dans la province panafricaine du Sud est Niger (Sud Maradi et Damagaram-Mounio). *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 36 (2020) 230 – 252.
10. Fatiha, H., Ahmed, A., Abdellah, A. (2015). Etude sédimentologique du Trias et Jurassique du Haut Atlas de Marrakech, Maroc : contribution à la localisation des niveaux favorables à l'exploitation artisanale pour la poterie. *European Scientific Journal*, vol.11, No.21, 308-333.
11. Fitches, W. R., Ajibade, A. C., Egbuniwe, I. G., Holt, R. W., & Wright, J. B. (1985). Late Proterozoic schist belts and plutonism in NW Nigeria. *Journal of the Geological Society, London*, vol. 142, no. 2, pp. 319-337.
12. Grant, N. K. (1970). Geochronology of Precambrian basement rocks from Ibadan, southwestern Nigeria. *Earth Planet. Sci. Lett.* 10:29–38.

13. Garba, I. (2002). Geochemical characteristics of the gold mineralization near Tsohon Birnin Gwari, northwestern Nigeria. *Chemie der Erde*, vol. 62, no. 2, pp. 160-170.
14. Garba, I. (2000). Origin of Pan-African mesothermal gold mineralisation at Bin Yauri, Nigeria. *Journ African Earth Sci* 31, 433–449.
15. Goh, D. (2016). L'exploitation Artisanale De L'or En Côte D'Ivoire: La Persistance D'une Activité Illegale. *European Scientific Journal*, vol.12, No.3, 18-36.
16. doi: 10.19044/esj.2016.v12n3p18.
17. KENNEDY, W. Q. (1964). The structural Differentiation of Africa in The Pan-African (500 m. y.) Tectonic Episode. *Res. Inst. Afr. Geol.*, 8th Ann. rep., Univ. LeEds, 48-49.
18. Liégeois, J. P., Latouche, L., Boughrara M., Navez, J. and Guiraud, M. (2003). The LATEA metacraton. (Central Hoggar, Tuareg shield, Algeria): behaviour of an old passive margin during the Pan-African orogeny. *Journal of African Earth Sciences*, 37 (2003), 161–190 p.
19. Lebrun, E., Miller, J., Thébaud, N., Ulrich S. and Campbell, McCuaig T. (2017). Structural Controls on an Orogenic Gold System: The World-Class Siguiri Gold District, Siguiri Basin, Guinea, West Africa. *Society of Economic Geologists, Inc., Economic Geology*, v. 112, pp. 73–98.
20. Mignon, R. (1970). Etude géologique et prospection du Damagaram Mounio et du Sud Maradi, 46 - 51 p. et 54.
21. Mumin, A.H., Fleet M.E. and Chyssoulis, S.L. (1994). Gold mineralization in As-rich mesothermal gold ores of Bogosu-Presta mining district of the Ashanti Gold Belt, Ghana: remobilization of “invisible” gold. *Mineralum Deposita*, 29, 445–460.
22. Ouattara, A. S., Coulibaly, Y., Kouadio, Fossou, J-L. H. (2017). Les Altérations Hydrothermales Associées à la Minéralisation Aurifère Du Gisement De Dougbafla (District d'Oumé-Hiré, Centre-Ouest De La Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, Vol.13, No.30, 108-125. Doi: 10.19044/esj.2017.v13n30p108.
23. Ouattara, A. S., Baka, D., Ouattara, G., Nimaga, A. (2016). Mise En Evidence De Nouvelles Cibles De Forages à Partir De L'analyse De La Fracturation Du Prospect Aurifère De Dougbafla-OUME (Centre-Ouest De La Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, vol.12, No.36, 336-354. doi: 10.19044/esj.2016.v12n36p336.
24. PRDSM. (2005). Projet de géophysique aéroportée dans le secteur Sud Maradi. Ministère des Mines et de développement Industriel, 55 p.
25. Robertson, M. And Peters, L. (2016). West African Goldfields. *Episodes* Vol. 39, no. 2, pp 155-176.

26. Samuel, O. A., and Fakorede, O. (1988). Gold Mineralization in the Nigerian schist Belts. Biccennial Gold 88, Melbourne, May, 1988, pp14-142.
27. Stern, R. J. (1994). Arc assembly and continental collision in the Neoproterozoic East African orogeny - implications for the consolidation of Gondwana. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, Vol. 22, pp. 319-351.
28. Sylla, M., Ngom, P. M. (1997). Le gisement d'or de Sabodala (Sénégal oriental): une minéralisation filonienne d'origine hydrothermale remobilisée par une tectonique cisailante. J. Afr. Earth Sci., 25 (2), 183-192
29. Sangaré, A., Driouch, Y., Salvi S., Féménias, O., Siebenaller, L., Belkasmı M., Béziat, D., Dahire, M., Ntarmouchan, T A., Adil, S. and Debat, P. (2014). Géologie des minéralisations aurifères du gisement tardi-éburnéen de Kalana (Birimien, Sud-Ouest du Mali). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Terre, 2014, n° 36, 00 - 00.
30. Talaat, M. R., and Mohammed, F. A. F. (2010). Characterization of gold mineralization in Garin Hawal area, Kebbi State, NW Nigeria, using remote sensing. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences (2010) 13, 153–163.
31. Turner, D. C. (1983). "Upper Proterozoic Schist Belts in the Nigerian Sector of the Pan-African Province of West-Africa", Precambrian Research, vol. 21, no. 1-2, pp. 55-79.
32. Trompette, R. (1997). Neoproterozoic (~600 Ma) aggregation of Western Gondwana: a tentative scenario. Precambrian Research, vol. 82, pp. 101-112.
33. Villeneuve, M. and Cornée, J. J. (1994). Structure, evolution and palaeogeography of West African craton and bordering belts during the Neoproterozoic. Prec. Res., 69, 307-326.
34. Wright, J. B., Hastings, D.A., Jones W.B., Williams H.R. (1985) Geology and mineral resources of West Africa. Allen & Unwin, London, 187 p.

Prise En Charge Des Hernies De L'aine Au Chu-Kara (Togo)

Dossouvi Tamegnon

Kanassoua Kouliwa Kokou

Amouzou Efoe-Ga Olivier

Service de Chirurgie Générale, CHU Kara, Togo

Kassegne Iroukora

Service de Chirurgie Générale, CHR Kara-Tomdè, Togo

Adabra Komlan

Dosseh Ekoué David

Service de Chirurgie Générale, CHU Sylvanus Olympio de Lomé, Togo

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p256](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p256)

Submitted: 05 January 2021

Accepted: 27 April 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Dossouvi T., Kanassoua K.K., Amouzou Efoe-Ga O., Kassegne I., Adabra K. & Dosseh Ekoué D. (2021). *Prise En Charge Des Hernies De L'aine Au Chu-Kara (Togo)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 256.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p256>

Résumé

Objectif: Evaluer la prévalence de la hernie de l'aine et d'analyser sa prise en charge au CHU-Kara (Togo).

Matériel et Méthode: Il s'est agi d'une étude rétrospective et descriptive qui a été menée du 1er juillet 2014 au 31 décembre 2019 soit 66 mois au CHU Kara. Ont été inclus dans notre étude tous les patients âgés de plus de 15 ans présentant une hernie de l'aine compliquée ou non et ayant été pris en charge pendant la période d'étude. Les patients de moins de 15 ans présentant hernie de l'aine ou les autres formes de hernie de la paroi abdominale ont été exclus de notre étude.

Résultats: Au cours de notre période d'étude nous avons opéré 444 hernies de l'aine dont 26 bilatérales sur les 2557 interventions réalisées en chirurgie générale. Parmi les patients opérés de hernie, 371 étaient des hommes et 60 des femmes avec une sex-ratio de 6,1. L'âge moyen était de 48 ans \pm 17,2. Toutes les professions étaient représentées dominées par les cultivateurs suivies des femmes au foyer. Après examen clinique les formes

inguinales et inguino-scrotales prédominaient avec respectivement 60,8% et 37,6%.

Parmi ces hernies de l'aïne colligées 82 (18,5%) étaient étranglées et 6(1,4%) cas de récurrences. Au plan thérapeutique, tous les patients avaient été opérés sous anesthésie loco-régionale. Les techniques opératoires utilisées étaient celle du Bassini dans 355 cas, le Shouldice dans 53 cas, le Lichtenstein dans 26 cas et le Mac Vay dans 10 cas. La durée moyenne du séjour était de 3,7 jours \pm 4,2. La morbidité a été de 6,5% dominée essentiellement par les hématomes de bourses et les suppurations pariétales. La mortalité est de 0,5%.

Conclusion: La hernie de l'aïne est très fréquente dans notre pratique. La hernie inguinale est la forme la plus rencontrée. Elle pose le problème de sa prise en charge dans les pays à ressources limitées. Une prise en charge précoce et efficiente permettra de réduire la morbi-mortalité dans nos pays pauvres.

Mots clés: Hernie de l'aïne, complications, hernioplastie, prothèse, morbidité, mortalité

The Management Of Groin Hernia At Kara Teaching Hospital, Togo

Dossouvi Tamegnon

Kanassoua Kouliwa Kokou

Amouzou Efoe-Ga Olivier

General Surgery Department, CHU Kara, Togo

Kassegne Iroukora

General Surgery Department, CHR Kara-Tomdè, Togo

Adabra Komlan

Dosseh Ekoué David

General Surgery Department, Sylvanus Olympio University Hospital in Lomé, Togo

Abstract

Objective: To assess the prevalence of groin hernia and to analyze its management at Kara Teaching Hospital, Togo.

Materials and Method: This was a retrospective and descriptive study that was carried out from July 1, 2014, to December 31, 2019, i.e., 66 months at the Kara Teaching Hospital. All patients over 15 years of age with a complicated or uncomplicated groin hernia who were treated during the study period were included in our study. Patients under 15 years of age with a

groin hernia or other forms of abdominal wall hernia were excluded from our study.

Results: During our study period, we operated on 444 groin hernias, including 26 bilateral out of the 2557 procedures performed in general surgery. Among the hernia operated patients, 371 were men and 60 were women with a sex ratio of 6.1. The mean age was 48 ± 17.2 . All professions were represented dominated by farmers followed by housewives. After clinical examination, the anatomo-clinical varieties found were dominated by inguinal forms (60.8%), followed by inguino-scrotal forms (37.6 %). Among collected groin hernias, 82(18.5%) were strangulated alongside with 6(1.4%) cases of recurrence. Therapeutically, all the patients had been operated on under locoregional anesthesia. All patients had undergone hernia repair by laparotomy. The surgical technique used was that of Bassini in 355 cases, Shouldice in 53 cases, Lichtenstein in 26 cases, and Mac Vay in 10 cases. The associated pathologies were taken care of at the same operating time. The mean length of stay was 3.7 days \pm 4.2. Morbidity was 6.5%, which is mainly dominated by bursa hematomas and parietal suppurations. Mortality was 0.5%.

Conclusion: Groin hernias are very common in our practice. The inguinal hernia is the most common form. Some countries lack adequate resources to effectively treat groin hernia. Early and efficient treatment will reduce morbidity and mortality in poor countries.

Keywords: Groin Hernia, Complications, Hernioplasty, Prosthesis, Morbidity, Mortality

Introduction

La hernie de l'aine est une issue des viscères abdominaux et/ou pelviens hors des limites de la cavité péritonéale à travers un point de faiblesse naturel située dans la zone de transition entre l'abdomen et la cuisse. La hernioplastie de l'aine représente l'une des interventions chirurgicales les plus réalisées en chirurgie générale (Rutkow & Robbins, 1993; Oberlin et al., 1998; Koumare et al., 1991). Le diagnostic de cette affection est clinique. Sa prise en charge est essentiellement chirurgicale et fait appel à plusieurs moyens et méthodes dont la préférence est actuellement portée vers une hernioplastie par prothèse par voie laparoscopique. Dans les pays à ressources limitées comme le Togo surtout dans sa partie septentrionale, ces hernies sont diagnostiquées souvent en urgences au stade de complications et la prise charge se réduit dans la grande majorité des cas à une herniorraphie exposant à des récidives.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la prévalence de cette pathologie avec ses différentes variétés anatomiques et ensuite d'analyser sa prise en charge au CHU-Kara.

Matériel et Méthode

Il s'est agi d'une étude rétrospective et descriptive qui a été menée du 1^{er} juillet 2014 au 31 décembre 2019 soit 66 mois au CHU Kara.

Ont été inclus dans notre étude tous les patients âgés de plus de 15 ans présentant une hernie de l'aine compliquée ou non et ayant été pris en charge pendant la période d'étude. Les patients de moins de 15 ans présentant une hernie de l'aine ou les autres formes de hernie de la paroi abdominale ont été exclus de notre étude.

Le diagnostic a été clinique dans tous les cas. En ce qui concerne la prise en charge, les patients présentant une hernie de l'aine non compliquée étaient vus en consultation puis opérés après un bilan préopératoire en ambulatoire ou en chirurgie programmée. Le bilan préopératoire était constitué d'un bilan biologique (NFS, Urémie, glycémie, créatininémie, Groupage-Rhésus, TP-INR, TCA) et d'un bilan morphologique (Radiographie du thorax et l'ECG). En urgence ce bilan préopératoire se réduisait essentiellement à la NFS, urémie, créatininémie, glycémie et au Groupage Rhésus. Les hernies de l'aine compliquées étaient prises en charges en urgences. Après la sortie, les patients étaient revus en contrôle après un mois, trois mois, six mois et 12 mois.

Les données épidémiologiques (âge, sexe, fréquence, profession), cliniques (motif de consultation, examen physique, variétés anatomo-cliniques de la hernie, complications), thérapeutiques (la technique opératoire et les suites opératoires) ont retenu notre attention.

Résultats

Au cours de notre période d'étude, nous avons opéré 444 hernies de l'aine dont 26 bilatérales sur les 2557 interventions réalisées en chirurgie générale soit 17,4%.

Parmi les patients opérés 371 étaient des hommes et 60 des femmes avec une sex-ratio de 6,1. L'âge moyen était de 48 ans \pm 17,2.

Toutes les professions étaient représentées dominées par les cultivateurs suivies des femmes au Foyer (Tableau I).

Tableau I. Répartition des patients en fonction de la profession

	Effectif	Pourcentage
Cultivateurs	248	57,5
Femmes au Foyer	57	13,2
Fonctions libérales	40	9,3
Etudiants/élèves	25	5,8
Forces de l'ordre	21	4,9
Fonctionnaires d'état	21	4,9
Retraités	19	4,4
Total	431	100

Le motif de consultation était représenté par une tuméfaction non douloureuse de l'aïne dans 362 cas, une tuméfaction douloureuse de l'aïne dans 82 cas avec seulement 20 cas d'arrêt du transit.

Après examen clinique les variétés anatomo-cliniques retrouvées étaient dominées par les formes inguinales (60,8%) suivies des formes inguino-scrotales (37,6%).

Tableau II. Répartition en fonction des formes anatomo-cliniques de la hernie

	Effectif	Pourcentage
Hernie inguinale	270	60,8
Hernie inguino-scrotale	167	37,6
Hernie crurale	7	1,6
Total	444	100

Parmi ces hernies de l'aïne colligées 82(18,5%) étaient étranglées et 6(1,4%) cas de récurrences. Les hernies se situaient à droite dans 337 (75,9%) cas et à gauche dans 107(24,1 %) cas.

Au plan thérapeutique, tous les patients avaient été opérés sous anesthésie loco-régionale. Les techniques opératoires utilisées étaient celle du Bassini dans 355 cas, le Shouldice dans 53 cas, le Lichtenstein dans 26 cas et le Mac Vay dans 10 cas.

Parmi 82(18,5%) hernies étranglées dont 12 (2,7%) avaient nécessité une résection intestinale avec rétablissement immédiat de la continuité digestive. La durée moyenne du séjour était de 3,7 jours \pm 4,2.

Les suites opératoires ont été compliquées dans 29(6,5%) cas et avons déploré deux décès (0,5%). En effet, nous avons noté un cas d'un saignement inguinal en postopératoire immédiat ; un hématome des bourses dans 21 cas ; une suppuration pariétale dans 4 cas ; une atrophie testiculaire dans un cas ; un cas de douleur inguinale résiduelle ; une récurrence herniaire inguinale droite après un mois dans un cas et déploré deux cas de décès (0,5%). Le saignement inguinal avait nécessité une reprise chirurgicale avec hémostase. Les hématomes de bourses avaient régressé sous surveillance au bout de deux semaines sauf dans un cas où on avait eu recours à un drainage. Le cas de récurrence herniaire avait bénéficié d'une cure selon Lichtenstein. Les suites avaient été simples. Le premier cas de décès enregistré avait été noté chez un patient de 80 ans opéré pour une hernie inguinale droite non compliquée qui avait présenté en postopératoire la décompensation d'une tare cardiaque méconnue. Le second cas de décès concernait une femme de 61 ans ayant présenté une hernie crurale gauche étranglée compliquée d'une occlusion intestinale avec un retard de prise en charge. Une résection de l'iléon avait été réalisée et les suites opératoires avaient été compliquées d'une défaillance multiviscérale ayant conduit au décès.

Discussion

La cure de la hernie de l'aïne représente environ 10% des interventions en chirurgie digestive (Traoré et al., 2015). Elle a représenté 17,4% des activités chirurgicales dans notre service. C'est la plus fréquente hernie de la paroi abdominale (Olory-Togbé et al., 2010; Mukuku et al., 2014). Cette fréquence élevée s'explique par le fait que la région de l'aïne constitue une zone de faiblesse privilégiée de la paroi abdominale, et ceci pour 2 raisons : elle livre passage au cordon spermatique chez l'homme (et au ligament rond chez la femme) et également aux vaisseaux ilio-fémoraux à destinée des membres inférieurs.

La prédominance masculine notée dans notre étude était la règle dans la littérature (Traoré et al., 2015; Olory-Togbé et al., 2010; Mukuku et al., 2014; Harouna et al., 2000; Koutora et al., 2019). Cela s'expliquerait par les prédispositions anatomiques plus favorables chez l'homme, la persistance du canal péritonéo-vaginal chez l'homme mais également aux activités physiques intenses auxquelles se livrent souvent les hommes qui en sont victimes. Nous en voulons pour preuve le nombre élevé des travailleurs de force comme les cultivateurs (68% des opérés) dans notre série, qui utilisent les moyens rudimentaires nécessitant des efforts physiques intenses pour faire leur culture. La même observation a été faite par plusieurs auteurs (Harouna et al., 2000; Koutora et al., 2019).

La localisation à droite de la hernie a été prédominante dans notre série (75,9%) à l'instar de plusieurs séries (Mukuku et al., 2014; Harouna et al., 2000; Koutora et al., 2019; Sakiye et al., 2014; Dieng et al., 2011). Cela serait dû à la situation haute du testicule droit par rapport au testicule gauche et l'oblitération tardive du canal péritonéo-vaginal droit (Mukuku et al., 2014; Wind & Chevrel, 2002; Michel et al., 2012).

Parmi les formes anatomo-cliniques des hernies de l'aïne, la hernie inguinale a été la plus rencontrée dans notre série (56,6%) contrairement à la forme inguino-scrotale dans autres études (Mukuku et al., 2014; Koutora et al., 2019; Dieng et al., 2011; Adamou et al., 2017).

La hernie de l'aïne se manifeste par une sensation de pesanteur, de gêne et rarement de douleur au niveau de l'aïne ou peut rester asymptomatique. C'est ce qui pousse certains patients dans les pays sous-développés à ne consulter qu'en cas de complications comme l'étranglement. Le taux d'étranglement dans notre série est de 18,4% superposable à celui d'Adamou et al au Niger (Adamou et al., 2017). En dehors des difficultés socio-économiques limitant l'accès aux soins plusieurs autres raisons telles que l'ignorance, l'accessibilité géographique et la peur du geste chirurgical permettent d'expliquer le retard de consultation (Adamou et al., 2017; Lebeau et al., 2011; De Muynck, 1979).

Au plan thérapeutique, la première herniorraphie a été réalisée par Bassini il y a plus de 100 ans et depuis lors plusieurs techniques se sont développées grâce aux avancées technologiques. On distingue deux types de cure herniaire : l'abord inguinal conventionnelle avec laparotomie (les voies postérieures par suture en tension de l'anneau inguinal, de type Shouldice, Mc Vay ou Bassini, et des voies antérieures sans tension, par obturation de l'anneau inguinal avec une prothèse selon Lichtenstein ou Plug et l'abord laparoscopique avec pose de prothèse (Ananian et al., 2006). La technique avec pose de prothèse par laparotomie ou par voie laparoscopique est simple, rapide, moins douloureuse, et efficace, permettant la reprise rapide de l'activité physique sans restriction avec un taux de récurrence très bas. Le choix entre laparotomie et laparoscopie est encore discuté. La laparoscopie permet de réduire la douleur postopératoire immédiate, les douleurs chroniques et une reprise plus rapide d'une l'activité normale (Liem et al., 1997; The MRC Laparoscopic Groin Hernia Trial Group, 1999; Mc Cormack et al., 2003; Neumayer et al., 2004; Pettersson et al., 1998). Dans notre série les techniques par raphie ont été les plus utilisées et ceci pour deux principales raisons : l'inaccessibilité financière aux prothèses par la majorité de nos patients qui prennent en charge eux même leurs soins et la prise en charge fréquente de ces hernies en urgence. Les mêmes remarques ont été faites par plusieurs auteurs dans leurs séries (Koutora et al., 2019; Sakiye et al., 2014; Adamou et al., 2017). Cependant, la technique de Shoudice moins pourvoyeuse de récurrence est recommandée à défaut de cure par prothèse (Traoré et al., 2015). La morbidité a été de 6,7% dominée essentiellement par les hématomes de bourses et les suppurations pariétales. Ce taux est superposable à ceux de plusieurs séries africaines (Koutora et al., 2019 ; Adamou et al., 2017) mais moins élevé que celui de Mèhinto et al qui était de 29,6% (Mèhinto et al., 2003).

La mortalité de cette pathologie est très faible et est liée dans la majorité des cas à des hernies de l'aine étranglée et aux comorbidités (Adamou et al., 2017).

Conclusion

La hernie de l'aine est très fréquente dans notre pratique. La hernie inguinale a été la forme la plus rencontrée dans notre série. Elle a posé le problème de sa prise en charge en raison non seulement de la consultation tardive en cas d'étranglement par la majorité des patients mais également à l'inaccessibilité financière aux prothèses qui constituent le traitement de référence. Les herniorraphies ont été les techniques les plus pratiquées en particulier celle de Bassini avec des résultats acceptables à moyen terme. La technique de shouldice permettant d'avoir moins de récurrence est recommandée

en alternative à la cure par prothèse. Une prise en charge précoce et adéquate permettra de réduire la morbi-mortalité dans nos pays pauvres.

References:

1. Adamou, H., Amadou, M.I., Halidou, M., Habou, O., Amadou, M., Abdou, M.M., Amadou, S., & Sani, R. (2017). Prise en charge des hernies de l'aine chez l'adulte à l'Hôpital National de Zinder, Niger. *Annales de l'Université Abdou Moumouni*; 22 : 102-10.
2. Ananian, P., Barrau, K., Balandraud, P., & Le Treut, YP. (2006). Cure chirurgicale des hernies inguinales de l'adulte. *J Chir*; 143(2):76-83.
3. De Muynck, A. (1979). Facteurs de risque des hernies inguinales étranglées: Étude de 243 cas à Kasongo ZAIRE. *Ann Soc Belg Med Trop* ; 59:185-98
4. Dieng, M., El-Kouzi, B., Ka, O., Konate, I., Cisse, M., Sanou, A., et al. (2008). Les hernies étranglées de l'aine de l'adulte : une série de 228 observations. *Mali Médical* ; 23 (1) : 12-6.
5. Harouna, Y., Seibou, A., Manzo, R., Abdou, I., & Bazira, L. (2000). La hernie inguinale simple de l'adulte. Etude médico-économique à propos de 244 cas. *Médecine d'Afrique Noire* 2000 ; 47 (6) :292-7.
6. Koumare, K.A., Traore, K.A., Dit Diop, Ongoiba, N., Bouare, M., & Simpara, D. (1991). Evaluation rétrospective 4539 cures de hernies inguinales effectuées par des médecins généralistes dans certains districts au Mali. *Med Afr Noire* 1991; 38(2):137-41.
7. Koutora, B., Alassani, F., Amouzou, E-G., Sakiye, A., Geraldo, R.F., Boyodi, K.T., Changai, B.K., Kanassoua, K.K., Apetogbo, B., Villa, S., Songne-Gnamkoulamba, B. (2019). Prise en Charge des Hernies de l'aine : Expérience d'un Hôpital Confessionnel en Zone Rurale au Togo. *European Scientific Journal*; 15(18)
8. Lebeau, R., Brou Assamoi Kassi, F., Kacou Yenon, S., Diané, B., & Kouassi, J-C. (2011). Les hernies étranglées de l'aine: une urgence chirurgicale toujours d'actualité en milieu tropical. *Rev Méd Brux*; 32(3):133-18.
9. Liem, M.S., van der Graaf, Y., van Steensel, C.J., Boelhouwer, R.U., Clevers, G.J., & Meijer, W.S. (1997). Comparison of conventional anterior surgery and laparoscopic surgery for inguinal-hernia repair. *N Engl J Med*; 336:1541-7.
10. Mc Cormack, K., Scott, N.W., Go, P.M., Ross, S., & Grant, A.M. (2003). Laparoscopic techniques versus open techniques for inguinal hernia repair. *Cochrane Database Syst Rev*;1:CD001785.
11. Mèhinto, D.K., Diatéma, S., Bagnan, O.K., Padonou, N. (2003). Expérience béninoise de la prise en charge des hernies de l'aine chez

- l'adulte en milieu hospitalo-universitaire. *Revue africaine de chirurgie et spécialités* 2010 ;4(9) : J Afr Chir Digest 2003; 3 (2) : 267-71
12. Michel, J.L., Lapointe, S., & De Napoli-Cocci, S. (2000). Hernies de l'enfant. *Encycl Méd Chir* (Elsevier Masson SAS, Paris), Pédiatrie, 4-018-A-10, 7 p.
 13. Mukuku, O.K., Wakunga, E., Bugeme, M., Kitembo, M., Kabwit, D., Wakungaw (2014). Hernies inguinales à l'hôpital Jason Sendwe de Lubumbashi en république démocratique du Congo. à propos de 41 cas. *Rev. méd. Gd. Lacs* 2014 ; 3(1) :114-25.
 14. Neumayer, L., Giobbie-Hurder, A., Jonasson, O., Fitzgibbons, R.Jr, Dunlop, D., Gibbs, J., Reda, D., & Henderson, W. (2004). Veterans Affairs Cooperative Studies Program 456 Investigators. Open mesh versus laparoscopic mesh repair of inguinal hernia. *N Engl J Med*; 350:1819-27.
 15. Oberlin, P., Mouquet, M., Burgun, A., Tudeau, L. (1998). Le traitement des hernies de l'aine en Un exemple de disparités des pratiques in *Dress. M. d. l. E. e. d. l. Solidarité*. Paris. 2000; 1-11.
 16. Olory-Togbé, J-L., Gbessi, D.G., Lawani, I., Padonou, N. (2010). Hernies pariétales au CNHU HKM de Cotonou. *J Afr Chir Dig.*; 10 (2): 1104 -8
 17. Pettersson, N., Emanuelsson, B., Reventlid, H., et al. (1998). High-dose ropivacaine wound infiltration for pain relief after inguinal hernia repair. *Reg Anesth Pain Med*; 23: 189-96.
 18. Rutkow, I.M. & Robbins, A.W. (1993). Demographic, classificatory, and socioeconomic aspects of hernia repair in the United States. *Surg Clin North Am.*; 73:413-26.
 19. Sakiye, K.A., Kanassoua, K., Kassegne, I., Ama, V.I., & Sogne, S. (2014). Prise en charge des hernies étranglées de l'aine en milieu chirurgical rural : à propos de 329 cas colligés à l'hôpital Saint Joseph de Datcha (Togo). *J Rech Sci Univ Lomé* ; 16(3):433-40
 20. The MRC Laparoscopic Groin Hernia Trial Group (1999). Laparoscopic versus open repair of groin hernia: a randomised comparison. *Lancet*; 354:185-90.
 21. Traoré, D., Diarra, L., Coulibaly, B., Bengaly, B., Togola, B., Traoré, A., Traoré, H., Ongoïba, N., Sissoko, F., Koumaré, A.K. (2015). Hernie inguinale en Afrique subsaharienne: quelle place pour la technique de Shouldice. *Pan Afr Med J.*; 22: 50.
 22. Wind, P., & Chevrel, J.P. (2002). Hernies de l'aine de l'adulte. *Encycl Méd Chir* (Elsevier Masson SAS, Paris), Gastro-entérologie, 9-050-A-10, 2002, 10 p.

Agriculture À Base D'anacarde Et Formes Traditionnelles De Mobilisation De La Main D'œuvre Agricole Chez Les Fohobélé Au Centre-Nord De La Côte d'Ivoire

Ouattara Nanfouhoro Paul-Kévin

Université Péléforo Gon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p265](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p265)

Submitted: 27 April 2021

Accepted: 29 May 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Ouattara N.P-K. (2021) Agriculture À Base D'anacarde Et Formes Traditionnelles De Mobilisation De La Main D'œuvre Agricole Chez Les Fohobélé Au Centre-Nord De La Côte d'Ivoire. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 265.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p265>

Résumé

Le système de production agricole des Fohobélé est basé sur une main d'œuvre provenant principalement de la famille dite élargie et du nabonron qui est une institution sociale destinée à mutualiser la force de travail. A la suite de l'adoption de la culture de l'anacarde, l'économie locale s'est structurée autour d'une économie de plantation en remplacement de l'économie fondée sur la culture de rente qu'est le coton. Le présent article vise d'une part à connaître l'impact de la culture de l'anacarde sur les structures sociales de mobilisation de la main d'œuvre agricole des Fohobélé et d'autre part à découvrir les nouvelles stratégies de formation de la force de travail agricole. A travers des entretiens semi-directifs avec les acteurs locaux et des observations de terrain, il ressort de l'étude que l'adoption de cette nouvelle spéculation agricole a déstructuré les formes traditionnelles de la force de travail. La famille traditionnelle s'est éclatée pour laisser la place à des familles nucléaires. Le nabonron, forme d'entraide locale a disparu. La force de travail provient désormais de la famille nucléaire avec un rôle plus accru des femmes, des prestations monétarisées et de l'usage des produits chimiques dans l'agriculture.

Mots clés: Main D'œuvre Agricole, Nabonron, Anacarde, Rapport De Production, Fohobélé, Fronan

Cashew-Based Agriculture And Traditional Forms Of Agricultural Labor Mobilization Among The Fohobélé In The Center-North Of Côte d'Ivoire

Ouattara Nanfouhoro Paul-Kévin

Université Péléforo Gon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire

Abstract

The Fohobélé agricultural production system is based on a workforce mainly coming from the so-called extended family and the nabonron, which is a social institution intended to pool the labor force. Following the adoption of cashew cultivation, the local economy was structured around a plantation economy to replace the economy based on the cash crop of cotton. This article aims on the one hand to know the impact of cashew cultivation on the social structures of mobilization of the agricultural workforce of the Fohobélé and on the other hand to discover the new strategies of strength training agricultural work. Through semi-structured interviews with local actors and field observations, it emerges from the study that the adoption of this new agricultural speculation has deconstructed the traditional forms of the labor force. The traditional family has split up to make way for nuclear families. The nabonron, a form of local mutual aid, has disappeared. The labor force now comes from the nuclear family with a greater role for women, cash benefits and the use of chemicals in agriculture.

Keywords: Agricultural Labor, Nabonron, Cashew Nut, Production Report, Fohobélé, Fronan

Introduction

L'économie ivoirienne est fondamentalement basée sur les productions agricoles. Les cultures les plus connues sont le café, le cacao, l'hévéa, le palmier à huile. Ces cultures se pratiquaient dans les régions forestières du sud du pays. Ces dernières décennies ont vu l'anacarde prendre de l'ampleur auprès de nombreux agriculteurs des régions du centre, du nord et de l'est de la Côte d'Ivoire dont la végétation est la savane. Le succès de cette agriculture arbustive est notable. En effet, avec environ 761000 tonnes, le pays est le premier producteur mondial de noix brutes de cajou. Cette nouvelle filière agricole non traditionnelle compte 350000 producteurs selon le Fonds Interprofessionnel de la Recherche et du Conseil Agricole (FIRCA, 2018).

Cependant, l'adoption de la culture de l'anacarde par les Fohobélé a conduit à la transformation de l'économie locale. Cette dernière est désormais basée sur une économie de plantation. Il ne s'agit pas d'une économie de

plantation au sens de Badouin pour qui ce type d'économie est une « une forme d'agriculture d'entreprise pratiquée sous les tropiques par des producteurs occidentaux sur la base de cultures d'exportation arbustives ou arborées et caractérisée par l'utilisation de techniques de production élaborées, par l'importance des capitaux mis en œuvre et par des rapports de production capitalistes » (Colin, 1990). Ici, il faut entendre par économie de plantation une agriculture basée sur une culture pérenne, l'anacardier, par opposition à la culture du coton qui était une culture annuelle voire saisonnière. Il ne s'agit pas de plantations de type industriel. Ce sont des plantations villageoises domestiques de quelques hectares. Les déterminants de l'expansion de la culture de l'anacarde dans la région sont nombreux. On peut noter la volonté de diversification de sources de revenus agricoles par les paysans (Koffi et Oura, 2019). Il y a également les facteurs liés à la pénibilité des travaux ainsi qu'aux contraintes de l'encadrement de la culture du coton (Ouattara, 2021). Si la culture de l'anacarde a un impact positif certain sur l'économie locale et sur les conditions de vie des agriculteurs Fohobélé de Fronan, son adoption par les paysans a abouti à la disparition de la culture du coton dans cette zone (Koffi et Oura, 2019 et Ouattara, 2021). Aussi, la question qui se pose est de savoir si ce nouveau type d'agriculture à base d'anacarde qui est une culture pérenne n'a pas impacté les formes traditionnelles de coopération et d'entraide agricole. Ces formes traditionnelles de solidarité de la formation de la main d'œuvre agricole ont-elles résisté à la mutation de l'économie? Si non, quelles sont les nouvelles stratégies agricoles qui ont émergé en vue de mobiliser la force de travail? Ce sont ces interrogations qui fondent la pertinence de la présente production scientifique.

Méthodologie

Cet article est structuré autour de deux aspects. Le premier point traite l'impact de l'agriculture de plantation sur les rapports sociaux traditionnels de production agricole. Le deuxième décline les nouvelles stratégies mises en place par les agriculteurs pour l'exécution des travaux champêtres dans leurs exploitations. L'étude a pour ancrage sociologique les Fohobélé. C'est un peuple situé au centre-nord de la Côte d'Ivoire. C'est une variante du peuple Tagbana qui est localisé dans la Sous-Préfecture de Fronan dans le département de Katiola chef-lieu de la région du Hambol. Les Fohobélé occupent plusieurs villages. Mais, pour les besoins de cette recherche, la collecte des données primaires a eu lieu uniquement dans le chef-lieu de la Sous-Préfecture. Cette localité est composée de cinq quartiers à savoir Affoukaha, Nangbotokaha, Niénankaha, Offiakaha et Souroukaha. L'article a privilégié l'approche qualitative. Les données ont été recueillies auprès des leaders communautaires notamment les autorités coutumières, des chefs de famille et des leaders de jeunesse. Elles ont été collectées au moyen de guides

d'entretien et de grilles d'observation. Quant aux informations secondaires, elles ont été tirées des études similaires existantes sur la problématique abordée. L'étude s'est déroulée de la fin de l'année 2019 au début de l'année 2021. Les enquêtes de terrain ont permis de faire des observations pertinentes sur le déroulement du phénomène étudié. Le traitement des données a été fait de façon manuelle.

Résultats

Brève présentation des Fohobélé

Les Fohobélé font partie des six tribus des Tagbanas. Ces derniers occupent les territoires sud des Senoufos un groupe ethnique situé au nord de la Côte d'Ivoire. À l'instar de nombreuses sociétés africaines, les Fohobélé ont une organisation sociale qui part du père jusqu'au chef de canton. La famille dite élargie joue un rôle essentiel dans cette structuration dans la mesure où la gestion économique notamment les activités agricoles sont gérées par le chef de famille. Dans ce type d'organisation, on y trouve plusieurs générations d'individus qui se reconnaissent et s'identifient à une même lignée ou descendance (Ouattara, 2016). L'ensemble de ces personnes est sous la tutelle d'une seule autorité appelée chef de famille ou « dalfolo » chez les Tagbana. Les Fohobélé pratiquent la patrilocalité mais le mode d'héritage est le matrilineage (Ouattara, 1999). En d'autres termes, l'enfant vit dans la famille de son père mais il appartient à celle de sa mère. C'est également une société patriarcale. Le chef de famille ou dalfolo gère toutes les affaires de la descendance. Il en est l'autorité morale. Dans ce peuple et chez les Tagbanas en général, la famille est très importante (Agnissan, 1997 et Ouattara, 2016). Telle que décrite, cette forme de structuration sociale est favorable à une agriculture domestique de subsistance. En effet, du point de vue économique, c'est un peuple traditionnellement d'agriculteurs. Le mode de production agricole dans cette société est de type domestique. La production est destinée à l'autoconsommation du ménage. Seul le surplus est écoulé sur les marchés locaux. Pour ce faire, ils ont développé, sur la base des connaissances ancestrales, des moyens et techniques culturels ainsi que des moyens de conservation des récoltes. Ces stratégies leur permettent de couvrir leurs besoins alimentaires (Yéo, 2017). La famille élargie permet ainsi de constituer de la force de travail. Car, c'est l'énergie humaine qui est sollicitée pour les labours et les récoltes. L'organisation pour la production est calquée sur la structuration familiale dans la mesure où celle-ci demeure le vivier pourvoyeur de main d'œuvre dans les exploitations. Jusqu'à une période relativement récente, la culture du coton introduite durant la période coloniale constituait la seule culture industrielle d'exportation des Fohobélé. Pour autant, la pratique de cette culture n'a pas totalement remis en question ce mode d'organisation sociale. Au demeurant, celle-ci correspondait parfaitement à l'organisation

sociale à la production des Fohobélé. En effet, la famille constituait l'origine de la main d'œuvre nécessaire à la culture du coton. Les contraintes inhérentes à l'agriculture cotonnière favorisaient le renforcement de cette structuration sociale. Les mécanismes traditionnels de formation de la force de travail n'ont pas subi de mutation. En plus de la main d'œuvre familiale, il y a également une organisation sociale qui s'appelle nabonron. C'est un canal de mutualisation de la force de travail agricole. Elle fait partie des pratiques ancestrales de ce peuple. C'est un moyen de mobilisation de la force de travail qui permet de réaliser rapidement les travaux champêtres et autres travaux d'utilité générale. Pour Sabourin, même si ce n'est pas une spécificité de l'Afrique, les sociétés rurales africaines sont parmi les plus riches en matière de pratiques de ce type de réciprocité. Cet auteur en distingue les différentes formes qui vont des travaux d'intérêt commun aux invitations de groupes de travail par classe d'âge et par sexe en passant par l'entraide entre famille (Sabourin, 2007). Cette pratique de l'entraide à la production agricole est liée au fait que la mécanisation et l'emploi des nouvelles technologies dans l'agriculture africaine reste encore très peu développés. D'où le recours à la force physique humaine dans l'activité agricole (Gafsi et al, 2007).

Impact de la culture de l'anacarde sur les formes traditionnelles de mobilisation de la force de travail agricole

Culture de l'anacarde et structure familiale traditionnelle

L'économie de plantation est un élément nouveau dans les habitudes agricoles des paysans Fohobélé. Cette spéculation agricole s'est développée autour des années 1990 (Ouattara, 2013). Son développement rapide dans cette région de savane s'explique entre autres par les difficultés de la filière coton et par la revalorisation des prix d'achat de la noix de cajou (Bassett, 2017). Aujourd'hui, cette dernière spéculation a éclipsé l'agriculture à base de coton comme culture d'exportation chez les paysans Fohobélé (Ouattara, 2021). L'adoption de la culture de la noix de cajou par les habitants de cette aire géographique de la Côte d'Ivoire a quelque peu perturbé leur organisation sociale à la production agricole. Les jeunes générations contestent la gestion des exploitations et surtout la gestion financière des aînés. Ils estiment que la redistribution des ressources est discriminatoire. Ce qui a provoqué des bouleversements profonds au sein de la famille traditionnelle. En effet, comme tout élément nouveau, le dynamisme de la culture de la noix de cajou a fait naître des contestations des modes de gestion du patrimoine de la famille ancienne. Les ascendants en général et le dalfolo en particulier ne jouissent plus des mêmes égards de la part des plus jeunes. Ces derniers s'estiment lésés dans le partage des revenus issus de la culture de l'anacarde pourtant ce sont eux qui sont les bras valides qui mettent en valeur les exploitations champs. Les propos de ce jeune agriculteur témoignent de cette réalité:

« C'est nous qui faisons tous les travaux dans les champs. Lorsque nos parents vendent la production, ils ne nous donnent pas grand-chose. Au village, on ne peut même pas se promener avec nos amis puisque nous n'avons rien pour faire face à nos petits besoins. »

Ces propos traduisent une certaine frustration des jeunes qui sont encore sous la tutelle de leurs ascendants. Leur vision et leurs préoccupations ne sont pas pris en compte par les plus âgés. En fait, ce qui apparaît important pour les jeunes ne l'est pas forcément aux yeux des anciens. Généralement, les motos, les téléphones portables, les appareils électroménagers et autres sorties dans les buvettes constituent des motifs de rupture avec les chefs de famille. Ces derniers ne voient pas la nécessité de ces objets alors que les jeunes y accordent beaucoup d'intérêt. Cet enquêté qui est chef d'exploitation dit ceci :

« Quand je travaillais dans le champ familial, mon papa n'a pas voulu acheter de moto pour moi. Il me disait que le vélo que je possédais me permettait de me rendre au champ. Pourtant, tous mes amis avaient des motos et ils me traitaient de paresseux. Même le téléphone que j'avais en ce moment-là, je l'avais acheté après avoir vendu, à l'insu de mon papa, un sac d'anacarde »

La volonté de satisfaire des besoins individuels met à mal l'unité de la famille traditionnelle. L'usage des revenus de la production d'anacarde divise les membres des clans. Ce qui a conduit à l'effritement de la famille traditionnelle des Fohobélé. Ainsi, la main d'œuvre agricole qui était pourvue par les jeunes des familles s'est trouvée disloquée. On assiste au développement des exploitations gérées par des chefs de ménage relativement jeunes. La grande famille traditionnelle existe mais se reforme seulement lors des événements sociaux qui engagent l'intérêt de toute la famille comme les décès, les mariages etc.

Conséquence de la dislocation de la famille traditionnelle

Le développement des petites plantations individuelles est la résultante de la déstructuration de la famille traditionnelle des Fohobélé. En effet, en dehors de son rôle de socialisation, la famille joue également des fonctions économiques et spirituelles. Tous les biens matériels et immatériels sont gérés par un chef de famille reconnu et accepté par tous les autres membres. La nouvelle économie basée sur la culture de la noix de cajou a fait voler en éclat cette institution sociale. Le pouvoir économique n'est plus détenu par le chef de la famille élargie. La naissance des familles de plus petite taille composées du chef du ménage, de sa ou de ses conjointes et de ses enfants devient la norme sociale. L'unité de production agricole est basée sur ce nouveau type de famille. C'est ce qui explique ce phénomène de petites exploitations agricoles dirigées en général par de jeunes chefs de ménages. La

matérialisation de cette tendance se traduit par le développement de plantations individuelles. Elle est nourrie par le désir d'autonomie ou d'indépendance des jeunes vis-à-vis de leur ascendants. Cet enquêté l'exprime en ces termes :

« Depuis que j'ai mon propre champ d'anacarde, je ne tends plus la main pour acheter ce que j'ai envie d'acheter. Je soigne facilement mes enfants lorsqu'ils sont malades. Je paie mes cotisations au niveau de notre association. Je ne rends pas de compte à quelqu'un. »

On le voit, l'autonomie financière des jeunes générations est la cause de la prolifération des petites exploitations individuelles. Une autre explication de l'indépendance des enfants vis-à-vis de leurs parents est liée au système successoral des Fohobélé. Cette tribu, comme le peuple Tagbana en général, fonctionne selon le matrilineage. Bien que pratiquant le patrilocalité, les enfants appartiennent à la lignée de leur mère. Ainsi, ils sont héritiers de leurs oncles maternels. Pourtant, la patrilocalité oblige ces derniers à travailler dans les exploitations de leurs pères. Au décès de leur géniteur, son neveu utérin, qui est parfois un cousin inconnu des enfants biologiques, profite de la succession des biens de celui-ci. Cette pratique ancestrale ne posait pas de problème dans la mesure où les cultures agricoles de la région étaient essentiellement saisonnières. Car, en effet, les exploitations étaient renouvelées chaque année. De sorte que l'héritier ne bénéficie des récoltes que sur une seule année. Même si la terre lui revient, il devait la faire fructifier par ses propres efforts afin d'en tirer profit. Ce qui n'est pas le cas avec l'agriculture de plantation. L'adoption de la culture de l'anacarde a changé la donne. Cette culture pérenne offre la possibilité à l'héritier de profiter du fruit du travail de ses cousins sur une très longue période. A la limite, les enfants de son oncle sont considérés comme des ouvriers agricoles. Ils gèrent les exploitations et c'est leur cousin, héritier de leur père qui jouit du fruit de leurs efforts. Le système d'héritage pose donc problème et devient également une source de discorde au sein de la famille traditionnelle. La solution pour les enfants est donc de créer leurs plantations individuelles puisqu'ils savent d'avance que celles de leurs pères ne leur reviendra pas et qu'ils en seront dépossédés à la mort de ce dernier. Voici ce qu'en dit un jeune :

« Lorsque mon père a commencé la culture de l'anacarde j'étais encore petit. Mais, lorsque j'ai grandi, je l'ai aidé à agrandir le champ. Malheureusement, à sa mort, mes oncles ont décidé de donner le champ à l'enfant de sa grande sœur qui ne connaissait même pas le village à plus forte raison l'emplacement et les limites de ce champ. Moi, je devais travailler et lui rendre compte à chaque récolte. J'ai trouvé cela humiliant. J'ai décidé d'abandonner ce champ pour créer ma propre plantation. J'ai tout recommencé à zéro. »

L'agriculture de l'anacarde de par son caractère pérenne ainsi que des retombées financières qu'elle génère mettent à mal les fondements de la famille traditionnelle des Fohobélé. Si les chefs de familles en tirent un réel avantage, la nouvelle économie a fragilisé le producteur au regard de la mobilisation de la force de travail agricole. En principe, cette précarité de la force de production devrait favoriser le renforcement des systèmes d'entraide traditionnelle. Pourtant, c'est le contraire qui se produit. Ces rapports de production ont également été démantelés.

Le déclin du nabonron

Les paysans Fohobélé préparent les sols, font les semis, entretiennent et récoltent leurs productions grâce à la force physique humaine. La principale force de travail agricole de ce peuple provient de la main d'œuvre familiale. Elle constitue un réservoir important pour la réalisation des activités champêtres. A côté de cette force de travail, il existait une autre forme de coopération entre les agriculteurs. Ce réseau d'entraide entre les membres de la communauté villageoise permettait la mobilisation d'une énergie de travail complémentaire pour la réalisation des travaux agricoles. Chez les Fohobélé, cette forme de coopération se fait grâce au nabonron. En fait, le nabonron est un système de mutualisation de la force de travail pour l'exécution des travaux agricoles plus ou moins pénibles. C'est une forme de solidarité entre les individus notamment les personnes de la même classe d'âge. Il consistait à s'entraider dans les champs à tour de rôle et selon les besoins des membres du groupe. Ce mode de travail est basé sur le principe de la réciprocité. L'obligation de rendre l'aide dont on a bénéficié fonde ce type de mobilisation de la main d'œuvre comme le dit Sabourin (2007). Cependant, le nabonron peut avoir un caractère de bénévolat. C'est le cas lorsqu'il se fait en faveur du chef de terre ou propriétaire terrien (tra folo), du faiseur la pluie (hong panfolo) etc. Cette pratique peut être destinée aux beaux-parents notamment le futur beau-père d'un jeune homme à qui une jeune fille a été promise en mariage. On peut également pratiquer le nabonron pour soutenir un chef de village (ka folo), une personne âgée et respectée etc. Dans ces cas, elle se fait sur la base d'une invitation et revêt un caractère festif. Les invités n'attendent rien en retour immédiatement si ce ne sont les remerciements, les grâces et les bénédictions du bénéficiaire du travail. Mais, dans l'esprit de la réciprocité, ce type d'aide fonctionnait selon le principe de l'amitié et de la proximité des champs. Si par exemple dans une famille il y a plusieurs catégories de jeunes, chacun d'eux a son groupe d'entraide. Le chef de famille mobilisait chaque catégorie d'âge selon la nature ou l'intensité des tâches à réaliser dans l'exploitation et selon la nécessité de celles-ci. Le nabonron avait également une fonction sociale. Il constituait un moment de saine compétition entre les participants. Cette pratique permettait de connaître le meilleur cultivateur de

la promotion d'âge ou de la génération. Pour ce faire, chaque membre donnait le meilleur de lui lors de ces regroupements. Certains pouvaient même se voir proposer des jeunes filles en mariage par certains parents. D'où l'importance que revêtait ce type de coopération. Elle constituait un moyen de socialisation car au-delà de sa fonction de production économique, elle promouvait aussi des valeurs sociales et symboliques dans cette société (Sabourin, 2007).

L'enquête a révélé que le nabonron a pratiquement disparu. On peut donc dire que l'adoption de la nouvelle spéculation liée à l'anacarde a provoqué le déclin d'une habitude de production chez ce peuple Tagbana.

« Mon champ se trouve à watraban¹. Certains champs de mes amis se trouvent après le Bandama². Même si aujourd'hui nous avons tous des motos, ce n'est pas possible de parcourir ces distances pour aller travailler ensemble. Il arrive parfois qu'on fasse des mois sans se voir s'il n'y a pas des décès au village. Donc, ce n'est pas rentable pour nous parce que nous allons perdre du temps et nous allons dépenser de l'argent pour acheter l'essence pour nos motos. C'est pour cela que chacun de nous se débrouille avec les manœuvres ou bien on achète des médicaments pour travailler»

L'abandon de cette pratique est la conséquence du développement des exploitations individuelles. La volonté des individus d'avoir leurs propres exploitations d'anacardier a redistribué les paysans dans l'espace. Les amis et les voisins se retrouvent dans de nouveaux champs. Il devient difficile pour eux de se retrouver pour travailler ensemble. Les grandes distances entre les différentes plantations justifient ce nouveau comportement des exploitants. En fait, les longues distances entre les exploitations et les villages ont fait éclater les relations amicales. Or le nabonron avait son ancrage en partie dans la proximité et le voisinage des champs. Comme les individus sont désormais éparpillés dans l'espace, se retrouver et travailler en groupe constitue une perte de temps un manque de rentabilité. Cette pratique paraît inefficace et improductive si l'on doit parcourir des dizaines de kilomètres pour aller aider un ami. Comme on le voit, le nabonron était une technique de mobilisation de la main d'œuvre agricole. C'était également un lieu d'expression, de promotion et de reproduction des valeurs humaines et sociales des Fohobélé. La disparition de cette forme de travail est la conséquence d'une part de la mutation de l'agriculture dans cette région. Celle-ci passe d'une agriculture saisonnière à une agriculture de plantation qui est par essence pérenne. C'est aussi le résultat de la transformation des techniques agricoles. Voici ce qu'en dit un enquêté chef de famille au sujet de la disparition du nabonron :

¹ Watraban est situé sur le territoire administratif du département de Niakara. L'enquête se déroule à Fronan qui appartient au département de Katiola. Ces deux départements composent deux des trois départements de la région du Hambol

² Bandama est l'un des quatre cours d'eau important de la Côte d'Ivoire. il sert de frontière naturelle entre la Région du hambol et celle du Béré.

« Les jeunes d'aujourd'hui sont devenus paresseux. Ils travaillent tous avec du gramoxone³. Ils n'ont pas besoin de défricher les champs avant de faire des semis. Ils ne font même plus de butes. Ils tuent juste les herbes avec le médicament et ils y plantent ce qu'ils veulent planter. Dans ces conditions comment ils peuvent se mettre ensemble pour travailler »

Au final, selon cet enquête, l'utilisation des herbicides chimiques est la cause de déclin de cette forme d'entraide agricole. Ainsi, c'est une innovation agricole qui a eu un impact sur la structuration de la force de travail chez les Fohobélé.

Nouvelles stratégies de mobilisation de la force de travail

La famille traditionnelle disloquée et le nabonron en déclin, la main d'œuvre agricole s'appuie aujourd'hui sur la famille nucléaire, la main d'œuvre contractuelle et l'usage des herbicides chimiques.

Famille nucléaire comme unité de production

La réalisation des travaux de création et d'entretien des vergers d'anacardiens ainsi que les autres travaux champêtres nécessitent de la force humaine comme par le passé. A cause de l'érosion de la main d'œuvre familiale, les paysans Fohobélé recourent à leur propre force de travail, celle de leurs épouses et/ou celle de leurs enfants si ces derniers n'ont pas encore pris leur indépendance. Ils développent de nouvelles stratégies pour s'adapter à la nouvelle réalité sociale. Dans un tel contexte, la contribution des femmes est d'une très grande importance. Elles constituent des bras valides, au même titre que leurs progénitures. Leur présence est utile notamment lors de la collecte des noix de cajou. Ce sont elles qui, en compagnie des enfants, ramassent les pommes de cajou et en détachent les noix. Le manque de force de travail lié à l'éclatement de la famille traditionnelle rend le mariage une stratégie pour les hommes dans la constitution de la main d'œuvre nécessaire à la réalisation du travail agricole. Il faut noter que ce fait social n'est pas nouveau dans la société des Fohobélé. Ce qui l'est moins, c'est la procédure du mariage telle qu'elle se fait actuellement. Celle-ci est plus allégée, plus souple et plus flexible. Il est à noter également que les époux sont de plus en plus jeunes. Voici ce qu'en dit un enquête :

« Au temps de nos parents, la procédure du mariage pouvait prendre beaucoup de temps. Elle s'étendait sur plusieurs années. Aujourd'hui, les anciens du village se sont réunis et ont trouvé un montant. Cette somme d'argent couvre toutes les étapes de la dote. Donc, une fois que cet argent est payé, la femme est mariée. »

³ Gromoxe est un terme employé par les paysans qui ont pratiqué la culture du coton pour désigner les herbicides que les jeunes utilisent dans leurs exploitations. C'est en fait un herbicide chimique non sélectif.

A travers cette interview, on constate que la procédure du mariage traditionnel de ce peuple a été réaménagée. Si toutes les étapes de la cérémonie matrimoniale sont en principe demeurées officiellement inchangées, elles ont en réalité été regroupées. Ce qui rend la tâche plus aisée pour les prétendants au mariage. Certes, les conditions pour contracter une alliance matrimoniale n'ont pas changé mais elles sont devenues plus faciles à remplir. Tous les aspects de la procédure auxquels il fallait faire face en nature ou par la force physique ont fait l'objet d'une évaluation financière. Pour autant, cela n'occulte pas les présents offerts à la belle famille. Une fois ce montant soldé, la dote est considérée comme terminée. Du coup, une femme peut être dotée en une seule journée là où la procédure pouvait durer sur de nombreuses années. Il faut noter que, pendant que la procédure de mariage suit son cours, la jeune femme peut rejoindre son conjoint et vivre avec lui. Il arrive parfois de voir des couples où la femme n'est pas dotée donc non mariés mais qui vivent ensemble dans le même ménage. La dote se payant à leur rythme. Cette forme de ménage est tolérée par la communauté ce qui était inconcevable il y a quelques années. Quels que soient leurs statuts, une fois au foyer conjugal, les épouses aident leurs conjoints dans les plantations en plus de leur rôle traditionnel de gestion du ménage. Leur présence est d'ailleurs très importante. C'est l'une des raisons pour lesquelles les hommes ne permettent pas qu'elles aient leurs propres exploitations. Dans le cas contraire, elles ne consacraient pas beaucoup de temps à celles de leurs conjoints.

Avec l'éclatement de la famille traditionnelle, le rôle des femmes dans les tâches agricoles se trouve renforcé. Malgré cet apport non négligeable des épouses, la force de travail issue de la famille nucléaire s'avère insuffisante. Au regard de l'intensité des travaux à effectuer, l'indépendance précoce des enfants mâles et le mariage des jeunes filles obligent les chefs d'exploitation à recourir à la main d'œuvre rémunérée et à l'usage des produits chimiques.

Main d'œuvre contractuelle

L'usage de la main d'œuvre contractuelle n'est pas inédit dans la région. Lorsque la culture du coton était la culture de rente, les paysans Fohobélé y avaient souvent recours. Cette force de production provenait des pays limitrophes du nord de la Côte d'Ivoire. Elle était utilisée pour la préparation des sols pour la culture c'est-à-dire dans la confection des billons pour les cultures du maïs et du coton ou pour le défrichage de nouvelles terres à mettre en valeur. La nouveauté dans la mobilisation de main d'œuvre agricole dans les plantations d'anacarde est la provenance de cette force de travail, son utilisation ainsi que sa nature. Les exploitants sollicitent les manœuvres pour l'entretien des vergers d'anacardiens et pour la récolte des noix. Ce personnel agricole est composé d'hommes et de femmes. La main d'œuvre contractuelle masculine est composée majoritairement d'étrangers.

Elle assure l'entretien des plantations. Quant à la récolte, c'est-à-dire le ramassage des noix, c'est l'affaire d'une main d'œuvre féminine. Ces femmes sont des autochtones Tagbana. C'est une main d'œuvre temporaire qui disparaît dès les premières pluies. Ces femmes sont des autochtones qui vendent leur force aux producteurs. Cette main d'œuvre féminine est parfois composée des parents du bénéficiaire de la prestation. Dans tous les cas de figure, leurs services ne sont pas gratuits. Elles se font payer à la journée de travail si elles ne souhaitent pas consacrer beaucoup de temps dans l'exploitation. Si c'est un grand producteur avec une grande superficie, le prestataire de service peut y rester longtemps. Quelle que soit leur durée, ces prestations sont rémunérées au prorata de la quantité de noix de cajou ramassée. L'entente est conclue entre l'exploitant et le prestataire avant le début du travail. Cette forme de contractualisation consiste généralement à payer le prestataire au tiers de la récolte ramassée. Un enquêté dit ceci :

« Il y a des gens qui sont rapides dans le travail et d'autres ne le sont pas. Si on veut payer les femmes en fonction de la durée de temps passé dans notre champ, elles vont avoir un bénéfice sur nous. Avec cette façon de les payer, il y a une justice. Deux personnes peuvent faire le même nombre de jours de travail mais ne pas avoir le même rendement. Donc, personne ne peut se plaindre de son salaire. Si tu ramasse beaucoup de noix, tu as beaucoup d'argent. Si tu n'es pas rapide, tu as peu d'argent »

Ces propos montrent que la rémunération des prestations au tiers symbolise une sorte de justice. Elle est avantageuse pour les deux parties contractantes. La noix de cajou a vu donc naître un nouveau type de contractualisation. Le paiement au tiers des ouvriers agricole est une nouvelle forme de contrat de travail agricole qui a fait son apparition chez les Fohobélé. Elle s'exerce pour l'instant au stade de la récolte de la production de l'anacarde. La phase de l'entretien des vergers, lorsqu'elle doit faire l'objet d'appel à une main d'œuvre extra-familiale par les paysans est le fait des manœuvres provenant des pays limitrophes du nord de la Côte d'Ivoire comme c'était déjà le cas dans la culture du coton.

A côté de la main d'œuvre familiale et contractuelle, l'usage des produits chimiques a également fait son apparition. Elle compense l'absence de la main d'œuvre basée sur la force humaine.

Utilisation des produits chimiques

La pénurie de la main d'œuvre humaine est suppléée par l'utilisation des produits chimiques dans l'agriculture. C'est une innovation agricole qui se répand de plus en plus dans les exploitations agricoles. Les agriculteurs d'anacarde y ont recours pour divers usages. L'étude révèle que c'est l'herbicide qui est le plus utilisé dans les plantations d'anacarde. Les agriculteurs l'appliquent essentiellement pour l'entretien des vergers dans le

but de détruire les mauvaises herbes ou pour la conquête de nouveaux espaces de culture. Selon les enquêtés, ces produits sont particulièrement efficaces. Si leurs manipulations ne respectent pas toujours la réglementation, ces intrants chimiques constituent une panacée pour les exploitants agricoles qui souffrent du manque de force de travail. Un enquêté dit ceci:

« L'utilisation des médicaments dans nos champs nous permet de gagner du temps. C'est plus simple parce qu'on n'a pas besoin d'attendre notre tour comme avec le nabonron. Dès qu'on est prêt pour effectuer le travail, on achète le produit et on le pulvérise. C'est très facile. Les manœuvres nous arrangent mais il y a des moments où ils sont beaucoup sollicités. Quand on a besoin d'eux, ils ne sont pas disponibles. En plus, il faut les payer dès que leur travail est fini. Or, avec les médicaments, notre acheteur peut nous donner l'argent et on lui rembourse après la vente de notre production. »

Le recours aux produits chimiques notamment les herbicides revêt des avantages pour les paysans Fohobélé. Le premier atout est relatif au temps. Ils sont pratiques et peu contraignant dans leur utilisation. En fonction de la tâche agricole à réaliser, ils n'ont pas besoin d'attendre de la main d'œuvre humaine qui n'est pas toujours disponible puisqu'elle est saisonnière. Le second avantage est la rémunération des ouvriers. Ces derniers doivent être payés juste après la fin de la tâche qui leur a été confié. Si le planteur n'a pas d'argent, il ne peut pas solliciter leur prestation. Alors qu'avec les produits chimiques, il peut les acquérir à crédit et rembourser au moment de l'écoulement de la production.

Discussion

Ce travail a passé en revue l'impact de la nouvelle économie de plantation sur les formes traditionnelles de formation de la main d'œuvre agricole. De nombreuses recherches ont abordé cette thématique de la transformation de la force de travail. Ainsi, il en ressort que la famille est un l'élément primordial dans l'agriculture comme c'est le cas chez les Fohobélé. Elle subit des mutations permanentes. Certes, ses formes et sa structuration varient selon les lieux, selon le temps et selon le niveau d'évolution de l'agriculture. En effet, la place, le rôle ou le nombre de membre dans la famille évoluent selon le type d'agriculture. A ce propos, Madec estime que si l'idéologie paysanne fait de la famille l'élément central de l'organisation sociale c'est bien la confusion des rôles au sein de la famille qui explique et renforce cette position. De fait, La tendance générale à la spécialisation a, par le biais de la politique agricole, provoqué un démantèlement partiel de ce système de rôle mais la cellule familiale demeure cependant une unité de décision au niveau tant économique que social ou culturel (Madec, 1983). Parlant de la gestion de la force du travail, place de la femme et reproduction

sociale, Guilermou, cité par Gafsi et al, estime que l'activité d'une exploitation agricole devait supposer une coopération étroite entre les membres de la famille. Pour autant, celle-ci est rarement égalitaire. Cela est dû au fait que certains sont liés à une position dépendante au profit d'autres membres qui contrôlent le processus de production (Gafsi et al, 2007). Sur ce sujet, les résultats de l'étude de Venema (1982) prennent à contrepied ceux de Madec. Pour lui, au Sénégal par exemple, l'introduction de la culture de la culture d'arachide et de la culture attelée à Saloum ne semble pas avoir relégué dans la femme Wolof dans le secteur de l'agriculture vivrière. Ainsi, la culture de rente malgré son caractère d'économie monétaire n'a pas impacté la femme wolof qui a plutôt maintenu sa position matérielle indépendante.

Yomb concentre son analyse sur les jeunes. Son étude montre que le développement agricole rural est une opportunité pour les jeunes. Ces dits projets ont permis à ceux-ci de participer au bien être de leur famille car ils prennent en charge certaines poches de dépenses notamment la prise en charge des personnes âgées du ménage (Yomb, 2014).

La présente étude a permis de rendre compte de l'impact de la culture de l'anacarde sur la structuration de la famille des Fohobélé. La famille élargie qui est le fondement de l'organisation sociale de ce peuple s'est nucléarisé. Cela se ressent au niveau des exploitations qui deviennent des petits champs individuel. Ce faisant, les paysans perdent une partie notable de la force de travail. Un rôle plus important est accordé à la femme. Même si elles ne sont pas propriétaires, car généralement exclues des cultures industrielles, elles sont d'une utilité non négligeable dans la constitution de la main d'œuvre.

Quant à l'importance de l'entraide, les travaux de Sabourin (2007) ont montré que malgré que le monde rural est de plus en plus marqué par le libre-échange cette forme de travail se maintient. Pour lui, en effet, l'entraide agricole est une forme de réciprocité positive qui s'applique à la production. C'est pour cela qu'en « en dépit de ses limites et de ses difficultés » » cette forme de travail, au-delà des prestations matérielles, assure la production de valeurs sociales et symboliques (Sabourin, 2007). Boisseau cité par Royer soutient pour sa part que « l'entraide, sous des formes diverses, a permis à des unités plus ou vastes, groupes de parenté, communauté villageoises, « pays », d'assurer leur existence ». Pour lui, c'est un phénomène humain universel, même s'il relève que celle-ci connaît d'importantes variations dans le temps et dans l'espace. Il admet que l'introduction du machinisme dans l'agriculture française a fait disparaître l'entraide dite traditionnelle mais a conduit à la naissance de formes nouvelles d'entraide dans la campagne française notamment le travail en équipe avec des machines, l'échange de moyens de travail, la mise en commun du matériel (Royer 1971).

La présente étude souscrit à cette réalité. Le nabonron jouait également ce rôle symbolique de socialisation. Cette institution sociale était une véritable

école de formation aussi bien de la personnalité des jeunes individus mais également un lieu de concurrence qui favorisait l'intégration sociale des individus. Cependant, contrairement aux conclusions de Sabourin, la culture de l'anacarde en tant que nouvelle économie a contribué à la disparition de cette forme d'organisation destinée à la production agricole chez les Fohobélé. Ouattara a également, dans les travaux de sa thèse, constaté que cette forme de coopération et de mutualisation des forces se relâche. Les paysans ne s'associant plus pour travailler dans les plantations d'anacarde (Ouattara, 2013).

Enfin, parlant des nouvelles stratégies de mobilisation de la force de travail agricole, la profonde mutation de l'agriculture chez les Fohobélé a nécessité une réorganisation en matière de la mobilisation de la force de travail. Le recours à la contractualisation de main d'œuvre s'est affirmé. Hostiou constate, dans son étude sur les nouvelles formes d'organisation de la main d'œuvre dans les fermes d'élevage, une transformation de celle-ci. Cette mutation est la conséquence de la baisse de la population agricole active due au vieillissement de la population. Ainsi, la main d'œuvre agricole est marquée par des changements tels que la diminution des chefs d'exploitation et la main d'œuvre familiale, l'augmentation du recours au salariat saisonnier et permanent et l'augmentation du recours aux entreprises agricoles et aux Coopératives d'Utilisation de Matériels Agricoles (CUMA) (Hostiou, 2016). Elle a relevé par ailleurs que le nombre de femmes était également en baisse. Au regard de ces constats, cette auteure que plus le nombre d'actifs agricoles familiaux diminue plus le recours au travail salarié augmente et de nouvelles formes d'organisation du travail naissent (op cit.). Le constat chez les éleveurs en France est valable pour les agriculteurs d'anacarde chez les Fohobélé. La réduction de la main d'œuvre familiale et la coopération des individus à la production agricole a contribué à donner une place plus grande au salariat.

Une autre stratégie de compensation de la main d'œuvre perdue est l'utilisation massive des intrants chimiques notamment les herbicides. A ce sujet, dans leur étude sur les herbicides, N'guessan et al notent l'importance de l'utilisation de ces produits chimiques dans le canton Zabouo. En effet, le recours à ces substances est la résultante de la pénibilité des travaux manuels. Leur emploi permet un gain de temps de travail aux planteurs et contribue à l'amélioration de la production. Pour autant, l'utilisation tout azimut de ces substances a des conséquences négatives sur la gestion de la jachère et sur la qualité des terres agricoles. Cela est dû au manque de respect des consignes d'utilisation de ces produits (N'guessan et al, 2016). Au nord du Cameroun, les résultats de l'étude de Olina et al (2015) sont presque similaires à ceux de N'guessan et al (2016). Pour ces auteurs, l'utilisation des herbicides améliore les performances techniques d'implantation des cultures en termes de gain de temps. Mais, pour les rendre plus puissants, les paysans de cette région du

Cameroun recourent à des mélanges avec par exemple de l'essence ou avec du sel iodé de cuisine et/ou du sel végétal. En fait, malgré que certains agriculteurs soient conscients des risques encourus, les résultats technico-économiques prennent le pas sur toutes autres considérations (Olina et al, 2015).

Les données de l'étude montrent que les produits herbicides remplacent une perte de main d'œuvre consécutive de la dislocation de la famille traditionnelle et à la destruction du système d'entraide au travail. On pourrait dire que leur utilisation s'est imposée comme la meilleure option. Cependant, elle n'a pas abordé la question de l'impact de ces produits chimiques sur les agriculteurs Fohobélé et sur leur environnement dans la mesure où elle visait à saisir les stratégies nouvelles développées par ces derniers.

Conclusion

Cette étude avait pour but, d'une part, de connaître l'impact de la culture de l'anacarde sur les structures sociales de mobilisation de la main d'œuvre agricole des Fohobélé et d'autre part, de découvrir les nouvelles stratégies de formation de la force de travail. L'étude a montré que la famille ancienne des Fohobélé s'est déstructurée. Le nabonron a également disparu. Ainsi pour combler l'érosion de la force de travail, les paysans Fohobélé ont développé de nouvelles stratégies. La présence et le rôle des femmes dans les plantations ont favorisé l'allègement des conditions de la dote et du mariage traditionnel. La contractualisation de la force de travail a connu une importance et l'usage des herbicides chimiques a fait son apparition. Des écrits sur ces problématiques ont relevé des constats similaires. L'adoption d'une nouvelle culture agricole ou d'une nouvelle technologie peut avoir un impact sur la structure des anciennes formes de formation de la force de travail. La société des Fohobélé n'a pas été en reste. Pour autant, alors qu'on s'attendait à un renforcement du nabonron qui, au-delà de la simple mobilisation de force de travail, était une véritable institution sociale, ce peuple l'a abandonné au profit des produits chimiques. En effet, la nouvelle distribution des agriculteurs en a été un facteur limitant. Si l'usage des herbicides contribue à combler le déficit en main d'œuvre, leur gestion peut avoir une incidence sur le foncier et sur la qualité des terres agricoles et sur l'homme. Il est donc important de savoir si les planteurs ont conscience de cette réalité. Des études futures permettront d'en saisir ses effets sur l'environnement et sur l'Homme.

References:

1. Agnissan, A. A. (1997) : l'introduction de l'élevage bovin chez les tagbana (senoufo du sud) de la cote d'ivoire, Union for African Population Studies, Rapport d'etude / Study Report, Numéro/Number

- 27, 1997, <http://www.bioline.org.br/request?uaps97027> , consulté le 11/02/2021
2. Colin, J. P. (1990) : La mutation d'une économie de plantation en basse Côte d'Ivoire, Nouvelle Edition (en ligne), Marseille, IRD Editions, <http://doi.org/10.4000/irdeditions.14790>
 3. Basset, T. J. (2017) : Le boom de l'anacarde dans le bassin cotonnier du nord de la Côte d'Ivoire, structure de marché et prix à la production in Afrique contemporaine 2017/3-4 (N° 263-264) pp 59-83.
 4. FIRCA (2018): La filière du progrès, magazine d'information du Fonds Interprofessionnels pour la Recherche et du Conseil Agricole, 2ème semestre 2018, Abidjan.
 5. Gafsi, M., Dugué, P., Jamin, J.-Y., Brossier, J. Coord. (2007) : Exploitations agricoles familiales en Afrique de l'Ouest et du Centre : enjeux, caractéristiques et éléments de gestion, éditions Quae ; Versailles.
<https://www.quae.com/produit/795/9782759212439/exploitations-agricoles-familiales-en-afrique-de-l-ouest-et-du-centre>
 6. Hostiou, N. (2016) : Nouvelles organisations de la main-d'œuvre agricole et dans le travail des éleveurs, 2016/3 N° 231, pp 249 à 254, <https://www Cairn.info/revue-pour2016-3page-249.htm>
 7. Koffi, Y. S. et Oura K. R. (2019) : Les facteurs de l'adoption de l'anacarde dans le bastion cotonnier de la Côte d'Ivoire, Cah. Agri. 2019, 28, 24, www.cahiersagricultures.fr
 8. Madec, A. (1983): Evolution des structures familiales en agriculture, in Economie rurale, n°155, pp 20-22, https://www.persee.fr/docAsPDF/ecoru_0013-0559_1983_num_155_1_2960.pdf , consulté le 12/04/2021
 9. N'guessan, B. R., Amani, Y. C. et Touré, A. (2016) : Exploitation agricole à l'ère des herbicides dans le canton Zaboup (Issia) : vers une agriculture durable ? 164149-Article%20Text-424251-1-10-20171220.pdf
 10. Olina, B. J.-P., Dugué, P., Granier A. M., et Vunyunhah, M. (2015) : Pratiques agricoles et perception paysannes de l'usage des herbicides dans les champs familiaux au nord-Cameroun, International Journal of Advanced Studies and Research in Africa, n°6 (1 et 2) pp 94-107.
 11. Ouattara, E. (2016) : Eglise catholique et culture tagbana (1908-1977), thèse de Doctorat unique, option Histoire contemporaine, UFR Sciences de l'Homme et de la Société, Université Felix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.
 12. Ouattara, N. (2013) : Acteurs et dynamique de la filière anacarde dans le développement économique et social du département de Katiola,

Thèse de Doctorat Unique n°00513, Institut d’Ethno-Sociologie, UFR Sciences de l’Homme et de la Société, Université Felix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d’Ivoire.

13. Ouattara, N. P. K. (2021) : De bassin cotonnier à bassin anacardier : facteurs explicatifs de l’expansion de la culture de l’anacarde à Fronan en Côte d’Ivoire, *The International Journal of Social Sciences of Humanities Invention* 8(4), pp 6441-6451, DOI:10.18535/ijsshi/v8i04.04.
14. Ouattara, T. F. (1999) : Histoire des fohobélé de Côte d’Ivoire, une population sénoufo inconnue, Editions Karthala, Paris.
15. Royer, C. (1971) : Pierre BOISSEAU, les agriculteurs et l’entraide, in *Etudes Rurales*, n°43-44, pp. 244-245.
16. Sabourin, E. (2007) : L’entraide rurale, entre échange et réciprocité, *Revue Mauss*, 2007/2 n°30, pp 198-207
17. Sabourin, E. P. (2011) : L’entraide agricole, structuration et évolutions, <https://mission.wizi.farm/blog/les-differentes-formes-de-travail-en-agriculture>, consulté le 08/02/2021
18. Venema, B. (1982) : Les conséquences de l’introduction d’une culture de rente et d’une culture attelée sur la position de la femme Wolof à Saloum *Revue Tiers Monde* Année 1982 91 pp. 603-616, https://www.persee.fr/doc/tiers_0040-7356_1982_num_23_91_4147
19. Yéo, V (2017): Systèmes traditionnels de production agricole des senoufo de Côte d’Ivoire à l’époque précoloniale, *Revue Ivoirienne d’Histoire*, 30 : 7-18. http://www.revues-ufhb-ci.org/fichiers/FICHIR_ARTICLE_2433.pdf, consulté le 20/03/2021
20. Yomb, Y. (2014) : Développement agricole rural ou opportunité de rente financière des jeunes dans les stratégies de lutte contre l’endettement, dans *Pensée plurielle* 2014/3 (n°37), pages 111 à 123, <https://www.cairn.info/revue-pensee-plurielle-2014-3-page-111.htm>, consulté le 12/04/2021.

Productividad D E Lechuga (Lactuca Sativ A L .) En Acuaponía E Hidroponía

Bautista Olivas Ana Laura Dra.

Fernandez David Rene M.C.

Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganaderia
Hermosillo, Sonora, México

Alvarez Chavez Clara Rosalia Dra.

Mexia Sanchez Angel Carlos Q.A.

Univesidad de Sonora, Departamento de Ciencias Químico Biológicas
Hermosillo, Sonora, Mexico

Mendoza Cariño Mayra Dra.

Universidad Autónoma de Mexico Facultad Estudios Superiores, Zaragoza
Ciudad de Mexico

Garcia Cabello Karla M.C.

Hort Américas Mexico, Hermosillo, Sonora, Mexico

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p283](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p283)

Submitted: 09 January 2021

Accepted: 27 May 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Bautista Olivas A.L., Fernandez D.R., Alvarez Chavez C.R., Mexia Sanchez A.C., Mendoza Cariño M. & Garcia Cabello K. (2021). *Productividad D E Lechuga (Lactuca Sativ A L .) En Acuaponía E Hidroponía*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 283.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p283>

Resumen

El cambio de uso del suelo con fines agrícolas bajo esquemas de manejo agrícola y uso del agua poco eficientes, originan suelos infértiles. Para el cultivo de hortalizas se estudian técnicas que produzcan altos rendimientos con los menores costos económicos y ambientales. Los objetivos del estudio fueron estimar y comparar el rendimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) en los sistemas productivos acuapónico (SA) e hidropónico (SH). La metodología comprendió dos etapas: el establecimiento de los sistemas productivos tipo Nutrition Film Technique (NFT) y el monitoreo del desarrollo del cultivo en ambos sistemas. Las bases de datos y el tratamiento estadístico se realizaron en el programa Excel de Windows Versión 10. La prueba t de student con un

nivel de significancia de 0.05 indicó el peso promedio de las lechugas: 0.056 kg (\pm 0.005 kg) en el SA, y 0.097 kg (\pm 0.007 kg) en el SH. El SH generó mayor rendimiento (1.847 kg/m²) que el SA (1.080 kg/m²); lo que se atribuyó a que el SH contó con los nutrientes necesarios desde el inicio del cultivo, por la aplicación de fertilizante. La temperatura alta influyó en el comportamiento de los peces del SA, ya que provocaron menor consumo alimenticio y de aporte de desechos orgánicos al agua que, promovieron una baja cantidad de nutrientes y afectaron la producción y el rendimiento del cultivo. Se recomiendan la generación de conocimiento para complementar los resultados obtenidos, como el gasto hídrico y su comparación con los sistemas de cultivo de lechuga tradicionales.

Palabras-clave: Acuicultura, Agricultura Integral, Producción Limpia, Recirculación De Agua

Lettuce Productivity (*Lactuca Sativa L.*) In Aquaponics And Hydroponics

Bautista Olivas Ana Laura Dra.

Fernandez David Rene M.C.

Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganaderia
Hermosillo, Sonora, México

Alvarez Chavez Clara Rosalia Dra.

Mexia Sanchez Angel Carlos Q.A.

Univesidad de Sonora, Departamento de Ciencias Químico Biológicas
Hermosillo, Sonora, Mexico

Mendoza Cariño Mayra Dra.

Universidad Autónoma de Mexico Facultad Estudios Superiores, Zaragoza
Ciudad de Mexico

Garcia Cabello Karla M.C.

Hort Américas Mexico, Hermosillo, Sonora, Mexico

Abstract

Land use change for agriculture under poor farm management and inefficient water use, produces infertile soils. For green vegetable farming, there are some techniques for the achievement of high crop yields with the lowest economic and environmental costs. The study objectives were to estimate and compare lettuce yields (*Lactuca sativa L.*) in aquaponic (SA) and hydroponic (SH) production systems. Methodology encompassed two stages: the establishing of a Nutrition Film Technique (NFT) productive system and the monitoring of the crop growing in both systems. Database integration and statistical analyses were performed using Windows Excel version 10. Average

lettuce weight using t-test (significance level of 0.05) were 0.056 kg (\pm 0.005 kg) in SA, y 0.097 kg (\pm 0.007 kg) in SH. SH reached higher yields (1.847 kg/m²) than SA (1.080 kg/m²); likely due to the fact that SH had all needed nutrients since the beginning of the crop, by applying fertilizer. High temperature influenced fish behavior in SA, observing lower food consumption and organic waste supply to the water, releasing low nutrient load that affected crop production and yield. More studies are recommended in order to deepen the outcomes, such as those including water flow and the comparison with conventional lettuce crop systems.

Keywords: Aquaculture, Integrated Agriculture, Cleaner Production, Circulating Water Systems

Introducción

En los últimos años se ha incrementado la cantidad de suelos deteriorados, mismos que bajo esquemas de manejo agrícola y uso del agua poco eficientes, se tornan infértiles (Wang et al., 2016), menos productivos (Ávila, 2002) y, en consecuencia, son abandonados por falta de rentabilidad (Baumann et al., 2011). La escasez de suelos de óptima calidad, constituye un problema grave que persiste a escala mundial (Acosta & Naranjo, 2011).

El cambio de uso del suelo con fines agrícolas vinculados a sistemas de producción tradicionales, genera diversos impactos negativos como la pérdida de agua a través del escurrimiento superficial, de la evapotranspiración y por el consumo por las malezas (Escobar et al., 2018); y sequía y salinidad, que son factores que limitan la capacidad productiva de plantas en el suelo (de Santana et al., 2015). Aunado a lo anterior, se encuentran las afectaciones a los ecosistemas, a la biodiversidad y al bienestar humano (Foley et al. 2005).

Ante la necesidad de aumentar la producción de alimentos, en un contexto de sostenibilidad ecológica y social, se requieren modelos agrícolas que cumplan satisfactoriamente las expectativas de producir altos rendimientos con los menores costos económico (Noruega, 2018) y ambiental, satisfacer las demandas básicas de alimentos, y mejorar la calidad de vida de los productores (Aguilar et al., 2018) y de la sociedad en general. Para cultivar hortalizas se han desarrollado técnicas diferentes a las convencionales, como la acuaponía y la hidroponía que se consideran como las alternativas más sustentables para su producción (Wilson, 2018).

Sistemas acuapónicos

La acuaponía es la combinación de un sistema de acuicultura recirculante con la hidroponía (Rakocy, 2006): la acuicultura refiere al cultivo de animales acuáticos como peces (la Tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus* L. es la especie de mayor uso), moluscos, crustáceos y plantas

acuáticas en ambientes controlados; la hidroponía es el cultivo de plantas, cuyas raíces se desarrollan en soluciones de nutrientes (Malcolm, 2005).

Sin embargo, uno de los principales problemas que presentan los sistemas cerrados de recirculación de agua en la acuicultura, es la eliminación constante de los metabolitos tóxicos como el amoníaco (NH_3) y el nitrito (NO_2^-). Los peces excretan nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) a través de sus branquias y la orina (Lagler et al., 1984), aunque el compuesto también se produce por la descomposición microbiana de las excretas y del alimento no consumido. El alimento balanceado que es aportado a los peces, constituye hasta 88 % del nitrógeno en un sistema de cultivo. Según Gross et al. (2000), existen mecanismos que eliminan el nitrógeno en un estanque: la cosecha de los peces (representa 31.5 %), el proceso desnitrificante (17.4 %), la volatilización del amoníaco (NH_3 ; 12.5 %) y la sedimentación (2.6 %).

Así, la acuaponía refiere a un sistema productivo en el que los desechos orgánicos que se producen por los organismos acuáticos, se convierten en nitratos mediante la acción bacteriana. Mismos que actúan como fuente de alimento para las plantas. Éstas a su vez, se desempeñan como filtro biológico, ya que limpian el agua de los peces al extraer los nitratos (Parker, 2002).

El sistema acuapónico (SA) se compone por: i) un tanque para peces u otros organismos acuáticos, como el camarón (*Cherax quadricarinatus* Von Martens. (Diver, 2006); ii) clarificador o filtro de sólidos; iii) biofiltro, iv) cama de crecimiento para plantas; v) sistema de bombeo de agua y; vi) sistema de aireación (Lennard & Leonard, 2005). Dichos elementos se interconectan, y permiten que el agua enriquecida con nutrientes pase del tanque de peces al clarificador (donde se elimina la mayor parte de partículas disueltas), del que se dispone el agua de riego para las plantas (Ramírez, 2009).

Los SA presentan ventajas sobre los sistemas convencionales de producción agrícola: menores costos económicos derivados del transporte del agua y de su reciclaje al encontrarse en un sistema cerrado, así como la disminución de agroquímicos y fertilizantes. Aunado a ello, menores costos ambientales ya que se reutiliza el agua de los contenedores de los peces. La cual, contiene una carga elevada de nitrógeno disuelto, que actúa como contaminante (Caló, 2011).

Es decir, las bacterias nitrificantes convierten el amoníaco a nitrito en los SA y después en nitrato. En dicho proceso, las bacterias desarrollan dos funciones: degradan los compuestos nitrogenados que se presentan en forma tóxica para los peces (amonio (NH_3) y nitritos (NO_2^-); y proveen nutrientes a las plantas en forma de nitrato (NO_3^-). (Martínez, 2013).

De esta manera, la acuicultura se ha convertido en los últimos años en una de las actividades con mayor potencial productivo en México:

proporciona beneficios económicos y sociales, reflejados en el valor nutricional del producto y en su accesibilidad por el bajo gasto monetario que exige (Vilches et al., 2014); por lo que también se le considera como una fuente de salud y de riqueza. La acuicultura es el “cultivo” de organismos acuáticos de manera programada, cuya práctica disminuye la presión de pesca en los mares y en los ríos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2014).

Entre otros beneficios de los SA, se encuentra la producción de vegetales con un valor agregado, ya que éstos se consideran como productos orgánicos (Diver, 2006). Así se genera una productividad sostenible de peces y de hortalizas sin hacer uso de tierra, con bajo costo económico y mejor remuneración, que atiende dos de los principales problemas a nivel mundial: la falta de agua y de alimentos, derivada por el uso incorrecto del agua dulce en la agricultura (Cutíño, Imeroni & Sonzano, 2018).

La acuaponía representa un sistema de producción en el que se obtiene alimento con menos recursos y mayor aprovechamiento de los mismos, lo que contribuye al desarrollo de la agricultura sostenible (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019). La cual, constituye un elemento importante en la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (objetivos dos, seis, siete, nueve, 12, 14 y 15) (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2018).

De manera particular, el objetivo 7b de la Agenda hace referencia a las soluciones viables para que, aquellos países sin litoral, dispongan de una actividad económica sostenible y respetuosa con el medio ambiente (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2018). Lo anterior permite la oportunidad a las actividades acuapónicas, como una opción para mitigar la pobreza en áreas rurales (García, 2010), como una alternativa viable en la producción de alimentos, y como un mecanismo posible entre el punto de equilibrio del desarrollo sustentable y su mantenimiento en el transcurso de su evolución.

Sin embargo, los SA presentan algunas limitaciones como la dependencia a la electricidad para el funcionamiento de las bombas de agua y de aireación. Debido a la complejidad ecológica que estos sistemas implican, cualquier falla en su ejercicio los coloca en riesgo; por ejemplo, la cantidad adecuada de peces, microorganismos y plantas (Medina & Arijo, 2019). Si la cantidad de peces aumenta considerablemente, la actividad de las plantas para reducir los niveles de amonio y nitritos se torna insuficiente y los peces mueren; por el contrario, si los peces son escasos, se generan pocos nutrientes para las plantas (Pavlis, 2018).

Como el efluente de la acuicultura contiene nitrógeno y fósforo en abundancia, pero otros nutrientes vegetales importantes como el potasio y el hierro quelado se encuentran en baja cantidad (Rakocy et al., 2004), el perfil

de nutrientes de dicho efluente se ajusta según los requerimientos nutricionales de las plantas (Rakocy, 1989).

Por todo lo anterior, los SA requieren de una elevada inversión económica, insumos de energía moderados, y el trabajo de personal calificado para atender los problemas derivados del proceso de producción (Bakiu & Shehu, 2014).

Sistemas hidropónicos

La hidroponía se deriva del griego “hydro” agua; y “ponos” labor, lo que se interpreta como “trabajo en agua” (González, 2006). En los sistemas hidropónicos (SH) es necesario proporcionar a la planta, los elementos esenciales para su desarrollo. Los que, de manera natural, la planta obtendría del suelo (Viveros et al., 2018). En los SH se provén los nutrientes directamente al agua, a través de un sistema de tuberías que se construye con materiales resistentes como el policloruro de vinilo (PVC); lo que permite el crecimiento de las plantas, en ausencia de un sustrato de tierra (Ross, 2016).

Steiner (1961), establece que los SH se fundamentan en las interacciones químicas de diferentes iones (aniones y cationes), cuya formulación excluye al ion amonio; mismo que proporciona nitrógeno fácilmente asimilable a las plantas en crecimiento. El conocimiento sobre el contenido óptimo del ion amonio para el desarrollo de las plantas, podría incrementar el rendimiento del cultivo y evitar el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados (Smill, 1997).

Entre las ventajas de los SH, se encuentran el mayor aprovechamiento del agua debido a su recirculación a través del sistema, lo que reduce su uso hasta en 95 % en correspondencia con aquellos cultivos que crecen en campo; por lo que los productores agrícolas pueden establecer unidades hidropónicas de alto rendimiento, cerca de los centros poblacionales en regiones de climas adversos, donde se reduce el tiempo de tránsito y la pérdida de nutrientes durante el envío (Gilmour et al., 2019).

Producción de lechuga y tilapia en México

Las hortalizas tienen relevancia en la economía agrícola de México, debido a su aporte en la generación de divisas y de empleo en el campo (Gutiérrez et al., 2014). A escala mundial, México es el noveno productor de hortalizas con una producción de 14.1 millones de toneladas por año (SIAP, 2016). En 2019, el país ocupó el noveno lugar como productor de lechuga; julio y agosto fueron los meses de mayor disponibilidad (SADER, 2019), lo que generó importantes ingresos económicos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2008). Particularmente en el estado de Sonora, la lechuga es uno de los principales productos agrícolas de exportación; en 2017 se exportaron 10,241 toneladas (SAGARHPA, 2018).

En lo que refiere a la producción acuícola, México se sitúa en quinta posición entre las especies de valor pesquero; en la tercera, por el valor de su producción (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2018). En este sentido, el estado de Sonora es una de las entidades con mayor éxito en la acuicultura: en 2016 encabezó el volumen de producción a escala nacional con 439,000 toneladas de producto (Gobierno Estatal de Sonora, 2017). En tanto que su productividad anual promedio durante el periodo 2004-2013, fue de 56,033.7 toneladas (SAGARPA, 2015).

Con base en informes del Gobierno del estado de Sonora (Gobierno Estatal de Sonora, 2017), 90 % del stock pesquero está al máximo del rendimiento sostenible o está sobreexplotado, por lo que se requiere implementar acciones que fortalezcan la acuicultura: se busca impulsar el empleo de especies como la tilapia y el bagre, además de estandarizar tecnologías para la producción acuícola de esas especies en mar y en cultivo (Gobierno Estatal de Sonora, 2017).

Debido a que los impactos ambientales generados por los residuos acuícolas son graves, aunado a la persistencia en la búsqueda de una fórmula de alimentos para peces que permita mayores rendimientos (Cho & Bureau 2001), la producción acuapónica ofrece soluciones factibles ante un escenario de carencia de agua (Fimbres, 2007), de mitigación de daños ambientales, y con la posibilidad de generar beneficios económicos.

Al respecto, la Universidad Estatal de Sonora realizó estudios financieros, cuyos resultados indican la viabilidad del proceso acuapónico, ya que la inversión económica inicial es baja, con periodos cortos de recuperación (Figuroa, 2007). Otros estudios de la misma Universidad, validan la producción de pepino y de tilapia en SA (Estrada et al., 2018); mientras que recientes investigaciones analizan el efecto de la salinidad en el rendimiento del camarón marino *Litopenaeus vannamei* B. y de la planta halófila *Sarcocornia ambigua* Michx. en un SA con biofloc (Pinheiro et al. 2020).

Según Urbalejo (2006), el mercado internacional registra demanda alta de la producción de tilapias, pero la cobertura es baja e insatisfecha, como en el caso de los Estados Unidos de América; lo que constituye un área de oportunidad para el mercado nacional. Por lo que el objetivo del estudio, fue estimar y comparar el rendimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo los sistemas productivos acuapónico e hidropónico.

Materiales y métodos

Área de estudio

La investigación se realizó en el vivero del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, en Hermosillo, Sonora;

en las coordenadas geográficas de 29° 00' 47" latitud norte, 111° 08' 13" longitud oeste a una altitud 151 m. La temperatura media anual de la región es de 25 °C con una precipitación anual de 246.4 mm, con un clima BW(h') hw (x') (e') según García (2004).

Para determinar la calidad de agua del sitio de estudio se utilizaron los siguientes métodos que se observan en el Cuadro 1.

Determinación	Método	Referencia
pH	Potenciometro con potenciómetro marca Berman, Modelo Hoffman Pinther Boswork	APHA, 1995
Conductividad Eléctrica	Conductimetria, mediante conductímetro con puente de Wheastone con celda de vidrio	Richards, 1990
Sodio y potasio	Flamometria, mediante Flamómetro II,	APHA, 1995 3500 Na y K, y D
Calcio y Magnesio	Volumétrico	APHA, 1995 3500 Ca, D
Carbonatos	Volumétrico	APHA, 1995 2320 B
Bicarbonatos	Volumétrico	APHA, 1995 2320 B
Cloruros	Titulación con Nitrato de plata y Cromato de Potasio	APHA, 1995 4500-C-1B
Sulfatos	Turbimetría, mediante el Espectrofotómetro modelo Perkin Elmer 35	APHA, 1995 4500-SO 4E

El estudio comprendió dos etapas. La primera de ellas fue el establecimiento de los sistemas productivos tipo “Nutrition Film Technique” (NFT); la segunda, fue la comparación del rendimiento de los cultivos acuapónico e hidropónico.

Primera etapa: establecimiento de los sistemas productivos tipo “Nutrition Film Technique”

Para la instalación de los sistemas se hicieron dos excavaciones en el suelo, dentro de la casa sombra; tuvieron como medidas 70 cm de diámetro y 80 cm de profundidad. En ellos, se enterraron los tinacos de 250 litros que, a su vez, se conectaron al SA y al SH. En ambos casos, se cubrió el suelo de los alrededores, con grava blanca para reflejar los rayos solares y evitar la absorción de calor (Figura 1a).



Figura 1. contenedor enterrado(a), cama de siembra de PVC sistema hidropónico (b), cortes de poliducto corrugado para biofiltro de sistema acuapónico (c), montaje de los sistemas acuapónico (izquierda) e hidropónico (derecha) (d)

En el SA se montó un biofiltro como punto intermedio entre el tanque y la cama de siembra, que tuvo la función de albergar la microbiota (Figura 1b). En su interior, se colocó un metro de poliducto corrugado cortado en trozos, que actuó como adherente de microorganismos (Figura 1b). El suministro de energía eléctrica para los sistemas se efectuó a través de una bomba, marca Airon® de 800 litros por hora de capacidad; misma que permitió la recirculación de agua en la totalidad del SA y del SH.

Luego, se dejó recircular el agua a través del sistema por un mes, a una temperatura de 25 °C y un pH de 8. Para conectar el tanque, el biofiltro y la cama de siembra se emplearon conexiones de PVC de ½ pulgada (Figura 2d).

Para establecer la relación entre las lecturas de los compuestos nitrificantes con el crecimiento de los microorganismos, se utilizó un kit *API master kit test* para peceras de agua dulce. Con el cual, se midieron las concentraciones de amoníaco, los nitritos y nitratos en ppm (mg/l). Las muestras (5 ml) se tomaron por triplicado durante cinco semanas (21 de febrero – 26 de marzo), del efluente del tubo de PVC de 2”, mismo que retornó al tinaco. Es decir, a partir del inicio del desarrollo del biofiltro.

Etapa 2. Comparación del rendimiento de los cultivos acuapónico e hidropónico

Esta consistió en una prueba preliminar con albahaca del sistema acuapónico: durante el periodo de pre-siembra de la lechuga en el SA, se realizaron pruebas simples de siembra con base en esquejes de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). Lo anterior, con la finalidad de supervisar que estuvieran disponibles en el sistema, los nutrientes necesarios para el cultivo de lechuga, cuando ésta se estableciera. Durante 21 días se examinaron la

turgencia, el color, tamaño y forma de las hojas de albahaca, que es el tiempo promedio en el que la planta se caracteriza por un mayor crecimiento en sus variables altura, número de hojas, peso fresco y área foliar (Colorado, Montañez, Bolaños & Rey, 2013).

La siembra de la semilla de la lechuga (Figuras 2a y 2b) se realizó en un cuarto de producción de semillas, donde la germinación ocurrió en condiciones ambientales controladas: temperatura de 25 °C, bajo lámparas de iluminación hortícola de color azul y rojo de la marca *Arize™ life* de potencia 33.5 (w) y longitud 4 (ft) (Figura 2c). Dichas condiciones se mantuvieron en el cuarto de producción de semillas durante cuatro semanas, tiempo en el que se requirió de 2.47 litros de agua mientras las semillas se desarrollaron en sustrato de lana de roca que fue colocada en una charola de germinación extra rígida plana marca GLL modelo CH00 de 55 cm de largo y 28 cm de ancho. Luego, las plántulas se trasladaron a los SA y SH.

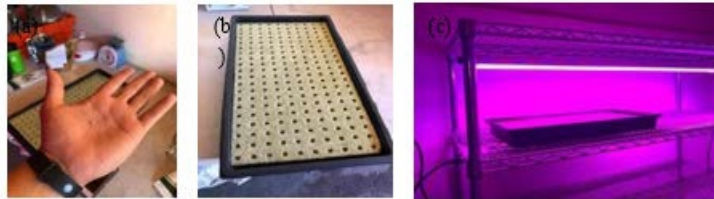


Figura 2. semilla de lechuga (a), charola de siembra (b), cuarto de producción (c)

El SA se integró por plantas de lechuga, tilapias y un biofiltro; mismo que se constituyó por medio de un cultivo de microorganismos nitrificantes. Los peces utilizados fueron tres Tilapias del Nilo (*Oreochromis niloticus* L.), con un peso inicial de 500 gramos cada una, mismas que se alimentaron con croquetas comerciales para pez; se mantuvo la recirculación del agua en forma continua para obtener un microambiente favorable para todos los organismos durante un mes. El SH incluyó plantas de lechuga con recirculación de agua en forma continua para obtener un ambiente con condiciones ideales para el cultivo; se aplicó fertilizante y ácido nítrico para controlar el pH.

A partir del trasplante de las plántulas (cuatro semanas después de la siembra), el cultivo de lechuga se desarrolló durante 36 días (26 de junio a 31 de julio). Durante ese periodo, se midieron diariamente los compuestos nitrogenados en el SA (amoníaco, nitritos y nitratos); la conductividad eléctrica, el pH y la temperatura del agua, en ambos sistemas con 100 ml de muestra por medio del instrumento *pH pen* de la marca *bluelab*, *Bluelab* (2020), una vez leída la muestra se regresó el líquido al tanque para evitar modificar el volumen. Para estimar la productividad de la lechuga, se estimaron las variables: peso de la planta y rendimiento del cultivo. El cual, se expresó en función del peso promedio de plantas (kg) seleccionadas al azar (Ríos et al., 2017).

Tratamiento estadístico de los datos

Los datos del peso de las lechugas cosechada en los SA y SH, se integraron en una base de datos en el programa Excel de Windows Versión 10. El valor promedio del peso de las lechugas en cada sistema, se determinó con la prueba *t* de student; se consideró un nivel de significancia de 5 %. En tanto que el rendimiento, se estimó mediante la cantidad de biomasa de lechuga generada, por m².

Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se observan los resultados del analisis del agua, que en general se consideran adecuada para los sistemas hidroponicos y acuaponicos.

Conductividad eléctrica	Ras	Solidos disueltos	pH	SO ₄	Cl-1	CO ₃ HCO ₃ Ca	Mg K	Na
S/m						mg/L		
0.638	1.74	408.9	6.94	0.59	2	0 3.8 3.12	0.79 0.05	2.43

Cuadro 2. Analisis de agua de pozo del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora

Compuestos nitrogenados en el sistema acuapónico

La concentración de compuestos nitrogenados en el tanque del SA (previo al desarrollo del cultivo de lechuga), relaciona su contenido con el crecimiento y la actividad microbiana en el biofiltro. A partir de la tercera semana en la que se registró cinco ppm de nitratos, se notó un incremento que alcanzó un nivel máximo de 80 ppm. El cual, se consideró como aceptable para promover el desarrollo del cultivo (Figura 3). Lo anterior, con base en lo señalado por Ako y Baker (2004) quienes mencionan que los valores de la concentración de compuestos nitrogenados, son indicadores de su disponibilidad para las plantas; cuyo valor superior a 40 ppm, indica una reserva suficiente de macro y de micronutrientes (excepto el hierro). Cabe mencionar, que el amoniaco y el nitrito se mantuvieron durante todo el periodo de incubación en cuatro y cinco ppm, respectivamente.

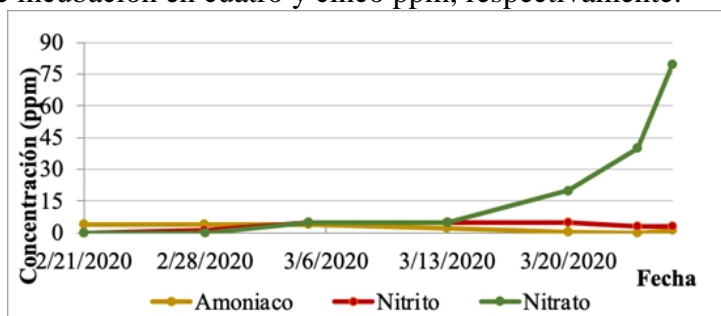


Figura 3. Concentraciones de compuestos nitrogenados en el tanque del sistema acuapónico (previo al desarrollo del cultivo)

Las pruebas realizadas en el periodo de pre-siembra con esquejes de albahaca, confirmaron la teoría referente a que los microorganismos ya habían convertido el amoníaco a nitritos, y sobre la disponibilidad de nutrientes en el SA. Lo anterior, se observó porque las plantas de albahaca cosechadas presentaron raíz blanca, firme y sin mucosidad; color verde uniforme en todas las hojas que denotaron la sanidad de las plantas (Figura 4a). Eso indicó que las condiciones en el sistema eran las adecuadas para la siembra de las plántulas de la lechuga, ya que ambas plantas son hortalizas de hoja. Las plántulas (Figura 5b) se trasplantaron en la quinta semana de iniciada la germinación.



Figura 4. plantas de albahaca obtenidas en la prueba preliminar del sistema acuapónico (a), plántulas de lechuga (b)

Monitoreo de parámetros fisicoquímicos del agua en los sistemas acuapónico e hidropónico

Durante el desarrollo del cultivo de la lechuga (36 días), se tomaron mediciones diarias de compuestos nitrogenados en el SA; la conductividad eléctrica, el pH y la temperatura del agua, en ambos sistemas.

En el SA, el amoníaco alcanzó su máximo valor (2 ppm) en el sexto día, mismo descendió en el siguiente día a 1 ppm y fluctuó entre uno y 0.25 ppm hasta el día 19; a partir del cual, se mantuvo dicho valor hasta el día 36. El descenso en el contenido de amoníaco en el sistema a través del tiempo, se atribuyó a la volatilización del compuesto. La concentración de nitritos inicial fue de cero ppm, alcanzó un valor de 0.25 ppm en el intervalo de 4-13 días; luego, disminuyó hasta cero ppm y se conservó para el día 36. Los nitratos se registraron diariamente y en todo el periodo, con 80 ppm.

Al respecto, Ingle de la Mora et al. (2003) mencionan que se desconoce la razón por la que diferentes especies de peces, muestran sensibilidad diferente a la presencia de amoníaco: la Tilapia del Nilo tolera niveles altos (1.1 a 4.1 mg/l de N-NH₃; 1.1 a 4.1 en ppm como unidad equivalente) por periodos de tiempo prolongados (hasta 96 horas), con una mortalidad de 50 %. Sin embargo, la sensibilidad de esa especie varía según el tamaño de los peces y con la temperatura del agua (Abdalla et al., 1996).

Cabe recordar, que el amoníaco del SA del presente estudio se mantuvo en cuatro ppm, lo que sitúa a dicho valor dentro de los límites de tolerancia de la especie, según Ingle de la Mora et al. (2003).

El SA y el SH suministraron cada uno, 275 litros de agua para el desarrollo de sus respectivos cultivos. La conductividad eléctrica en el SA se mantuvo en 0.7 S/m. En el SH inició con el valor 0.5 S/m, se incrementó a partir del tercer día hasta alcanzar un máximo de 3 S/m en el día 17; luego, ese valor descendió para mantenerse entre 2.1 y 2.6 S/m (Figura 6).

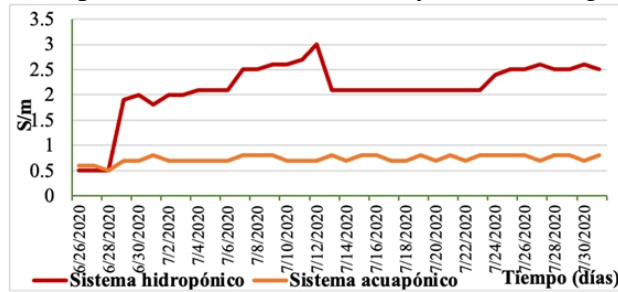


Figura 6. Conductividad eléctrica del agua en los sistemas acuapónico e hidropónico

El pH en el SA fue tendiente a básico ya que, a partir del décimo día se mantuvo cercano a ocho. El SH inició con un pH =8, en el transcurso del experimento disminuyó y se tornó ácido: el día 21 alcanzó el menor valor (5.5); luego, se mantuvo próximo a seis (Figura 7).

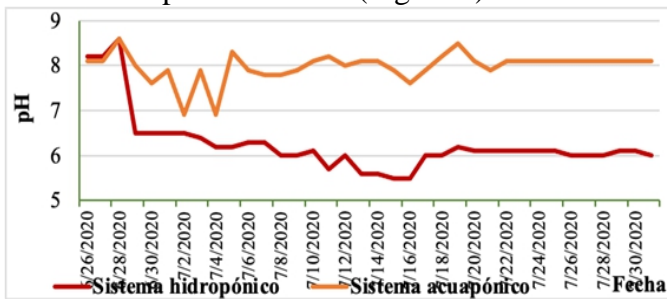


Figura 7. pH del agua en los sistemas acuapónico e hidropónico

Estudios similares en SA indican que el agua utilizada presenta un pH alcalino (> 8.0), alcalinidad total de 300 mg/l, 1.5 g/l de ion sodio y 300 mg/l de cloruros (Arredondo et al., 1996). Los iones sodio (Na^+) y cloro (Cl^-), manifiestan un efecto antagónico contra el amoníaco: son menos tóxicos para los peces en cultivo, lo que favorece la calidad del agua y evita efectos fisiológicos adversos (Ingle de la Mora et al., 2003).

En el presente estudio, la temperatura del agua fue similar en ambos sistemas: el intervalo de estableció entre 25 y 37 °C; con una temperatura promedio de 30 °C (Figura 8). Aunque Ingle de la Mora et al. (2003), mencionan que la Tilapia del Nilo requiere de temperaturas superiores a 23 °C para alcanzar una tasa de crecimiento óptima, en este experimento se notó

cambios en el comportamiento de los peces: en temperaturas altas, los peces se rivalizaron y experimentaron cambios de color en la piel; mientras que en temperaturas menos cálidas, permanecieron en forma pacífica.

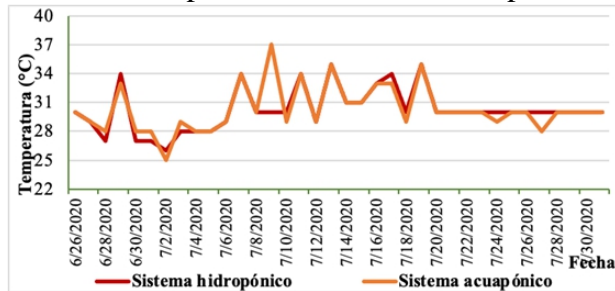


Figura 8. Temperatura del agua en los sistemas acuapónico e hidropónico

Las plántulas crecieron adecuadamente en ambos sistemas, como se observa en las figuras 8a- 8d.



Figura 9a, desarrollo del cultivo de lechuga en el sistema acuapónico; 9b, 9c y 9d, en el sistema hidropónico.

Rendimiento de la lechuga en los sistemas acuapónico e hidropónico

Con un nivel de significancia de 0.05, la prueba *t de student* indicó el peso promedio de las lechugas equivalente a 0.056 kg (\pm 0.005 kg) en el SA, y 0.097 kg (\pm 0.007 kg) en el SH.

El cultivo de lechuga en el SH tuvo mayor rendimiento (1.847 kg/m²) en comparación con el SA (1.080 kg/m²), lo que se atribuyó a que el SH contó con los nutrientes necesarios desde el inicio del cultivo, debido al empleo de fertilizante. También se estimó, que el calor influyó en el comportamiento de los peces en el SA. Es decir, las temperaturas altas provocaron el menor consumo de alimento de los peces y, en consecuencia, en el aporte de desechos orgánicos al agua. La cual, al tener menor cantidad de nutrientes, afectó la productividad y el rendimiento del cultivo de lechuga.

Existen pocos estudios que relacionen directamente un sistema de tipo NFT acuapónico con otro hidropónico y que, a su vez, midan parámetros de producción y rendimientos en lechugas entre dichos sistemas (Lennard & Ward, 2019). Sin embargo, Monsees et al. (2019) observaron que el peso fresco de la lechuga entre el SA y un control hidropónico convencional,

generó un número diferente de hojas y de área foliar en las cabezas: una diferencia 32 % menor en la producción del control hidropónico, con respecto al acuapónico. Los autores atribuyeron el rendimiento menor de la planta a las altas temperaturas, ya que realizaron el experimento en junio, cuando la temperatura ambiental promedio fue de 29 °C.

Según Hernández y Hernández (2005), la temperatura óptima para el desarrollo de la lechuga es de 18-23 °C durante el día y 7-15 °C durante la noche. En el presente estudio, el cultivo de lechuga y los peces se desarrollaron bajo las condiciones climáticas de la región (temperatura ambiental de 30-37 °C). Por lo que, la temperatura ambiental también pudo constituirse como un factor limitante en el crecimiento del cultivo, lo que explica la obtención de lechugas con tamaño reducido.

Al respecto, Lennard y Ward (2019) relacionaron las altas temperaturas con niveles bajos de oxígeno disuelto en agua, lo que afecta la alimentación de los peces, el pH del agua y la producción de compuestos nitrogenados; por ende, en la calidad de las lechugas. Dichos investigadores, sembraron la lechuga en diferentes épocas del año (invierno, primavera y verano), cuando se registraron temperaturas máximas de 27 °C. Los resultados de sus estudios indicaron que los parámetros evaluados en el sistema NFT de acuaponía, disminuyeron en los meses de mayor calor, en comparación con el SH de tipo NFT; en los meses de menor temperatura, los niveles de producción del SA se equipararon o superaron a aquellos del SH.

Rendimiento de los cultivos

Lennard y Ward (2019) consiguieron una producción de 15 lechugas por m² en cama de siembra, lo que constituye un rendimiento mayor en correspondencia con un cultivo tradicional; en el actual estudio, se obtuvieron 19 lechugas por m², lo que supera los valores obtenidos por dichos investigadores. Según Alpízar (2004), el rendimiento de ese cultivo en suelo, genera en forma tradicional una productividad de seis a ocho lechugas por m². Así, los resultados de Lennard y Ward (2019) y los propios, coinciden con lo que menciona Wu et al. (2019) al señalar que el nivel de producción es mejor en los SA y en los SH, en comparación con los sistemas de siembra en tierra.

Por otro lado, Jiménez (2020) demostró que el vínculo entre la superficie de cultivo de plantas y el cultivo de peces (ratio) es de proporción $\pm 10:1$, según la producción diaria de desechos por parte de los organismos: lo que implica que, por cada m³ de agua de cultivo de peces, se incorpora al sistema entre dos y 10 m² de área de cultivo hidropónico.

Los resultados obtenidos en esta investigación, demostraron que el SH generó mayor peso y rendimiento en el cultivo de la lechuga (0.097 ± 0.007 kg; 1.847 kg/m²), en comparación con el SA (0.056 ± 0.005 kg; 1.080 kg/m²). En tanto que ambos sistemas suministraron 275 litros de agua (cada

uno), en el desarrollo de sus respectivos cultivos. De lo anterior, se desprende que los SA y los SH permiten el ahorro de importantes volúmenes de agua en comparación con un sistema tradicional de siembra, aunque se estima, que el porcentaje correspondiente depende del tipo de sistema que se implemente y de las necesidades hídricas de la hortaliza. Sin embargo, Gilmour et al. (2019) establecen que los SH favorecen el aprovechamiento del agua a causa de su recirculación en el sistema, generando un ahorro de hasta 95 %, en correspondencia con aquellos cultivos que crecen en campo.

Los SA también generan amplios beneficios frente a la acuicultura o a los cultivos hidropónicos (Rakocy et al., 2006; Nelson, 2008). Uno de ellos radica en la obtención de dos fuentes de ingreso, los percibidos por las ventas del cultivo vegetal y del cultivo de los peces, mientras que se comparte la infraestructura y la inversión para el establecimiento de ambos.

Según Lobillo et al. (2014), el SA presenta niveles productivos similares o superiores a la hidroponía y a la acuicultura por separado, así como la obtención de productos más saludables ya que en caso de registrarse patologías en los SA, no se utilizan tratamientos químicos convencionales: la mayor parte de productos fitosanitarios perjudican a los peces, en tanto que los compuestos químicos para tratar ictiopatologías, afectan a las plantas.

Así, los SA y los SH suponen ventajas económicas y medioambientales, mismas que estriban en el ahorro de agua y la disminución del impacto ambiental de los efluentes, ya que el contenido de nitratos y fosfatos es menor debido a que son parcialmente asimilados por las plantas.

Conclusiones

El sistema hidropónico generó mejores resultados (peso promedio de 0.097 kg por cabeza y rendimiento de 1.847 kg/m²), en comparación con el sistema acuapónico (peso promedio de 0.056 kg por individuo y rendimiento de 1.080 kg/m²). Ambos sistemas demostraron que son opciones de producción agrícola con rendimientos óptimos y ecológicamente viables, debido a la recirculación del agua y bajo impacto ambiental, en comparación con los sistemas de cultivo tradicionales. Los objetivos del estudio se cumplieron al determinar el peso promedio y el rendimiento del cultivo de la lechuga en los sistemas acuapónico e hidropónico. Los resultados obtenidos indican que los sistemas acuapónicos e hidropónicos se pueden implementar con éxito, cerca de los centros poblacionales en regiones de climas adversos, como es el caso del estado de Sonora, México. Sin embargo, para generar mayor conocimiento en el tema de los sistemas acuapónicos e hidropónicos, y complementar los resultados del presente estudio, se recomienda efectuar estudios relacionados con la cantidad de biomasa generada en peces, establecimiento de los niveles de tolerancia de la Tilapia del Nilo con respecto

al amonio y nitritos según la edad, monitoreo del gasto hídrico y su comparación con los sistemas de cultivo de lechuga tradicionales.

References:

1. Abdalla, F., McNabb, C., & Batterson, T. (1996). Ammonia dynamics in fertilized fish ponds stocked with Nile Tilapia. *The Progressive FishCulturist*, 58(1), 117-123.
2. Acosta, E. Z., & Naranjo, R. A. (2011). Discursos y conflictos en la gestión de los recursos hídricos: agricultores, ambientalismo y sostenibilidad. Una aportación desde la antropología social para la gobernanza del agua. *Revista de Antropología Social*, 20, 137-170. https://doi.org/10.5209/rev_RASO.2011.v20.36265
3. Aguilar, M. J., Soto, D., & Brummet, R. (2018). Zonificación Acuícola, selección de sitios y áreas de manejo bajo el enfoque ecosistémico a la acuicultura. FAO.
4. Ako, H., & Baker, A. (2004). Nutrient fluxes in aquaponics systems. Final Report for OW10-301.
5. Alpízar, A. L. (2004). Hidroponía cultivo sin tierra. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
6. Arredondo, F. J. L., Bolaños, C. V., Campos, V. R., Garduño, A. H. & Villareal, L. E. (1996). Water quality analysis in a recirculating-water system for aquaculture in Mexico City. En Vogel, E., Abdelghani, A., Valladares, J., Aguilera, J., & Chapa, L. (Eds). Second Inter-American Environmental Congress. Págs. 59-62. ITESM-RICA-OEA.
7. Ávila, G. P. [Ed.]. 2002. Agua, Cultura y Sociedad. Instituto Mexicano de Tecnología del agua.
8. Bakiu, R., & Shehu, J. (2014). Aquaponic systems as excellent agricultural research instruments in Albania. *Albanian Journal of Agricultural Sciences, Special Edition*, 385–389.
9. Baumann, M., Kuemmerleaf, T., Elbakidze, M., Ozdogana, M., Radeloffa, V., Keulerc, N., Prishchepov, A., Kruhlov, I., & Hostert, P. (2011). Patterns and drivers of post-socialist farmland abandonment in Western Ukraine. *Land Use Policy*, 28(3), 552-562. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2010.11.003>
10. Caló, P. (2011). Introducción a la Acuaponía. Ministerio de agricultura, Ganadería y Pesca.
11. Cho, C. Y., & Bureau, D. P. (2001). A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in

- aquaculture. *Aquaculture research*, 32(1), 349-360.
<https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00027.x>
14. Colorado, F., Montañez, I., Bolaños, C., & Rey, J. (2013). Crecimiento y desarrollo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) bajo cubierta en la sabana de Bogotá. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16(1), 121129.
 15. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2018). *La agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible*. Naciones Unidas.
 16. Cutiño V. B., Imeroni, J. C., & Sanzano, P. (2018). *Acuaponía como alternativa productiva social*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Veterinarias, Buenos Aires, Argentina.
 17. de Santana, T. A., Oliveira, O. S., Silva, L. D., Laviola, B. G., de Almeida, A. A. & Gomes, F. P. (2015). Water use efficiency and consumption in different Brazilian genotypes of *Jatropha curcas* L. subjected to soil water deficit. *Biomass Bioenergy*, 75(1), 119-125.
<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.02.008>
 18. Diver, S. (2006). *Aquaponics-integration of hydroponics with aquaculture*. ATTRA - National Sustainable Agriculture Information Service, 1-26
 19. Escobar, H., de Ovando, L. S., Contreras, D., Baginsky, C., Arenas, J., & Silva, H. (2018). Efecto de la disponibilidad de agua de riego en el intercambio gaseoso, rendimiento de semillas, biomasa y eficiencia del uso del agua en dos fenotipos de chíá establecidos en el valle de azapa, arica, chile. *Interciencia*, 43(1), 55-61.
 20. Estrada, N., Hernández, A., Ruiz, J., Zavala, I., Romero, C., Cruz, E., Juárez, C., Domínguez, D., & Campos, A. (2018). Stochastic modelling of aquaponic production of tilapia (*Oreochromis niloticus*) with lettuce (*Lactuca sativa*) and cucumber (*Cucumis sativus*). *Aquaculture research*, 49(12), 3723-3734.
<https://doi.org/10.1111/are.13840>
 21. Figueroa, J. (2007). *Análisis de factibilidad técnica en el cultivo intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en tanques circulares de geomembrana con cultivo hidropónico de lechuga flotante en estanques de madera, bajo condiciones climáticas del Estado de Sonora*. Tesis de Licenciatura, Universidad Estatal de Sonora, Sonora, México.
 22. Fimbres, I. (2007). *Análisis de factibilidad del cultivo intensivo de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en tanques circulares de geomembrana, bajo las condiciones del Estado de Sonora*. Tesis de Licenciatura, Universidad Estatal de Sonora, Sonora, México.

23. Foley, J. A., Defris, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin F., Coe M. T., Daily, G. C., Gubbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. T., Monfreda C., Patz, J. A., Prentice, C. I., Ramankutty, N. & Snyder, P. (2005). Global Consequences of Land Use, *Science*, 309(5734), 570-574.
24. García, E. (2004). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). UNAM. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/83>
25. García, U. M. (2010). Acuicultura rural en la Costa Sur de Jalisco: caso de estudio. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 14(2), 29-48.
26. Gilmour, D., Bazzani, C., Nayga, R. & Snell, A. (2019). Do consumers value hydroponics? Implications for organic certification. *Agricultural Economics*, 50(1), 707– 721. <https://doi.org/10.1111/agec.12519>
27. Gobierno del Estado de Sonora. (2017-18-12). Tiene Sonora potencial para desarrollo de acuicultura marina y dulceacuícola: IAES-SAGARHPA. IAES. Instituto de Acuicultura del estado de Sonora.
28. González, R. (2006). Huerta casera: manual de hidroponía popular. Editorial Universidad Estatal a Distancia.
29. Gross, A., Boyd, C. E., & Wood, C. W. (2000). Nitrogen transformations and balance in channel catfish ponds. *Aquacultural Engineering*, 24(1), 114.
30. Gutiérrez, V., Lagunas, A., Evaristo, E., Serna, J. & López, M. (2014). El sistema de tutorado y poda sobre el rendimiento de pepino en ambiente protegido. *PRISMA Database*, 39(10), 712-717.
31. Ingle de la Mora, G., Villareal-Delgado, E. L., Arredondo-Figueroa, J. L., Ponce-Palafox, J. T., & Barriga-Sosa, I. de los A. (2003). Evaluación de algunos parámetros de calidad del agua en un sistema cerrado de recirculación para la acuicultura, sometido a diferentes cargas de biomasa de peces. *Hidrobiológica*, 13(4), 247-253.
32. Jiménez, O. (2020). Acuaponía: una forma potencial y sustentable de cultivar de manera eficiente y sustentable alimentos. III Congreso Virtual Internacional sobre Economía Social y Desarrollo Local Sostenible.
33. Lagler, K. F., Bardach, J. E., Miller, R. R., & Pasi6n, M. (1984). *Ictiología*. AGT Editor.
34. Lennard, W. A., & Ward. (2019). A Comparison of Plant Growth Rates between an NFT Hydroponic System and an NFT Aquaponic

- System. *Horticulturae*, 5(2), 27.
<https://doi.org/10.3390/horticulturae5020027>.
35. Lennard, W. A., & Leonard, B. V. (2005). A comparison of reciprocating flow versus constant flow in an integrated, gravel bed, aquaponic test system. *Aquaculture International*, 12(1), 539-553.
<https://doi.org/10.1007/s10499-005-8528-x>
 36. Lobillo, J. R., Fernández-Cabanás, V. M., Carmona, E., & Candón, F. J. (2014). Manejo básico y resultados preliminares de crecimiento y supervivencia de tencas (*Tinca tinca* L.) y lechugas (*Lactuca sativa* L.) en un prototipo acuapónico. *ITEA*, 110(2), 142-159.
<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.009>
 37. Malcolm J. (2005). Backyard aquaponics. A guide to building an aquaponic system. Joel Malcolm.
 38. Martínez, M. (2013). Indicadores como información base para el análisis del desempeño ambiental: huella hídrica, huella ecológica y huella de carbono. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México.
 39. Medina, A., & Arijo, S. (2019). Acuaponía. La producción circular de alimentos terrestres y acuáticos, Mipeces.
 40. Monsees, H., Suhl, J., Maurice, P., Kloas, W., Dannehl, D., & Würtz, S. (2019). Lettuce (*Lactuca sativa*, variety Salanova) production in decoupled aquaponic systems: Same yield and similar quality as in conventional hydroponic systems but drastically reduced greenhouse gas emissions by saving inorganic fertilizer. *PLoS One*, 14(6), e0218368. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218368>
 41. Nelson, R. L. (2008). *Aquaponic Food Production*. Nelson and Pade Inc. Press.
 42. Noruega, T. A. (2019). Bases teórico-metodológicas para el diseño de sistemas agroecológicos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 51(1), 273-293.
 43. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). El estado mundial de la pesca y la acuicultura Oportunidades y desafíos. FAO.
 44. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2008). La FAO en México. Más de 60 años de cooperación 1945-2009. FAO.
 45. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). El estado mundial de la pesca y la agricultura. FAO.
 46. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019-07-11). Cada gota cuenta. Consulta 11 de Octubre, 2019. <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1113809/>

47. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). Evaluación y planificación del sistema agroalimentario ciudadregión. FAO.
48. Parker R. (2002). Aquaculture science. Editorial Delmar.
49. Pavlis, R. (2018). Aquaponics in a Natural Pond: Take advantage of the nutrients in your fish pond by floating a vegetable garden on top. Mother Earth News, (288), 21-25.
50. Pinheiro, I., Siqueira, R., Nascimento, F., Valdemiro, L., Fett, R., Oliveira, A., Magallón, F., & Quadros, W. (2020). Aquaponic production of *Sarcocornia ambigua* and Pacific white shrimp in biofloc system at different salinities. *Aquaculture*, 519, 734918. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734918>
51. Racocy J. (2006). Questions and Answers. *Aquaponics Journal*, 4(1), 8-11.
52. Rakocy J. E., Bailey, D. S., Shultz R. C. & Thoman, E. S. (2004). Update on tilapia and vegetable production in the UVI Aquaponic System. En *New Dimensions on Farmed Tilapia: Proceedings of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. (Held September 12-16, págs. 676690). Manila, Philippines.
53. Rakocy, J. E. (1989). Tank culture of Tilapia. Southern Regional Aquaculture Center, Publication 282.
54. Rakocy, J. E., Masser, M. P., Losordo, T. M. (2006). Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics-Integrating fish and plant culture. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC). Publication 454.
55. Ramírez, D., Sabogal, D., Gómez, E., Rodríguez, D. & Hurtado, H. G. (2009). Montaje y evaluación preliminar de un sistema acuapónico goldfish lechuga. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 5(1), 154-170.
56. Ríos F, J. L., Torres, M. A., & Cantú, J. E. (2017). Eficiencia y productividad del cultivo de frijol en un sistema de riego por bombeo en Zacatecas, México. *Ciencia Ergo Sum*, 24(2), en línea.
57. Ross, N. (2016). Hidroponía: La guía completa de hidroponía para principiantes. Editorial Michael van der Voort.
58. SADER (2019-23-06). Conozcamos un poco más sobre... la lechuga. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/conozcamos-un-poco-mas-sobrela-lechuga?idiom=es>
59. SAGARHPA (2018-20-04). En 2017 aumentaron las exportaciones agrícolas de Sonora 22.0 %. Gobierno de México.

60. SAGARPA. (2015). Estudio para la determinación de esquemas de mejora para rendimiento en las granjas de producción acuícola de tilapia. Reporte Ejecutivo. SAGARPA.
61. SIAP. (2016-01-12). Somos noveno productor de hortalizas a nivel mundial. Gobierno de México. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
62. Smill, V. (1997). Global population and the nitrogen cycle. *Scientific American*, 76-81.
63. Steiner, A. A. (1961). A universal Method for preparing nutrient solution of a certain desired composition. *Plant and soil*, 15(1), 134-154. <https://doi.org/10.1007/BF01347224>
64. Urbalejo, J. 2006. Análisis de factibilidad del cultivo integral de tilapia negra (*Oreochromis niloticus*) con cultivo hidropónico de Tomate (*Lycopersicum esculentum*), bajo condiciones controladas en el Estado de Sonora. Tesis de Licenciatura, Universidad Estatal de Sonora, Sonora, México.
65. Vilches, A., Pérez, D., Toscano, J. C., & Macías, O. (2014). Desarrollo rural y Sostenibilidad. Programa de acción legal. Publicación en línea. OEI.
66. Viveros, F. M. L., Valenzuela, N. L., Rodríguez, G., Javier Aguado, Ehsan, M., Hernández, V. M. & Maza, A. V. (2018). Utilización del ion amonio en el desarrollo de plántulas de estevia (*stevia rebaudiana bertonii*) en condiciones de hidroponía. *Interciencia: Revista de Ciencia y Tecnología de America*, 42(2), 106-110.
67. Wang, H., Qiub, F. & Ruan, X. (2016). Loss or gain: A spatial regression analysis of switching land conversions between agriculture and natural land. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 221(1), 222-234.
68. Wilson, A. (2018). Los hidropónicos: guía suprema de los hidropónicos para salvar tiempo y dinero. Editorial Adidas Wilson.
69. Wu, F., Ghamkhar, R., Ashton, W., & Hicks, A. L. (2019). Sustainable Seafood and Vegetable Production: Aquaponics as a Potential Opportunity in Urban Areas. *Integrated Environmental Assessment Management*, 15(6), 832-843. <https://doi.org/10.1002/ieam.4187>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Caracterización Térmica De Vidrios Con Recubrimientos Metálicos

Enrique Hernández-Garfias, MSc

Carolina del Carmen Pérez-Sánchez, MBA

Temani Durán-Mendoza, MSc

Universidad Juárez Autónoma de México,
División Académica Multidisciplinaria de los Ríos

Juan Guzmán-Ceferino, PhD

Universidad Juárez Autónoma de México,
División Académica de Ciencias Agropecuarias

Manuel González-Pérez, PhD

Universidad Interserrana de Chichotla, México

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p305](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p305)

Submitted: 26 April 2021

Accepted: 29 May 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Hernández-Garfias E., Carmen Pérez-Sánchez del C., Durán-Mendoza T., Guzmán-Ceferino J. & González-Pérez M. (2021). *Caracterización Térmica De Vidrios Con Recubrimientos Metálicos*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 305.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p305>

Resumen

Por la situación climática de las últimas décadas, las normas internacionales que regulan a los materiales de construcción son cada vez más estrictas. Actualmente, el vidrio es uno de los materiales de construcción más utilizados a nivel global y existen normas para evaluar su rendimiento térmico y así conocer su eficiencia para ahorrar energía. El Coeficiente de Transferencia de Calor (U) y el Coeficiente de Ganancia de Calor Solar (CGCS) son los principales parámetros térmicos que se utilizan para verificar si el rendimiento del material es satisfactorio en función de las normas vigentes y el mercado de vidrios. Para determinar estos parámetros se hicieron pruebas al exterior con un calorímetro solar diseñado y desarrollado para este fin. En este trabajo se evaluaron cinco muestras de vidrio: una muestra de vidrio claro (referencia) y cuatro muestras con recubrimientos de ZnO:Cu y ZnO:Ag en distintas concentraciones y número de capas aplicadas, los cuales

fueron desarrollados con el objetivo de reducir la ganancia de calor. Los resultados de la evaluación mostraron diferencias poco significativas entre la muestra de referencia y las muestras con recubrimientos. Por lo cual, se sugiere realizar modificaciones durante el desarrollo o la aplicación de los recubrimientos que permita mejorar las características de ganancia térmica.

Palabras-clave: Caracterización Térmica, Vidrio Con Recubrimiento, U, CGCS

Thermal Characterization Of Glasses With Metallic Coatings

Enrique Hernández-Garfias, MSc

Carolina del Carmen Pérez-Sánchez, MBA

Temani Durán-Mendoza, MSc

Universidad Juárez Autónoma de México,
División Académica Multidisciplinaria de los Ríos

Juan Guzmán-Ceferino, PhD

Universidad Juárez Autónoma de México,
División Académica de Ciencias Agropecuarias

Manuel González-Pérez, PhD

Universidad Interserrana de Chichotla, México

Abstract

Due to the climatic situation of the last decades, the international standards that regulate construction materials are increasingly strict. Currently, glass is one of the most used building materials in the world, and there are standards to evaluate its thermal performance and thus know its efficiency to save energy. The Thermal Transmittance (U-value) and the Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) are the main thermal parameters used to verify if the performance of the material is satisfactory according to current standards and the glass market. To determine these parameters, outdoor tests were carried out with a solar calorimeter designed and developed for this purpose. In this work, five glass samples were evaluated: one clear glass sample (reference) and four samples with ZnO: Cu and ZnO: Ag coatings in different concentrations and number of applied layers, which were developed to reduce heat gain. The results of the evaluation showed not very significant differences between the reference sample and the samples with coatings. Therefore, it is suggested to carry out modifications during the development or application of the coatings to improve the thermal gain characteristics.

Keywords: Thermal Characterization, Glass With Coating, U-Value, SHGC

Introducción

Desde hace siglos, el vidrio claro ha sido utilizado por la humanidad debido a las múltiples ventajas que presenta respecto a otros materiales, como lo son su apariencia estética, abundancia y costo de producción. Actualmente, el vidrio es uno de los materiales más utilizados en todo tipo de industria, especialmente en el sector de la construcción (Lollini et al., 2010). Sin embargo, debido al deterioro ambiental a nivel global, las normas nacionales e internacionales que rigen el uso de los materiales de construcción se han vuelto más severas. Por esta razón, la tendencia mundial en el sector de la construcción está orientada cada vez más hacia el uso de materiales que permitan el ahorro de energía, área en donde el vidrio claro puede presentar características negativas debido a sus propiedades térmicas y ópticas, por lo que resulta importante optimizar el rendimiento de los sistemas vidriados (Grynning et al., 2013). Debido a esto, desde hace varias décadas se han desarrollado proyectos de investigación en todo el mundo, con el objetivo de mitigar los efectos de las propiedades térmicas y ópticas del vidrio claro, en donde principalmente se considera el *Coefficiente Global de Transferencia de Calor (U)* y el *Coefficiente de Ganancia de Calor Solar (CGCS)*, respectivamente (Tait, 2006; Lollini et al., 2010).

Para medir los parámetros característicos del vidrio, principalmente existen dos métodos: la calorimetría al interior y la calorimetría al exterior. La calorimetría al interior se encarga de simular las condiciones a las que se expone la muestra, pero esta simulación puede ser imprecisa ya que no es posible simular completamente el comportamiento de la irradiancia solar y todos los parámetros adicionales del entorno. Por otra parte, la calorimetría al exterior se puede realizar con dos instrumentos, con una celda PASLINK o con un calorímetro solar. La celda PASLINK es una habitación de tamaño real que utiliza sensores de temperatura para medir la transferencia de calor de áreas representativas, sin embargo, su masividad térmica ocasiona que el análisis de las muestras pueda durar varios días. El calorímetro solar es un dispositivo que puede ser de menor tamaño comparado con una celda PASLINK, y suele construirse considerando el tamaño de las muestras que se analizarán. Debido a su baja masa térmica, el sistema puede estabilizarse en menor tiempo, por lo que, es posible obtener los parámetros térmicos en un solo día, sin comprometer la precisión de los resultados (Hernández-Garfias et al., 2019).

Con el fin de modificar los valores del U y el CGCS, se han desarrollado múltiples sistemas, como los sistemas de sombreado, los vidrios dobles o triples y los vidrios con recubrimiento. Implementar sistemas de sombreado, así como vidrios dobles o triples, puede ser muy costoso por la complejidad del sistema, por los materiales de construcción o por la dificultad que puede representar la adquisición e instalación. Por otra parte, los vidrios

con recubrimiento pueden ser más accesibles dependiendo del material utilizado y no requieren conocimiento especializado para su instalación. Debido a esto, pueden ser una opción adecuada para reducir las ganancias de calor y, de esta manera, ahorrar energía al disminuir la carga de refrigeración requerida en una edificación. Por lo anterior, es de interés evaluar térmicamente estos vidrios para obtener sus parámetros térmicos y poder compararlos en funcionalidad con los vidrios comerciales.

En el Centro de Investigación de Ciencia y Tecnología Aplicada de Tabasco (CICTAT), México, se desarrollaron cuatro muestras de vidrio con recubrimientos metálicos, a partir de las cuales se buscan reducir las ganancias de calor hacia el interior de las edificaciones. Por lo que, en este trabajo se realizó la evaluación térmica de las cuatro muestras de vidrios con recubrimientos metálicos para conocer los valores de los parámetros U y $CGCS$. Para ello, se utilizó un calorímetro solar desarrollado por Hernández-Garfias et al. (2019).

Materiales y Métodos

Muestras

Las muestras utilizadas fueron cinco vidrios de 15×15 cm y 3 mm de espesor, una de ellas fue la muestra de referencia (vidrio claro) y el resto fueron muestras de vidrio con recubrimientos metálicos, las cuales fueron desarrolladas en CICTAT, México. En la Figura 1 se muestra la fotografía de cada una de las muestras. Los recubrimientos se depositaron utilizando el método de aspersión, sus características pueden verse en la Tabla 1.

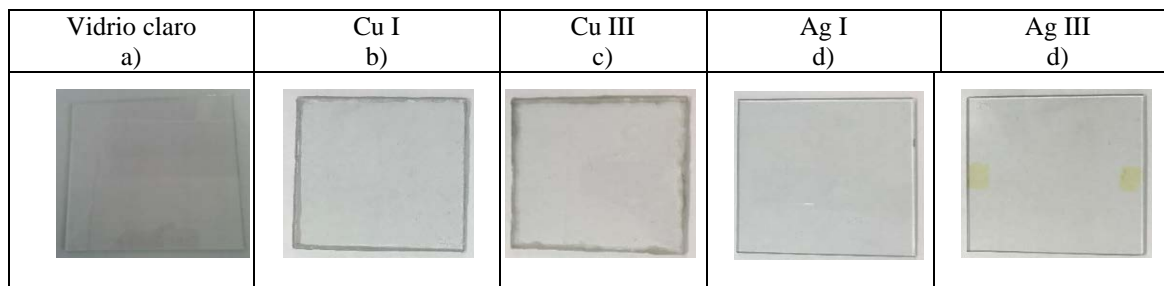


Figura 1. Muestras de vidrio utilizadas: a) muestra de referencia, b)-d) muestras con recubrimientos metálicos

Tabla 1. Características de las muestras de vidrio utilizadas.

Nombre de la muestra	Recubrimiento	Composición del recubrimiento	Proporción de composición	Concentración (mL ⁻¹)	Número de capas
Vidrio claro	No	-	-	-	-
Cu I	Sí	Zinc y Cobre	61.34% ZnO 38.66% Cu	0.180	1
Cu III	Sí	Zinc y Cobre	61.34% ZnO	0.180	3

			38.66% Cu		
Ag I	Sí	Zinc y Plata	60% ZnO 40% Ag	0.176	1
Ag III	Sí	Zinc y Plata	60% ZnO 40% Ag	0.176	3

Calorímetro solar

El calorímetro solar utilizado fue el desarrollado por Hernández-Garfias et al. (2019), para el cual se consideró la norma NFRC-201-2014 para su construcción e instrumentación. En la Figura 2 se muestra el calorímetro solar y sus componentes.

Determinación del U y del $CGCS$

El *Coefficiente Global de Transferencia de Calor* (U) es un parámetro térmico que puede definirse como el inverso de la resistencia térmica total de un elemento,

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (1)$$

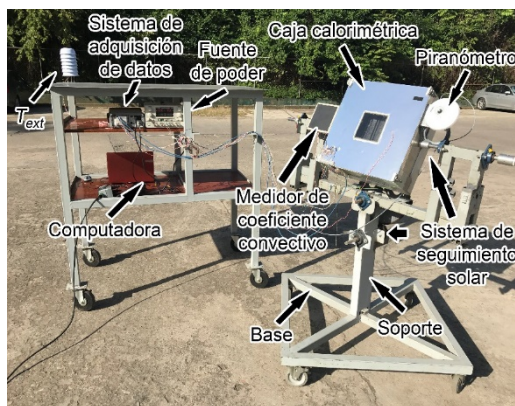


Figura 2. Calorímetro solar utilizado en este proyecto (Hernández-Garfias et al., 2019)

Para determinar el U se realizaron dos pruebas distintas al interior, utilizando una resistencia eléctrica para generar una diferencia de potencial que provoque una diferencia de flujo de calor ($q_{ext} - q_{int}$). De acuerdo con (Standardization, n.d.), se utilizó la Ecuación (2) para determinar el U .

$$U = \frac{q_{ext} - q_{int}}{(\Delta T_{int-ext})(A_M)} \quad (2)$$

donde A_M es el área de la muestra y $q_{ext} - q_{int}$ son el flujo de calor que sale y el flujo de calor que entra a la caja calorimétrica (CC), respectivamente.

El *Coefficiente de Ganancia de Calor Solar (CGCS)* es un parámetro derivado de la radiación solar incidente (irradiancia). El *CGCS* representa la razón entre la irradiancia en un material y la radiación que logra atravesarlo, su valor puede ir desde 0 hasta 1. Además, este parámetro involucra parámetros ópticos como lo son la absorptancia, la transmitancia y la reflectancia. Por otra parte, el cálculo experimental puede realizarse considerando parámetros térmicos de acuerdo con (Macias-Melo y Flores-Prieto, 2013).

$$CGCS = \frac{q_M - A_M \cdot U_M (\Delta T_{ext-int})}{A_M \cdot I_S} \quad (3)$$

donde q_M representa el flujo de calor que atraviesa el objeto de estudio, U_M es el coeficiente global de transferencia de calor del objeto de estudio, I_S es la irradiancia solar y $\Delta T_{int-ext}$ es la diferencia de temperatura entre la temperatura del ambiente y la temperatura del interior de la caja calorimétrica (CC).

Las pruebas experimentales para determinar el *CGCS* se desarrollaron en días soleados con cielo despejado (sin nubosidad). La muestra fue alineada con respecto al sol para recibir una irradiancia solar normal con respecto a su superficie. El ángulo cenital y azimutal fueron ajustados cada 10 minutos en el transcurso del experimento para garantizar la máxima captación de irradiancia solar. Durante las mediciones se utilizó un ventilador tangencial en el interior de la CC para conseguir un flujo de aire homogéneo. Posteriormente, se inició la adquisición y monitoreo de las temperaturas y de la Fuerza Electromotriz (FEM) de los transductores de flujo de calor. La prueba finalizó cuando la irradiancia solar se encontró por debajo de 800 Wm^{-2} .

Resultados y Discusión

Vidrio claro

Para la determinación del U , en las Figuras 3 y 4 se muestra la diferencia de temperatura ($T_{ext} - T_{int}$) y el flujo de calor (q) que se presentó a través de la muestra (P_M), obtenidos en la Prueba 1-U y 2-U, respectivamente. La Prueba 1-U se realizó suministrando 10 W a la resistencia, mientras que en la Prueba 2-U se suministraron 20 W. El comportamiento de $T_{ext} - T_{int}$ presentó diferencias significativas entre ambas pruebas, siendo el máximo de 8.28°C y 13.71°C para las pruebas 1-U y 2-U, respectivamente. Estas diferencias se atribuyen principalmente a la energía suministrada al sistema mediante la resistencia eléctrica para amplificar la diferencia de flujo de calor. Por otra parte, el flujo de calor a través de la muestra se comportó de manera similar a la temperatura, aumentando de acuerdo con la potencia suministrada, obteniendo un máximo de 1.27 W y 2.29 W para las pruebas 1-

U y 2-U, respectivamente. Con los valores obtenidos de flujo de calor y diferencia de temperatura, se obtuvieron los valores del U mediante (2). El valor del U en las pruebas 1-U y 2-U fue de $6.86 \text{ Wm}^{-2}\text{°C}^{-1}$ y $7.05 \text{ Wm}^{-2}\text{°C}^{-1}$, respectivamente. Estos valores se encuentran dentro del intervalo reportado por otros autores (Marinoski et al., 2012; Macias-Melo y Flores-Prieto, 2013) y el software WINDOW (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2018).

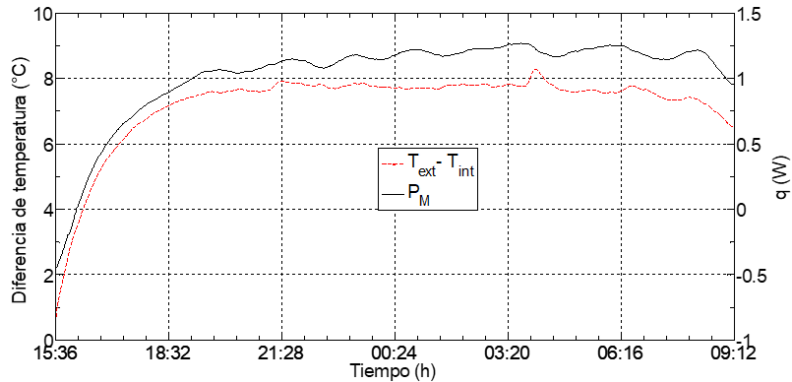


Figura 3. Diferencia de temperatura y flujo de calor total durante la Prueba 1-U

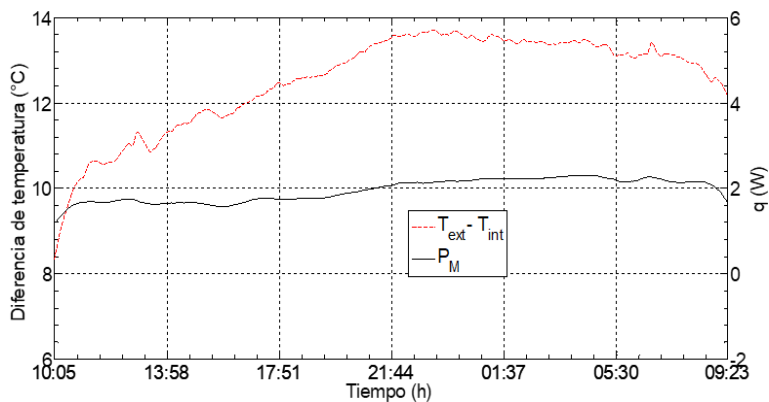


Figura 4. Diferencia de temperatura y flujo de calor total durante la Prueba 2-U

A continuación, se muestran los resultados de las pruebas experimentales al exterior utilizadas para determinar el $CGCS$ de la muestra de vidrio claro. Los resultados de las Pruebas 1-S y 2-S se dividieron en dos gráficas distintas, en la Figura 5 se muestra el comportamiento de la irradiancia solar y la temperatura ambiente durante la Prueba 1-S para el día 18 de agosto del 2017. El comportamiento presentado corresponde al periodo de mayor estabilidad durante la prueba. Como se puede observar, la irradiancia solar promedio obtenida fue de 966 Wm^{-2} . Mientras que la temperatura ambiente osciló entre 33.6°C y 34.8°C . Por otra parte, en la Figura 6 se aprecia el comportamiento del flujo de calor total que atraviesa la muestra. Se puede observar que este flujo de calor presentó un promedio de 16.97 W .

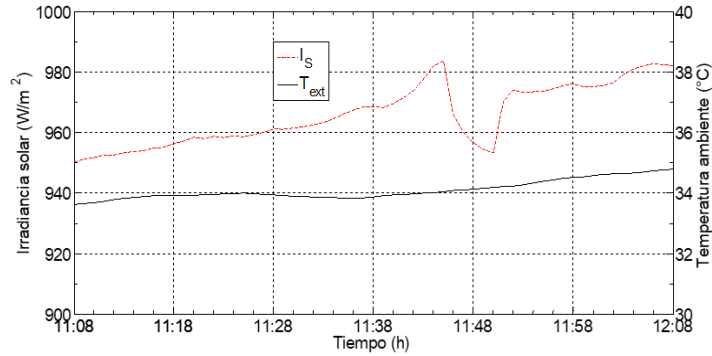


Figura 5. Irradiancia solar y temperatura ambiente durante la Prueba 1-S

Del mismo modo, la Figura 7 y 8 muestran los resultados obtenidos en la Prueba 2-S del día 24 de agosto del 2017, para las condiciones ambientales y el flujo de calor total, respectivamente. Como se puede observar, la irradiancia solar promedio fue de $979 Wm^{-2}$, mientras que la temperatura ambiente osciló entre $33.7^{\circ}C$ y $34.7^{\circ}C$. Por otra parte, el promedio del flujo de calor total obtenido fue de $17.21 W$. Se puede observar que la diferencia de la irradiancia solar promedio y la diferencia del flujo de calor total obtenidos en ambas pruebas fueron de $13 Wm^{-2}$ y $0.24 W$ mayores en la Prueba 2-S, sin embargo, las diferencias fueron poco significativas.

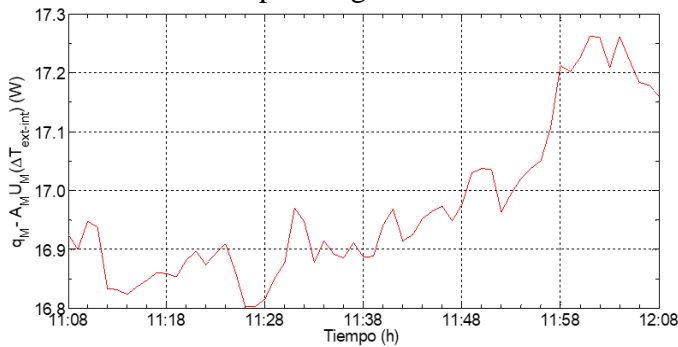


Figura 6. Flujo de calor total que atraviesa la muestra durante la Prueba 1-S

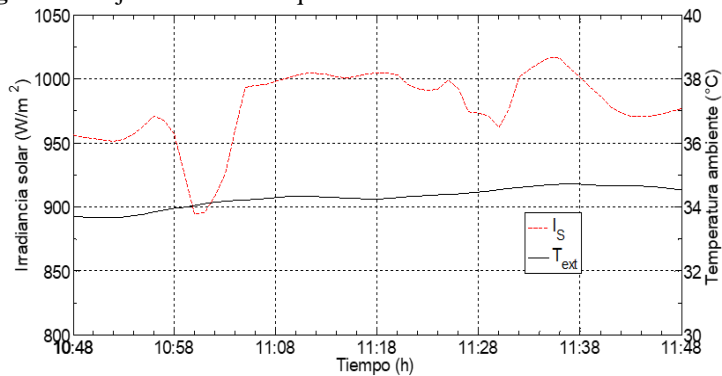


Figura 7. Irradiancia solar y temperatura ambiente durante la Prueba 2-S

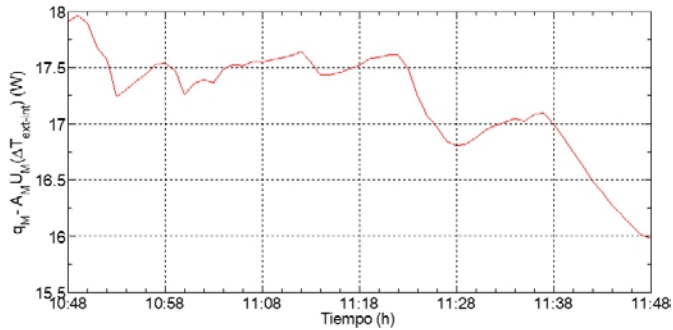


Figura 8. Flujo de calor total que atraviesa la muestra durante la Prueba 2-S

Se determinó el *CGCS* con (3), utilizando un valor promedio de U de $6.95 \text{ Wm}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Los valores de *CGCS* promedio obtenidos para la Prueba 1-S y 2-S fueron 0.799 y 0.806, respectivamente, con un valor promedio entre ellos de 0.803. Se puede observar que la diferencia obtenida del *CGCS* entre ambas pruebas fue de 0.87%, por lo que no presentan diferencias significativas.

Por otra parte, cabe destacar que los *CGCS* obtenidos son similares a los valores reportados en trabajos experimentales similares. Marinovski *et al.* (2012) reportó un *CGCS* promedio de 0.826 para una muestra de 1.8 m^2 de área superficial, por lo que la diferencia obtenida entre sus resultados y los de este estudio fue de 2.78%. Adicionalmente, se realizó una comparación del *CGCS* promedio obtenido en este estudio con el reportado en la base de datos de WINDOW, el cual es un software para calcular los índices de rendimiento térmico de ventanas. WINDOW reporta un *CGCS* de 0.87 para un vidrio claro marca Vitro® de 3 mm, por lo que existe una diferencia de 7.7%. Esta diferencia se atribuye a que en el estudio experimental se presentan múltiples reflexiones debido a las propiedades ópticas del vidrio y de la instrumentación interna del calorímetro debido a que no toda la energía que atraviesa la muestra inicialmente se mantiene en el interior para ser cuantificada.

Vidrios con recubrimientos metálicos

Las pruebas experimentales para las muestras con recubrimientos metálicos fueron realizadas siguiendo el mismo procedimiento que para la muestra de vidrio claro. En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos de los parámetros característicos de las muestras estudiadas.

Tabla 2. Parámetros característicos de las muestras estudiadas en este proyecto

Nombre de la muestra	No. de capas de recubrimiento	Concentración (mL^{-1})	U ($\text{Wm}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)	<i>CGCS</i>
Vidrio claro	-	-	6.95	0.803
Cu I	1	0.180	6.81	0.805
Cu III	3	0.180	6.79	0.804
Ag I	1	0.176	6.82	0.800
Ag III	3	0.176	6.81	0.801

Los resultados del U y $CGCS$ obtenidos para las muestras con recubrimientos metálicos presentaron diferencias poco significativas entre sí, incluso en comparación con la muestra de vidrio claro. Estos resultados indican que el número de capas de recubrimiento aplicadas en los sustratos de vidrio prácticamente no modifica las propiedades térmicas de las muestras. De acuerdo con esto, se sugiere realizar modificaciones durante el desarrollo o la aplicación del recubrimiento, específicamente en la concentración de las soluciones o en el número de capas. Lo anterior, con el fin de mejorar el comportamiento térmico del vidrio con recubrimiento, lo cual permita evidenciar una mejora en su comportamiento térmico respecto al vidrio convencional (vidrio claro).

Conclusiones

En este trabajo se realizó la caracterización térmica de muestras de vidrio con recubrimientos metálicos, utilizando un calorímetro solar, con lo cual fue posible analizar su comportamiento. Para ello, se determinó el U y el $CGCS$ de una muestra de referencia (vidrio claro de 3 mm) con el fin de identificar si los vidrios con recubrimientos metálicos presentaban mejores propiedades térmicas para el ahorro de energía. Los valores promedio obtenidos del U y del $CGCS$ para el vidrio claro de 3 mm fueron de $6.95 \text{ Wm}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ y 0.803, respectivamente. Estos valores obtenidos fueron similares con los valores reportados en trabajos experimentales y con los valores reportados en el software WINDOW para una muestra de vidrio claro de 3 mm. La calibración y determinación de los parámetros característicos de esta muestra de referencia permitió verificar el adecuado funcionamiento del calorímetro solar, lo que a su vez permitió utilizarlo para la caracterización térmica de las muestras de vidrios con recubrimientos metálicos. Por su parte, cuando se determinaron los parámetros característicos de las muestras de vidrio con recubrimientos metálicos (Cu I, Cu III, Ag I y Ag III), se encontraron diferencias poco significativas entre ellas, así como con respecto a los valores obtenidos de la muestra de vidrio de referencia. Por lo anterior, se concluye que las propiedades térmicas de las muestras de vidrio con recubrimientos metálicos no presentan una diferencia significativa respecto a la muestra de vidrio claro, por lo tanto, tampoco presentan una ventaja dentro del mercado de vidriado que justifique un precio mayor al del vidrio claro. Los parámetros característicos podrían mejorarse si se realizan modificaciones durante el desarrollo de cada tipo de recubrimiento, específicamente en la concentración de las soluciones o en el número de capas.

References:

1. Grynning, S., Gustavsen, A., Time, B., y Jelle, B. P. (2013). Windows in the buildings of tomorrow: Energy losers or energy gainers? *Energy and Buildings*, 61, 185-192.
 - a. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.02.029>
2. Hernández-Garfías, E., Macias-Melo, E. V., Aguilar-Castro, K. M., Hernández-Pérez, I., Serrano-Arellano, J., y Diaz-Flores, L. L. (2019). Development of a solar calorimeter for the thermal evaluation of glazing samples. *Journal of Building Physics*, 42(6), 750-770.
 - a. <https://doi.org/10.1177/1744259118823812>
3. Lawrence Berkeley National Laboratory. (2018). WINDOW | Windows and Daylighting.
4. Lollini, R., Danza, L., y Meroni, I. (2010). Energy efficiency of a dynamic glazing system. *Solar Energy*, 84(4), 526–537.
 - a. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2009.12.006>
5. Macias-Melo, E. V., y Flores-Prieto, J. J. (2013). Solar Calorimeter for Thermal Testing of Glazings. *Journal of Enhanced Heat Transfer*, 20(6), 499–509. <https://doi.org/10.1615/JEnhHeatTransf.2015007462>
6. Marinoski, D. L., Güths, S., y Lamberts, R. (2012). Development of a calorimeter for determination of the solar factor of architectural glass and fenestrations. *Building and Environment*, 47(1), 232–242.
 - a. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.07.017>
7. Standardization, I. O. for. (n.d.). ISO 10292-1994 (E): Glass in building - Calculation of steady-state U-values (thermal transmittance) of multiple.
8. Tait, D. B. (2006). Solar heat gain coefficient measurements for glazings with indoor window attachment products. *ASHRAE Transactions*, 112 PART 2, 116–121.



Use Of Altmetric And Bibliometric Indicators To Measure Scientific Productivity In The Fields Of Life And Earth Sciences: Case Study From Haiti

Jasmine Césars, (PhD.)

Université Quisqueya, Équipe de recherche sur l'Économie et la Gestion de la Connaissance (EREGeC), Port-au-Prince, Haïti
Association Haïtienne Femmes, Science et Technogie (AHFST), Port-au-Prince, Haïti

Magline Alexis, (MSc student)

Université Quisqueya, Faculté des Sciences, de Génie et d'Architecture (FSGA), Port-au-Prince, Haïti
Équipe de recherche sur l'Économie et la Gestion de la Connaissance (EREGEC)

Association Haïtienne Femmes, Science et Technogie (AHFST), Port-au-Prince, Haïti

Evens Emmanuel, (PhD.)

Université Quisqueya, École doctorale "Société et Environnement" (EDSE), Port-au-Prince, Haïti

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p316](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p316)

Submitted: 02 April 2021

Accepted: 14 June 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Césars J., Alexis M. & Emmanuel E. (2021). *Use Of Altmetric And Bibliometric Indicators To Measure Scientific Productivity In The Fields Of Life And Earth Sciences: Case Study From Haiti*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 316.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p316>

Abstract

The objective of this study was to carry out, based on certain bibliometric and altmetric indicators, a summary assessment of the scientific productivity of Quisqueya University's researchers in 3 specific fields: agronomy, the environment and health. An experimental framework was designed and implemented based on the quantitative information available on the academic social network ResearchGate, and on SCOPUS and Google scholar, out of a total of 12,731 citations enumerated for Quisqueya University

as of December 31, 2020, 19% were for the environment, 19.3% were for health, 59.9% for agronomy and 1.8% for other sectors. All the sectors recorded a significant increase for the RG score altmetric indicator and for the two bibliometric indicators: number of citations and H-index. The data collected were analyzed using XLSTAT and R software. The Kolmogorov-Smirnov normality test was applied for each of the indicators. Pearson's rank correlation was used to calculate the correlations between the altmetric indicator (RG-Score) from ResearchGate and the bibliometric indicators (citation and H-index) from Google Scholar and Scopus. A significant positive correlation of $\alpha = 0.918$ was observed between the number of citations on ResearchGate and on Google Scholar. a result in the same direction ($\alpha = 0.991$) is also observed between the number of citations on ResearchGate and on Scopus. These correlations allow us to conclude that the work of these researchers was cited in publications published in journals referenced in the Web of Science by a rate exceeding 90%.

Keywords: Scientific Productivity, Altmetrics, Bibliometrics, H-Index, Researchgate, RG Score

Introduction

Over the past decades, the world of knowledge production has found itself in a dynamic of growing competition between researchers, universities, and scientific journals to obtain the highest rankings (Rey, 2009). Indeed, the visibility and impact of the scientific output of universities are now measured by the scientific methods of scientometrics - the tools for the statistical evaluation of research results (Repanovici, 2010). In this process, bibliometrics has become one of the fundamental instruments for measuring not only the performance, but also the international visibility of universities. Bibliometricians have therefore become accustomed to defining a university's research productivity as the number of publications per researcher, distinguishing it from the impact, which they measure by citations (Abramo et al. 2009).

It is assumed that publication is an essential trace of scientific activity and that "notoriety", the fact of being cited, is an indicator of an author's "influence". Who cites who, who is cited by whom and how many times; thus, we calculate an "impact factor" of an author or a group of authors, a laboratory, an institution, etc. (Coutrot, 2008). The analysis of these data highlights a phenomenon of the growth of collaborations which favors both the internationalization and the densification of national and local networks, to the detriment of publications without collaboration, for all disciplines (Maisonobe, 2016).

The international expansion of the citation of peer-reviewed articles, a tool for measuring scientific productivity, has led to the development of several other indicators to assess the impact of an article. In addition to the H index (Hirsch, 2005), classical bibliometrics then acquired other evaluation tools, such as the journal impact factor (Garfield, 1994) and the altmetric index of articles (Roemer and Borchardt, 2012).

Moreover, in several industrialized countries, concern for evaluation has become the leitmotif of the discourse governing higher education and research (Charle, 2009). In the countries of the South, the evaluation of research is most often done according to a logic based on how science and power come together. Gaillard and Schlemmer (1996) reported that in both the United States and the South, funding sources have a certain effect which distorts the choices that researchers would have made spontaneously in terms of research priority, according to a rationale and a specifically scientific choice.

In Haiti, the process of evaluating research through the results of projects funded by the government or by international cooperation, has not yet been systematically established within the university system. The notion of measuring scientific productivity using bibliometric and/or altmetric indicators can be considered as a self-regulation that researchers have imposed on themselves to meet new international requirements, by relying on the current dynamics of academic social networks (Emmanuel et al., 2020; Alexis et al., 2020, Joseph et al., 2020). With the intention of assessing the level of involvement of Quisqueya University's researchers in fields related to the agricultural, environmental and health sciences, this study proposes to carry out a summary evaluation of their productivity in the fields selected based on certain bibliometric and altmetric indicators.

Theoretical aspects of measuring scientific productivity.

Bibliometrics

Bibliometrics, a statistical measure named by Pritchard (1969), are used to analyze the quantity and performance of publications. Bibliometrics are a branch of scientometrics - the measurement of scientific and technical research activity - which focuses primarily on the quantitative study of scientific publications for statistical purposes (Gauthier, 1998). It describes the counting and analysis of published scientific research and describes techniques for measuring the scientific impact of research (Pichard, 1969, Roemer and Borchardt, 2012). Bibliometric methods fulfil three main functions, namely description, evaluation, and scientific and technological monitoring (Gauthier, 1998).

Bibliometric indicators have traditionally been used in research evaluations and research performance measurement to determine the impact

of researchers' research (Hoffman and 2014). In recent years, bibliometrics have raised expectations that it will prove to be a powerful tool for research evaluation. The most widely used bibliometric indicators in measuring a researcher's scientific productivity are the number of citations and the H-index.

Number of citations

According to Konkiel (2013), the number of citations from a researcher suggests to what extent the results of their work on a given theme influence the subject's discipline. For this author, the citation rate is an indicator of the researcher's performance.

H-index

Hirsch (2005) defined an index to quantify the results of scientific research of an individual. The H-index is the maximum number h if h publications have at least been cited. For Hirsch, the H-index is a useful index to characterize the scientific output of a researcher.

Altmetrics

According to Yu et al., (2016), social media has become a popular platform for interacting with the rest of the world, people have changed the way they communicate, distribute information, exchange ideas, and make friends. The advent of Web 2.0 Technology, point out Adriaanse and Rensleigh (2018), social networking tools with enhanced functionalities permeated academia and the research processes of researchers. Indeed, Social media platforms such as blogs, Twitter, Facebook, and article reference managers such as Mendeley are now being used to communicate and discuss research (Chavda and Patel, 2016). Alternative metrics ('altmetrics') is a term used to describe web-based metrics for the impact of scholarly material with an emphasis on social media outlets as a source of data (Priem et al., 2010; Shema et al, 2014; Chavda and Patel, 2016).

ResearchGate

ResearchGate (RG) was founded in 2008 by Ijad Madisch, who aims to transform the way researchers are doing their research (Dolan, 2012). Nicholas et al. (2016) argued that "RG is a scholarly social network with, arguably, the most comprehensive set of reputation metrics and is, allegedly, the fastest growing of all emerging reputation platforms". According to Singson and Anees (2017), the term academic social networking service is used as a broad term referring to an online service, tool, or platform that can help scholars to build their professional networks with other researchers and facilitate their various activities when conducting research. RG, a this network

of 20 million members, is interested in the evolution of research and open science, offers researchers and research institutions several indicators, including the RG Score, Total Research Interest and the H-index, allowing them to assess the level of peer reviews of their output in science, and on the science of a particular researcher.

According to ResearchGate (<https://explore.researchgate.net/display/support/RG+Score>), “RG score measures scientific reputation based on how well a researcher's work is received by their peers”. The application of the famous rule of peer evaluation freed from constraints established by a publishing house, by research evaluation bodies or by granting organizations, with the particularity for ResearchGate to retain all the research of a researcher, published or not, deserves to be commended. The RG score is calculated based on any contributions a researcher shares on ResearchGate or adds to your profile, such as published articles, unpublished research, projects, questions, and answers. ResearchGate's algorithm examines how peers receive and evaluate these contributions, and who they are. This is because the higher the RG scores of those who interact with a member's searches, the more his own score will increase. The sum of the scores obtained by researchers from a higher education and research institution constitutes the score of that institution for the period under consideration.

The RG score altimetric indicator provides some understanding of the level of peer review of a researcher's research. It appears that the use of this indicator as a measure of a researcher's scientific reputation is not widely accepted by the scientific community. Indeed, studies carried out on the robustness of the model highlight shortcomings preventing the RG score from meeting the claim of serving as a measure of a researcher's scientific reputation. Several studies have identified limitations: (1) the score is not transparent and not reproducible, biases cannot be discovered, and game detection is difficult; (2) the score incorporates the journal impact factor to assess individual researchers, a practice that has been shown to be questionable (Monastersky, 2005; Rossner et al., 2007; Falagas & Alexiou, 2008; Nicholas et al., 2016). Kraker and Lex (2015) believe that while the goal of RG score as a composite metric that considers social interactions and reputation, alongside traditional metric publications, is desirable, there are limits to the measurement.

Total Research Interest is an indicator created by ResearchGate to gauge the interest that other researchers have in a researcher's work. To calculate this indicator, ResearchGate combines several bibliometrics and altmetrics indicators (<https://explore.researchgate.net/display/support/Research+Interest>). The

Total Research Interest is based on a weighting system of 4 types of interaction "read, full-text read, recommendation and citation".

Methodology

Experimental context of the study

This exploratory study based on the quantitative information available on ResearchGate (www.researchgate.net) on researchers' publications, proposes to assess the scientific productivity of Quisqueya University's (UniQ) researchers in the different scientific fields of the Environment, Agronomy and Health. It considers articles published in national and international journals, with or without an impact factor, and assigning a DOI to the articles they publish or not. The evaluation of the scientific productivity of researchers working in the fields selected is therefore carried out using the following bibliometric indicators (RG score, number of citations, H-index).

In January 2020, the research department launched the project on ResearchGate (www.researchgate.net) titled: "Measuring the scientific productivity of Quisqueya University's researchers on ResearchGate". The main objectives of this project are: (i) the production of a monthly report in which is compiled all the indicators, i.e. bibliometric and altmetric, communicated by ResearchGate (RG) on the performance of each member of UniQ registered on RG and having an RG score higher than or equal to 1; (ii) publication on Researchgate at the end of each month of a monthly report on the productivity of UniQ researchers on RG; (iii) raising awareness among UniQ members who do not yet have a profile on RG about the bibliometric and altmetric advantages offered by RG and encouraging them to proceed with their registration on this platform (or this academic social network); (iv) sensitization of researchers about placing their research projects online and updating their profiles, encouragement of researchers to answer questions asked about RG by colleagues working in their respective fields of expertise; (v) encouraging researchers to read the work available on RG in their area of expertise, (vi) encouraging researchers to recommend work available on RG in their area of expertise.

Without wishing to enter into an evaluation of the title and objectives of this project, nor into that of the 12 reports already produced in 2020 (Emmanuel et al, 2020a; Alexis et al, 2020; Emmanuel et al, 2020b; St-Louis et al, 2020; Paul et al, 2020a; Apply et al, 2020; Noncent et al, 2020; Charles et al, 2020; Joseph et al, 2020; Paul et al, 2020b), this initiative provides a contextual and theoretical framework ideal for conducting this study. Indeed, it provides researchers with an empirical database that requires analysis to better understand, in the specific case of this work, the scientific productivity of UniQ researchers in three fields relating to the sciences of the earth and the living.

Selection, analysis, and modeling of available data

The 12 RG-report- # reports provide a list of Quisqueya University members registered on RG. There are professors, assistant professors, research assistants, research interns, and alumni). In January 2020 only 1 researcher in agronomy, 10 in the environment and 9 in health had an RG score higher than or equal to 1.

Let X_i be the RG-Score of each researcher:

$$RG \text{ score total} = \sum_{i=1}^n X_i$$

Where the X_i are positive constants greater than 1.

Methods

Based on certain bibliometric and altmetric indicators available in academic networks, the objective of this work is to carry out a summary assessment of the scientific productivity of Quisqueya University researchers working in the fields of agronomy, the environment and health. The information compiled in December 2020 by Moïse et al. (2020) for the altmetric indicators from ResearchGate makes it possible to have a sample of 47 researchers with an RG Score higher than 1. Table 1 shows the representativeness at Quisqueya University of each of the channels selected.

Table 1. Representativeness of the sectors in December 2020

Fields	Agronomy	Environment	Health	Others	Total
Effective (n)	5	19	7	16	47
Distribution (%)	10.64	40.43	14.89	34.04	100

The RG Score altmetric indicator provided by the academic social network ResearchGate, and the bibliometric indicators number of citations and H-index available on ResearchGate, Scopus and Google Scholar were collected and recorded (December 31, 2020).

Statistical analysis of data

Statistical analysis of the data was performed using R software. Kolmogorov-Smirnov normality tests were performed by XL-STAT software. Pearson's rank correlation was used to calculate correlations between the RG Score altmetric indicator and the citation count and H-index bibliometric indicators that are suitable for non-normal distributions typically used in testing large social media data.

Results and discussion

The main results obtained within the framework of this summary evaluation of the scientific productivity of Quisqueya University for the year 2020 from the statistical analysis of the altmetric indicator (RG score)

available on the academic social network ResearchGate and bibliometric indicators (number of citations and H-index) from ResearchGate, Scopus and Google Scholar, concerning the 47 researchers divided into 4 groups (agronomy, environment, health and other disciplines) are presented in the following tables.

Distribution of the RG score altimetric indicator

The total RG score calculated during the year 2020 for each of the domains selected from the 12 RG-report-# reports available on ResearchGate is presented in Figure 1.

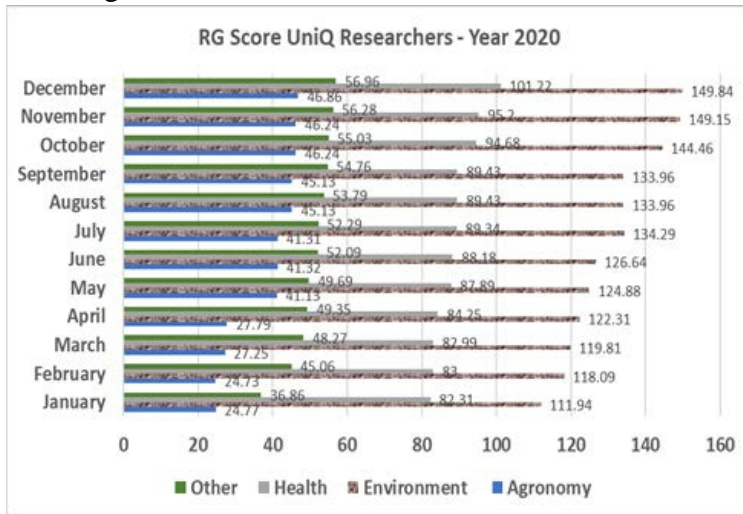


Figure 1. Distribution of the RG Score altimetric indicator during the year 2020

The distribution of the RG score altimetric indicator from January to December 2020 for all researchers at Quisqueya University, as summarized in the table, indicates an increase in the total RG score of 19.09 for agronomy, 18.91 for health, 37.90 for the environment and 20.10 for all other areas. These results on the assessment of contributions for the period selected by the peers demonstrated the order of selectivity of the research areas by the RG score: Environment > Others > Agronomy > Health. Except for agronomy, which had the smallest number of researchers (n = 5 see table 1) on December 31, 2020, with an RG score ≥ 1, the order of appreciation expressed by the peers reflects the order of distribution of the number of researchers per field (see Table 1).

The RG-Score for the environment sector represents 42% of the RG-Score for University Quisqueya. With a total number of researchers lower than that of the environment sector, the health and agronomy sectors together also represented 42% of the RG-Score of the UniQ (Figure 2).

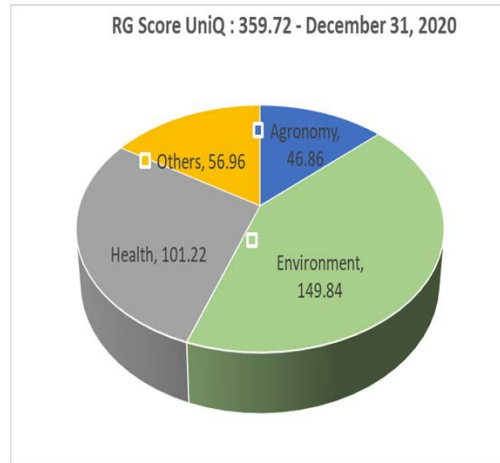


Figure 2. Percentage contribution of fields to the RG score of Quisqueya University - as of December 31, 2020

Distribution of bibliometric indicators (number of citations and H-index)

Within the framework of this study, two bibliometric indicators were used to measure the scientific productivity of researchers: the number of citations and the H-index. The breakdown of the number of citations as well as that of the H-index of researchers by sector as of December 31, 2020, are presented in Figures 3 and 4.

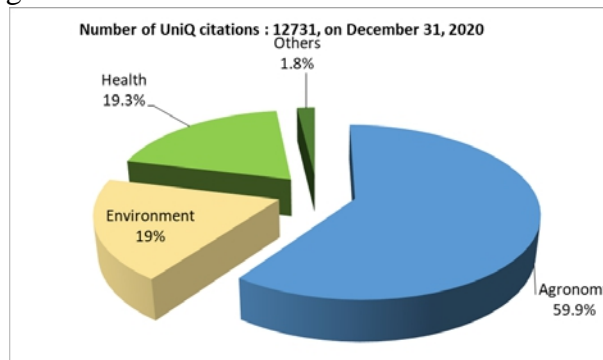


Figure 3. Breakdown of the total number of citations by field on December 31, 2020

Of the total of 12,731 citations enumerated on December 31, 2020, 19% belong to the environment sector, 19.3% to health, 59.9% to agronomy and 1.8% to other sectors (Figure 3). By analyzing the results of the agronomy sector, we see that it has the highest citation average, i.e., 1524.4, as well as the maximum value of citations, which is equal to 7423. However, these observations allow us to understand that at the level of the agronomy sector, one researcher alone cumulates 97.4% of the high number of citations in this field.

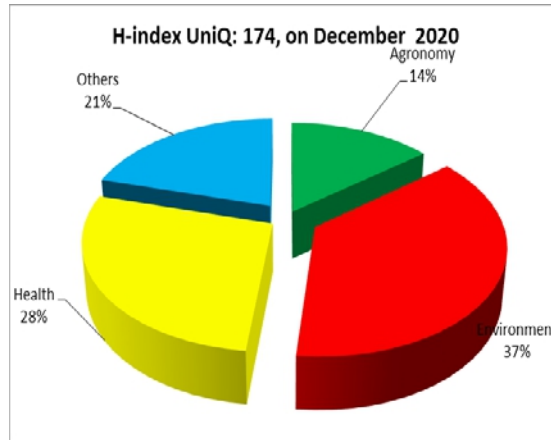


Figure 4. Distribution of the H-index of researchers by field on December 31, 2020

UniQ researchers have a total H-index of 174. About 42% belong to the environment, 28% to health researchers and 14% to agronomy (Figure 4). The distribution of bibliometric indicators for the period from January to December 2020 is summarized in Figures 5 and 6.

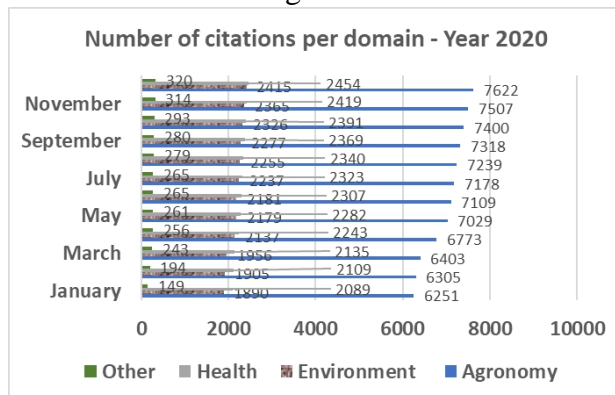


Figure 5. Distribution of the number of citations by domain during the year 2020

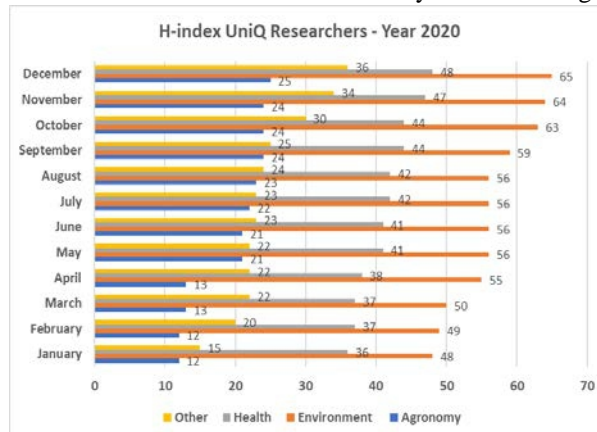


Figure 6. Distribution of the H-index by domain during the year 2020

The number of citations increased for all the fields studied. Between the information collected in January 2020 and that of December 2020, differences of the order of +1371 for agronomy, +525 for the environment, +365 for health, and +171 for all other areas are indicated. in figure 5. The order of increase of citations for the period selected is expressed as follows: Agronomy> Environment> Health> Others>. As for the variation of the H-index, Figure 6 indicates increases of the order of: +21 for other sectors, + 17 for the environment, + 13 for agronomy and +12 for health. This increase is thus observed between the sectors: Others> Environment> Agronomy> Health.

Analysis of the information presented in Figures 5 and 6 shows a significant increase in value between January and December 2020 for the bibliometric indicators studied in this study. Tables 2 and 3 provide information on the variation in bibliometric indicators (number of citations and H-index) for each of the streams between January and December 2020.

Table 2. Variation of the bibliometric indicator "Number of citations"

Field	January 2020	December 2020	Variation (%)
Agronomy	6251	7622	21.93
Environment	1890	2415	27.78
Health	2089	2454	17.47
Others	149	320	114.77

The distribution results show an increase in total citations (Table 2) of 21.93% for agronomy, with an increase of 27.78 for the environment, 17.47% for health and 114.77% for other fields.

Table 3 summarizes the variation in the estimated H-index results for each sector for the period from January to December 2020. These results indicate an increase in the H-index by sector, generally ranging from 33.33% to 140% in total. This increase follows the following order: Others> Agronomy> Environment> Health.

Table 3. Variation of the bibliometric indicator "H-index"

Field	January 2020	December 2020	Variation (%)
Agronomy	12	25	108.33
Environment	48	65	35.42
Health	36	48	33.33
Others	15	36	140.00

Distribution of bibliometric indicators in ResearchGate, Scopus and Google Scholar

Distribution classes of the production index

Martin and Irvin (1985) consider that each indicator has its advantages and limitations, and care should be taken not to view them as “absolute” indices. The convergence of indicators must be tested to put the information they convey into perspective. To better appreciate the information provided

for the indicators used to calculate the index of the scientific production index, the sample of 47 researchers was broken down into eleven classes of values.

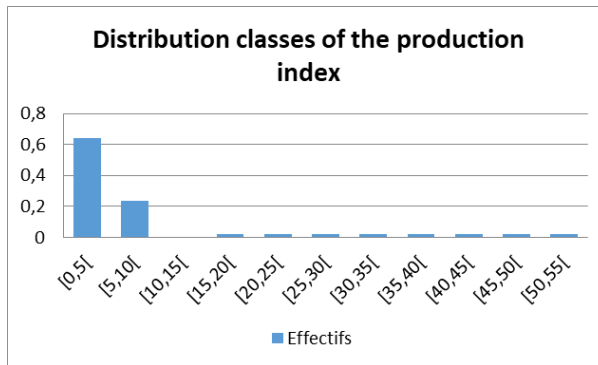


Figure 7. Distribution class of researchers according to their RG Score

The scientific output achieved during the period is very unevenly distributed among UniQ's teacher-researchers. Almost 63.5% of UniQ researchers have a publication score lower than 5, while only 10.41% have scores above 10.

Selection of data based on the low number of self-citations.

To reduce the biases that self-citations can generate on productivity, it was decided to evaluate researchers who meet the following conditions:
 RG-Score ≥ 10

H-index \geq H-index including auto citations.

Of the 47 researchers with an RG score >1 in ResearchGate, only 5 met the conditions. They were thus divided: 1 in agronomy, 1 in the environment and 3 in health. The distribution of the RG-Score ≥ 10 metric indicator is summarized in Figure 8.

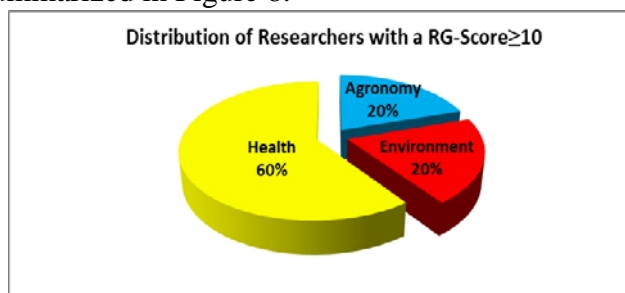


Figure 8. Distribution by field of researchers with an RG Score > 10

Figure 8 shows that the 2 researchers constituting the population of those in agronomy and the environment with an RG score > 10 , represent 40%, while the 3 in health having fulfilled the same conditionality represent 60%.

Study of the relationship between the RG-Score and the bibliometric indicators available on ResearchGate, Google Scholar and Scopus

The study of the relationship between the available RG-Score and the bibliometric indicators, available on ResearchGate, Google Scholar and Scopus, respectively, was carried out using data collected manually during the month of December 2020. This is digital information on the RG-Score, the number of citations and the H-index of these researchers. Descriptive statistics for these data are presented in Table 4.

Table 4. Descriptive statistics of the RG score and the bibliometric indicators of researchers

Indicator	Mean	Min	Max	SD	n
RG-Score (ResearchGate)	52.6	25.23	80.47	27.62	3
Citations (ResearchGate)	3856	1744	7423	3106.53	3
H-index (ResearchGate)	22.67	13	39	14.22	3
Citations (Google Scholar)	3226	0	7560	3899.89	3
H-index (Google Scholar)	11.33	0	19	10.02	3
Citation (Scopus)	2570.3	1074	4677	1877.44	3
H-index (Scopus)	7	11	36	6.08	3

We note that the average RG Score of the 3 sectors is 52.59 with a low score observed in agronomy. The average citation number in Google Scholar is 3226 with a citation number equal to 0 for the health field. The same goes for the H-index on Google Scholar for health researchers.

The comparison of the number of citations and H-index of these researchers in the various academic social networks makes it possible to postulate that in certain disciplines, for example health, the research professors in the health sciences have not yet created a profile on Google Scholar. More than 70% of the number of citations made by researchers on Google Scholar are recorded in Agronomy. As a result, UniQ researchers are much more present on ResearchGate than on the other academic social networks considered in this study.

Statistical analysis of data

Data were analyzed using XLSTAT and R software, including the Kolmogorov-Smirnov normality test for each indicator. Pearson's correlation was used to calculate correlations between the altmetric indicator (RG-Score) from ResearchGate and bibliometric indicators (citation and H-index) from Google Scholar and Scopus.

For applications of the Kolmogorov-Smirnov normality test on the following indicators: a. number of citations (Scopus), b. H-index (Scopus), c. number of citations (Google Scholar), d. H-index (Google Scholar), e. number of citations (ResearchGate), f. H-index (ResearchGate), the following two hypotheses have been developed:

1. H₀: The sample follows a normal distribution.

2. Ha: The sample does not follow a normal distribution.
 The histogram obtained by applying the Kolmogorov-Smirnov normality test for the number of citations available on Scopus for the 3 researchers is shown in Figure 9.

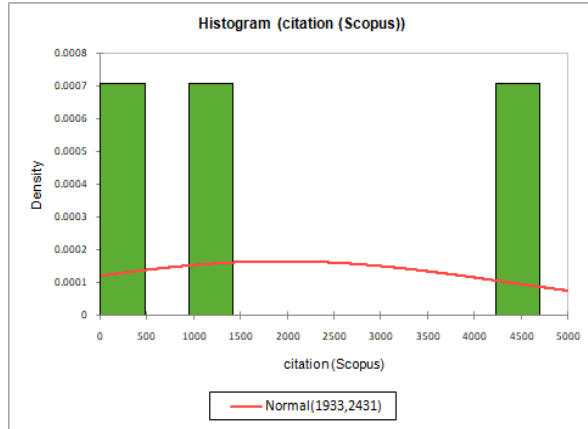


Figure 9. Histogram of the normality test for the number of citations on Scopus

Since the p-value ($p = 0.873$) calculated is higher than the significance level $\alpha = 0.05$, we cannot reject the null hypothesis H_0 . The same result ($p > \alpha = 0.05$) was also obtained for the 3 other applications.

Distribution of altmetric and bibliometric indicators of these researchers

The distribution of the altmetric indicator as well as the bibliometric indicators for December 2020 for researchers with an RG-Score ≥ 10 is summarized in Table 5.

Table 5. Distribution of altmetric and bibliometric indicators

	ResearchGate RG-Score	Google Scholar Citation	Scopus citation	Google Scholar H-index	Scopus H-index
Normality	0.99	0.93	0.87	0.76	0.61

The results of the distribution of the altmetric indicator on ResearchGate indicate an increase in the total number of citations of 19.53% compared to Google Scholar and 50.02% compared to Scopus (Figure 10).

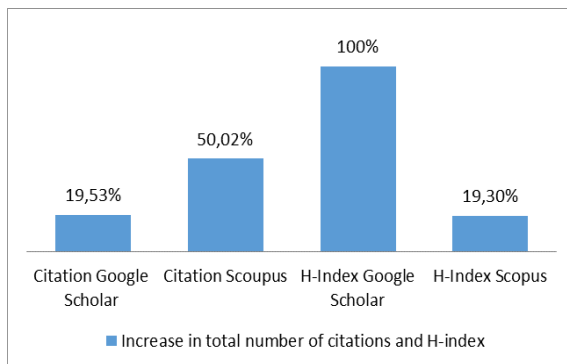


Figure 10. Distribution of the RG Score and increase in the number of citations

Correlation between RG Score and bibliometric indicators

The relationships between the RG Score altmetric indicator from ResearchGate and the bibliometric indicators of number of citations and the H-index from Google Scholar and Scopus were demonstrated by the Pearson rank correlation coefficient. Table 6 shows the correlation matrix for the analysis of these relationships.

Table 6. Correlation matrix between RG Score and bibliometric indicators (number of citations and H-index)

Pearson Rank Correlation	Google Scholar citation	Scopus citation	Google Scholar H-index	Scopus H-index
ResearchGate RG-Score	-0.965	-0.712	-0.759	0.90
ResearchGate citation	0.928	0.991	0.215	-0.436
ResearchGate H-index	-0.786	-0.381	-0.953	0.997

Table 6 gives the results of the Pearson rank correlation for the following 3 indicators RG-Score, citation and H-index provided by ResearchGate for the month of December 2020, with the number of citations on SCOPUS and Google Scholar as well as the H-index available on these two scientific databases.

A significant correlation was observed between the number of citations on RG and the information available on SCOPUS for this same indicator. This result, SCOPUS, Pearson's $r = 0.99$ (<0.05 significance), leads to the conclusion that the works cited are 99% those published in journals referenced by SCOPUS or by the Web of Science. The work of Shrivastava & Mahajan (2015) has shown a correlation of Pearson's $r = 0.98$ (significance not listed) between the altmetric indicators of ResearchGate and the citations analysis resources of Scopus. An important correlation ($r = 0.928$) is also observed between ResearchGate citation and Google Scholar citation.

The results, Pearson's $r = 0.90$ and $r = 0.997$ (<0.05 significance) obtained respectively for the correlations of the Pearson ranks between ResearchGate citation and Scopus H-index, between ResearchGate H-index and Scopus H-index, coincide with the orders of magnitudes provided in the legend of the correlation matrix of rank values developed by Adriaanse and Rensleigh (2018) for the bibliometric indicators of SCOPUS, Google Scholar and Web of Science, and the altmetric indicators of RG. These results show that the journals referenced, and which have a factor impact seem to have a weight in the estimation of the RG Score. Furthermore, these results are consistent with the information reported in the literature on the strong positive correlations that exist between the altmetrics indicators of RG and the bibliometric indicators, in particular the number of citations) from Scopus, Web of Science and Google Scholar (Adriaanse and Rensleigh, 2018).

Conclusion

The objective of this study was to carry out a summary assessment of the scientific productivity of Quisqueya University researchers in 3 specific fields: agronomy, environment, and health. An experimental framework was created using information available on the academic social network ResearchGate, and on SCOPUS and Google scholar. All the fields recorded a significant increase for the RG score altmetric indicator and the two bibliometric indicators: number of citations and H-index.

The strong positive correlations observed between the indicators of RG citation and those of structures like SCOPUS are found in the same orders of magnitude with information reported in the literature. However, strong negative correlations, Pearson's $r = -0.965$ and $r = -0.953$ (<0.05 significance), respectively between RG-Score and Google Scholar citation; and between RG H-index and Google Scholar H-index, were observed. These results, reflecting an opposition of meaning in the evolution of the indicators concerned, need to be studied to identify, from the various variables that enter the estimation of these indicators, elements of response allowing the interpretation of these observations.

This simplistic approach to the assessment of the scientific productivity of researchers in a low-income country will now have to be continued and improved by much more comprehensive measures on a much larger number of fields, universities, and by using new economic, altmetric and bibliometric indicators.

Author Contributions: Conceptualization of the study – Evens Emmanuel. Writing of the original study protocol – Evens Emmanuel. Preparation of the data collection tool – Magline Alexis. Validation of the data collection tool - Evens Emmanuel, Jasmine Césars. Data collection, data

processing and analysis - Magline Alexis and Jasmine Césars. Writing of the first draft of the paper – Jasmine Césars, Magline Alexis and Evens Emmanuel. Review, editing and revised version - Evens Emmanuel. All the authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

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

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

References

1. Abramo, G., D’Angelo, C. A., & Di Costa, F. (2009). Research collaboration and productivity: is there correlation?. *Higher education*, 57(2), 155-171. <https://doi.org/10.1007/s10734-008-9139z>
2. Adriaanse, L. S., & Rensleigh, C. (2018). ResearchGate: Investigating Altmetric and Bibliometric Relationships for Environmental Science Researchers at Unisa. In.: *International Conference on Multidisciplinary Research. Track 4: Education*. ISBN 978-99949-0-384-9. <https://core.ac.uk/download/pdf/160827888.pdf>
3. Alexis, M., Emmanuel, E., Millien, M. F., Balthazard-Accou, K., Cadet, R. L., & Jean, G. (2020). Measuring the scientific productivity of UniQ researchers on ResearchGate (February 18, 2020). Report number: RG-report-002. Port-au-Prince: Université Quisqueya. https://www.researchgate.net/publication/340260903_Measuring_the_scientific_productivity_of_UniQ_researchers_on_ResearchGate_February_18_2020
4. Apply, A., Joseph, Y., Emmanuel, E. (2020). Measuring the scientific productivity of UniQ researchers on ResearchGate (June 24, 2020). Report number: RG-report-006. Port-au-Prince: Université Quisqueya. https://www.researchgate.net/publication/342479925_Measuring_the_scientific_productivity_of_UniQ_researchers_on_ResearchGate_June_24_2020

5. Charle, C. (2009). L'évaluation des enseignants-chercheurs. Vingtième Siècle. Revue d'histoire, (2), 159-170. <https://doi.org/10.3917/ving.102.0159>
6. Charles, J. R., Letemps, É., & Emmanuel, E. (2020). Measuring the scientific productivity of UniQ researchers on ResearchGate August 20, 2020. Report number: RG-report-008. Port-au-Prince: Université Quisqueya. https://www.researchgate.net/publication/343786040_Measuring_the_scientific_productivity_of_UniQ_researchers_on_ResearchGate_August_20_2020
7. Chavda, J., & Patel, A. (2016). Measuring research impact: bibliometrics, social media, altmetrics, and the BJGP. *British Journal of General Practice*, 66(642), e59-e61. <https://doi.org/10.3399/bjgp16X683353>
8. Coutrot, L. (2008). Sur l'usage récent des indicateurs bibliométriques comme outil d'évaluation de la recherche scientifique. *Bulletin de méthodologie sociologique. Bulletin of sociological methodology*, (100), 45-50. <https://journals.openedition.org/bms/3353>
9. Dolan, K. A. (2012). How Ijad Madisch aims to disrupt science research with a social network. *Lists. Forbes*. <http://www.forbes.com/sites/kerryadolan/2012/07/19/how-ijad-madisch-aims-to-disrupt-science-researchwith-a-social-network/>.
10. Emmanuel, E., Cadet, R.L., Balthazard-Accou, K., Jean, G., Millien, M.F. (2020a). Measuring the scientific productivity of UniQ researchers on ResearchGate (January 21, 2020). Report number: RG-report-001. Port-au-Prince: Université Quisqueya. https://www.researchgate.net/publication/340260793_Measuring_the_scientific_productivity_of_UniQ_researchers_on_ResearchGate_January_21_2020
11. Emmanuel, E., Cadet, R.L., Balthazard-Accou, K., Jean, G., Millien, M.F. (2020b). Measuring the scientific productivity of UniQ researchers on ResearchGate (March 17, 2020). Report number: RG-report-003. Port-au-Prince: Université Quisqueya https://www.researchgate.net/publication/340260694_Measuring_the_scientific_productivity_of_UniQ_researchers_on_ResearchGate_March_17_2020
12. Falagas, M. E., & Alexiou, V. G. (2008). The top-ten in journal impact factor manipulation. *Archivum immunologiae et therapiae experimentalis*, 56(4), 223-226. <https://doi.org/10.1007/s00005-008-0024-5>

13. Gaillard, J., & Schlemmer, B. (1996). Chercheurs du nord, chercheurs du sud: Itinéraires, pratiques, modèles. Les Sciences Au Sud. Etat Des Lieux. ORSTOM, Paris, 113-135.
14. Gauthier, É. (1998). Bibliometric analysis of scientific and technological research: a user's guide to the methodology. Ottawa: Observatoire des Sciences et des Technologies. Working paper. <http://www.publications.gc.ca/Collection/Statcan/88F0006X/88F0006XIE1998008.pdf>
15. Garfield, E. (1994). The impact factor. *Current contents*, 25(20), 3-7.
16. Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National academy of sciences*, 102(46), 16569-16572.
17. Hoffmann, C. P., Lutz, C., & Meckel, M. (2014, January). Impact factor 2.0: Applying social network analysis to scientific impact assessment. In 2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences (pp. 1576-1585). IEEE.
18. Joseph, I., Moise, K., Emmanuel, E. (2020). Measuring the scientific productivity of UniQ researchers on ResearchGate (September 24, 2020). Report number: RG-report-009. Port-au-Prince: Université Quisqueya. https://www.researchgate.net/publication/344380700_Measuring_the_scientific_productivity_of_UniQ_researchers_on_ResearchGate_September_24_2020
19. Joseph, I., Moise, K., & Emmanuel, E. (2020). Measuring the scientific productivity of UniQ researchers on ResearchGate September 24, 2020. Report number: RG-report-009. Port-au-Prince: Université Quisqueya.
20. https://www.researchgate.net/publication/344380700_Measuring_the_scientific_productivity_of_UniQ_researchers_on_ResearchGate_September_24_2020
21. Konkiel, S. (2013). Altmetrics: A 21st-century solution to determining research quality. *Online searcher*, 37(4), 10-15.
22. Kraker, P., & Lex, E. (2015). A critical look at the ResearchGate score as a measure of scientific reputation. *Proceedings of the Quantifying and Analysing Scholarly Communication on the Web Workshop (ASCW'15), Web Science Conference, Oxford, England, 28 June–1 July 2015*.
23. Lamari, M., Villeneuve, C., & Gélinas, P. (2010). Financement de la recherche universitaire et productivité scientifique des chercheurs au Québec. https://www.academia.edu/download/29090255/Tire_a_part_article2.pdf

24. Maisonobe, M., Grossetti, M., Milard, B., Eckert, D., & Jégou, L. (2016). L'évolution mondiale des réseaux de collaborations scientifiques entre villes: des échelles multiples. *Revue française de sociologie*, 57(3), 417-441. <https://doi.org/10.3917/rfs.573.0417>
25. Martin, B. R., & Irvine, J. (1983). Assessing basic research: some partial indicators of scientific progress in radio astronomy. *Research policy*, 12(2):61-90. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(83\)90005-7](https://doi.org/10.1016/0048-7333(83)90005-7)
26. Monastersky, R. (2005). The number that's devouring science. *Chronicle of Higher Education*, 52(8), 14. <https://www3.nd.edu/~pkamat/citations/chronicle.pdf>
27. Nicholas, D., Clark, D., & Herman, E. (2016). ResearchGate: reputation uncovered. *Learned Publishing*, 29(3), 173-182. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/leap.1035>
28. Noncent, D., Pierre, A., Garçon, J., Emmanuel, E. (2020). Measuring the scientific productivity of UniQ researchers on ResearchGate (July 24, 2020). Report number: RG-report-007. Port-au-Prince: Université Quisqueya. https://www.researchgate.net/publication/343206205_Measuring_the_scientific_productivity_of_UniQ_researchers_on_ResearchGate_July_24_2020
29. Paul, B., Joseph, E., Jeune, W., Alexis, M., Benjamin, F., Michel, D., Apply, A., St-Louis, D., Emmanuel, E. (2020a). Measuring the scientific productivity of UniQ researchers on ResearchGate (May 21, 2020). Report number: RG-report-005. Port-au-Prince: Université Quisqueya. https://www.researchgate.net/publication/341591842_Measuring_the_scientific_productivity_of_UniQ_researchers_on_ResearchGate_May_21_2020
30. Paul, B., Moïse, K., Henrys, H.J., Emmanuel, E. (2020b). Bibliometric and altmetric datas from the academic social network ResearchGate on Quisqueya University, October 22, 2020. RG-monthly report: RG-report-010. Port-au-Prince: Université Quisqueya. https://www.researchgate.net/publication/344828048_Bibliometric_and_altmetric_datas_from_the_academic_social_network_ResearchGate_on_Quisqueya_University_October_22_2020
31. Priem J, Taraborelli D, Groth P, Neylon C. (2010). Altmetrics: A manifesto. <http://altmetrics.org/manifesto>
32. Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics. *Journal of documentation*, 25(4):348-349.
33. Repanovici, A. (2010). Mesure de la visibilité de la production scientifique de l'Université à l'aide de Google Scholar, du logiciel "Publish or Perish" et des méthodes de la scientométrie. *World Library*

- and Information Congress: 76th IFLA General Conference and Assembly 10-15 August 2010, Gothenburg, Sweden. <http://origin.ifla.org/past-wlic/2010/155-repanovici-fr.pdf>
34. Rey, O. (2009). Productivité et qualité scientifique: avec quelles publications compter? Scientific productivity and quality: identifying relevant publications” Dossier d’actualité de la VST, n°46 – juin-juillet 2009
 35. Roemer, R. C., & Borchardt, R. (2012). From bibliometrics to altmetrics: A changing scholarly landscape. *College & Research Libraries News*, 73(10), 596-600. <https://crln.acrl.org/index.php/crlnews/article/view/8846/9480>
 36. Rossner, M., Van Epps, H., & Hill, E. (2008). Show me the data. *J Gen Physiol* (2008) 131 (1): 3–4. <https://doi.org/10.1085/jgp.200709940>
 37. Shrivastava, R., & Mahajan, P. (2015). Relationship amongst ResearchGate altmetric indicators and Scopus bibliometric indicators: The case of Panjab University Chandigarh (India). *New Library World*. Vol. 116 No. 9/10, pp. 564-577. <https://doi.org/10.1108/NLW-03-2015-0017>
 38. Shema, H., Bar-Ilan, J., & Thelwall, M. (2014). Do blog citations correlate with a higher number of future citations? Research blogs as a potential source for alternative metrics. *Journal of the Association for information science and technology*, 65(5), 1018-1027. <https://doi.org/10.1002/asi.23037>
 39. Singson, M., & Anees, M. (2017). Use of ResearchGate by the Research Scholars of Pondicherry University: A Study. *DESIDOC Journal of Library & Information Technology*, 37(5). DOI : 10.14429/djlit.37.11139.
 40. St-Louis, D., Benjamin, F., Michel, D., Jean, G., Apply, A., Ciguino, H., Casséus, R.M., Alexis, M., Cadet, R.L., Emmanuel, E. (2020). Measuring the scientific productivity of UniQ researchers on ResearchGate (April 21, 2020). Report number: RG-report-004. Port-au-Prince: Université Quisqueya. https://www.researchgate.net/publication/340826414_Measuring_the_scientific_productivity_of_UniQ_researchers_on_ResearchGate_April_21_2020
 41. Yu, M. C., Wu, Y. C. J., Alhalabi, W., Kao, H. Y., & Wu, W. H. (2016). ResearchGate: An effective altmetric indicator for active researchers?. *Computers in human behavior*, 55, 1001-1006. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.11.007>



Prevalence Of Alcohol Consumption In First-Year Romanian Medical Students And Its Association With Cardiovascular Risk Factors

Adriana Gherbon, MD
Romulus Timar, MD, PhD

2nd Department of Internal Medicine, Discipline of Diabetes, Nutrition and Metabolic Diseases "Victor Babes" University of Medicine and Pharmacy, , Timisoara, Romania

Mirela Frandes, PhD

Department of Biostatistics and Medical Informatics, "Victor Babes" University of Medicine and Pharmacy, Timisoara, Romania

Marioara Nicula, PhD

Dorel Dronca, PhD

Mirela Ahmadi, PhD

Banat University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine "King Mihai I of Romania" from Timisoara, Faculty of Bioengineering of Animal Resources, Timisoara, Romania

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p337](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p337)

Submitted: 28 February 2021

Accepted: 22 June 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Gherbon A., Timar R., Frandes M., Nicula M., Dronca D. & Ahmadi M. (2021). *Prevalence Of Alcohol Consumption In First-Year Romanian Medical Students And Its Association With Cardiovascular Risk Factors*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 337.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p337>

Abstract

Alcohol is the third risk factor for premature disease and death for the general population of the European Union (EU) after smoking and high blood pressure. In the case of young people, they consume alcohol based on the desire to explore, sometimes associating it with recreational drugs use, thus increasing the risk of negative consequences. The objective of this study was to assess the prevalence of alcohol consumption and its association with other cardiovascular risk factors in first-year medical students. The studied lot consisted of 434 first-year medical students, 30.18% boys, and 69.82% girls,

with the mean age of 19.48 ± 0.53 years. The methods included the administration of a questionnaire (CORT 2004 questionnaire on health risk behaviors in first-year medical students) for assessing both alcohol consumption and stress state, as well as blood pressure determination, and anthropometric parameters. The prevalence of alcohol consumption among first-year medical students was 22.58%, with a net prevalence of male gender (57.25% M versus 7.59% F) ($p < 0.001$, $X^2 = 129.02$). The main reasons for alcohol consumption were the festive and official occasions and the desire to integrate into the group. People with whom they prefer to drink alcohol were friends, colleagues, and family. The age at which most people began to consume alcohol was 13-14 years old, and the favorite drink was beer among boys and wine among the girls. Regarding the cardiovascular risk factors, positive correlations were obtained between alcohol and smoking, increased consumption of bread, sedentary lifestyle, and increased body mass index. Students need to be educated from the first year of study on the long-term consequences of alcohol consumption related to the development of the cardiovascular disease, and further studies are needed to see if educational programs really reduce the prevalence of alcohol consumption.

Key Words: Alcohol, First-Year Medical Students, Cardiovascular Risk Factors

Introduction

In the field of organic chemistry, alcohols represent hydroxyl organic compounds containing a hydroxyl functional group attached to a saturated carbon atom. The most commonly used alcohols are methanol or methyl alcohol and ethanol or ethyl alcohol [Ioniță, 2008].

The term alcohol refers to any beverage containing ethanol. Alcohol is the third risk factor for premature disease and death for the general population of the European Union (EU) after smoking and high blood pressure (WHO) [WHO, 2014; Lammerich et al, 2016].

Alcohol can cause a range of conditions: neuropsychiatric disorders (epilepsy, depression, anxiety, etc.), digestive diseases (alcoholic liver cirrhosis, acute and chronic pancreatitis, and alcoholic gastropathy), cancers (digestive tract, and breast), cardiovascular disorders (ischemic, hemorrhage stroke, hypertension), increase lead in the blood [Nicula et al, 2017] etc. It is also responsible for the vast majority of traffic accidents, especially for young people [WHO, 2016]. In addition to health effects, excessive alcohol consumption can cause relational problems (deterioration of family relationships, separation, divorce, abuse and neglect of children), loss of friends, material difficulties, job loss, loss of housing, social exclusion, legal

problems (fines, imprisonment), inappropriate sexual behavior (unprotected sex, rape, unwanted pregnancy) [WHO, 2014].

Excessive alcohol consumption is considered to be the consumption of at least 60 grams of pure alcohol in men or 40 grams of pure alcohol in women at least once in the last 30 days (WHO) [Steffens et al, 2016] or at least 5 alcoholic beverages with one occasionally, once in the last 30 days [Hibell et al, 2012].

Romania ranks 3rd in the EU by the amount of alcohol consumed and second in the countries with the most harmful consumption pattern. As for the type of beverage consumed, beer is in the first place, followed by wine (60%) and spirits (~ 40%) [WHO, 2014; RARHA, 2016].

In the case of young people, they consume alcohol from the desire to explore, sometimes associating with recreational drug use, thus increasing the risk of negative consequences. Thus, one of ten deaths among young women aged 15-29 and one in four deaths among young men was found to be due to alcohol [Commission of European Communities, 2006].

Experimental part

Material and method

The study was cross-sectional, non-interventional, based on the CORT 2004 questionnaire on health risk behaviors in first-year medical students [Vlaicu, 2007]. The Cardiovascular Risk Factors Identification was based on the European Guidelines for the Prevention of Cardiovascular Disease (2016) [European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice, 2016].

The inclusion criteria were:

- First-year Romanian medical students

The exclusion criteria:

- Medical students from other years
- Refuse to participate to the study

All the students from the first year wanted to participate to the study.

None of these students refused the participation. The large prevalence of female students was related to the fact that predominantly female students are pursuing a medical school.

The study of these eating habits in medical students was part of a larger study on cardiovascular risk factors in young people, i.e., those aged from 18 to 19 years. Because only those in the first year were at this age, only they were asked to participate in the study.

The criteria for assessing the unhealthy diet were: breakfast consumption under 7 days/week, consumption of more than 6-11 servings/day bread and cereals, under 3-4 servings/day fresh fruit and vegetables, over 3 days/week or daily foods rich in fat, over 3 days/ week or regular high-refined

food. These criteria were approved by the Ethics Committee of the Victor Babes University of Medicine and Pharmacy Timisoara.

For all students, were determinate the anthropometric parameters represented by height, weight, body mass index (BMI), and abdominal circumference (AC). Also, we determinate blood pressure (BP). BMI was calculated using the weight/height² formula, being overweight the persons with BMI between 25-29.9 kg/m² and obese those with BMI \geq 30 kg/m². For AC we considered normal values for women < 80 cm and for men < 94 cm. BP was determined using a conventional blood pressure cuff, considered as a risk factor values of SBP above 140 mmHg. Highly normal values (130-139 mmHg) were also considered a cardiovascular risk factor. The Perceived Stress Questionnaire was used to assess the stress level [Bában, 1998]. The study was approved by the Ethics Committee of the "Victor Babes" University of Medicine and Pharmacy, Timisoara. All participants gave informed consent to participate in the study.

Measured data were analyzed using the IBM SPSS Statistics v.20 software. Numerical continuous variables were characterized by the mean and standard deviation (SD), and nominal ones by frequency and percentage. For all variables, the 95% confidence interval was calculated. A comparison of the category-type variables was performed by applying the chi-square test or the Fisher exact test, and the continuous ones by the unpaired t-test or Wilcoxon test. The criteria for a variable to be considered a risk factor were OR > 1 (95% CI > 1). The OR calculations were performed using logistic regressions. The statistical significance threshold was considered $p < 0.05$.

Results

The study group consisted of 434 first-year medical students, 30.18% boys, and 69.82% girls, with the mean age of 19.48 ± 0.53 years, age range 18-20 years. Approximately one quarter (22.58%) of first-year medical students who responded to the questionnaire acknowledged that they were drinking alcohol. Regarding the gender distribution, a net prevalence of male gender was found (57.25% M versus 7.59% F) ($X^2 = 129.02$, $p < 0.001$).

The main reasons for alcohol consumption in first-year medical students were the festive and official occasions, i.e., and because they wanted to integrate into the group (Fig. 1).

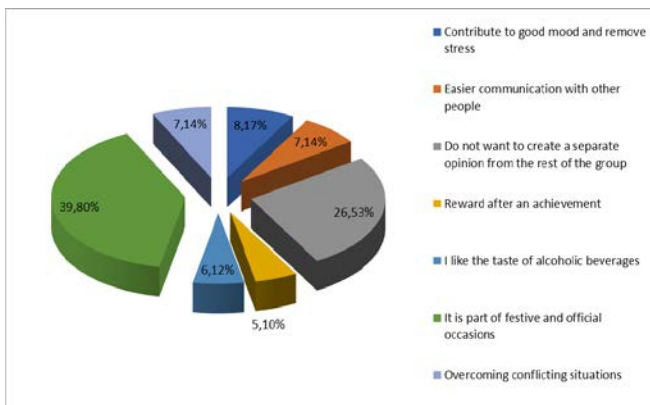


Figure 1. Reasons for Drinking Alcohol in First-Year Medical Students

Concerning people with whom alcohol is consumed, consumption is usually preferred with friends, colleagues, but also with family (Fig. 2).

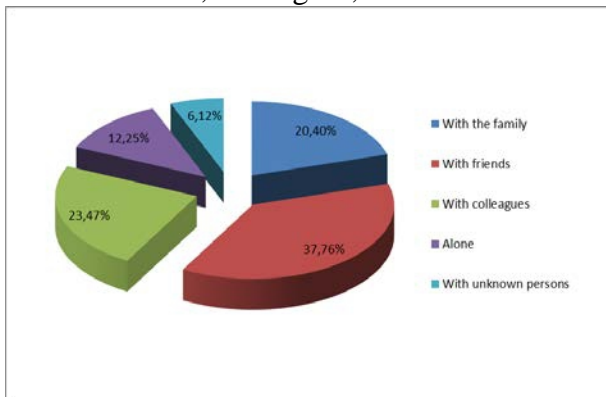


Figure 2. People with Whom Alcohol is Consumed by First-Year Medical Students

The onset age of first alcohol consumption was predominantly between 13-14 years, followed by 15-16 years, and 17 years respectively (Fig. 3).

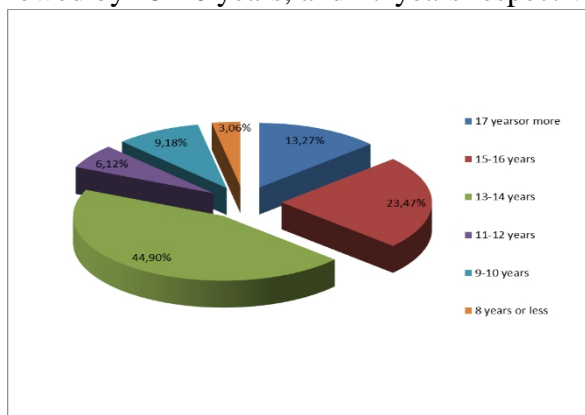


Figure 3. Age of First Alcohol Consumption in First-Year Medical Students

As for the type of alcoholic beverages, in the study, boys prefer beer, and girls' wine (Fig. 4).

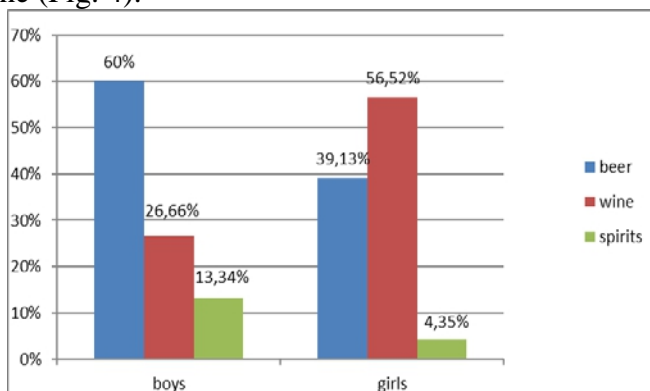


Figure 4. Type of Alcoholic Beverages Consumed by First Year Medical Students

It was followed also the association between alcohol consumption and cardiovascular risk factors, and the results are in the table below (Table I).

Table I. The correlation between alcohol consumption and cardiovascular risk factors

Parameters	Consumers (C)				Non – consumers (NC)				OR	OR	OR
	F = 23		M = 75		F = 280		M = 56		[95% CI]	[95% CI]	[95% CI]
	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	C vs. NC	C vs. NC	C vs. NC
Smoking	12	11	34	41	58	222	18	38	OR = 3.02 [1.88–4.85] p<0.001	OR = 4.17 [1.75–9.95] p = 0.0012	OR = 1.75 [0.85–3.60] p = 0.12
Saturated fats	13	10	38	37	134	146	26	30	OR = 1.19 [0.76–1.87] p = 0.44	OR = 1.41 [0.60–3.33] p = 0.42	OR = 1.18 [0.59–2.37] p = 0.63
Refined carbohydrates	13	10	64	11	229	51	47	9	OR = 0.79 [0.45–1.39] p = 0.42	OR = 0.28 [0.12–0.69] p = 0.0057	OR = 0.11 [0.42–2.9] p = 0.82
Increased bread consumption	4	19	37	38	41	239	16	40	OR = 3.52 [2.15–5.75] p < 0.0001	OR = 1.22 [0.39–3.79] p = 0.72	OR = 2.43 [1.16–5.07] p = 0.0178
Fruits and vegetables	9	14	20	55	75	205	8	48	OR = 0.78 [0.47–1.28]	OR = 0.56 [0.23–1.36] p = 0.20	OR = 0.45 [0.18–1.13] p = 0.09

									p = 0.33		
Short sleeping duration	14	9	50	25	196	84	46	10	OR = 1.36 [0.84–2.20] p = 0.20	OR = 1.50 [0.62–3.60] p = 0.36	OR = 2.3 [0.99–5.30] p = 0.0507
Sedentary physical activity	3	20	12	63	90	190	16	40	OR = 2.55 [1.40–4.62] p = 0.0021	OR = 3.15 [0.91–10.9] p = 0.068	OR = 2.1 [0.9–4.8] p = 0.08
Increased stress levels	16	7	42	33	207	73	49	7	OR = 0.45 [0.28–0.72] p = 0.0011	OR = 0.80 [0.31–2.03] p = 0.64	OR = 0.18 [0.07–0.45] p = 0.0003
Absence of breakfast	7	16	14	61	50	230	11	45	OR = 0.81 [0.46–1.41] p = 0.46	OR = 0.49 [0.19–1.27] p = 0.14	OR = 1.06 [0.44–2.56] p = 0.88
Weight gain	2	21	4	71	11	269	5	51	OR = 1.30 [0.49–3.42] p = 0.59	OR = 2.32 [0.48–11.20] p = 0.29	OR = 0.57 [0.14–2.24] p = 0.42
AC	1	22	12	63	21	259	8	48	OR = 1.61 [0.80–3.25] p = 0.17	OR = 0.56 [0.07–4.36] p = 0.58	OR = 1.14 [0.43–3.01] p = 0.78
BMI increased	2	21	23	52	29	251	20	36	OR = 2.00 [1.16–3.46] p = 0.0125	OR = 0.82 [0.18–3.69] p = 0.80	OR = 0.79 [0.38–1.65] p = 0.54
Mean SBP	1	22	12	63	15	265	19	37	OR = 1.35 [0.68–2.68] p = 0.37	OR = 0.76 [0.009–6.07] p = 0.80	OR = 0.37 [0.16–0.84] p = 0.019

Discussions

Approximately one quarter (22.58%) of first-year medical students who responded to the questionnaire acknowledged that they were drinking alcohol. Worldwide, the prevalence of alcohol consumption in adolescents is

48% and varies from 66% (Austria, Cyprus, Denmark, and Greece) to 9% in Iceland [Steffens et al, 2016].

Almost all young Europeans aged 15-16 years old (80% except Iceland) have consumed alcohol at least once in life, with variations between 35 and 96%, with the highest consumption rates in the Czech Republic, Albania and Hungary, and the smallest in Iceland, Macedonia and Norway [Steffens et al, 2016].

Regarding the gender distribution, a net prevalence of male gender was found (57.25% M versus 7.59% F) ($X^2 = 129.02$, $p < 0.001$). Worldwide, boys are more likely to drink alcohol than girls. The exception is the Belgian young women in Flanders (77% compared to 51% in Albania and Macedonia) [Steffens et al, 2016].

The main reasons for alcohol consumption in first-year medical students were the festive and official occasions, i.e., and because they wanted to integrate into the group (Fig.1). In the first year of college, young people try to create new friends and to belong to a particular group. As a result, it is possible to consume alcohol at the pressure of the group or to integrate into the group to be recognized by them. Most agree to follow the group's rules because they want to avoid loneliness and the feeling of associated sadness. They also look for friends in a way to escape from the environment in which they live, a situation that does not offer the opportunity to reach their ideals and the need for self-reliance.

When alcohol is consumed, adolescents believe they can do whatever they want because of their skills but represent the disinhibiting effect of alcohol. After the impact of alcohol ceases, there is a feeling of helplessness, a lack of hope more pronounced than before. One of the reasons for alcohol consumption is to overcome conflicting situations from the family, school, or friends (7.14%), and for others, alcohol is a way to forget the hardships of life, to get a sense of calm, or just fun. They consume alcohol in bars, discos, or other locations, sometimes just out of curiosity. In the studied group, 8.17% of the subjects' state that they have chosen to consume alcohol because consumption contributes to a good mood and relieves stress, and 6.12% motivates their use by enjoying the taste of alcoholic beverages. 5.1% consume alcohol to reward after an achievement. All these reasons are pretexts to get out of everyday life, to feel good with others.

A study performed on 1359 young Romanian adults aged 18-30 years from urban environments including the main university centers showed that the most common reasons they first tried alcohol consumption were curiosity (67.8 %), to be like peers (17.9 %), and adult influence (6.5 %). Also, 72.5 % consumed alcohol only on special occasions/holidays, 19.4 % on weekends, 4.8 % three to four times per week, and 0.4 % on a daily basis. Most of them

drank with a group of friends (62.3 %) and 9.7 % of participants drank because of poor concentration, or problems at work/school [Rada et al, 2016].

In the world, 64% of adolescents and young people appreciate alcohol as a means of entertainment, while 48% drink to forget about the problems. Less than half of young people (42%) admitted that alcohol could have harmful effects on health. One-third of young people are aware that alcohol can cause inappropriate behavior, and one in five thinks they cannot control the amount of ingested alcohol. About 6 out of ten adolescents are involved in physical violence and 4% in unprotected sexual activities [Van Hoof, 2012].

Concerning people with whom alcohol is consumed, consumption is usually preferred with friends, colleagues, but also with family (Fig. 2). In a smaller proportion, it is also preferable solitary consumption or with unknown people, which shows a lower desire to join the norms of a group, and a need to solve daily problems through the use of alcohol.

The onset age of first alcohol consumption was predominantly between 13-14 years, followed by 15-16 years, and 17 years respectively (Fig. 3). Worldwide, about 60% of adolescents began to consume alcohol before the age of 13, and 12% experienced the first episode of intoxication at this age. In a study performed in Romania on 1980 students, regarding alcohol consumption, 67% make use of it and started drinking when they were 14 or 15 years old [Petrelli et al, 2018].

Excessive alcohol consumption is more common among young people in the Nordic countries (39%) [Steffens et al, 2016]. In terms of gender distribution, excess alcohol consumption is slightly decreasing among boys (43% in 2011 versus 45% in 2007) and a slight increase among girls (35% in 2003 versus 38% in 2011) [Steffens et al, 2016].

In Romania, nation statistics showed that about 84% of the boys and 12% of the 16-year-old girls consumed an alcoholic drink at least once in their life, decreasing from 2007 (81%), 2003 (88%) and 1999 (85%) and below the EU average (87%). Approximately 6% of adolescents consumed their first alcoholic beverages before the age of 9 years or 17 years of age, respectively. In the case of boys, the prevalence of alcohol consumption increases with age, while in girls, it is not influenced by age. A quarter of the 18-34-year-old were victims of physical violence associated with alcohol. In the past ten years, was decreased both the percentage of adolescents who regularly consume alcohol (52% in 2007, 47% in 2015) and the frequency of excessive consumption episodes (27% in 1999, 36% in 2011, 12% in 2015) [National month of information about the effects of alcohol consumption - situation analysis, 2018].

Romania is considered a country with moderate alcohol consumption among European countries, but consumption is likely to be much higher, and

many young people will not recognize it [Hibell et al, 2009; INSP. CNEPSS, 2015; and Ministry of Health, 2011].

As for the type of alcoholic beverages, in the study, boys prefer beer, and girls' wine (Fig. 4). At the European level, existing data show that boys consume beer, while girls prefer spirits [Steffens et al, 2016; Hibell et al, 2012]. Beer consumption continues to register in Romania, a downward trend observed since 2003, reaching 53.9% in 2015 (nation statistics). Beer consumption in Romania is above the average consumption found in ESPAD countries, with the European average being 38.2% in 2015 (nation statistics). The wine consumption among Romanian adolescents is also slightly decreasing in 2015 compared to 2011 (from 45% to 43.2% of students) but above the ESPAD average of 31.4% (nation statistics). Consumed strengths in the last month in 2015 were at a value similar to that observed in the previous study - 30% in 2015, compared to 31% in 2011, being below the European average of - 32.1% [National Anti-Drug Agency ESPAD, 2015].

The current study also followed the correlation between alcohol consumption and cardiovascular risk factors (Table I).

Positive correlations between alcohol and smoking increased consumption of bread, sedentary lifestyle, and increased BMI are observed. In the function of gender, positive relationships were obtained in female between alcohol and smoking. The students preferred to consume ready-meals or fast-foods products because of convenience or to avoid cooking, leading to an increase consumption of bread [Sprake, 2017].

Generally, it was found that people who consume alcohol are smokers, have a low tendency to physical activity, and consume more portions of bread, which over time, will lead to weight gain and cardiovascular disease. Smoking and alcohol are considered risk behaviors, resulting in time to the increasing prevalence of depressive syndrome [Cohn et al, 2014]. Alcohol consumption is accompanied by smoking cigarettes only in male students from Romania [Zadarko-Domaradzka et al, 2018]. Also, people with higher BMI have an increased tendency to drink alcohol because they are depressed, and they usually consume alone, have no friends or colleagues.

Girls associate alcohol consumption with fun, with a group of colleagues and friends, many of them are smoking at the same time. Boys usually consume more alcohol, with the tendency to eat at the same time, especially more portions of bread and cereals. A study in Denmark showed a correlation between sedentary lifestyle and alcohol consumption, both sexes with sedentary activity, presenting a 1.5 to 2-time higher risk of consuming alcohol [Ejsing et al, 2015]. A college study on first-year students showed that moderate alcohol consumption increased appetite, followed by fast food choices and increased BMI over time [Lloyd-Richardson et al, 2008].

Conclusion

During the first years of college, students connect new friends, being influenced by the group they belong to. At the same time, they continue to experience alcohol consumption, smoking, and even drug use. This study shows that alcohol consumption is associated with some cardiovascular risk factors (smoking, sedentary lifestyle, unhealthy diet, increased BMI), over time, determining the occurrence of cardiovascular disease.

Students need to be educated from the first year of study on the long-term consequences of alcohol consumption related to the development of the cardiovascular disease, and further studies are needed to see if educational programs really reduce the prevalence of alcohol consumption.

References:

1. Băban, A. (1998). Stress and personality. Cluj University Press Publishing House, ISBN 973-9354-35-1
2. Cohn, A.M., Cobb, C., Hagman, T.B., Cameron, A., Ehlke, S., Mitchell, N.J. (2014). Implicit alcohol cognitions in risky drinking nicotine users with and without co-morbid major depressive disorder, *Addictive Behaviors*. 39(4):797-802.
3. Commission of European Communities. Communication From The Commission To The Council, The European Parliament, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions. An EU strategy to support Member States in reducing alcohol related harm. (f.e.) Brussels. (2006)
4. Ejsing, L.K., Becker, U., Tolstrup, J.S., Flensburg-Madsen, T. (2015). Physical Activity and Risk of Alcohol Use Disorders: Results from a Prospective Cohort Study. *Alcohol and Alcoholism*. 50(2):206–212.
5. European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: The Sixth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of 10 societies and by invited experts) Developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation (EACPR). *European Heart Journal*. (2016). Volume 37, Issue 29, Pages 2315–2381.
6. Hibell, B., Guttormsson, U., Ahlstrom, S., Balakieva, O., Bjarnason, T., Kokkavi, A. et al. (2012). The 2011 ESPAD Report. Stockholm, Sweden: The Swedish Council for Information on Alcohol and Other Drugs
7. INSP. CNEPSS. National Report on the Health of Children and Youth in Romania 2015. (2015). "Carol Davila" University Publishing House, Bucharest

8. Ioniță, P. (2008). Chemistry course of organic compounds with simple functions. The University of Bucharest
9. Lammerich, S., Kullas, M. (2016). Alcohol Strategy 2016–2022 A feasible tool for consumer protection?
10. Lloyd-Richardson, E.E., Lucero, M.L., DiBello, J.R., Jacobson, A.E., and Wing, R.R. (2008). The Relationship Between Alcohol Use, Eating Habits and Weight Change in College Freshmen. *Eat Behav.* 9(4): 504–508.
11. Ministry of Health. (2011). Note on the issue of alcohol consumption as a health risk factor: current situation and objectives
12. National Anti-Drug Agency ESPAD 2015. (2016). National study in schools on tobacco, alcohol and drug use. ESPAD - 2015. RESEARCH REPORT Bucharest, Romania
13. National month of information about the effects of alcohol consumption - situation analysis. (2018)
14. Nicula, M., Păcală, N., Ștef, L., Pet, I., Dronca, D., Gherbon, A., Ahmadi, M. (2017). In vivo Experiments (Carassius Gibelio Bloch of Natural Products Protection of Antagonistic Effects of Lead on Iron. *Chemistry Journal.* vol.68, no 12, pag. 2747 – 2751
15. Petrelli F, Scuri S, Tanzi E, Nguyễn TTC, Grappasonni I. Lifestyles and discomfort in a sample of young Romanian students. *J Prev Med Hyg.* 2018 Sep 28;59(3): E230-E235. doi: 10.15167/2421-4248/jpmh2018.59.3.985. PMID: 30397680; PMCID: PMC6196370.
16. Rada, C., Ispas, A.T. Alcohol consumption and accentuated personality traits among young adults in Romania: a cross-sectional study. *Subst Abuse Treat Prev Policy* 11, 36 (2016). <https://doi.org/10.1186/s13011-016-0080>
17. RARHA. (2016). Comparative monitoring of alcohol epidemiology across the EU. Baseline assessment and suggestions for future action. Synthesis report.
18. Sprake, E., Lavin, J., Grabowski, P., Russell, J., Featherstone, M., & Barker, M. (2017). Eating habits associated with body weight gain in female university students. *British Food Journal.*
19. Steffens, R. & Sarrazin, D. (2016). Guidance to reduce alcohol-related harm for young people. Background paper. Münster: LWL-Coordination Office for Drug Related Issues
20. Van Hoof, J.J., Moll, M. (2012). Adolescent Alcohol Consumption in Romania: A Blueprint for Measuring Alcohol (mis) Use. *Journal of Research and Social Intervention.* (37):77-90
21. Vlaicu B. Risk behaviors in teenagers from Timis county. Timisoara: Eurobit, 2007.

22. WHO. (2014). Alcohol and inequities. Guidance for addressing inequities in alcohol-related harm. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe
23. WHO. (2016). World health Statistics 2016: monitoring health for the SDGs. France
24. Zadarko-Domaradzka M., Barabasz Z., Sobolewski M., Nizioł-Babiarz E., Penar-Zadarko, B., Szybisty A., and Zadark E. Alcohol Consumption and Risky Drinking Patterns among College Students from Selected Countries of the Carpathian Euroregion. Biomed Res Int 2018;2018:6084541



The Automation Of Robotic Processes In Jordanian Banks: Obstacles And Applications

Prof. Abedalfattah Zuhair Al-abedallat

Department of Banking and Finance, Faculty of Business and Finance,
The World Islamic Sciences & Education University,
Jordan P.O., Amman, Jordan

Dr. Ali Bakhit Jaafreh

Business Department, Shaqra University, KSA

Dr. Duraid Kamel Alshbib

Dean of Economic and Business Administration
American University for Human Sciences, USA

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p350](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p350)

Submitted: 10 June 2021

Accepted: 16 June 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Zuhair Al-abedallat A., Jaafreh A.B. & Alshbib D.K. (2021). *The Automation Of Robotic Processes In Jordanian Banks: Obstacles And Applications*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 350.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p350>

Abstract

This paper focuses on identifying the impact of technical and financial obstacles to the applications and expansion of the smart branches of banks in Jordan. This, however, depends on the Automation of Robotic Processes to identify the reality of applying smart branches in the world, including Jordan. The study employed a sample of 100 employees selected in an equal random manner from 25 Jordanian banks. With its spreading strands, multiple linear regression was used to test the hypotheses of the study. The study concluded that the expansion of banks of smart branches (robots) contributes to reducing operational cost and increasing the bank's profits by reducing the cost of banking service, enhancing its quality, increasing the market share of banks, and reducing the technical and financial obstacles that have a significant impact on the expansion of the smart branches of banks. The study recommended the importance of the development of smart branches of banks in Jordan due to its benefits in reducing the costs of the provided banking

service. This contributes to increasing its profits. Also, banks should hold specialized training courses for bank workers on how to use the new technology. Banks should also allocate funds needed to create the essential infrastructure for the smart branch Applications of Artificial Intelligence, as this has an impact in achieving competitive advantage.

Key Words: Robotic Process Automation (RPA), Artificial Intelligence, Technical Obstacles, Financial Obstacles, Robots. Jordan, Banks

Introduction

The banking sector is faced with a lot of challenges resulting from innovative technology that are indispensable for banks to achieve sustainable growth or remain in an environment characterized by intense competition. This is because modern technology has huge potential to bring about a change in the way banks conduct their banking business. The digital transformation of banks has become an urgent matter to reduce the movement of customers towards the branches, and the reduction of operating expenses. Consequently, the technology has moved from just the traditional use of the banking sector to drive the strategies that the bank adopts in its banking business (Neill, 2017).

The journey of technological innovation began in the banking services through Internet banking, mobile phones or smartphones, and electronic payment. The adoption of advanced technology and the use of artificial intelligence techniques are the biggest challenges affecting the banking business. This is because these advanced technologies have great potential to provide the best innovative electronic banking solutions to customers, attract more of them, enhance bank profits, and increase customer demand for banking services provided digitally because of the increasing confidence of customers in banks that are moving towards expansion in modern technologies (Castelli, Manzoni & Popovic, 2016).

Banks can reduce the operational cost to about 50% by reducing the number of administrative and operational office employees who provide daily services to customers. This can be achieved through their reliance on relatively low-cost and highly efficient technology. Also, banks had adopted chatbot applications to communicate and deal with customers in the same way as a customer service employee. The chatbot is a computer program designed to conduct conversations with humans in a way that simulates chatting between two people, and this leads to shortening of time. According to Brush and Scardina (2019), various applications such as machine learning helps in dealing with fraud and the hacking of banking systems. The Chinese, one of the major financial institutions in China, opened the first bank branch that relies on smiling robots in its entirety instead of employees in Shanghai,

China. In the business world, the application of Financial Technology (FinTech) will provide the ability to compete because FinTech provides speed and flexibility and are more dynamic than changes in financial services (Meyiana, Fernando & Surjandy, 2019).

Routine tasks to more complex and interesting tasks that bring great added value, Robotic Process Automation (RPA) (the use of software "robots" to automate repetitive, clerical, and typically high-volume tasks), has become one of the most sought after technologies in the banking sector. Thus, the worldwide RPA software and services market is expected to grow to 35% reaching \$1.2 billion by 2021. An RPA tool, triggered manually or automatically, moves or populates data between prescribed locations, document audit trails, conduct calculations, perform actions, and trigger downstream activities without changing the IT structure of the company (IBS Intelligence).

Problem of the Study

Jordanian banks operate under intense competition and a world where technology is rapidly developing. Banks that are late in developing themselves and keeping pace with changes in technology will not continue in the market. This is because investment in technology is the most important factor for the success of the future of banking continuity, and scientific research confirms the importance of investment in providing banking services based on modern technology.

The problem of the study is the nature of the intense competition locally and abroad facing Jordanian banks, as 25 Jordanian and foreign banks (abj.org.jo) operate in Jordan. Therefore, these banks must adopt the artificial intelligence techniques in banking such as smart branches working through robots without the need for employees. This reduces the operating costs of banks, increases the bank's market share, and contributes to the high rates of bank profits. Nonetheless, banks face many technical and financial obstacles that limit them from adopting the RPA.

Based on the above, this study will answer the following questions that express the problem of the study:

1. Is there an application for smart branches (robots) in Jordanian banks?
2. Are there any advantages for banks provided by smart branch application?
3. What is the impact of the technical and financial constraints on the expansion of banks in the applications of smart branches?
4. What are the key factors that influence the adoption of RPA in the retail banking industry to enhance the customer experience?

Objectives of the Study

- The objectives of this study are an attempt to identify the following:
- The reality of implementing smart branches in Jordanian banks;
 - The effect of implementing smart branches in achieving competitive advantages for Jordanian banks;
 - The most important obstacles that prevent banks from expanding the use of smart branch applications.

The Importance of the Study

- The importance of smart branch applications (robots) in increasing banks' market share;
- The importance of smart branch applications (robots) in reducing costs and increasing profits;
- The impact of technical and financial obstacles on the expansion of banks into smart branches;
- The scarcity of scientific studies in the field of artificial intelligence applications in Jordan.

Hypothesis

There is no statistically significant effect of Technical and Financial obstacles on the banks' expansion of the smart branch applications in Jordanian banks at a significant level ($\alpha \leq 0.05$).

The First Sub-hypothesis, Ho-1

There is no statistically significant effect of the technical obstacles on the banks' expansion in the applications of smart branches in Jordanian banks at a significance level ($\alpha \leq 0.05$).

The Second Sub-hypothesis, Ho-2:

There is no statistically significant effect of the financial obstacles on the expansion of banks in the applications of smart branches in Jordanian banks at a significance level ($\alpha \leq 0.05$).

Study Model

The study model is based on the study problem, the theoretical framework, and previous studies as illustrated below:

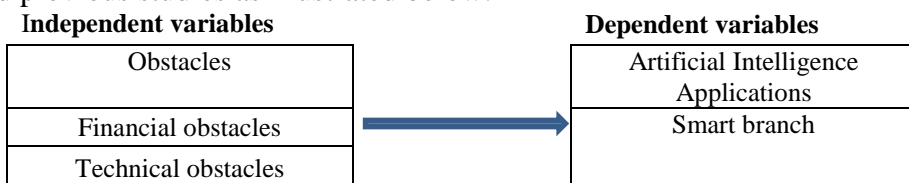


Figure 1. The Framework of Study (by Researchers)

Theoretical Framework and Previous Studies

Artificial Intelligence

The main impulses for starting AI came from the US (Bibel, 2014). The term “artificial intelligence” began in the early sixties when the scientist (Minsky) published a paper entitled "Steps towards Artificial Intelligence". This developed concept refers to a specialized scientific field aimed at computer programming to possess the ability to think, solve problems, make decisions, and distinguish voices, pictures, and understanding texts written in a natural language in a way that simulates human capabilities (AL-Kayat & Faidi, 1998). Sharma (2011) and Luger (2005) defined Artificial Intelligence as: “It is the science of enabling computers to do things that require intelligence, such as humans, and interaction with a big amount of data to help the decision-maker.”

Artificial Intelligence Applications in Banking

Artificial intelligence and robots will replace the human race in both industries and daily life.

Robots are computerized, which serves as a good replacement for jobs such as office administration, call-center staff, etc. (Dirican, 2015).

Artificial intelligence technologies have brought about pivotal changes in various aspects of banks' practices for their business and the patterns of customer interaction in the banking sector. Since this sector is considered as one of the sectors mostly affected by advanced technology, some of the important applications of artificial intelligence include the following:

First: Chatbot

A chatbot is a software tool that utilizes natural language processing for human-machine interaction because the banking industry was one of the first industries to adopt the technology (Doherty, Curran, 2019). It is a machine that is specially programmed and controlled by a computer (Nair, 2018).

In another definition, a chatbot is a computer program designed to conduct conversations with humans, in a way that simulates chatting between two people. This smart software uses techniques called natural language processing to understand customers' input (voice or text) regarding their inquiries and the implementation of the required banking services. Thus, it deals with a huge amount of customer inquiries and services, which helps bank employees to focus on important customer issues, innovation, and renewal (Al-Fagi, 2012).

It is software that interacts with human orders, provides services to customers around the clock (seven days a week), and works to reduce costs. The Royal Bank of Scotland uses the Chatbot technology, by which it launched the chat technology called “Luvo” to help the bank carry out daily

business. In addition, the customer has access to many banking services using a password, such as cash operations, account statement, and identification of bank products without the need to use the bank card (H-Farm Industry – A I Team, 2017).

Among the banks that launched this service in 2016, Mashreq Bank is one of the distinguished banks in the United Arab Emirates. This service called "Mashraq Bot" can be accessed by selecting the "Facebook Messenger" application and then choosing "Mashraq Bot". Here the customer enters the conversation interface with the robot, and then it identifies the customer through a series of steps related to the Internet banking and a password associated with the mobile phone number registered with the account. After authentication of the user's identity, the robot becomes effective for obtaining banking services in an easy way and from anywhere (www.mashreqbank.com).

In the UAE, Abu Dhabi Commercial Bank has established for the first time a digital banking service center called "UBank". This center is a smart new experience that provides banking services to customers faster. Among the most important services provided is the opening of an account immediately and obtaining a new credit card. The advantage of this service is that it helps to protect the environment because banking transaction is completed quickly without any paper work, and the customers can access the service at any time (www.adcb.com).

In Jordan, Jordan's National Bank was the first Jordanian bank to offer a chat service under the name "ahlibot" at the beginning of 2018, as the bank tries to take advantage of the service's feedback to develop it (www.alahlionline.com).

Dash (2018) indicates that the Indian banking industry have developed a new technology for their customer service, which is the use of artificial intelligence in creating chatbots to facilitate the user's access to the banking service, as chat robots began to make their mark in the Indian banking industry. The beginning was with Kotak Bank (Kotak Mahindra Bank) who developed the first program called "Keya". Keya is an intelligent voice program developed based on technology that can understand customer voices and chat to provide a quick response to customer requests. Therefore, this leads to increased customer satisfaction, speed of response, and a significant reduction in costs. Bank of Baroda has also deployed a chatbot to deal with the overwhelming volume of customer inquiries regarding the products.

The State Bank of India is considered to be one of the largest public sector banks in India, with over 420 million customers. The bank has expanded the use of a chatbot called "SIA", where 10,000 inquiries are dealt with per second, i.e., a total of 486 million inquiries. Consequently, the bank installed cameras in its branches through which they scanned customers' facial

expressions and send reports directly to bank employees (Baraokar & Anand, 2018).

Second: Smart Branches

Smart branches are the branches of banks that mainly rely on robots in their work without the employees. The first experience of smart branches was in the Construction Bank, which is one of the largest financial institutions in China with a branch established in Jiujiang Street in Shanghai. In this case, the branch relied entirely on robots to serve customers by implementing human-executed operations such as: talking with customers, receiving complaints, and answering common questions related to bankcards, checks, and accounts. Moreover, as soon as the customer enters the branch, the customer receives the reception manager (robot) who identifies him through the technique of "face scanning". Here, the door opens and the robot interacts with customers through the voice communication system and guides customers to different service areas.

The smart bank does not need employees to participate in transactions, but rather the smart branches use technologies such as biological recognition, voice recognition, data mining, and recognition in the face to provide smart self-service to customers characterized by intelligence and innovation (Neill, 2017).

The Benefits of Using Robots

Robotic Process Automation (RPA) known as a software Robot or Bot mimics a human worker (Nair, 2018). RPA is a modern and innovative technology that allows companies to increase operational productivity significantly by replacing people with software robots. The benefits of PRA are as follows:

1. Software robots perform tasks faster than humans and are available to perform tasks around the clock without making mistakes.
2. Software robots allow the organization to free and redistribute human resources, reduce operating costs from 50 to 70%, and record every action and allow flexible control of operational productivity.
3. The Software robots interact with existing systems and applications through the interface without changing the IT infrastructure (Kanakova Prokhorovb, 2020).

Obstacles to the Expansion of Banks in the Application of Artificial Intelligence

AI and RPA together mean that a Big Data turned into actionable insights, but investing in them is very costly (gottgddt et al., 2020). The use of advanced technology is an inherent element of the banking business due to the speed it

provides in providing banking service and the ability to develop new products. Al-Hawary, Bani-hani and Al-Sakarneh (2011) refer to a set of obstacles facing banks in terms of IT which is related to the expansion of modern technology. Thus, they include:

1. IT Infrastructure Constraints: The infrastructure includes Hardware, Software, Databases, Networks, Communications, and the Internet.

2. Technical Obstacles: It relates to the administrative staff who can deal with new applications. This staff needs to be qualified through specialized training courses to be able to use this new technology.

3. Security Obstacles: These obstacles refer to maintaining the security and confidentiality of information, preventing entry of unauthorized persons to enter the financial system, and preventing piracy. This is because any breach in operations may cause a great financial loss to the bank.

Previous Studies

Many applied studies have dealt with the subject of artificial intelligence applications for banks. For instance, Saleh (2009) discussed the effect of applying artificial intelligence and emotional intelligence methods on the quality of administrative decision-making in Jordanian commercial banks. The study reached many results and the most important of them is that there is a statistically significant relationship between the use of artificial intelligence and emotional intelligence methods and the quality of taking administrative decisions. Also, there is a statistically significant relationship between the type of smart program used in artificial intelligence and the quality of decision-making. The study recommended developing the skills of bank employees in dealing with artificial and emotional intelligence methods.

Al-Adaileh, Al-Mobaideen and Al-Smairat (2017) studied the factors affecting the use of electronic banking services via the Internet. The problem of the study was the deficiency and weakness of the customers' use of electronic banking services. The study concluded that the factors (level of technical skill, perceived interest, and availability of information) have an impact on the level of use of electronic banking services via the Internet. The study recommended bank departments to pay more attention to the trust factor through brochures, the factor of safety and confidentiality, to increase customer adoption of internet banking services.

Mohamed (2017) focused on identifying the relationship of obstacles between the technical implementation of the quality function (information technology infrastructure, technical obstacles, security obstacles, customer-specific obstacles, and technical obstacles) and the perceived quality of electronic banking services. The study concluded that there is a positive correlation between them, as the correlation coefficient reached 80.7%. The study recommended the necessity for banks to diversify the tools and means

of marketing electronic banking services, especially through e-mail, providing the infrastructure for information technology, and establishing banks as a specialized center for development.

Castelli, Manzoni and Popovic (2016) discussed building a model based on artificial intelligence to predict the quality of banking service, and the study focuses on the quality issue of the time it takes for the customer to obtain the service, as bank administrations may decide to open new branches to meet customer requests. The study indicates that the introduction of artificial intelligence applications leads to an increase in the quality of banking service, thus increasing customer loyalty, so a balance must be made between providing high-quality banking services by expanding the applications of artificial intelligence and reducing operational costs.

Kumar et al. (2018) aimed to identify the role of artificial intelligence applications in supporting the bank's communication with its customers through banking chat, through which smart solutions can be provided that helps to increase and improve the quality of services provided to customers, thus providing customers with banking services around the clock. The study concluded that the expansion of the use of chat technology through artificial intelligence techniques help in self-learning and in reducing the use of employees.

Al-abedallat (2020) aimed to identify the impact of artificial intelligence applications on achieving a competitive advantage. The study concluded that banks' expansion in artificial intelligence applications achieves the competitive advantage of banks by reducing the banking service cost, enhancing quality, and increasing the market share of banks. The study recommended emphasizing the importance of bank expansion in Jordan using artificial intelligence applications. It has been significant in achieving the competitive advantage of banks, particularly reducing the banking service cost provided, which would maximize its profits (Al-abedallat, 2020).

Methodology

This study is both descriptive and analytical. It is descriptive through a theoretical literature survey by referring to references, sources, and scientific periodicals to build the theoretical framework of the study. In terms of being analytical, a questionnaire was designed to collect data related to the subject of the study. These data were analyzed statistically to extract results by testing the hypotheses of the study so as to achieve its objectives. The sample of the study comprises of 25 banks operating in Jordan (www.cbj.gov.jo), where 100 employees were selected in a systematic random manner. Researchers used the SPSS software for statistical analysis.

The study tool represented in the questionnaire was prepared for identifying the impact of technical and financial obstacles on the expansion of

banks into smart branches. The theoretical literature and previous studies were used to determine the study question formulas.

The Validity of the Questionnaire

To verify the validity of the questionnaire, it was presented to a group of academics and specialists in the banking sector, and they reported the validity of the questionnaire for the study.

First: Testing the Stability of the Study Tool

The stability of the study tool was confirmed by conducting an internal consistency test and extracting the stability parameter (Cronbach Alpha) on the study sample. Here, the alpha value of all variables of the study and the result, in general, exceeded the required minimum (60%), which is an acceptable percentage in scientific studies (Zikmund et al., 2009). Table 1 illustrates this.

Table 1. The values of α for the study variables

α Value	Variables
0.85	Independent Variable: Technical and Financial constraints to expansion
0.81	Dependent Variable: Smart Branches (Robots)

To ensure the suitability of the study data, the researchers applied the regression analysis. Also, a normal distribution test was performed to ensure that the data were normally distributed. A skewness test was performed and it was found that the values of the Torsion Coefficient of the independent variables are less than one, and the significance of the Kolmogorov-Simonov test was greater than 0.05.

Among the independent variables using the Variance Inflation Factory test and the Tolerance test, the criterion is that the VIF does not exceed the value of 10. and the value of the permissible variance test is greater than 0.05 (Sekaran & Bougie, 2009). By conducting the test on the independent variables, the results can be seen in Table 2 below:

Table 2. Model suitability test for regression test

Tolerable variance	Contrast amplification factor	Sig.	K-S	Skewness	Study variables
0.324	2.651	0.461	00.771	0.036	Financial obstacles
0.341	2.456	0.332	0.756	0.78	Technical obstacles
		0.431	0.884	0.21	Smart branches

Second: Presenting the Results of the Study

Based on the analysis of the demographic characteristics of the study sample, Table 3 below shows the demographic variables:

Table 3. The demographic variables for the study sample

%	No.	Property	Variable
65%	65	Male	Gender
35%	35	Female	
100%	100	Total	
—	—	Less than 25	Age
22%	22	From 25-30	
35%	35	From 31-40	
33%	33	From 41-50	
10%	10%	From 51 and over	
100%	100	Total	
5%	5	Diploma and below	Educational attainment
20%	20	Bas	
70%	70	M.A.	
5%	5	PHD	
100%	100	Total	
—	—	From 1-5	Practical experience
30%	30	From 6-10	
50%	50	From 11-15	
10%	10	From 16-20	
10%	10	From 21 and above	
100%	100	Total	
5%	5	General Manager / Deputy General Manager	Career site
80%	80	Assistant General Manager / Director	
15%	15	Assistant Manager / Head of Department	
100%	100	TOTAL	

Third: The Answers of the Study Sample

The answers of the study sample individuals for each of the independent and dependent variables show a high degree of importance. Thus, this is evident from Table 4 below.

Table 4. The arithmetic means and standard deviations of the items that measure the study variables

Deviation Standard	Arithmetic mean	Variables	The sequence
0.70	3.81	Technical constraints	1
0.86	3.74	Financial constraints	2
0.91	3.80	Smart Branches	3

Therefore, the researchers note the following:

-The technical constraints achieved a total arithmetic average of 3.81, which is of a high level; this indicates the banks' awareness of the role of technical obstacles in limiting the expansion of banks into smart branches.

-The financial constraints achieved a total arithmetic average of 3.74, which is on the high level; this indicates the banks' awareness of the role of financial obstacles in limiting the expansion of banks into smart branches.

-As for smart branches, it achieved a total average of 3.80, which is a high level; this indicates the interest of banks and their awareness of the importance of smart branches in enhancing the competitive advantage of the bank, especially reducing costs and enhancing the quality of banking service.

Fourth: Analyzing the Results and Testing of the Study Hypotheses

Main Hypothesis (Ho)

There is no statistically significant effect of technical and financial obstacles to the banks' expansion in smart branch applications at Jordanian banks at a significant level ($\alpha \leq 0.05$).

To test the main hypothesis, the researchers applied the multiple regression test to identify the impact of the technical and financial obstacles on the expansion of banks in the applications of smart branches. The result is shown in Table 5 below.

Table 5. The results of the regression test of the main hypothesis

Sig.	F	R ²	R	
0.000	50.18	0.66	0.81	
T	T	Standard error	B	obstacles
0.001	3.073	0.345	0.033	Technical
0.002	1.078	0.358	1.28	Financial

It is evident from Table 5 that the statistical value (F) reached 50.18 with a significance level of 0.000 and it is less than 0.05. Therefore, it rejects the null hypothesis and accepts the alternative. This indicates that there is a significant impact of technical and financial obstacles on the expansion of banks in smart branches. Depending on the value of R², the explanatory and predictive ability of the obstacles explained that the variation in the expansion of banks in the smart branches reached 66% with other factors remaining constant. Also, it identified most impediments that are affecting the expansion of the smart branches in the banks. The researchers applied the progressive regression analysis as shown in Table 6.

Table 6. The results of the gradual regression analysis to predict the impact of technical and financial obstacles on the expansion of banks in smart branches

sig.	Beta	T	F	R ²	Order entry obstacles
0.000	0.58	6.51	46.38	0.46	Tech. obstacles
0.000	0.61	5.69	56.73	0.73	Fin. obstacles

The results in Table 6 shows that the technical obstacles are in the first rank and explained about 46% of the variance in the expansion of banks in smart branches, with a value of (f) 46,38 at the level of significance (0.000). The financial obstacles are in the second rank, as was explained with technical obstacles of 73%. Thus, what is explained by the fraud prevention alone is 27% (45% -31%) of the variance on the expansion of banks in smart branches.

The First Sub-hypothesis, Ho-1: There is no statistically significant effect of the technical obstacles on the banks' expansion in the applications of smart branches of Jordanian banks at a significance level ($\alpha \leq 0.05$).

Table 7. Results of examining the impact of technical obstacles on the expansion of smart branches by banks

sig.	T	Regression coefficient	Independent variable	Dependent variable
0.000	6.51	46.38	Tech. obstacles	Smart branches
		F=59 46	68	R ² = R=0.

It is evident from Table 7 that the statistical value (F) reached 59 with a significance level (0.000), which is less than 0.05. Therefore, it rejects the null hypothesis and accepts the alternative. This indicates that there is an effect of technical obstacles in the expansion of smart branches. Depending on the value of R², the technical obstacles show a percentage (46%) of the variance in the expansion of smart branches while other factors remain constant.

The Second Sub-hypothesis, Ho-2: There is no statistically significant effect of the financial obstacles on the expansion of banks in the applications of smart branches at Jordanian banks at a significance level ($\alpha \leq 0.05$).

Table 8. Results of examining the impact of financial obstacles on the expansion of banks in smart branches

sig.	T	Regression coefficient	Independent variable	Dependent variable
0.000	6.51	46.38	Fin. Obstacles	Smart branches
		F=62 27	52	R ² = R=0.

It is evident from Table 8 that the statistical value (F) reached 62 with a significance level (0.000), which is less than 0.05. Therefore, it rejects the null hypothesis and accepts the alternative. This indicates the existence of an effect of financial obstacles in the expansion of smart branches. Depending on the value of R², the financial obstacles show a percentage (27%) of the

variance in the expansion of smart branches while other factors remain constant.

Conclusions and Recommendations

The expansion of smart branches (robots) by banks contributes to reducing operational costs and increasing the completion of tasks in the bank quickly, accurately, and without errors.

There is an effect of the technical obstacles represented by the presence of a specialized staff of workers in the bank to deal with new programs and technologies. Therefore, the study recommends the necessity of the banks' interest in holding specialized training programs to train them to deal with new technologies.

There is an effect of financial obstacles on the expansion of banks in smart branches (robots) represented by the lack of funds for the infrastructure: hardware, software, databases, networks, communications, the Internet, and protection and safety programs. Therefore, the study recommends the necessity for banks to provide the necessary funds for their investment in infrastructures for smart branches.

References:

1. Al-Abedallat, Z.A. (2020). Applications of Artificial Intelligence and their Impact on Achieving Competitive Advantage: a study of a Jordanian Bank. The humanities and social sciences series, Jordan, Mutah University, 5(5) 87-122
2. Al-Adaileh, R.M., Al-Mobaideen, H.O., & Al-Smairat, M.K. (2016). Factors Affecting the Use of Online Banking Services from the Customers' Perspective, Field Study on the Southern Region, Jordan. The Jordan Journal of Business Administration, 12 (3), 531-545. Alahli Bank. <http://www.alahlionline.com>
3. Al-Fagi, A.I. (2012). Artificial Intelligence and Expert Systems. Dar Al Thaqafa Publishing, and Distribution, Jordan.
4. Al-Hawary, F.A., Bani-hani, J., S., & Al-Sakarneh, B. (2011). Information Technology Usage Barriers And Their Impact on the Level of Service Quality, An Empirical Study at the Jordanian Banking Sector. Arab Journal of Management, 31 (1), 115-142.
5. Al-Kayat, S.M.A. & Faidi, J.A.W. (1998). Artificial Intelligence, Concepts, Techniques, methods of programming. (1st edition). Amman: Dar Al-Falah for publication and distribution.
6. Baraokar, S. & Anand, R. (2018). Techemergence, AI applications in top 4 Indian banks, retrieved from, <https://www.techemergence.com/ai-applications-in-the-top-indian-banks/>

7. Bibel, W. (2014). Artificial Intelligence in a historical perspective. *AI Communications*, 27(1), 87-102. DOI: 10.3233/AIC-130576
8. Brush, K. & Scardina, J. (2019). Chatbot.techtarget in December 2019.<https://searchcustomerexperience.techtarget.com/definition/chatbot>
9. Castelli, M., Manzoni, L., & Popovic, A. (2016). An Artificial Intelligence System to Predict Quality of Service in Banking Organizations. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2016.<https://doi.org/10.1155/2016%2F9139380>
10. Central Bank of Jordan. <http://www.cbj.gov.jo>
11. Dash, S. (2018). Does the Future of Indian Banking Lie In chatbot . *Entrepreneur* in April 11, 2018. <https://www.entrepreneur.com/article/311795>
12. Dirican, C. (2015). The Impacts of Robotics, Artificial Intelligence on Business and Economics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 195 (2015) 564 – 573. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.134>
13. Doherty, D. & Curran, K. (2019). Chatbots for online banking services. *Web Intelligence*, 17(4) 327-342, ISSN: 2405-6456, <http://doi.org/10.3233/WEB-190422>
14. Gotthardt, M., Koivulaakso, D., Paksoy, O., Sarmamo, C., Martikainen, M., & Lehner, O. (2020). Current state and challenges in the implementation of smart robotic process automation in Account and auditing, *ACRN Journal of Finance and risk perspectives*,9(90-102). http://www.acrn-journals.eu/resources/SI08_2019c.pdf
15. H-Farm Industry –AI Team (2017). How artificial intelligence will impact banking and financial services. Retrieved from <https://medium.com/h-farm-industry/how-artificaiial-intelligence-will-impact-banking-and-financial-services-b2156bc79816>
<http://abj.org.jo/ar-jo/Home-ar-JO>
<https://www.adcb.com/arabic/waystobank/adcbmobile/UBank/overview.asp>
16. IBS Intelligence. Role of AI & RPA in transforming Banking Operation: https://ibsintelligence.com/files/media_temp/Hexaware-Role_of_AI&RPA_in_transforming_Banking_Operations_v9.pdf
17. Kanakova, F. & Prokhorovb, I. (2020). Research and development of software robots for automating business processes of a commercial bank. *Procedia Computer Science* 169 (2020) 337–341., <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.196>
18. Kumar, K.S., Tamilselvan, S., Chau, I.B., & Harish, S. (2018). Artificial Intelligence Powered Banking Chatbots. *International Journal of Engineering Sciences Computing*, 8 (3), 16134-16137

- <https://ijesc.org/upload/4a63d52eda62397d8c051e687773e6d0.Artificial%20Intelligence%20Powered%20Banking%20Chatbot.pdf>
19. Mashreqbank . <http://www.mashreqbank.com/uae/ar/personal/digital-banking/mashraq-online>
 20. Meyliana, F. & Surjandy, E. (2019). The Influence of Perceived Risk and Trust in Adoption of FinTech services in Indonesia. *Communication & Information Technology Journal*, 13 (1), 31-37.
 21. Mohamed, M.A.A. (2017). Obstacles to the technical application of the quality function and its impact on the quality of the services of the banking system. *The Arab Journal of Management*, 37 (1), 55-76.
 22. Nair, K. (2018). Impact of robots on the financial sector. *Journal of business and Management (IOSR-JBM)*, 72-76. <http://www.iosrjournals.org/iosr-jbm/papers/Conf.ADMIFMS1808-2018/Volume-1/11.%2072-76.pdf>
 23. Neill, M. (2018). China bank goes staffless at a branch; robots replace tellers, retrieved from <http://www.ejinsight.com/20180417-china-bank-goes-staffless-at-a-branch-robots-replace-tellers/>
 24. Saleh, F.A.I. (2009). Impact of the Application of Artificial Intelligence and Emotional Intelligence on the Quality of Administrative Decision Making. MA Thesis, Middle East University, Jordan, Amman.
 25. Sekaran, U. & Bougie, R. (2009). *Research Methods for Business*. 5th edition, John Wiley and Sons Publication.
 26. Sharma, P. (2011). *Artificial Intelligence*. (3th edition, S.K.Katrin&sons, Publishers of Engineering, P1) and Computer Books.
 27. Zikmund, W.G., Babin, B.J., Carr, J.C., & Griffin, M. (2010). *International Research Methods*. (8th ed., p306). Canda, Southwestern, Cengage Learning.

Consumo De Drogas Y Estrés En Estudiantes De Medicina De La Ciudad De Querétaro, México

Diana Laura Sánchez Camacho,

Estudiante pasante de la Licenciatura en Enfermería,
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

María Magdalena Gachuzo Elías,

Estudiante pasante de la Licenciatura en Enfermería,
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

Ruth Magdalena Gallegos Torres,

Doctora en Ciencias de la Salud
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n21p366](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p366)

Submitted: 17 March 2021

Accepted: 29 May 2021

Published: 30 June 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Sánchez Camacho D.L., Gachuzo Elías M.M. & Gallegos Torres R.M. (2021). *Consumo De Drogas Y Estrés En Estudiantes De Medicina De La Ciudad De Querétaro, México*. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 366.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p366>

Resumen

Introducción. La adicción a drogas lícitas e ilícitas constituye un problema de salud pública que se presenta tanto a nivel nacional como internacional. Las escuelas de medicina no están ajenas a este fenómeno, dado que los alumnos están sometidos a altas demandas académicas que se asocian, en algunos casos, a estrés, ansiedad y trastornos del ánimo. **Objetivo.** Identificar la prevalencia y tipo de drogas consumidas en estudiantes universitarios de la Licenciatura en Medicina, así como las características del estrés académico presente. **Metodología.** Estudio con enfoque cuantitativo, con un diseño descriptivo y trasversal, realizado con estudiantes de quinto hasta décimo semestre. Se aplicó la “Encuesta Nacional sobre Prevención y Uso de Drogas” conformada por 7 secciones, de 65 preguntas y el inventario SISCO de estrés académico. Los datos fueron procesados mediante estadística descriptiva. El proyecto se evaluó y registró ante un comité de investigación. Se cuidaron los aspectos éticos. **Resultados.** Se aplicaron 177 cuestionarios,

58.8% fueron mujeres. En cuanto al consumo de sustancias, 75.1% ha fumado y 99.4% ha consumido alcohol. El 66.1% ha consumido marihuana y 13.6% cocaína. Del Inventario SISCO, 97.2% presentó momentos de preocupación o nerviosismo durante el semestre, teniendo distintos tipos de reacciones como: fatiga, somnolencia o necesidad de dormir 34%, depresión y tristeza (39% algunas veces y 19.2% casi siempre). **Conclusiones.** La información obtenida plantea la posibilidad de la creación de un programa para reducir el estrés y sus manifestaciones con el fin de disminuir el consumo de drogas y preservar la salud física y mental de los alumnos.

Palabras-clave: Drogas, Estrés Académico, Estudiantes

Drug Consumption And Stress In Medicine Students From Queretaro City, Mexico

Diana Laura Sánchez Camacho,

Estudiante pasante de la Licenciatura en Enfermería,
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

María Magdalena Gachuzo Elías,

Estudiante pasante de la Licenciatura en Enfermería,
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

Ruth Magdalena Gallegos Torres,

Doctora en Ciencias de la Salud
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

Abstract

Introduction. Addiction to legal and illegal drugs represent a public health problem that take place nationally and internationally. Medical schools are not immune to this phenomenon, since students are expose to high academic demands that are associated, in some cases, with stress, anxiety and mood disorders. **Objective.** Identify the prevalence and type of drugs consumed by medical students, as well as the characteristics of the academic stress. **Methodology.** Quantitative, descriptive, cross-sectional study. Carried out with students from fifth to tenth semester. The “National Survey on Prevention and Use of Drugs” was applied, made up of seven sections, with 65 questions and the SISCO inventory of academic stress. The information was processed using descriptive statistics. **Results.** 177 questionnaires were applied, 58.8% were women. Regarding substance use, 75.1% have smoked and 99.4% have consumed alcohol. 66.1% have consumed marijuana and 13.6% cocaine. From the SISCO Inventory, 97.2% presented moments of panic or nervousness during the semester, having different types of reactions such as: fatigue, drowsiness or need to sleep 34%, depression and sadness

(39% sometimes and 19.2% almost always). **Conclusions.** The information obtained allows us to suggest the creation of a program to reduce stress and its manifestations in order to lessen drug use and preserve the physical and mental health of students.

Keywords: Drugs, Academic Stress, Students

Introducción

Durante los últimos años, el estado de salud a nivel mundial ha ido deteriorándose, lo que ha generado múltiples emergencias causadas por conflictos, catástrofes naturales o brotes de enfermedades. Muchas de estas crisis podrían evitarse por completo y, a menudo, son producto de la actividad humana, ya que son más las muertes por enfermedades que se podrían prevenir y tratar o por enfermedades crónicas que las causadas por la violencia en sus diversas manifestaciones (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Al respecto, en México se han observado cambios trascendentes en el comportamiento epidemiológico de las enfermedades (Soto, et al., 2016). Se han modificado las formas de vida y surgido riesgos de exposición al sedentarismo, al estrés, al consumo de tabaco y de drogas, así como a la violencia, patrones alimentarios compuestos por alimentos de alta densidad energética, el sobrepeso y la obesidad, el colesterol elevado y la hipertensión arterial, factores responsables de gran parte de la carga global de la enfermedad, ya que han dado como resultado problemas como la obesidad y otras enfermedades crónico degenerativas a edades cada vez más tempranas (Ezzati & Riboli, 2013).

La adicción a drogas lícitas e ilícitas constituye un problema de salud pública que tiene muchos años y continua vigente, que se presenta tanto a nivel nacional como internacional. Este fenómeno afecta de manera específica a la población de niños, adolescentes y jóvenes, quienes son particularmente vulnerables; de la misma manera, no hay distinción de género (Instituto Nacional de Salud Pública, 2013; Villatoro, et al., 2011).

Las drogas ilícitas o ilegales, son reconocidas como las sustancias que tienen un objeto de prohibición legal dados los efectos dañinos que generan en el cuerpo. Por otro lado, las drogas lícitas o legales, están permitidas por la ley y su máxima prohibición para su uso podría ser la edad de consumo (Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas, 2009).

Los efectos de las sustancias lícitas e ilícitas son variados en el organismo. Además de que depende del nivel de sensibilidad de cada personal, influye el efecto reconocido de estas en el organismo, es decir, depresor, estimulante o alucinógeno (Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas, 2009).

El estudio del consumo de drogas desde el ámbito universitario constituye una oportunidad para desarrollar estrategias de prevención acorde a las características de los estudiantes que la conforman, a su filosofía, al ámbito social, político y económico que se cuenta (Sánchez, Andueza, Santana, Hoil & CuFarfán, 2017).

Las escuelas de medicina no están ajenas a este fenómeno. Existe numerosa bibliografía internacional sobre el consumo de antidepresivos, psicotrópicos y marihuana (Akvard, Demiral, Ergor, Ergor, Bilici & Ozer, 2003; McAuliffe, Rohman, Breer, Wyshak, Santangelo & Magnuson, 1991). Con un enfoque nacional, en el 2016, en la Universidad Veracruzana se encontró como parte de un estudio, que en estudiantes de medicina existe un consumo elevado de drogas ilícitas (Arellanez, De San Jorge, Salas & Beverido, 2016).

Iniciar una carrera universitaria puede ser motivante, sin embargo, en algunos casos resulta ser una experiencia estresante, difícil de manejar, y se agudiza más si se estudia una profesión relacionada con las ciencias de la salud, convirtiéndose los estudios en una fuente generadora de estrés; éste puede presentarse cuando la persona experimenta tensión en su proceso de aprendizaje, desde los grados preescolares hasta la educación universitaria y de posgrado (Zárata, Soto, Martínez, Castro, García & López, 2018).

La presencia del estrés en estudiantes de todos los niveles y edades es una realidad que acontece en las instituciones académicas. Las Ciencias Médicas han sido reportadas como una de las ramas donde los estudiantes manifiestan mayores niveles de estrés. Según Carmel y Bernstein, la escuela de medicina es un ambiente muy estresante (Román, Ortiz & Hernández, 2008).

El estrés originado en el contexto educativo suele denominarse estrés académico, estrés escolar, estrés de examen, entre otros sinónimos (Berrío & Mazo, 2011). Para Barraza (2005) el estrés académico es aquel que padecen los alumnos de educación media superior y superior y que tiene como fuente exclusiva a estresores relacionados con las actividades a desarrollar en el ámbito escolar.

La gran mayoría de estudiantes universitarios experimentan un grado elevado de estrés académico, pues tienen la responsabilidad de cumplir las obligaciones académicas; experimentan en ocasiones sobrecarga de tareas y trabajos, además de la evaluación de los profesores, de sus padres, y de ellos mismos sobre su desempeño, lo que genera ansiedad y puede redundar de modo negativo tanto en el rendimiento en los diferentes compromisos, como en la salud física y mental de los estudiantes (Berrío & Mazo, 2011).

De manera extraoficial, entre estudiantes, se conoce que hay manejo, venta y consumo de sustancias en la universidad. Al respecto, se señala, que por el nivel de estrés, los tiempos invertidos para estudiar, entre otros, los

alumnos de medicina no están exentos del consumo, por lo que el estudio es trascendente y relevante, ya que muestra cuan vigente es este fenómeno.

Al ser una problemática frecuente, es importante investigar el fenómeno, de manera tal que el objetivo del estudio fue Identificar la prevalencia y tipo de drogas consumidas en estudiantes universitarios de la Licenciatura en Medicina de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro, estableciendo las características del estrés académico presente, partiendo de señalar primeramente los datos sociodemográficos, detalles del consumo de tabaco y alcohol, luego de drogas ilegales y referir los datos de estrés académico.

Metodología

Se trató de un estudio de corte cuantitativo, transversal y descriptivo (Hernández & Mendoza, 2018). Se realizó con estudiantes de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro. Dicha facultad cuenta con la Licenciatura en Medicina y Licenciatura en Odontología, más una carrera en Técnico Superior en Prótesis Dental. Se trabajó únicamente con los estudiantes en la Licenciatura en Medicina que ya tenían un contacto previo con las unidades hospitalarias, por lo que se tomaron a los grupos a partir del 5to. a 10mo. semestre, siendo un total de 360 alumnos aproximadamente. Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizó una fórmula para poblaciones finitas, con un margen de error esperado del 6%, un nivel de confianza del 95%, lo que arroja un tamaño de muestra aproximado de 186 individuos, el cual fue planteado en cerrar a 200.

El tipo de muestreo fue por conveniencia, dado que las autoridades de la institución determinarían a los grupos con los que se trabajaría. Los participantes fueron elegidos con base en los criterios de inclusión y con previa autorización por medio del consentimiento informado.

El estudio se aprobó ante un Comité de Investigación y un Comité de Bioética, quienes evaluaron y aprobaron los principios éticos del estudio, con base en la Ley General de Salud en materia de Investigación para la Salud, el Código de Nuremberg y la Declaración de Helsinki.

Con respecto al cuestionario para medir el consumo de drogas, se utilizó la Encuesta Nacional sobre Prevención y Uso de Drogas, la cual es la primera encuesta nacional oficial sobre la epidemiología de las drogas entre la población urbana de Perú. Ha sido coordinada por la Unidad de Prevención y Rehabilitación de contradrogas y ejecutada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) dentro del Convenio Marco de Cooperación Técnica Interinstitucional entre CONTRADROGAS y el INEI, suscrito el 25 de junio de 1998.

Para lograr recabar los datos de interés y de acuerdo a los objetivos de la investigación, se realizó una adaptación a la encuesta ya mencionada por

parte de las investigadoras y directora de tesis; dicha adaptación consistió en eliminar preguntas relacionadas con aspectos de características de vivienda de los participantes o de datos sociales no relacionados con el aspecto del consumo de drogas. Debido a los cambios que se hicieron en el instrumento, éste se sometió a un proceso de validación tomando en cuenta las opiniones y sugerencias de personas con alta experiencia en el tema, que en su caso fueron 5 personas con grado de especialidad o maestría, todo esto a través de la técnica Delphi. El proceso no arrojó observaciones de relevancia que implicaran ajustes mayores al formato del cuestionario.

En este sentido, el documento quedó conformado de 7 secciones con un total de 65 preguntas, las cuales se desglosan a continuación:

Secciones	Nombre	Nº de preguntas
I	Datos sociodemográficos	5
II	Relaciones familiares.	6
III	Relaciones personales	5
IV	Actividades	10
V	Salud	4
VI	Consumo de tabaco y alcohol	19
VII	Consumo de otras drogas	16
Total		65

Así mismo, se aplicó el inventario SISCO de Estrés académico (Barraza, 2007) el cual tiene como objetivo identificar las características del estrés presentes en los estudiantes durante su formación; es autoadministrado y está constituido por 31 ítems. Inicialmente cuenta con un ítem de filtro, el cual es dicotómico y el resto se encuentra en un escalamiento tipo Likert. Dicho inventario se encuentra validado, tiene una confiabilidad por mitades de .87 y en alfa de Cronbach de .90.

Para el procesamiento de los datos se utilizó la estadística descriptiva, dentro de esta se obtuvieron valores en porcentajes y frecuencias; de igual forma se utilizaron medidas de tendencia central que incluyen la moda, mediana y media, también se incluyeron las medidas de dispersión, rango, desviación estándar y la varianza, a través del paquete SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 20 en español, bajo licencia de la Facultad de Enfermería de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Resultados

La muestra final estuvo conformada por 177 estudiantes. 58.8% fueron mujeres y 41.2% hombres. Sobresalieron las edades de 21 a 23 años de quinto hasta décimo semestre. 26 de ellos trabajan y el resto solo se dedican a las tareas académicas.

Con respecto al consumo de sustancias, referido específicamente a las sustancias legales que son el tabaco y alcohol, han fumado alguna vez 75.1%

y en los últimos 30 días previos al estudio, el 32.2% de los participantes. Las edades de inicio del consumo de la mayoría de los estudiantes, fue de los 14 los 18 años. El aspecto impulsor para el consumo fue, en el 76% de los casos la curiosidad. Con respecto a cada cuándo fuman, 30% lo hacen diario y 47% en las fiestas.

Han tomado alcohol alguna vez el 99.4%; de estos, 60% lo hizo en los últimos 30 días previos a la investigación, habiendo iniciado el consumo entre los 15 y 18 años, donde la curiosidad influyó en el 55.9%. En relación a cada cuándo toman, el 10.7% señaló que todos los días y 13.6% en las fiestas.

De las drogas ilegales que se abordaron, se contemplaron la marihuana, cocaína, éxtasis, anfetaminas, entre otras. Relacionado con esto, 28% señala que las probarían para ver qué se siente. 73.4% ha interactuado con la marihuana, 16.9% con cocaína, 14.1% con tranquilizantes, 10.2% con LSD y 1.1% con cristal.

De los resultados anteriores, la primera vez que consumieron tenían un rango de edad entre 16 a 22 años y se realizó estando entre un grupo de amigos; actualmente un 60.4% continua con el consumo de alguna de las sustancias ya mencionadas entre hace más de un año y/o menos de un año, y el motivo que destacó fue: por pasarla “bien”, al igual que destaca que el principal motivo de continuar con el consumo es por “pasarla bien” y “porque me gusta”.

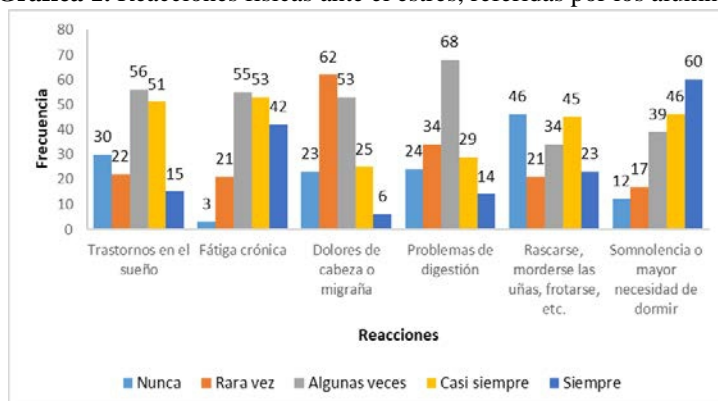
Ahora bien, al sondear la presencia de estrés con el Inventario SISCO, sobre todo el vínculo con el aspecto académico, los datos muestran lo siguiente: un 97.2% confirma haber tenido momentos de preocupación y nerviosismo durante el semestre.

En una escala de 1 a 5 para valorar la intensidad del estrés sentido, donde 1 es poco estrés y 5 máximo estrés, 18.1% señalaron 5 y 40.1% un valor de 4. La sobrecarga de tareas y los trabajos escolares les estresa, casi siempre, al 37%; las evaluaciones de los profesores, siempre, al 36.2%.

Como manifestaciones del estrés, los alumnos refirieron que han presentado fatiga crónica: siempre, el 24% y casi siempre 30%. Rascarse, morderse las uñas, frotarse, el 25.4% casi siempre. Somnolencia o necesidad de dormir, 34% siempre. Sentimientos de depresión y tristeza (decaído), 39% algunas veces; 19.2% casi siempre. Ansiedad, angustia o desesperación, 29.9% algunas veces, 33.9% casi siempre. Desgano para realizar labores escolares 31.6% algunas veces. Aumento o reducción del consumo de alimentos 35% casi siempre.

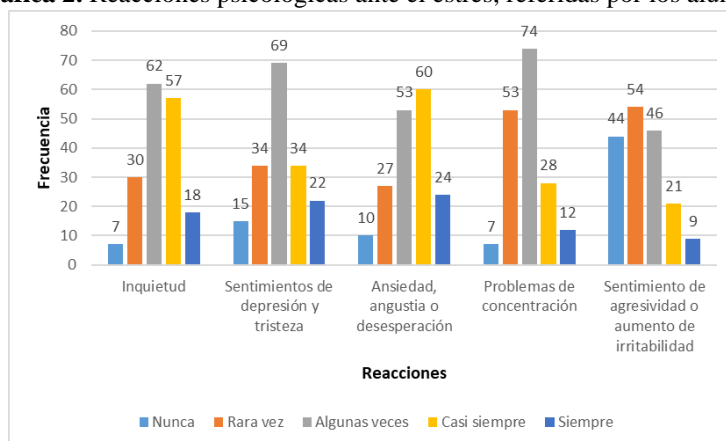
En lo que respecta a las reacciones tanto físicas, psicológicas y comportamentales que sufren los estudiantes cuando están preocupados o nerviosos los resultados se muestran en la gráfica 1, 2.

Gráfica 1. Reacciones físicas ante el estrés, referidas por los alumnos



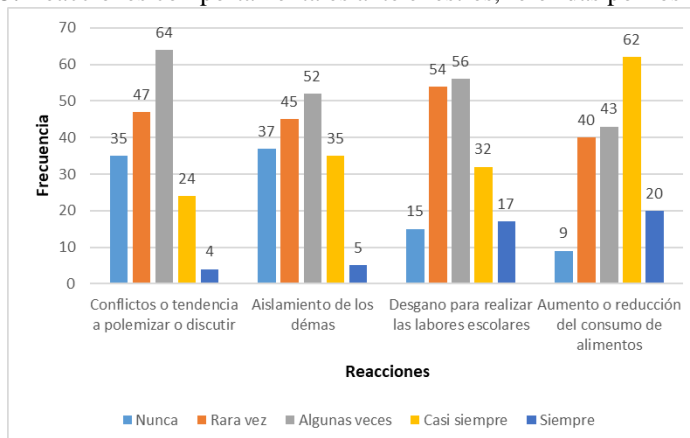
Fuente: Cuestionario

Gráfica 2. Reacciones psicológicas ante el estrés, referidas por los alumnos



Fuente: Cuestionario

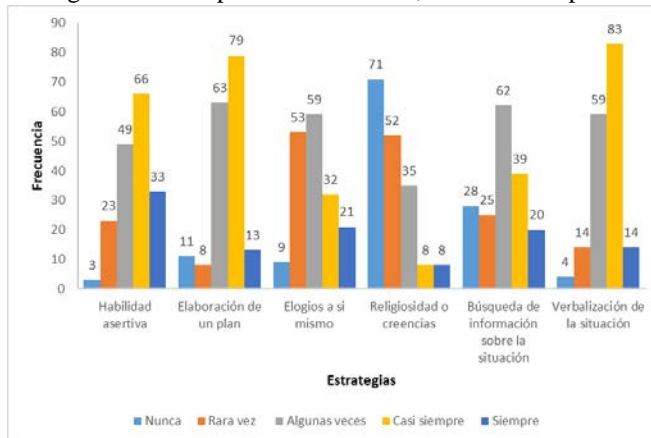
Gráfica 3. Reacciones comportamentales ante el estrés, referidas por los estudiantes



Fuente: Cuestionario

Se añadió un último apartado para identificar las estrategias empleadas para enfrentar las situaciones que generan preocupación y nerviosismo en los alumnos, destaco: elaboración de un plan y ejecución de tareas, 44.6% casi siempre. Elogios a sí mismo, 33.3%, algunas veces. Verbalización de la situación, 46.9% casi siempre (gráfica 4).

Gráfica 4. Estrategias referidas por los estudiantes, como medio para afrontar el estrés



Fuente: cuestionario administrado

Discusión

Los hallazgos obtenidos muestran que un gran porcentaje de alumnos han consumido algún tipo de droga legal, tomando en cuenta el tabaco y alcohol con un consumo del 75.1% y 99.4% respectivamente, lo cual se relaciona con Arellanez, De San Jorge, Salas y Beverido en un estudio realizado en la Universidad Veracruzana en estudiantes universitarios de Ciencias de la Salud en el 2016, el cual arrojó que más de la mitad de los estudiantes han fumado alguna vez en su vida y poco más del 80% han consumido alcohol, siendo esta la sustancia de mayor prevalencia dentro de ambas investigaciones, sin embargo el consumo en la Universidad Autónoma de Querétaro se encuentra por arriba con respecto a la de Veracruz. En el trabajo de Velásquez y Mejía, (2009) en la Universidad de Antioquia se precisa que el consumo de riesgo de alcohol genera mayor probabilidad de presentar bajo rendimiento académico.

Ahora bien, dentro de las drogas ilegales se menciona en los resultados que la de mayor consumo es la marihuana con un 73.4%, lo que tiene una diferencia significativa con la investigación realizada por Romero, Santander, Hitschfeld, Labbé, y Zamora, (2009) en la Universidad Católica de Chile, la cual arroja que de 569 estudiantes de medicina encuestados, el 33% ha probado la marihuana alguna vez en su vida. Aunque el consumo fue menor, pero no menos importante de cocaína con un 16.9%, tranquilizantes con un 14.1%, LSD con un 10.2% y cristal con un 1.1%, es un porcentaje en general

alto comparado nuevamente con los resultados obtenidos de Arellanez, De San Jorge, Salas y Beverido en un estudio realizado en la Universidad Veracruzana, donde el consumo de drogas ilícitas durante los doce meses previos a su participación en la encuesta mostró que el 8.4% de los estudiantes habían consumido al menos una droga ilícita.

En la investigación realizada por De San Jorge, Beverido, Salas, Cruz, Roa, & Rubiano (2017) en dos universidades latinoamericanas, se arroja que en la universidad mexicana investigada, las drogas ilegales que mostraron una tendencia a afectar de manera negativa el rendimiento académico fueron la marihuana, la cocaína y los inhalables. En el caso específico de la marihuana, los trabajos de Velázquez y Mejía, (2009) y de Font-Mayolas et al. (2006) coinciden con los hallazgos en la Universidad Veracruzana, así como en el caso de la cocaína, cuya relación también fue encontrada en el trabajo de Caso & Hernández (2007); en el consumo de ambas drogas se detectó una relación con el bajo rendimiento académico. Por el contrario, el trabajo de Magaña (2007) no encontró asociación entre ambas variables.

En el caso del estrés académico, es evidente el problema presente en los estudiantes universitarios, con una prevalencia mayor al 90%, lo cual es muy alarmante. Un estudio realizado en estudiantes de medicina de la Universidad Católica de Cuenca-Ecuador en 2017 (Santos, Jaramillo, Morocho, Senín & Rodríguez, 2017), reportaron 95% de estrés (151 estudiantes); la investigación realizada por Obregón, Montalván, Segama, Dámaso, Panduro y Arteaga (2020) en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco, Perú en (2018) registro 96% de estrés en su estudio de 179 participantes de la Facultad de Medicina y otra investigación realizada en (2018) por García, Hernández, Och, Cocom & García, con estudiantes de medicina de la Universidad de Quintana Roo anuncio que el 100% de sus encuestados sufrió momentos de estrés durante su formación académica, cabe mencionar que todos estos estudios utilizaron el inventario SISCO, y además concluyen que este fenómeno actúa como factor de riesgo para la salud física y emocional del alumno.

En los resultados obtenidos en las categorías *Reacciones físicas*, *Reacciones psicológicas* y *Reacciones comportamentales*, que se incluyen en el inventario SISCO, su mayor porcentaje se encuentra en la opción “algunas veces” seguido de “casi siempre” y “rara vez”, sin embargo hay datos que resultan interesantes. La ansiedad, angustia o desesperación fue la reacción psicológica de mayor prevalencia y los sentimientos de depresión y tristeza el de menor porcentaje. Respecto a las reacciones físicas, la somnolencia o mayor necesidad de dormir fue el síntoma más frecuente en comparación con los dolores de cabeza y migraña que fue el de menor frecuencia. Estos resultados difieren muy poco con los obtenidos en un estudio realizado en tres universidades de Medellín y el Valle de Aburrá con una muestra de 450

estudiantes Restrepo, Sánchez & Castañeda,(2020), en esta misma investigación se encontró una similitud con los datos obtenidos en la categoría de *Reacciones comportamentales* ya que en ambos estudios el aumento o reducción del consumo de alimentos fue la opción con mayor porcentaje y los conflictos o tendencias a polemizar o discutir fue la opción de menor elección. Lara, Saldaña, Fernández & Delgadillo, (2015), mencionan que el estrés presente en los alumnos tiene relación en la percepción de calidad de vida y salud ya que aumentaba el consumo de alcohol, tabaco, menor actividad física y malestares emocionales.

La sobrecarga de tareas y trabajos así como las evaluaciones de los profesores (exámenes, ensayos, trabajos de investigación, entre otros), fueron las opciones que más inquietaban a los alumnos. Lo antes mencionado tiene similitud con los datos reportados por Chiyong & Villacampa, (2015) donde estudiaron a los universitarios de la carrera de odontología. Berrío & Mazo (2011) reportaron en su estudio que los alumnos tienen un grado elevado de estrés académico debido a la responsabilidad de cumplir sus obligaciones académicas, experimentando en ocasiones sobrecarga de tareas y trabajos, sumando las evaluaciones de profesores, de padres y de ellos mismos sobre su desempeño, lo que genera alto nivel de ansiedad.

Las estrategias más utilizadas por los estudiantes para afrontar el estrés fueron la habilidad asertiva (defender nuestras preferencias, ideas o sentimientos sin dañar a otros) y los elogios a sí mismo, en ese orden, estos datos difieren un poco con los obtenidos por Nieves, Satchima, González & Jiménez (2013) en la cual sus respuestas con mayor porcentaje fueron, la habilidad asertiva 40.90% y con un 35.75% la elaboración de un plan y ejecución de sus tareas. Restrepo, Sánchez y Castañeda, (2020) mencionan que los universitarios descubren una manera de combatir el estrés apropiándose y defendiendo lo que consideran correcto y que se logra desarrollar a través de su aprendizaje y cumplimiento de diferentes actividades.

En relación al manejo de estrés se menciona la terapia cognitiva Beck, (1979), en Rodríguez, Lino y Escobar, (2017), incluye la modificación de pensamientos negativos, mediante tareas distractoras, registro diario de pensamientos disfuncionales y modificación de creencias o supuestos, esto podría dar una justificación al utilizar los elogios a sí mismo, ya que los alumnos generan confianza y seguridad lo que reflejaría mayor afrontamiento a sus dificultades.

Conclusión

Los resultados muestran el evidente consumo de drogas legales como ilegales, dentro del primer grupo el alcohol y tabaco, y del segundo grupo destaca el consumo de la marihuana, la cocaína, tranquilizantes, LSD y cristal.

Se puede considerar alarmante pues cada uno de los participantes reportó que mínimo una vez en su vida ha tenido contacto con alguna sustancia y un considerable porcentaje ha consumido sustancias que representan un verdadero peligro para la salud, y un poco más del 60% continúa con el consumo de alguna de las sustancias mencionadas.

Ahora bien, del Inventario SISCO es importante destacar que se vive un estrés constante dentro de la carrera de medicina, lo cual los lleva a diferentes escenarios que tienen manifestaciones en forma de reacciones tanto físicas, psicológicas y comportamentales, de los cuales caben destacar la fatiga crónica, somnolencia o mayor necesidad de dormir, inquietud, ansiedad angustia o desesperación, el aislamiento de los demás y el aumento o reducción del consumo de alimentos.

Es vital pesquisar y controlar el consumo de fármacos y drogas en estudiantes de medicina, ya que son más propensos a su consumo por requerimientos académicos, porque tienen mayor facilidad para conseguirlos y porque se sabe que, ante la sociedad, todos los estudiantes del área de la salud están llamados y vistos a ser como vehículo de fomento de actitudes de vida saludable y un ejemplo en su actuar.

La información obtenida da apertura a analizar con mayor profundidad la etiología, manifestaciones clínicas, posibles tratamientos y factores relacionados respecto al consumo de drogas así como del estrés académico, y así priorizar actividades de reducción de daño en los estudiantes que pueda ocasionar disfunción en su rendimiento académico, ya que al hacerlo generará un beneficio a la población estudiantil que se reflejara en su desempeño y reconocimiento académico, se sugiere que la institución genere programas, políticas o líneas de acciones con el objetivo de disminuir la problemática aquí mencionada y crear promoción de la salud.

References:

1. Akvardar Y, Demiral Y, Ergor G, Ergor A, Bilici M, Ozer OA. (2003). Substance use in a sample of Turkish medical students. *Drug Alcohol Depend* 2003; 72: 117-21.
2. Arellanez J., De San Jorge X., Salas Betzaida & Beverido P. (2016). Consumo de alcohol, tabaco y otras drogas en estudiantes universitarios de ciencias de la salud. *Revista Investigaciones Sociales*, Vol. 2, No.6 38-46. https://www.ecorfan.org/republicofnicaragua/researchjournal/investigacionessociales/journal/vol2num6/Revista_Investigaciones_Sociales_V2_N6_4.pdf
3. Barraza, A. (2005). Características del estrés académico de los alumnos de educación media superior. *Psicología Científica.com*. <http://www.psicologiacientifica.com/bv/psicologiapdf-19->

- caracteristicas-del-estresacademico-de-los-alumnos-de-educacion-mediasuperior.pdf
4. Beck, A. (1979). *Terapia Cognitiva de la Depresión*. New York: Desclée de Brouwer. Bilbao.
 5. Berrío García, Nathaly, & Mazo Zea, Rodrigo. (2011). Estrés Académico. *Revista de Psicología Universidad de Antioquia*, 3(2), 65-82. Recuperado el 17 de junio de 2019, de http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2145-48922011000200006&lng=pt&tlng=es.
 6. Berrío García N., & Mazo Zea R. (2012). Estrés Académico. *Revista De Psicología Universidad De Antioquia*, 3(2), 55-82. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/psicologia/article/view/11369>
 7. Caso, J. y Hernández, L. (2007). Variables que inciden en el rendimiento académico de adolescentes mexicanos. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 29(3), 487-501
 8. Chiyong, T. y Villacampa S. (2015) Estrés y desempeño académico en estudiantes de Odontología. *Odontología Sanmarquina*, 18(1), 23-27. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/odont/article/view/11336>
 9. Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida Sin Drogas, DEVIDA. (2009). *Estudios Cualitativos sobre el Consumo de Drogas Sintéticas en Grupos de Riesgo. Informe del estudio realizado en jóvenes de las ciudades de Lima, Cusco y Trujillo, Perú*. <http://www.comunidadandina.org/DS/DROSICAN/estudios%20cualitativos/cualitativo%20Per%C3%BA%20ok.pdf>
 10. Ezzati M & Riboli E. (2013). Behavioral and dietary risk factors from noncommunicable diseases. *N Engl J Med*. 2013; 369:954-64.
 11. Font-Mayolas, S., Gras, M. E. y Planes, M. (2006). Análisis del patrón de consumo de cannabis en estudiantes universitarios. *Adicciones*, 18(4), 337-344.
 12. García-Araiza HJ, Hernández-Chávez L, Och-Castillo JM, et al. (2019). Estrés universitario en estudiantes de medicina de la Universidad de Quintana Roo. *Salud Quintana Roo*. 2019;12(41):13-17.
 13. Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*, Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018.
 14. Instituto Nacional de Salud Pública. (2013). *Encuesta Nacional de Adicciones 2011: tabaco*. México: INSP; 2013 http://www.conadic.salud.gob.mx/pdfs/investigacion/ENCODE_DR OGAS_2014.pdf

15. Kenna, G. A., & Lewis, D. C. (2008). Risk factors for alcohol and other drug use by healthcare professionals. *Substance abuse treatment, prevention, and policy*, 3, 3. <https://doi.org/10.1186/1747-597X-3-3>
16. Lara, N., Saldaña, Y., Fernández, N. y Delgadillo, H. J. (2015). Salud, calidad de vida y entorno universitario en estudiantes mexicanos de una universidad pública. *Hacia la Promoción de la Salud*, 20(2), 102-117. <http://www.scielo.org.co/pdf/hpsal/v20n2/v20n2a08.pdf>
17. Leonor Alexandra Rodríguez Alava, Betty Alexandra Lino Moreira y Martha Cecilia Escobar (2017): “Estrés académico en psicólogos clínicos en formación”, *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo* (noviembre 2017). <http://www.eumed.net/rev/atlante/2017/11/estres-academico.html>
18. Magaña, A. (2007). Relación del consumo de drogas ilícitas con el rendimiento académico (tesis de maestría, Uni-versidad Autónoma de Querétaro, México).
19. McAuliffe W, Rohman M, Breer P, Wyshak G, Santangelo S, Magnuson E. (1991). Alcohol use and abuse in random samples of physicians and medical students. *American Journal of Public Health* 1991; 81: 177-82.
20. Nieves, Z., Satchimo, A., González, Y. y Jiménez, M. (2013). Algunas consideraciones acerca del estrés académico en los estudiantes universitarios. *Revista Psicoespacios*, 7(11), 91-116. <http://revistas.iue.edu.co/revistasiue/index.php/Psicoespacios/article/view/215>
21. Obregón-Morales, Berea, Montalván-Romero, José C., Segama-Fabian, Edinho, Dámaso-Mata, Bernardo, Panduro-Correa, Vicky, & Arteaga-Livias, Kovy. (2020). Factors associated with depression in medical students from a peruvian university. *Educación Médica Superior*, 34(2), e1881. Epub 01 de junio de 2020. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412020000200013&lng=es&tlng=en.
22. Organización Mundial de la Salud (2018). 10 amenazas a la salud mundial en 2018. <https://www.who.int/features/2018/10-threats-global-health/es/>
23. Restrepo, J. E., Sánchez, O. A., & Castañeda Quirama, T. (2020). Estrés académico en estudiantes universitarios. *Psicoespacios*, 14(24), 17-37. <https://doi.org/10.25057/21452776.1331>
24. Román Collazo, C. A., Ortiz Rodríguez, F., & Hernández Rodríguez, Y. (2008). El estrés académico en estudiantes latinoamericanos de la carrera de Medicina. *Revista Iberoamericana De Educación*, 46(7), 1-8. <https://doi.org/https://doi.org/10.35362/rie4671911>

25. Romero, M.I., Santander J., Hitschfeld, M.J., Labbé, M. & Zamora, V. (2009). Consumo de sustancias ilícitas y psicotrópicos entre los estudiantes de medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile. *Revista Médica de Chile*. 137, 459-465. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872009000400002
26. Sánchez-Hoil A, Andueza-Pech MG, Santana-Carvajal AM, Hoil-Santos JJ, CuFarfán-López J. (2017). Características sociodemográficas y perfil de consumo de tabaco y drogas en estudiantes de dos universidades de México. *Rev Biomed*. 2017;1(28):11–27.
27. Santos Morocho, J.L., Jaramillo Oyervide, J.A., Morocho Malla, M.I., Senín Calderón, M.C. y Rodríguez Testal, J.F. (2017). Estudio transversal: Evaluación del estrés académico en estudiantes de Medicina y su asociación con la depresión. *Revista Médica HJCA*, 9 (3), 255-260.
28. Soto-Estrada, G, Moreno-Altamirano, L, & Pahuá Díaz, D. (2016). Panorama epidemiológico de México, principales causas de morbilidad y mortalidad. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 59(6), 8-22. Recuperado en 17 de junio de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422016000600008&lng=es&tlng=es.
29. Velásquez, C. y Mejía, J. (2009). Rendimiento académico y abuso-dependencia de sustancias psicoactivas en los estudiantes de la Universidad de Antioquia. *Memorias ivclabes: Cuarta Conferencia Latinoamericana sobre el Abandono en la Educación Superior*. <https://goo.gl/cBvgou>
30. Villatoro J, Medina-Mora ME, Fleiz C, Moreno M, Oliva N, Bustos M, et al. (2011). El consumo de drogas en México: Resultados de la Encuesta Nacional de Adicciones, 2011. *Salud Mental* 2012 Nov./Dic.; 35(6):447-457
31. Zárate-Depraect, Nikell E., Soto-Decuir, María G., Martínez-Aguirre, Eunice G., Castro-Castro, María L., García-Jau, Rosa A., & López-Leyva, Nidia M. (2018). Hábitos de estudio y estrés en estudiantes del área de la salud. *FEM: Revista de la Fundación Educación Médica*, 21(3), 153-157. Recuperado en 03 de septiembre de 2019, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2014-98322018000300007&lng=es&tlng=es.