

# **European Scientific Journal, *ESJ***

*December 2020*

**European Scientific Institute, ESI**

*The content is peer reviewed*

**ESJ Natural/Life/Medical Sciences**

*December 2020 edition vol. 16, No. 36*

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

**John Kamau Gathiaka,**  
University of Nairobi, Kenya

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

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

**Chaudhry Zahid Javid,**  
Taif University, Saudi Arabia

**Dejan Marolov,**  
European Scientific Institute, ESI

**Gloria Esteban de la Rosa,**  
University of Jaen, Spain

**Noor Alam,**  
Universiti Sains Malaysia, Malaysia

**Rashad A. Al-Jawfi,**  
Ibb University, Yemen

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

**Hans W. Giessen,**  
Saarland University, Saarbrucken, Germany

**Naheed Vaida,**  
University of Kashmir, India

**Frank Bezzina,**  
University of Malta, Malta

**Monika Bolek,**  
University of Lodz, Poland

**Michele Minor-Corriveau,**  
Laurantian University, Canada

**Robert N. Diotalevi,**  
Florida Gulf Coast University, USA

**Daiva Jureviciene,**  
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

**Mariangela Giusti,**  
University of Milan - Bicocca, Italy

**Anita Lidaka,**  
Liepaja University, Latvia

**Rania Zayed,**  
Cairo University, Egypt

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

**Ziad Said,**  
College of the North Atlantic, Qatar

**Lydia Ferrara,**  
University of Naples, Italy

**Byron A Brown,**  
Botswana Accountancy College, Botswana

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

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

**Mona Kassem,**  
National Research Centre, Egypt

**Cinaria Tarik Albadri,**  
Trinity College Dublin University, Ireland

**Mahammad A. Nurmamedov,**  
State Pedagogical University, Azerbaijan

**Thomas Fenzl,**  
Alps-Adria University of Klagenfurt, Austria

**Henryk J. Barton,**  
Jagiellonian University, Poland

**Stefanos Spaneas,**  
University of Nicosia, Cyprus

**Assem El-Shazly,**  
Zagazig University, Egypt

**Wei Hao,**  
Beijing Normal University, China

**Saltanat Meiramova,**  
S.Seifullin AgroTechnical University, Kazakhstan

**Rajasekhar Kali Venkata,**  
University of Hyderabad, India

**Nishan Rafi Havandjian,**  
California Polytechnic State University, USA

**Ruzica Loncaric,**  
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

**Stefan Vladutescu,**  
University of Craiova, Romania

**Anna Zelenkova,**  
Matej Bel University, Slovakia

**Kevin B. O'Connor,**  
McGill University, Canada

**Billy Adamsen,**  
University of Southern Denmark, Denmark

**Nawab Ali Khan,**  
Aligarh Muslim University, India

**Marinella Lorinzi,**  
University of Cagliari, Italy

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

**Bianca Gioia Marino,**  
University of Naples Federico II, Italy

**Franko Milost,**  
Faculty of Management, Koper, Slovenia

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

**Daniel Velasco,**  
Chicago School of Professional Psychology, USA

**N. K. Rathee,**  
Delaware State University, USA

**Michael Ba Banutu-Gomez,**  
Rowan University, USA

**Adil Jamil,**  
Amman University, Jordan

**Habib Kazzi,**  
Lebanese University, Lebanon

**Valentina Manoiu,**  
University of Bucharest, Romania

**Henry J. Grubb,**  
University of Dubuque, USA

**Daniela Brevenikova,**  
University of Economics, Slovakia

**Genute Gedviliene,**  
Vytautas Magnus University, Lithuania

**Vasilika Kume,**  
University of Tirana, Albania

**Mohammed Kerbouche,**  
University of Mascara, Algeria

**Adriana Gherbon,**  
University of Medicine and Pharmacy Timisoara, Romania

**Pablo Alejandro Olavegogeochea,**  
National University of Comahue, Argentina

**Raul Rocha Romero,**  
Autonomous National University of Mexico, Mexico

**Oihab Allal-Cherif,**  
KEDGE Business School, France

**Izabela Dembinska,**  
University of Szczecin, Poland

**Driss Bouyahya,**  
University Moulay Ismail, Morocco

**William P. Fox,**  
Naval Postgraduate School, USA

**Rania Mohamed Hassan,**  
University of Montreal, Canada

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

**Alicia Marchant Rivera,**  
University of Malaga, Spain

**Lucia D'Ambrosi,**  
University of Macerata, Italy

**Tilahun Achaw Messaria,**  
Addis Ababa University, Ethiopia

**George Chiladze,**  
University of Georgia, Georgia

**Elisa Rancati,**  
University of Milano-Bicocca, Italy

**Alessandro Merendino,**  
University of Ferrara, Italy

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

**Anastassios Gentzoglani,**  
University of Sherbrooke, Canada

**Awoniyi Samuel Adebayo,**  
Solusi University, Zimbabwe

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

**Berenyi Laszlo,**  
University of Miskolc, Hungary

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

**Omar Arturo Dominguez Ramirez,**  
Hidalgo State University, Mexico

**Francesco Lenci,**  
Institute of Biophysics, Italy

**Hafiz Muhammad Iqbal,**  
University of the Punjab, Pakistan

**Bupinder Zutshi,**  
Jawaharlal Nehru University, India

**Pavel Krpalek,**  
University of Economics in Prague, Czech Republic

**Mondira Dutta,**  
Jawaharlal Nehru University, India

**Evelio Velis,**  
Barry University, USA

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

**Mahbubul Haque,**  
Daffodil International University, Bangladesh

**Diego Enrique Baez Zarabanda,**  
Autonomous University of Bucaramanga, Colombia

**Juan Antonio Lopez Nunez,**  
University of Granada, Spain

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

**Ashgar Ali Ali Mohamed,**  
International Islamic University, Malaysia

**A. Zahoor Khan,**  
International Islamic University Islamabad, Pakistan

**Valentina Manoiu,**  
University of Bucharest, Romania

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

**Andrzej Palinski,**  
AGH University of Science and Technology, Poland

**Munawar Salahuddin,**  
National University of Science Technology, Pakistan

**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

**Michel Lesne,**  
University of Louvain, Belgium

**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 Saliq,**  
University of Vlora, Albania

**Maria Garbelli,**  
Milano Bicocca University, Italy

**Josephus van der Maesen,**  
Wageningen University, Netherlands

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

**Francisco Gonzalez Garcia,**  
University of Granada, Spain

**Mahgoub El-Tigani Mahmoud,**  
Tennessee State University, USA

**Hilal Yildirim Keser,**  
Bursa Technical University, Turkey

**Miriam Agreda Montoro,**  
University of La Rioja, Spain

**Claudio Tugnoli,**  
University of Trento, Italy

**Daniel Federico Morla,**  
National University of Rio Cuarto, Argentina

**Valeria Autran,**  
National University of Rio Cuarto, Argentina

**Muhammad Hasmi Abu Hassan Asaari,**  
Universiti Sains, Malaysia

**Angelo Viglianisi Ferraro,**  
Mediterranean University of Reggio Calabria, Italy

**Roberto Di Maria,**  
University of Palermo, Italy

**Delia Magherescu,**  
State University of Moldova, Moldova

**Sayeduzzafar Qazi,**  
University of Science and Technology, Saudi Arabia

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

**Paul Waithaka Mahinge,**  
Kenyatta University, Kenya

**Aicha El Alaoui,**  
Sultan My Slimane University, Morocco

**Marija Brajčić,**  
University of Split, Croatia

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

**Belen Martinez-Ferrer,**  
Univeristy Pablo Olavide, Spain

**Rachid Zammar,**  
University Mohammed 5, Morocco

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

**Fatma Koc,**  
Gazi University, Turkey

**Calina Nicoleta,**  
University of Craiova, Romania

**Shadaan Abid,**  
UT Southwestern Medical Center, USA

**Sadik Madani Alaoui,**  
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

**Patrizia Gazzola,**  
University of Insubria, Italy

**Krisztina Szegedi,**  
University of Miskolc, Hungary

**Liliana Esther Mayoral,**  
National University of Cuyo, Argentina

**Amarjit Singh,**  
Kurukshetra University, India

**Armando Carteni,**  
University of Naples Federico II, Italy

**Oscar Casanova Lopez,**  
University of Zaragoza, Spain

**Emina Jerkovic,**  
University of Josip Juraj Strossmayer, Croatia

**Carlos M. Azcoitia,**  
National Louis University, USA

**Rokia Sanogo,**  
University USTTB, Mali

**Bertrand Lemennicier,**  
University of Paris Sorbonne, France

**Lahcen Benaabidate,**  
University Sidi Mohamed Ben Abdellah, Morocco

**Janaka Jayawickrama,**  
University of York, United Kingdom

**Kiluba L. Nkulu,**  
University of Kentucky, USA

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

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

**Leila Ghudushauri,**  
Tbilisi State University, Georgia

**George C. Katsadoros,**  
University of the Aegean, Greece

**Elena Gavrilova,**  
Plekhanov University of Economics, Russia

**Kira Trostina,**  
Plekhanov University of Economics, Russia

**Eyal Lewin,**  
Ariel University, Israel

**Szczepan Figiel,**  
University of Warmia, Poland

**Don Martin,**  
Youngstown State University, USA

**John B. Strait,**  
Sam Houston State University, USA

**Nirmal Kumar Betchoo,**  
University of Mascareignes, Mauritius

**Camilla Buzzacchi,**  
University Milano Bicocca, Italy

**EL Kandoussi Mohamed,**  
Moulay Ismai University, Morocco

**Marek Semela,**  
Brno University of Technology, Czech Republic

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

**Susana Borrás Pentinat,**  
Rovira i Virgili University, Spain

**Jelena Kasap,**  
Josip J. Strossmayer University, Croatia

**Massimo Mariani,**  
Libera Università Mediterranea, Italy

**Rachid Sani,**  
University of Niamey, Niger

**Luis Aliaga,**  
University of Granada, Spain

**Robert McGee,**  
Fayetteville State University, USA

**Susan Poyo,**  
Franciscan University, USA

**Angel Urbina-Garcia,**  
University of Hull, United Kingdom

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

**Marko Andonov,**  
American College, Republic of Macedonia

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

**Leyla Yilmaz Findik,**  
Hacettepe University. Turkey

**Vlad Monescu,**  
Transilvania University of Brasov, Romania

**Virginia Pulcini,**  
University of Torino, Italy

**Stefano Amelio,**  
University of Unsubria, Italy

**Enida Pulaj,**  
University of Vlora, Albania

**Christian Cave,**  
University of Paris XI, France

**Julius Gathogo,**  
University of South Africa, South Africa

**Claudia Pisoschi,**  
University of Craiova, Romania

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

**Joseph Ntale,**  
Catholic University of Eastern Africa, Kenya

**Kate Litondo,**  
University of Nairobi, Kenya

**Maurice Gning,**  
Gaston Berger University, Senegal

**Katarina Marosevic,**  
J.J. Strossmayer University, Croatia

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

**Syed Shadab,**  
Jazan University, Saudi Arabia

**Koffi Yao Blaise,**  
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

**Mario Adelfo Batista Zaldivar,**  
Technical University of Manabi, Ecuador

**Kalidou Seydou,**  
Gaston Berger University, Senegal

**Iveta Reinholde,**  
University of Latvia, Latvia

**Patrick Chanda,**  
The University of Zambia, Zambia

**Meryem Ait Ouali,**  
University IBN Tofail, Morocco

**Laid Benderradji,**  
Mohamed Boudiaf University of Msila, Algeria

**Amine Daoudi,**  
University Moulay Ismail, Morocco

**Claudio Fabian Guevara,**  
University of Guadalajara, Mexico

**Oruam Cadex Marichal Guevara,**  
University Maximo Gomes Baez, Cuba

**Vanya Katarska,**  
National Military University, Bulgaria

**Carmen Maria Zavala Arnal,**  
University of Zaragoza, Spain

**Francisco Gavi Reyes,**  
Postgraduate College, Mexico

**Aysegul Ozbebek Tunc,**  
Istanbul University, Turkey

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

**Mary Kathryn Mc Vey,**  
Franciscan University of Steubenville, USA

**Patricia Randrianavony,**  
University of Antananarivo, Madagascar

**Roque V. Mendez,**  
Texas State University, USA

**Kesbi Abdelaziz,**  
University Hassan II Mohammedia, Morocco

**Eugenio D'Angelo,**  
Pegaso Telematic University, Italy

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

**Ilknur Bayram,**  
Ankara University, Turkey

**Elenica Pjero,**  
University Ismail Qemali, Albania

**Gokhan Ozer,**  
Fatih Sultan Mehmet Vakif University, Turkey

**Komina Amevoin,**  
University of Lome, Togo

**Veronica Flores Sanchez,**  
Technological University of Veracruz, Mexico

**Camille Habib,**  
Lebanese University, Lebanon

**Larisa Topka,**  
Irkutsk State University, Russia

**Paul M. Lipowski,**  
Creighton University, USA

**Jose Antonio Marin,**  
University of Granada, Spain

**Marie Line Karam,**  
Lebanese University, Lebanon

**Jorge Wozniak,**  
National University of Tres de Febrero, Argentina

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

**Mohamed Berradi,**  
Ibn Tofail University, Morocco

**Visnja Lachner,**  
Josip J. Strossmayer University, Croatia

**Sangne Yao Charles,**  
University Jean Lorougnon Guede, Ivory Coast

**Omar Boubker,**  
University Ibn Zohr, Morocco

**Judit Sole Resina,**  
Autonomous University of Barcelona, Spain

**Kouame Atta,**  
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

**Patience Mpanzu,**  
University of Kinshasa, Congo

**Angeles Aguilera Velasco,**  
University of Guadalajara, Mexico

**Rachid Hsissou,**  
Ibn Tofail University, Morocco

**Svetlana Melentijevic,**  
Complutense University of Madrid, Spain

**Devang Upadhyay,**  
University of North Carolina at Pembroke, USA

**Nyamador Wolali Seth,**  
University of Lome, Togo

**Akmele Meless Simeon,**  
Ouattara University, Ivory Coast

**Mohamed Sadiki,**  
IBN Tofail University, Morocco

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

**Gamal 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,**  
Universite d'Abomey-Calavi, Benin

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

**Rene Mesias Villacres Borja,**  
Universidad Estatal De Bolivar, Ecuador

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

**Qamil Dika,**  
Sports University of Tirana, Albania

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

**Hariti Hakim,**  
University Alger 3, Algeria

**Emel Ceyhun Sabir,**  
University of Cukurova, Turkey

**Salomon Barrezueta Unda,**  
Universidad Tecnica de Machala, Ecuador

**Belkis Zervent Unal,**  
Cukurova University, Turkey

**Elena Krupa,**  
Kazakh Agency of Applied Ecology, Kazakhstan

**Carlos Angel Mendez Peon,**  
Universidad de Sonora, Mexico

**Antonio Solis Lima,**  
Apizaco Institute Technological, Mexico

**Roxana Matefi,**  
Transilvania University of Brasov, Romania

**Bouharati Saddek,**  
UFAS Setif1 University, Algeria

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

**Serigne Modou Sarr,**  
Universite Alioune DIOP de Bambey, Senegal

**Nina Stankous,**  
National University, USA

**Lovergine Saverio,**  
Tor Vergata University of Rome, Italy

**Fekadu Yehuwalashet Maru,**  
Jigjiga University, Ethiopia

**Karima Laamiri,**  
University of Moulay Ismail, Morocco

**Elena Hunt,**  
Laurentian University, Canada

**Sharad K. Soni,**  
Jawaharlal Nehru University, India

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

**Florence Kagendo Muindi,**  
University of Nairobi, Kenya

**Maximo Rossi Malan,**  
Universidad de la Republica, Uruguay

**Haggag Mohamed Haggag,**  
South Valley University, Egypt

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

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

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

**Fernando Paulo Oliveira Magalhaes,**  
Polytechnic Institute of Leiria, Portugal

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

**Stefan Cristian Gherghina,**  
Bucharest University of Economic Studies, Romania

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

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

**Aristide Yemmafouo,**  
University of Dschang, Cameroon

**Gabriel Anibal Monzón,**  
University of Moron, Argentina

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

**Arburim Iseni,**  
State University of Tetovo, Republic of Macedonia

**Milad Reda Qelliny,**  
Minia University, Egypt

**Raoufou Pierre Radji,**  
University of Lome, Togo

**Juan Carlos Rodriguez Rodriguez,**  
Universidad de Almeria, Spain

**Mohammadreza Hadizadeh,**  
Central State University, USAa

**Mushtaq Ismael Hasan,**  
Thi-Qar University, Iraq

**Satoru Suzuki,**  
Panasonic Corporation, Japan

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

**Russell Kabir,**  
Anglia Ruskin University, UK

**Nasreen Khan,**  
SZABIST, Dubai

**Luisa Morales Maure,**  
University of Panama, Panama

**Abdelaaziz El Bakkali,**  
Sidi Mohamed Ben Abdelah University, Morocco

**Lipeng Xin,**  
Xi'an Jiaotong University, China

**Harja Maria,**  
Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Romania

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

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

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

**Bertin Desire Soh Fostsing,**  
University of Dschang, Cameroon

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

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

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

**Abdelfettah Maouni,**  
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

**Alina Stela Resceanu,**  
University of Craiova, Romania

**Alilouch Redouan,**  
University Abdelmalek Saadi, Morocco

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

**Sufi Amin,**  
International Islamic University, Islambad Pakistan

**Sanja Milosevic Govedarovic,**  
University of Belgrade, Serbia

**Elham Mohammadi,**  
Curtin University, Australia

**Andrianarizaka Marc Tiana,**  
University of Antananarivo, Madagascar

**Ngakan Ketut Acwin Dwijendra,**  
Udayana University, Indonesia

**Yue Cao,**  
Southeast University, China

**Nishant Agrawal,**  
Nirma University, India

**Audrey Tolouian,**  
University of Texas, USA

**Alaa Abdulhady Jaber,**  
University of Technology, Iraq

**Asli Cazorla Milla,**  
American University in the Emirates, UAE

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

**Tabou Talahatou,**  
University of Abomey-Calavi, Benin

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

**Hamidreza Izadi,**  
Chabahar Maritime University, Iran

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

**Elsa Kristo,**  
University of Tirana, Albania

**Hanaa Ouda Khadri Ahmed Ouda,**  
Ain Shams University, Egypt

**Rachid Ismaili,**  
Hassan 1 University, Morocco

**Bashar H. Malkawi,**  
University of Sharjah, UAE

**Tamar Ghutidze,**  
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

**Emine Koca,**  
Ankara Haci Bayram Veli University, Turkey

**David Perez Jorge,**  
University of La Laguna, Spain

**Ousmane Tanor Dieng,**  
Cheikh Anta Diop University, Senegal

**Irma Guga,**  
European University of Tirana, Albania

**Ozgur Muhittin Esen,**  
Istanbul University, Turkey

**Saif Ur Rehman,**  
PMAS-Arid Agriculture University, Pakistan

**Jesus Gerardo Martínez del Castillo,**  
University of Almeria, Spain

**Mohammed Mouradi,**  
Sultan Moulay Slimane University, Morocco

**Marco Tulio Ceron Lopez,**  
Institute of University Studies, Mexico

**Mangambu Mokoso Jean De Dieu,**  
University of Bukavu, Congo

**Hadi Sutopo,**  
Kalbis Institute, Indonesia

**Priyantha W. Mudalige,**  
University of Kelaniya, Sri Lanka

**Emmanouil N. Choustoulakis,**  
University of Peloponnese, Greece

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

**Pinnawala Sangasumana,**  
University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka

**Abdelali Kaaouachi,**  
Mohammed I University, Morocco

**Dimitrios Belias,**  
University of Thessaly, Greece

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

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

**Amaya Epelde Larranaga,**  
University of Granada, Spain

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

**Youssef Babakhouya,**  
Inje University, South Korea

**Saly Sambou,**  
Cheikh Anta Diop University, Senegal

**Daniela Di Berardino,**  
University of Chieti-Pescara, Italy

**Dorjana Klosi,**  
University of Vlore "Ismail Qemali, Albania

**Abu Hamja,**  
Aalborg University, Denmark

**Stankovska Gordana,**  
University of Tetova, Republic of Macedonia

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

**Maria Leticia Bautista Diaz,**  
National Autonomous University, Mexico

**Bruno Augusto Sampaio Fuga,**  
North Parana University, Brazil

**Anouar Alami,**  
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

**Vincenzo Riso,**  
University of Ferrara, Italy

**Janhavi Nagwekar,**  
St. Michael's Hospital, Canada

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

**Xi Chen,**  
University of Kentucky, USA

**Nawaz Ahmad,**  
Institute of Business Management, Pakistan

**Varij Nayan,**  
Central Institute for Research on Buffaloes, India

**Fateh Mebarek-Oudina,**  
Skikda University, Algeria

**Nadia Mansour,**  
University of Sousse, Tunisia

**Jestoni Dulva Maniago,**  
Majmaah University, Saudi Arabia

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

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

**Enriko Ceko,**  
Wisdom University, Albania

**Laura Fischer,**  
National Autonomous University of Mexico, Mexico

**Mauro Berumen,**  
University of East Cancun, Mexico

**Jonida Lesha,**  
University of Tirana, Albania

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

**Hanif Qureshi,**  
University of Cincinnati, USA

**Maria Carlota,**  
Autonomous University of Queretaro, Mexico

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

**Bhupendra Karki,**  
University of Louisville, Louisville, USA

**Evens Emmanuel,**  
University of Quisqueya, Haiti

**Iresha Madhavi Lakshman,**  
University of Colombo, Sri Lanka

**Francesco Scotognella,**  
Polytechnic University of Milan, Italy

**Zayde Ayvaz,**  
Canakkale Onsekiz Mart University, Turkey

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

**Rawaa Qasha,**  
University of Mosul, Iraq

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

**Hani Nasser Abdelhamid,**  
Assiut University, Egypt

**Pablo Ezequiel Flores-Kanter,**  
University Siglo 21, Argentina

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

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

**Ilenia Farina,**  
University of Naples "Parthenope, Italy

**Luisa Zanolla,**  
Azienda Ospedaliera Universitaria Verona, Italy

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

**Adriana Burlea-Schiopoiu,**  
University of Craiova, Romania

**Alejandro Palafox-Munoz,**  
University of Quintana Roo, Mexico

**Fernando Espinoza Lopez,**  
Hofstra University, USA

**Ammar B. Altemimi,**  
University of Basrah, Iraq

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

**Davide Calandra,**  
University of Turin, Italy

**Nicola Varrone,**  
University of Campania Luigi Vanvitelli, Italy

**Luis Angel Medina Juarez,**  
University of Sonora, Mexico

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

**Sameer Algburi,**  
Al-Kitab University, Iraq

European Scientific Journal, ESJ  
December 2020 edition Vol.16, No.36

ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

**Braione Pietro,**  
University of Milano-Bicocca, Italy

# Table of Contents:

**Proposed Design of a Real-Time COVID-19 Pandemic Contact Tracing  
Using Mobile Phone.....1**

*Ezenwa Nwawudu*

*Amanze Ikwu*

*Ugochi Ikwu*

*Nneoma Oparah*

*Stanley Nnorom*

**Evaluation of Knowledge and Belief on False Reports and  
Misinformation from Social Media in COVID-19 Pandemic: A Web  
Based Cross-Sectional Survey in Karachi, Pakistan.....8**

*Shehroz Shahid*

*Ramsha Habibullah Mangrio*

*Munib Abbas*

*Zeeshan Ali*

*Masroor Ahmed*

**The Overview of the Management of Comorbid Cardiovascular Diseases  
and Diabetes during COVID-19.....18**

*Sarina Bakhtiarian*

*Mehrasa Nikandish*

*Melika Alyari*

*Tatia Gakharia*

**Diversité Et Distribution De La Grande Faune Mammalienne Dans Le Parc National De Moukalaba-Doudou (Sud-Ouest Du Gabon).....34**

*Fred Loïque Mindonga Nguelet*

*Lilian Brice Mangama-Koumba*

*Ghislain Wilfried Ebang Ella*

*Aubin Armel Koumba*

*Jacques François Mavoungou*

**Connaissances Et Perceptions Des Services Écosystémiques Des Espaces Verts Des Villes De Cotonou, Abomey-Calavi Et Allada Du Sud Bénin: Implications Pour La Gestion Durable Des Forêts Urbaines Et Péri-Urbaines.....52**

*Lionel Crescendo Sehoun*

*Toussaint Olou Lougbegnon*

*Jean Claude Timothé Codjia*

**Modélisation Des Extrêmes Climatiques De La Région De La Marahoué À Partir D'un Générateur Stochastique De Temps Mono-Site (Weagets).....70**

*Yapi Assa Fabrice*

*N'guessan Bi Vami Hermann*

*Oga Yeï Marie Solange*

*Kpan Oulaï Jean Gautier*

*Allechy Fabrice Blanchard*

*Biemi Jean*

**Prevention of SQL Injection Attack Using Blockchain Key pair based on Stellar.....92**

*Jeremiah O. Abimbola*

*Chen Zhangfang*

**Macrophytes Du Lac Iro Au Tchad : Diversité, Typologie Phytosociologique Et Pressions.....105**

*Goy Saradoum*

*Guiguindibaye Madjimbe*

*Kemkong Baouyé*

*Doloum Gomoung*

*Brahim Amba Amba*

**Stigma as a Challenge To Adherence To Antiretroviral Therapy Among People Living With Hiv/Aids In Nigeria – A Review.....128**

*Okuku Mary Obidiya*

*Dan-Jumbo Alali*

**Detección De Perfiles De Rendimiento Académico En La Universidad Nacional Del Este De Paraguay.....138**

*La Red Martínez David L.*

*Bobadilla Gabriela M.*

*Delgado Lourdes*

*Ayala Katia*

**Effet De Quelques Propriétés Du Sol Sur L'occurrence Et L'abondance  
De Lippia Multiflora M. (Verbenaceae) Dans Le Système Savanicole De  
Tiébissou, Au Centre De La Côte d'Ivoire.....158**

*Alui Konan Alphonse*

*Yao Saraka Didier Martial*

*N'Guetta Adélaïde Adélaïde*

*Yao-Kouamé Albert*

**Activites Humaines Et Exploitation Des Ressources En Eau De Surface  
Dans Le Departement Du Couffo, (Benin, Afrique De  
L'ouest).....173**

*Saturnin Degnon*

*Ansèque Gomez Coami*

*Expédit Wilfrid Vissin*

**Estimation Of Runoff And Erosion Rates Using Agwa - Kineros2 Model:  
Application To A Mediterranean Watershed.....193**

*El Harche Sanae*

*Chikhaoui Mohamed*

*Naimi Mustapha*

**Prise En Charge Des Plaies Pénétrantes De L'abdomen À L'hôpital  
National De Niamey.....212**

*Hama Y.*

*Mohamed AA.*

*Kadi I.*

*James Didier L.*

*Sani R.*

**Rol Ecológico Del Zorro Pampeano (*Lycalopex Gymnocercus*) Como  
Dispersor De Semillas En Ambientes De Agroecosistema Y Bosques  
Serranos De Argentina.....223**

*Claudia M. Dellafiore*

*Elisa Brignone*

*Verónica Scilingo*

**Les Forêts Sacrées Dans Les Hautes Terres De l'Ouest Cameroun : Intérêt  
Dans La Conservation De La Biodiversité.....234**

*Bertine Tiokeng*

*Merveille Lilie Ngougni*

*Victor François Nguetsop*

*Marie Caroline Momo Solefack*

*Louis Zapfack*

**Caractérisation De Quelques Légumes-Feuilles Les Plus Consommés  
Dans La Ville De Daloa (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire).....257**

*Yao N'zué Benjamin*

*Kpata-Konan Nazo Edith*

*Guetandé Koné Lacina*

*Tano Kablan*

**Cancer Du Sein Inflammatoire Chez La Femme Camerounaise.....285**

*Binyom Pierre R.*

*Zaré Cyprien Belemilga G. L. Hermann*

*Fouelifack Ymele F.*

*Bwéllé Georges*

*Bang Aristide*

*Ngowé Ngowé Sosso Maurice Aurélien*

**Etude De La Valeur Indicatrice Des Adventices Et Diagnostic De La  
Fertilité Des Sols Des Friches Cacaoyères Au Sud-Est De La Côte  
d'Ivoire.....296**

*Akedrin Tetchi Nicaise*

*Akotto Odi Faustin*

*Kouadio Aka Niangoran Marie-Stéphanie*

**Synthèse Et Caractérisation De La Structure Du [4-  
[(1HBenzo[D]Imidazol-1-Yl)Méthyl]-  
1H-1,2,3-Triazol-1  
Yl](Benzamido)Méthyl]Phospho nate De Diéthyle Par La Spectroscopie  
RMN 1D Et 2D.....314**

*Serigne Abdou Khadir Fall*

*Hassane Faraj*

*Anouar Alami*

*Säïd Achamlale*

*Younas Aouine*

**Diversité Floristique Et Valeur De Conservation De La Forêt Classée De  
N'ganda-N'ganda (Sud-Est De La Cote D'ivoire).....329**

*Akaffou Tchimou Antoine*

*Neuba Danho Fursy Rodelec*

*Malan Djah François*

**Phytosociology Of Echinops Giganteus In The Western Highland Of  
Cameroon.....345**

*Christiana Ngyete Nyikob Mbogue*

*Anjah Mendi Grace*

*Woukoue Taffo Junior Baudoin*

*Nkemnkeng Francoline Jong*

**Electrical Resistivity And Induced Polarization Imaging For Refuse  
Dump Site.....361**

*Akwasi Acheampong Aning*

*Van-Dycke Sarpong Asare*

*Reginald Mensah Noye*

**Production Locale De Médicaments Issus De La Médecine Et  
Pharmacopée Traditionnelles : Analyse Des Déterminants De La Survie  
De L'unité De Production (UPHARMA).....374**

*Salfo Ouédraogo*

*Marius Lompo*

*Mohamadi Zeba*

*Janvier Kini*

*Ina Tata Traoré*

*Charles B. Sombié*

*Sylvin Ouédraogo*

*Rasmané Semdé*



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### **Ezenwa Nwawudu,**

Global Needs Institute,Saint Etienne,France

### **Amanze Ikwu,**

Cardiology Department  
University Hospitals Plymouth NHS  
Trust,Plymouth,United Kingdom

### **Ugochi Ikwu,**

Senior Enterprise Engineer, Allergan USA.  
New Jersey,USA

### **Nneoma Oparah,**

Argon Medical Devices,  
Plano,Texas,USA

### **Stanley Nnorom,**

Educational Management and Policy  
Faculty of Education  
Nnamdi Azikiwe University, Awka,Nigeria

---

Submitted: 24 August 2020

Accepted: 04 December 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*Dr. Amanze N.Ikwu*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p1](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p1)

 Copyright 2020 Ikwu A,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCES

---

Cite as:

Nwawudu.E, Ikwu.A.,Ikwu.U., Oparah.N.,  
Nnorom.S. (2020). Proposed Design of a Real-Time  
COVID-19 Pandemic Contact Tracing Using  
Mobile Phone. *European Scientific Journal, ESJ, 16*  
(36), 1. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p1>

---

## **Proposed Design of a Real-Time COVID-19 Pandemic Contact Tracing Using Mobile Phone**

---

### **Abstract**

As the virus that causes COVID-19 continues to spread from person to persons in communities and rampaging the world, the need for an effective real-time surveillance system becomes paramount. Advance contact tracing and detection of the persons with the virus represents one of the main strategies to prevent transmission. Although COVID-19 surveillance systems such as contact tracing mobile apps have improved the administration and management of virus, there are still challenges such as privacy, cost and ethical issues, the adoption of new technologies, standardized cases, and validly diagnosed case and validity. However, the current mobile apps contact tracing system adopted by different nations has complemented conventional tracing effort in fighting the virus. This proposal is a model for an interactive computer system using mobile phones and the internet for real-time collection and transmission of events related to COVID-19. It will aid the administration and presumptive management of COVID-19 in the world, especially in rural areas. This proposal shows that a sophisticated COVID-19 surveillance system can be build using mobile phones with the right telecommunication technology partner.

---

**Subject:** Public Health

**Keywords:** COVID-19, Contact tracing,  
Mobile phone, Real-time, Pandemic

## 1. Introduction

With the continued spread of the COVID-19 pandemic; and the vaccine for it still on trial. The world is pinning its hopes on fighting the spread of the ability to quickly identify people who might have been exposed to the virus [1]. Contact tracing is a key public health intervention and a critical component of comprehensive strategies to control the spread of COVID-19. Breaking the chains of human-to-human transmission through contact tracing by identifying people exposed to confirmed cases, quarantining them, monitoring them to ensure rapid isolation, and testing and treatment in case they develop symptoms is very essential in checkmating the spread of the COVID-19 pandemic. When implemented systematically and effectively, these actions can ensure that the number of new cases generated by each confirmed case is contained below one [2]. Many researchers and developers are working closely with public health authorities in exploring different options to support contact tracing with technological tools. Since the first use of mobile technology app to support contact tracing in Singapore, many EU/EEA countries and other developed countries have designed a mobile app to complement the conventional contact tracing efforts [3]. However, the majority of countries in the world still rely on manual contact tracing alone which is generally a laborious, slow process that relies on in-person interviews and detective work.

Contact tracing in the context of COVID-19 requires identifying persons who may have been exposed to a person with COVID-19 and monitoring them up daily for 14 days from the last point of exposure. Contacts should remain in self-quarantine during the 14-day monitoring period in order to limit the possibility of exposing other people to infection should they become ill, since COVID-19 transmission can occur before symptoms develop. When implementing contact tracing, the following should be put into consideration: community engagement and public support; proper planning and consideration of local contexts, communities, and cultures; a workforce of trained contact tracers and supervisors; logistics support to contact tracing teams; and well-designed information systems to collect, manage, and analyse data in real-time [4].

Contact tracing has challenges such as incomplete identification of contacts, inefficiencies in paper-based reporting systems, complex data management requirements, and delays in steps from the identification of contacts to the isolation of suspected cases among contacts. Technological tools can play a role in overcoming some of these challenges when integrated into a sufficiently resourced contact tracing program. Digital tools work effectively for contact tracing when integrated with an existing public health system that includes health services personnel, testing services, and manual contact tracing infrastructure. [5]

## 2. Review of the literature

The applications involving the use of mobile phones and the internet have been of interest to many researchers recently. For example, Voxiva developed a system called *Alerta* that the phone and internet for communication and disease surveillance. Rural health workers can report new cases of disease systematically and in real-time by calling into Voxiva's system and pushing buttons on the phone. *Alerta* project was piloted initially by the health clinic of the Ministry in Peru.[6] It was later in October 2002 implemented in the Peruvian Navy. *Alerta* led to an early outbreak identification response, timely case management, and increase reviews of clinical procedures within reporting units. They concluded that *Alerta* represented a fully functional alternative for cost-effective real-time disease surveillance [7].

Similar systems were developed and deployed in the developing world: Latin America, Iraq, India, and Africa using the Voxiva platform for health solutions. For example, in Africa, Voxiva created a national HIV/AIDS information system for eight countries that monitors current data for national and global reporting requirements to reduce the spread of viral resistance. In India, within a month, a surveillance system for Japanese encephalitis was created by Voxiva [6].

The project Cell Life is using cell phones to monitor adherence for the management of HIV/AIDS in patients on antiretroviral therapy in South Africa [8]. Most of the platforms Cell Life project uses include a global system for mobile communications (GSM), wireless Internet gateway (WIG), and a geographical information system (GIS) database.

Research reports show that public health informatics and disaster response system can be build using Java-enabled wireless phones [9]. The research stressed that Java-enabled wireless phone technology was inherently deployable and portable. The minimal orientation for new hardware is needed since everyone entered the phone keypad and pushing the button.

Also, The Gota software application,[10] created by WHO with partners of the Global Outbreak Alert and Response Network, significantly increased the contact tracing performance of the Ebola virus in 2019 in the Democratic Republic Congo.[11].

## 3. Objectives

Our overall goal in this study is to develop a robust interactive COVID-19 pandemic contact tracing system using mobile phones and the internet that will aid real-time collection and transmission of adverse events related with administration, surveillance and management of COVID-19 pandemic in the world, especially in rural areas.

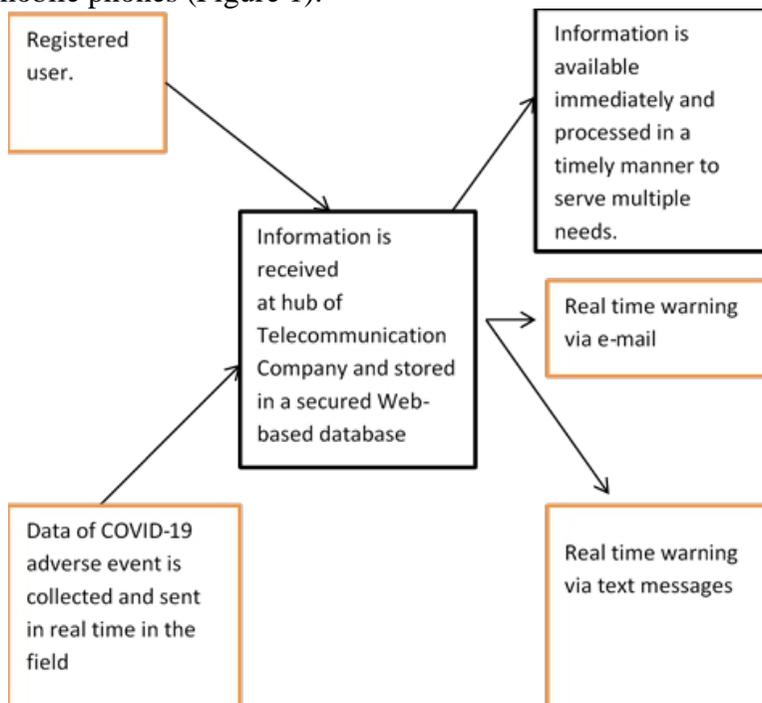
## 4.Method

### 4.1. The System Design

This proposed system can aid in outbreak response and symptom tracking aspects of contact tracing include case investigation, listing and monitoring of contacts, and automating analysis and performance monitoring. This proposed system will manage dynamic relationships between cases and contacts because contacts may have multiple links.

This proposed system will also optimize the workflow of field workers conducting contact tracing as well as providing functionality for supervisors to monitor the implementation of contact tracing. This system will combine the phone and the Internet to create a real-time contact tracing system of COVID-19 pandemic as a complement of the manual contact tracing. It will be an interactive voice response application for mobile phones in English and French, based on a system from a chosen telecommunications company based in the country.

This proposed system will have five elements in the architectural design. The five architectural elements are: the central database and Web server, remote access to the database from any Internet-connected computer, telephone audio computer-assisted personal interviewing, voice messages, and Short Message Service (SMS)-based communications to and from the server via the mobile phones (Figure 1).



**Figure 1:** Diagram of the System Architecture

## **4.2. How the system will work**

You can register on the system using a mobile phone and follow the instructions on a simple prompted menu, and enter your name, age range, mobile phone number, and postcode. A confirmation text message will be sent to you to say that you have successfully registered in the system.

When you have symptoms of COVID-19, you log in to your account in the system and make your report, either by filling a short questionnaire or voice note.

The designated health officials will receive the information immediately via the internet, analyse the data, and use the system's communication and messaging tools to respond. The designate health officials can monitor incoming reports through a Web interface. Individual event reports arrived in real-time with full-case details.

Once the designated health officials analyse the data with COVID-19 systems, they will notify you of the necessary things to do, such as 14 days of self-isolation, wearing a surgical mask, distancing, and test via e-mail and SMS messages. The designated health officials could communicate with remote health officials in that locality to intensify the awareness of COVID-19 guidelines such as the washing of hands, avoid handshaking, social distancing, etc.

If you test positive for COVID-19, the designated health official will ask you to consent to your handshake information via a digital form. A child's parent, guardian, or care will be asked for consent if tested positive.

The filled information enables designated health officials to call close contacts to advise them on what to do. Health officials will not disclose the name of the infected person. Also, the database will only available to authorised health officials. This system will be operational 24 hours a day, seven days a week.

## **5. Discussion**

### **5.1. Advantages**

Although contact tracing is successfully done manually without such a proposed system, the use of this system will facilitate contact tracing implementation on a large scale. This proposed system will offer an opportunity that will strengthen contact tracing capacity for COVID-19. An example is a significant increase in contact tracing performance of the Ebola virus in 2019 in the Democratic Republic Congo facilitated by the implementation of Go.Data [11].

This system will have advantages such as; includes improved data quality, the ability to provide analysis and real-time situation awareness, being able to trace larger numbers of contacts in a shorter period, and the ability to perform coordination and management of contact tracing teams. Moreover, this system

will provide information(s) for monitoring and evaluation of the contact tracing.

This system can also be used by government agencies in the field to set up post-COVID-19 health facilities which offer psychological helplines and provision of palliatives to remote areas as well as garner feedback from people [12].

### **5.2.Challenges**

There are societal fears of privacy breaches, provision of wrong medical advice based on self-reported symptoms, and the systematic exclusion of some members of society who cannot access the system. So, the need to have sufficient regulatory oversight and ethical issues surrounding privacy, security, transparency, and accountability [13].

As well, there is the possibility that marginalized and disadvantaged groups particularly those in the low ad middle-income will be more likely to be excluded. Again, the use of the system will incur costs such as hardware, and software costs, training costs, and require continuous user support.

Moreover, there is currently limited evidence to evaluate the effectiveness of digital tools for COVID-19 response like such proposed a system, despite several countries and areas have deployed. So should not be considered as 'stand-alone solutions' for contact tracing but rather as complementary tools for manual contact tracing.

## **6. Conclusion**

This proposed system will strengthen contact tracing for COVID-19 when implemented. It reveals that COVID-19 contact tracing can be build using mobile phones as feasible means of collecting and reporting data in real-time. The proposal shows that it's not necessary to have the latest laptops or desktop computers to create a sophisticated public health surveillance system. With the partnership of the right telecommunication company partner, a COVID-19 contact tracing system can be build using mobile phones.

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

**Funding:** None

### **References:**

1. COVIDSafe app | Australian Government Department of Health.  
<https://www.health.gov.au/resources/apps-and-tools/covidsafe-app>
2. Mobile applications in support of contact tracing for COVID-19 A guidance for EU/EEA Member States 10 June 2020  
<https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/covid-19-mobile-applications-contact-tracing.pdf>

3. World Health Organisation: Digital tools for COVID-19 contact tracing Annex: Contact tracing in the context of COVID-19 2 June 2020 WHO-2019-nCoV-Contact\_Tracing-Tools\_Annex-2020.1-eng.pdf
4. World Health Organization. Contact tracing in the context of COVID-19. (Interim Guidance) ( 10 May 2020, <https://www.who.int/publicationsdetail/contact-tracing-in-the-context-of-covid-19>)
5. American Civil Liberties Union. Principles for technology-assisted contact-tracing. ACLU White Paper; 2020, (<https://www.aclu.org/report/acluwhite-paper-principles-technology-assistedcontact-tracing>, 16 April 2020).
6. Prahalad C. The Voxiva Story. The Fortune at the Bottom of the Pyramid: Eradicating Poverty Through Profits First printing ed. New Jersey: Wharton School Publishing; 2005:361–379.
7. Lescano A, Ortiz M, Elgegren R, et al. Alerta DISAMAR: Innovative disease surveillance in Peru. Paper presented at: Annual Meeting of the American Society of Tropical Medicine and Hygiene Philadelphia, 2003.
8. Cell-Life. The Cell-Life Solution. Available at: <http://www.cell-life.org/> Accessed: March 1, 2005.
9. Karras BT, Huq SH, Bliss D, Lober WB. National Pharmaceutical Stockpile drill analysis using XML data collection on wireless Java phones. Proc AMIA Symp. 2002:365–391. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
10. World Health Organization. Go.Data (Website) <https://www.who.int/godata>
11. World Health Organization. Speeding up detection to slow down Ebola: smartphone app is game-changer for contact tracing in hotspots in the Democratic Republic of the Congo (News) (<https://www.afro.who.int/news/speeding-detectionslow-down-ebola-smartphone-app-game-changercontact-tracing-hotspots>, 18 September 2019).
12. Ikwu AN, Igwe DC, Nwawudu SE, Adebayo AS. The Impact of COVID-19 Pandemic on Africa’s Healthcare System and Psychosocial Life. Eur J Med & Nat studies, 2020; 4(2): 57-66
13. <http://journals.euser.org/index.php/ejmn/article/view/4797>
14. World Health Organization. Ethical considerations to guide the use of digital proximity technologies for COVID-19 contact tracing (Interim Guidance) ([https://www.who.int/publications-detail/WHO2019-nCoV-Ethics\\_Contact\\_tracing\\_apps-2020.1](https://www.who.int/publications-detail/WHO2019-nCoV-Ethics_Contact_tracing_apps-2020.1) , 28 May 2020) 5. World Health Org



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

**Shehroz Shahid,**

Karachi Medical and Dental College

**Ramsha Habibullah Mangrio,**

Jinnah Postgraduate Medical Centre

**Munib Abbas,**

Karachi Medical and Dental College

**Zeeshan Ali,**

Jinnah Postgraduate Medical Centre

**Masroor Ahmed,**

Jinnah Postgraduate Medical Centre

Submitted: 17 August 2020

Accepted: 18 December 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*Shehroz Shahid*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p8](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p8)

 Copyright 2020 Shahid S .  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCES

Cite as:

Shahid S, Mangrio H, Abbas M., Ali.Z., Ahmed.M.  
(2020). Evaluation of Knowledge and Belief on  
False Reports and Misinformation from Social  
Media in COVID-19 Pandemic: A Web Based  
Cross-Sectional Survey in Karachi, Pakistan.  
*European Scientific Journal, ESJ, 16 (36), 1.*  
<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p8>

## **Evaluation of Knowledge and Belief on False Reports and Misinformation from Social Media in COVID-19 Pandemic: A Web Based Cross-Sectional Survey in Karachi, Pakistan.**

### **Abstract**

COVID-19 has become a global pandemic declared by World Health Organization (WHO) on March 11, 2020. This has put drastic impact on the world and many lives have been affected globally. As the cases of COVID-19 infected are increasing, the spread of fake news related to treatment and its prevention have led to a very difficult situation in controlling and containing the COVID-19 infection. It seems that general public tend to belief in rumors and share them on social media platforms that lead to misinformation which go viral and has created chaos among the general masses. The study evaluated the role of social media in false reporting and spreading misinformation in COVID-19 pandemic. Study also evaluated the knowledge, belief and awareness among general population of the Karachi city to provide insights and to enable ministries and policy makers to take suitable measures. This is a cross sectional study which was conducted from June to July 2020 in Karachi, Pakistan. A self-structured questionnaire was administered through Facebook and Whatsapp due to lockdown and increase risk of exposure from COVID-19 to the research assistants. Data collected was analyzed using descriptive and inferential statistics of frequency counts, and percentages of quantitative variables and Chi square for the inferential variable at 0.05 level of significance. A total of 267 participants were sampled for the study. The study indicates that majority of the participants believed in the myths and false reports circulated on social media and usually share and forward such news

without authentic references.

---

**Subject:** Medical Sciences

**Keywords:** COVID-19, Social media, Misinformation

## 1. Introduction

In the late December 2019, many cases of pneumonia of unknown origin were reported by China to World Health Organization (WHO) that occurred in the city of Wuhan, Hubei province of China which was later discovered by Chinese scientist to be caused by Coronavirus (Phelan, Katz, & Gostin, 2020). The WHO has declared COVID-19 as a global pandemic on March 11, 2020 (Djalante et al., 2020). Currently COVID-19 has a huge impact on the world and has affected many lives globally.

The virus has incubation period of about 2 to 14 days (Wu & McGoogan, 2020). Its clinical features varies from asymptomatic to loss of taste and smell, to moderate symptoms of fever, dry cough, dyspnea, myalgia, fatigue, leukopenia, lymphopenia and radiographic evidence of pneumonia and may worsen to severe disease and lead to Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS), myocarditis, shock and acute kidney injury and death can also occur in severe cases (Bai et al., 2020). Its worldwide fatality rate is 6.73% while largest rate in Italy was 14.15 % (Roser, Ritchie, Ortiz-Ospina, & Hasell, 2020).

In the present era, social media has become a considerable source to spread information and awareness but unfortunately, spread of fallacious and deceptive messages is more widespread (Shu, Sliva, Wang, Tang, & Liu, 2017). Over the past ten years, social media networking became very approachable and popular (Babatunde, 2017). It is observed that the spread of propaganda and fake news make a way to each and every house hold as compared to authentic information. The motto of social media sites on the matter of freedom of speech has led to expeditious and massive sharing without proper verification and there is immense absence of check and balance and quality assurance (Cinelli et al., 2020).

With the passing time, as the cases of COVID-19 infected are increasing geometrically, on the one hand, the spread of fake news related to treatment and its prevention have led to a very difficult situation in controlling and containing the COVID-19 infection (Ali, Hashmi, & Hussain, 2020). It is observed that general public tend to belief in rumors and share them on social media platforms which lead to the generation of a vicious cycle and spread of the misinformation to a wide area which has created turmoil among the general civilian masses. Such misinformation is not only leading towards xenophobia but it is risking the health of many people and is causing difficulty for

government to effectively handle and contain the situation (Pulido, Villarejo-Carballido, Redondo-Sama, & Gómez, 2020).

Hence, the study evaluated the knowledge, belief and awareness among general population of the city of Karachi, Pakistan on false reports, misinformation and fake news associated with COVID-19 pandemic. Study also investigated the role of social media applications in spreading news without authentic reference and myths related to the prevention and treatment of COVID-19 infection. The purpose of the study is to provide directions for future researchers to automatize fake news detection system on social media. The study highlight the importance of banning fake social media sites and provide insights to enable ministries and policy makers to take suitable measures.

## 2. Methodology

This is a cross sectional study as it is a population based survey and involves looking data at one specific point in time. The study was conducted from June to July 2020 in Karachi, the largest city of Pakistan with the estimated population of 11,624,219. A non-probability consecutive sampling was used as only those subjects were selected who met the inclusion criteria until required sample size was achieved. Confidence interval 'CI' was estimated using the formula;

$$CI = p \pm z_c \sqrt{pq/n} \times \sqrt{N-1/N-n}$$

Where 'CI' is Confidence Interval for Finite Population, 'p' is population proportion, 'z<sub>c</sub>' is z value, 'q' is negative probability, 'n' is the sample size and 'N' is the size of population.

Sample size 'n' was calculated using the formula;

$$n = z_c^2 p (1-p) / ME^2$$

Where 'n' is the sample size, 'p' is population proportion, 'z<sub>c</sub>' is z value and 'ME' is the Margin of Error.

With a confidence interval 'CI' of 95%, population proportion 'p' of 50%, Margin of Error 'ME' 6% and population size 'N' of Karachi city, the sample size 'n' calculated was 267.

The eligibility criteria include all individuals with social media account in high school and tertiary institutions and are not less than 18 years of age participated in the study. The participants were selected consecutively.

An instrument was self-structured questionnaire with the satisfactory reliability judged by internal consistency and validity by validity index. The reliability and validity of the instrument made it a useful measure. Questionnaire was circulated via social media platforms including Facebook and Whatsapp due to COVID-19 lockdown and avoidance of its increased risk of exposure to the research assistants. An informed consent was obtained online from each participant before proceeding to the questionnaire.

Individuals who were not willing to give a conscious consent were exempted to be a part of the study. Participants responded to the instrument with 37 questions which was divided into two sections. Section A comprises the demographic data with 7 questions while section B contains information that investigated the perception of the participants on the false news and role of social media in spreading misinformation regarding COVID-19 pandemic with 30 questions. Section B had close ended questions along with the ones structured in a 1-10 points modified Likert scale.

Online survey was opened for the period of two weeks. 28% of responses were collected within 2 days, 64% were collected within the first week and the remaining responses were collected during the second week. Data collected was analyzed using descriptive and inferential statistics. Descriptive data was analyzed using frequency counts and percentages while Statistical Packaging for Social Sciences (SPSS-20) was used to analyze inferential statistics of Chi square at 0.05 level of significance.

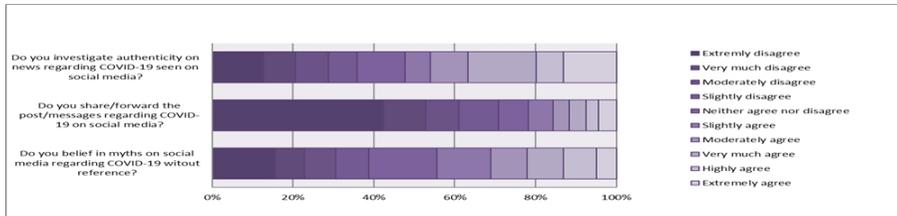
## Results

A total of 267 participants were sampled for the study. Table 1 present the demographic data of the participants.

Item	n (%)
<b>Age in years</b>	
18-25 years	108(40.3%)
26-30 years	130(48.5%)
31-35 years	22(8.2%)
36-40 years	2(0.7%)
41 years or older	3(1.1%)
<b>Gender</b>	
Male	91(34.7%)
Female	177(65.3%)
<b>Educational status</b>	
Post graduate	95(35.4%)
Graduate	153(57%)
Higher Secondary Education	20(7.5%)

**Table 1.** Demographic characteristics of study participants

In table 1, 130(48.5%) of the participants were in the age range of 26-30years, followed by 108(40.3%) within the age range of 18-25years, 22(8.2%) within 31-35 years of range, 3(1.1%) were 41 years or older and 2(0.7%) were in the range of 36-40 years. The participants younger than 18 years of age were excluded from the study. 177(65.3%) of the participants were women and 91(34.7%) were man. More than half of the study population; 56% were qualified up to graduate level of education, 35.1% were post-graduates while only 9% were high school graduates (table 1).



**Figure 1.** Likert scale showing participant's responses (scored 1-10).

Figure 1 shows 1-10 scored Likert scale with 1 being the lowest or representing 'Extremely disagree' whereas 10 showing the highest or 'Extremely agree' for the response. Study found that some participants were well aware as 16.8% reported that they investigated the authenticity of news related to COVID-19 pandemic found on social media, 12.7% usually didn't check the authenticity while 11.9% were neutral. It was found that 42.5% of participants didn't share any news or report related to COVID-19 on social media without any reference whereas only 4.5% frequently share such news. 4.9% participants expressed their belief on the circulating social media posts without any reference and authentic source, 15.7% showed extreme disbelief while 16.8% participants were neutral (Figure 1).

<b>Have you seen these myths on social media?</b>	<b>Yes n (%)</b>	<b>No n (%)</b>
Drinking excess water can prevent Coronavirus	196(73.1%)	72(26.9%)
China has bio-engineered the deadly Coronavirus	214(79.9%)	54(20.1%)
Self-medication of quinine can prevent Coronavirus	196(73.1%)	72(26.9%)
Exposure to hot weather can prevent Coronavirus	216(80.6%)	52(19.4%)
Seena makki can treat the symptoms of Coronavirus	215(80.2%)	53(19.8%)

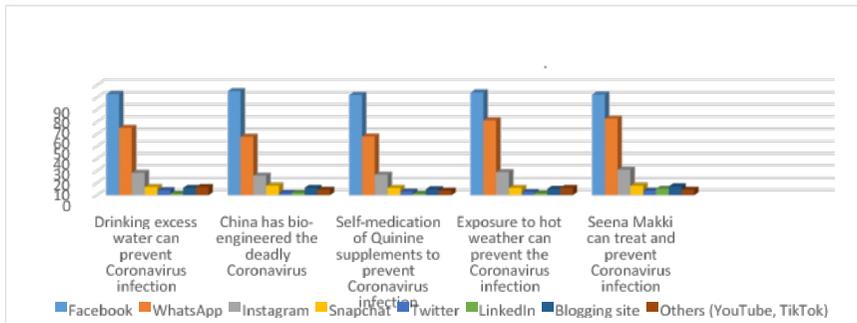
<b>Do you believe these facts?</b>	<b>Yes n (%)</b>	<b>No n (%)</b>
Drinking excess water can prevent Coronavirus infection	105(39.2%)	163(60.8%)
China has bio-engineered the deadly Coronavirus	88(32.8%)	180(67.2%)
Self-medication of quinine can prevent Coronavirus	68(25.4%)	200(74.6%)
Senna makki can treat the symptoms of Coronavirus	53(19.8%)	215(80.2%)
Exposure to hot weather can prevent Coronavirus	75(28.0%)	193(72.0%)

**Table 2.** Circulating myths on social media in COVID-19 pandemic and participant's belief ratio

The study reported about various myths, rumors and false news which were evident on social media sites. 196 (73.1%) participants have seen the fact of sipping excess water for the prevention of Coronavirus infection and 105(39.2%) of them believed it to be true. 214(79.9%) participants have heard the news that China has bio-engineered the deadly Coronavirus while 88(32.8%) of them actually believed it true. During lockdown, a myth was circulated on social media sites about self-medication of quinine supplements for the treatment of this infection. 196(73.1%) have read about this on some

social media sites. However 68(25.4%) believed it to be true. 216(80.6%) of participants reported to have seen the myth on social media sites that exposure to hot environment can prevent the spread of Coronavirus. Whereas, 75(28.0%) of them really believed it true. 215(80.2%) of participants reported to have seen the fact on social media sites that seena makki can be effective for the symptoms of Coronavirus while, 53(19.8%) of them considered it to be true (Table 2). Upon querying that on which social media platform they see such myths and false news, majority of participants reported to witness them on Facebook, WhatsApp, Instagram along with Twitter and local blogging sites in decreasing order of statistic (Figure 2).

Further conclusion extracted from the study were about the questions that if they verify the information regarding COVID-19 from an authentic media, whether they share the unauthenticated news with family and friends and an estimation of their reaction on the increasing cases of COVID-19. The results show that 63.4% of participants reported that they verify the facts and figures about COVID19 pandemic from the official reporting websites. 70.5% of participants communicated the unverified news and case numbers of COVID-19 infected with others. On Likert scale, less than half of the participants; 45.1% get highly and extremely worried by noticing the increase figure of COVID-19 infected patients reported and shared on social media sites.



**Figure 2.** Column bar graph showing participant’s responses about social media sites showing the myths

### 3. Discussion

The above mentioned results have adequately shown how social media sites have contributed in propagation of fake knowledge; many of the above mentioned facts were just some myths which were propagated on various social media platforms. Although, the individuals who participated in study were considered to be literate but still a great fraction of them considered these myths to be true. According to the research held in Pak Emirates Military Hospital (PEMH) Rawalpindi, it was shown that many patients were using alternate treatment along with the treatment prescribed by the doctors, since

there is no scientifically proven medicine so they believed in trying alternate medications (Rana et al., 2020). This research survey revealed that, most popular herbal treatment was found to be seena leaves locally named Seena makki and it was reported that many patients boiled the leaves and used to drink it. Patients believed it to be soothing for their throat and relieving myalgia however, in general practice, seena leaves have strong laxative property and can be used for constipation (Cirillo & Capasso, 2015).

Drinking of excess water may promote various metabolic activities, it keeps the body hydrated and have many health benefits. However, drinking loads of water does not guarantee the prevention of coronavirus infection, and it was one of the myths to be prevailing among individuals (Arshad et al., 2020). Another greatest myth circulated on social media about quinine supplements that it can be used as self-medication for the treatment Coronavirus infection, while looking at the basic pharmacological background and recent publications, it is hypothesized that Chloroquinone, having anti-viral properties can improve the clinical outcome of patients infected by SARSCoV-2 (Devaux, Rolain, Colson, & Raoult, 2020). However, another study from Oxford academic stated that none of the acute viral infection were successfully treated by Chloroquinone or other quinine derivatives neither did it show any anti-SARS-CoV effect in an in-vivo model (Guastalegname & Vallone, 2020). Since, the exact pathogenesis of COVID-19 is still a question, immune effects of administration of quinine derivatives in COVID-19 patients cannot be predicted (Cirino & Ahluwalia, 2020). Furthermore, Chloroquinone is known for its hemolytic effects in patients with Glyceraldehyde-3-phosphate Dehydrogenase (G6PD) deficiency tagging it as a drug that shall never be self-medicated (Martins et al., 2015).

False reports and claims are dangerous as these are not only related to the medical aspects of the virus and treatment but have also caused hardship for government to control the situation. A false information that spread in Ireland, US, Germany and France via messages and social media platforms was that of an immediate lockdown at a time when there was no final verdict for lockdown implementation (Kask, 2020). In Estonia, within 24 hours, a single circulated message to a defense organization resulted into an unsure situation of capital lockdown.

The suggestions and information for clinicians which help them respond to the patients false believes is very little (Chou, Oh, & Klein, 2018). In this regard, communicators of public health should involve to redirect people by disclosing the rumors and by promoting the evidence based reports.

There may be intrinsic variable playing a role in specific demographic settings which affect the graph of awareness and perception of population towards social media false news. A multi country survey in Europe show that one third of population use social media for seeking health related information

(Redecker, Ala-Mutka, & Punie, 2010). The COVID-19 pandemic is tending to incline the considerable mental health issues in community (Druss, 2020). A study amongst the U.S population show that people share false claims on social media related to COVID-19 because they fail to realize that content they are spreading is not accurate (Pennycook, McPhetres, Zhang, Lu, & Rand, 2020). Comprehensively, further research surveys and qualitative work should be conducted in different demographic settings to explore more about the knowledge and belief on false reports, role social media is playing in spreading the misinformation and, sabotage and harm on mental health these fake news are bringing about.

#### **4. Conclusion**

The study assess the knowledge and belief on false Reports and misinformation in COVID-19 Pandemic and highlight the role of social media in false reporting the figures and facts associated with COVID-19 pandemic. To combat this situation on misguide, it is important to provide awareness in general population about social media usage despite the adequate knowledge being available. The findings from the study can be brought to bear the policies about social media transparency that will be more focused and concerned about public mental health.

#### **References:**

1. Ali, S. M., Hashmi, A., & Hussain, T. (2020). Causes and treatment of Covid-19: Myths vs Facts. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*. 33(4).
2. Arshad, M. S., Khan, U., Sadiq, A., Khalid, W., Hussain, M., Yasmeen, A., . . . Rehana, H. (2020). Coronavirus disease (COVID-19) and immunity booster green foods: A mini review. *Food Science Nutrition*. 8(8), 3971-3976.
3. Babatunde, E. O. (2017). The Influence of Social Media and Environmental Factors on Academic Performance of Student Nurses in South-West Nigeria. *European Scientific Journal*. 13(10), 295-306.
4. Bai, Y., Yao, L., Wei, T., Tian, F., Jin, D.-Y., Chen, L., & Wang, M. (2020). Presumed asymptomatic carrier transmission of COVID-19. *Jama*. 323(14), 1406-1407.
5. Chou, W.-Y. S., Oh, A., & Klein, W. M. (2018). Addressing health-related misinformation on social media. *Jama*. 320(23), 2417-2418.

6. Cinelli, M., Quattrociochi, W., Galeazzi, A., Valensise, C. M., Brugnoli, E., Schmidt, A. L., . . . Scala, A. (2020). The covid-19 social media infodemic. arXiv preprint arXiv:.05004
7. Cirillo, C., & Capasso, R. (2015). Constipation and botanical medicines: an overview. *Phytotherapy Research*. 29(10), 1488-1493.
8. Cirino, G., & Ahluwalia, A. (2020). The many mechanisms of action of Chloroquine: to use or not to use (in COVID-19) that is the question. *British Journal of Pharmacology*. 177(15), 3361.
9. Devaux, C. A., Rolain, J.-M., Colson, P., & Raoult, D. (2020). New insights on the antiviral effects of chloroquine against coronavirus: what to expect for COVID-19? *International journal of antimicrobial agents*. 105938.
10. Djalante, R., Lassa, J., Setiamarga, D., Mahfud, C., Sudjatma, A., Indrawan, M., . . . Djalante, S. (2020). Review and analysis of current responses to COVID-19 in Indonesia: Period of January to March 2020. *Progress in Disaster Science*. 100091.
11. Druss, B. G. (2020). Addressing the COVID-19 pandemic in populations with serious mental illness. *JAMA psychiatry*
12. Guastalegname, M., & Vallone, A. (2020). Could chloroquine/hydroxychloroquine be harmful in coronavirus disease 2019 (COVID-19) treatment? *Clinical Infectious Diseases*.
13. Kask, M. (2020). False information about coronavirus and beyond: Lessons for the EU?
14. Martins, A. C., Cayotopa, A. D. E., Klein, W. W., Schlosser, A. R., Silva, A. F. d., Souza, M. N. d., . . . da Silva-Nunes, M. (2015). Side effects of chloroquine and primaquine and symptom reduction in malaria endemic area (Mâncio Lima, Acre, Brazil). *Interdisciplinary perspectives on infectious diseases*. 2015.
15. Pennycook, G., McPhetres, J., Zhang, Y., Lu, J. G., & Rand, D. G. (2020). Fighting COVID-19 misinformation on social media: Experimental evidence for a scalable accuracy-nudge intervention. *Psychological science*. 31(7), 770-780.
16. Phelan, A. L., Katz, R., & Gostin, L. O. (2020). The novel coronavirus originating in Wuhan, China: challenges for global health governance. *Jama*. 323(8), 709-710.
17. Pulido, C. M., Villarejo-Carballido, B., Redondo-Sama, G., & Gómez, A. (2020). COVID-19 infodemic: More retweets for science-based information on coronavirus than for false information. *International Sociology*. 0268580920914755.
18. Rana, M. J., Qureshi, A. A., Amanullah, A., Khan, N. U. S., Shafqat, H., & Khalil, A. A. (2020). SURVIVING COVID-19: AN

ILLNESS NARRATIVE OF PATIENTS IN PAKISTAN. Pakistan  
Armed Forces Medical Journal. 70(1), S212-219.

19. Redecker, C., Ala-Mutka, K., & Punie, Y. (2010). Learning 2.0: The impact of social media on learning in Europe. Policy brief. JRC Scientific Technical Report.
20. Roser, M., Ritchie, H., Ortiz-Ospina, E., & Hasell, J. (2020). Coronavirus pandemic (COVID-19). Our World in Data
21. Shu, K., Sliva, A., Wang, S., Tang, J., & Liu, H. (2017). Fake news detection on social media: A data mining perspective. ACM SIGKDD explorations newsletter. 19(1), 22-36.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### **Sarina Bakhtiarian,**

Student of MD Program

### **Mehrasa Nikandish,**

Student, Bachelor Program of Pharmacy

### **Melika Alyari,**

Student, Program of Dentistry

### **Tatia Gakharia,**

MD, Resident-Doctor, Invited Lecturer  
Centre

Submitted: 17 October 2020

Accepted: 01 December 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*Mehrasa Nikandish*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p18](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p18)

 Copyright 2020 Nikandish M.,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCESS

Cite as:

Bakhtiarian S, Nikandish M, Alyari M.,  
Gakharia.T, Ahmed.M. (2020). The Overview of  
the Management of Comorbid Cardiovascular  
Diseases and Diabetes during COVID-19. *European  
Scientific Journal, ESJ, 16 (36)*, 1.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p18>

## **The Overview of the Management of Comorbid Cardiovascular Diseases and Diabetes during COVID-19**

### **Abstract**

Coronaviruses are positive single-stranded RNA viruses which are spread and transmitted to both humans and animals all around the world. The virus that causes COVID-19 disease is in a family of viruses that is called Coronaviridae. Most people infected by this virus will experience mild to moderate respiratory problems. Older people and those with underlying medical problems such as cardiovascular disease, diabetes, chronic respiratory disease, and cancer are more likely to develop serious illness and this virus is more dangerous to these patients. Until now there is no exact treatment for this disease. During the pandemic, one of the challenging parts for better clinical outcomes is the management of patients with comorbid cardiovascular diseases. Patients with previous or underlying cardiovascular diseases are at higher risk for developing severe symptoms if infected with SARS-CoV-2. Several mechanisms can lead to cardiovascular complications in patients with COVID-19 such as the direct viral injury to complications, which is secondary to the inflammatory and thrombotic responses to the infection. SARS-CoV-2 infection downregulates angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) expression, which might have an important execution in COVID-19. It is a therapeutic abeyant which is becoming very attractive for the cure and prevention of COVID-19. Further research is needed to continue or discontinue ACE inhibitors and angiotensin receptor blockers, which are chief in hypertension and heart failure in COVID-19. Diabetes is another widely spread comorbid disease, and this is one of the main causes of morbidity and mortality all over the world during

COVID-19. Infection of SARS-COV-2 in the patients who have diabetes activate higher stress conditions, and this leads to the greater release of hyperglycemic hormones, e.g., glucocorticoids and catecholamines. This paper emphasizes on COVID-19 and comorbid cardiovascular diseases with a literature review of various relevant articles, recent studies, and selected references about concepts of underlying mechanisms of pathogenesis and treatment for comorbid conditions during COVID-19.

---

**Subject:** Biology

**Keywords:** Coronavirus, Covid-19, Cardiovascular Diseases (Cvd), Diabetes, Comorbid Diseases

## **1. Materials and Methods**

A literature search of international databases (PubMed, Hinari and Cochrane library, Google scholar etc) was undertaken to provide a comprehensive overview of existing research `evidence about the interactions between COVID-19 disease and comorbid diseases such as CVD, diabetes, and neurological manifestations. The search strategy involved the primary keyword “coronavirus” and “COVID-19” combined with “disease”, “comorbid diseases”, “Cardiovascular diseases”, “Diabetes”, and/or “neurological manifestations”. Only papers written in English were included, and publication date was not restricted. During the study, the dates of papers (which had the most accurate and updated information possible) were inspected and its trustworthiness was also ensured through the referred databases. PubMed database and Google Scholar were searched using the key terms ‘COVID-19’, diabetes’, and cardiovascular disease’ up to September, 2020. Full texts of the retrieved articles were accessed.

Few data base was also given from the latest articles available on the different famous scientific American and European journals. All relevant articles providing information on relations of COVID-19 and it’s comorbidities with clinical characteristics and epidemiological information was selected for review and analysis.

## **2. Introduction**

In December 2019, a new kind of disease known as COVID-19 was recognized which originated from Wuhan, China (Wang et al., 2020). In 2020,

corona virus spread worldwide and its fatality rate increased. This disease can be caused by the new strain of the coronavirus.

COVID is the abbreviation format of CO that refers to Corona, VI refers to the virus, and D refers to the disease. COVID-19 can have different symptoms from mild to severe in different patients with different immune systems. It can also lead to death especially in people with weak immune systems and background of other systemic diseases. Corona virus mostly affects the respiratory tract and can cause the following symptoms: fever, sore throat, dry cough, and struggling for breath. In severe cases, symptoms such as pneumonia, severe acute respiratory syndrome, and fatal outcome was observed. Symptoms of COVID-19 can be observed at any time, especially from 2 to 14 days after exposure and the incubation is about 2 to 5 days. There are many results which show that comorbidities increase the chance of infection. Comorbidity can be defined as the existence of more than two conditions that are co-occurring with the primary condition. Thus, there can be a correlation between COVID-19 and comorbid cardiovascular diseases. Patients with cardiovascular diseases and diabetes are faced with a higher chance of severe complications from COVID-19. Another factor that is totally important for clinical manifestations and outcome is the patient's age. This is because older patients are also at higher risks. According to recent researches and databases, patients with diabetes who have corona virus disease are at higher risk of mortality because of many factors such as the impaired immune response, especially inappropriate T cell action and also impaired natural killer cell activity. For patients with diabetes, the role of taking drugs such as metformin, Anti-hyperglycemic, and angiotensin receptor blocking is considerable. The reason why diabetes can increase the severity of COVID-19 is unclear. However, as mentioned earlier, many factors can play a significant role in it. In reviewing these concepts, this paper will focus on comorbidity such as cardiovascular diseases and diabetes, the actual aspects, and the current recommendations for treatment.

### **3.Overview**

Recent research on the COVID-19 pandemic has shown that the virus can cause problems in the cardiovascular system such as myocardial injury, heart failure, Takotsubo syndrome (TS), arrhythmias, myocarditis, and shock (Driggin et al., 2020; Hungde Hu et al., 2020; Shi et al., 2020). The cardiovascular damage duo to COVID-19 is multifactorial and may be caused by an imbalance between high metabolic demand and low cardiac reserve, systemic inflammation, thrombogenesis, and direct cardiac damage from the virus (Xiong et al., 2020). This damage to the cardiovascular system occurs mainly in patients with cardiovascular risk factors (advanced age, hypertension, and diabetes) or pre-existing CVD (Tao Gua et al., 2020; Shi et

al., 2020). Patients with pre-existing CVD appear to have heightened vulnerability to develop COVID-19 and tend to have more severe disease with worse clinical outcomes (Bo Li et al., 2020; Huang et al., 2020; Wu et al., 2020; Wang et al., 2020).

The common mechanisms answerable for CV complications in COVID-19 are as follows: (Li et al., 2020; Xiong et al., 2020).

1. Direct myocardial injury-SARS-CoV-2 enters human cells by binding to angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2), a membrane-bound aminopeptidase that is extremely expressed in the heart and lungs. ACE2 plays a crucial role in neurohumoral regulation of the CV system in normal health as well as in various disease conditions. The bounden of SARS-CoV-2 to ACE2 can result in changes in ACE2, which signals pathways leading to acute lung and myocardial injury (Hongde Hu et al., 2020).

2. Systemic Inflammation: The more severe style of COVID-19 is characterized by acute systemic inflammatory response and cytokine storm, which may end in injury to multiple organs resulting in multiorgan failure. Studies have shown high circulatory levels of proinflammatory cytokines in patients with severe/critical COVID-19 (Huang et al., 2020; Zhou et al., 2020).

3. Altered Myocardial Demand-Supply Ratio: Increased cardiometabolic demand related to the systemic infection coupled with hypoxia caused by acute respiratory diseases can impair myocardial oxygen demand-supply relationship and lead to acute myocardial injury (Bansal, 2020).

4. Plaque Rupture and Coronary Thrombosis: Systemic inflammation leads to increased shear stress because increased coronary blood flow can precipitate plaque rupture resulting in acute myocardial infarction. More so, the prothrombotic milieu created by systemic inflammation further increases the risk (Bansal, 2020).

5. Adverse Effects of Various Therapies: Various antiviral drugs, corticosteroids, and other therapies aimed towards treating COVID-19 can also have deleterious effects on the CV system (Bansal, 2020).

6. Electrolyte Imbalances: Electrolyte imbalances can occur in any critical systemic illness and precipitate arrhythmias, especially in patients with the underlying cardiac disorder. There is particular concern about hypokalemia in COVID-19 due to the interaction of SARS-CoV-2 with the renin-angiotensin-aldosterone system (Chen et al., 2019). Hypokalemia increases vulnerability to numerous tachyarrhythmias (Bansal, 2020).

The clinical cardiovascular manifestations of COVID-19 include cardiac symptoms such as palpitations and chest tightness (Hulot, 2020). This is with an elevation of cardiac biomarkers (ischaemic or non-ischaemic etiology), cardiac arrhythmia, arterial and venous thromboembolism (VTE), and cardiogenic shock and arrest (Kang et al., 2020).

Studies on patients with COVID-19 have generally defined myocardial injury as the elevation of high-sensitivity cardiac troponin (hs-cTn) above the 99th percentile of its upper limit of normal or evidence of new electrocardiographic or echocardiographic abnormalities (Huang et al., 2020; Zhou et al., 2020). It also includes increased levels of hs-cTn which correlates with disease severity and mortality rate in COVID-19, even after controlling other comorbidities (Zheng et al., 2020). Severe viral infections can cause a systemic inflammatory response syndrome that increases the risk of plaque rupture and thrombus formation, resulting in either an ST-elevation MI or non-ST-elevation MI (Warren-Gash et al., 2012). Severe respiratory viral infections can also lead to decreased oxygen delivery to the myocardium via hypoxemia and vasoconstriction, as well as the hemodynamic effects of sepsis with increased myocardial oxygen demand. This supply and demand imbalance may lead to sustained myocardial ischemia in patients with underlying coronary artery disease (Kang et al., 2020). Altogether, the diagnosis of acute MI should be done based on the patient's clinical symptoms, laboratory tests and findings of ECG, echocardiography, and angiography.

However, there are findings that show the correlation between COVID-19 and Myocardial injuries with DIC: Disseminated intravascular coagulation (DIC). Myocardial injury with DIC has been recently reported in two critically ill patients with COVID-19 (Wang et al., 2020). Both patients had significantly elevated Tn and brain natriuretic peptide, which normalized after treatment with heparin, mechanical ventilation, and antiviral agents (Kang et al., 2020).

A study of 137 patients in Wuhan showed that 7.3% had experienced palpitations as one of their presenting symptoms for COVID-19 (Liu et al., 2020). Arrhythmias in both forms of the bradycardia and tachycardia are known to happen in COVID-19. Arrhythmias were found to be more common in the intensive care unit (ICU) patients with COVID-19 (44.4%) than non-ICU patients (6.9%) (Wang et al., 2020). Patients with elevated Tn also had a higher incidence of malignant arrhythmia (hemodynamically unstable ventricular tachycardia or ventricular fibrillation) than those with normal Tn levels (11.5% vs 5.2%,  $p < 0.001$ ) (Guo et al., 2020).

Patients with COVID-19 due to prolonged immobilization, high coagulation status, and active inflammatory responses are prone to venous thromboembolism (VTE). The prevalence of ultrasound which confirmed deep venous thrombosis in patients with COVID-19 is 22.7% (Shi et al., 2020), while that of ICU patients is 27% (Klok et al., 2020). Patients with COVID-19 have been shown to have a significantly higher level of D-dimer, fibrin degradation products (FDP), and fibrinogen compared with healthy controls which also increased with the severity of COVID-19 (Tang et al.,

2020). Consequently, in ill COVID-19 patients, VTE and pulmonary embolism should be considered.

Diabetes is related to an increased risk of severe bacterial (Hodgson et al., 2015) and viral respiratory tract infections (Allard et al., 2010). Analysis of about 500 subjects hospitalized with SARS-CoV in China revealed that elevations in fasting glucose were associated with increased rates of death. However, hyperglycemia was often transient and is generally resolved after discharge from the hospital within the majority of subjects (Yang et al., 2010). A diagnosis of diabetes was associated with a 3-fold increased risk of mortality in the analysis of 114 adults hospitalized with SARS-CoV in Toronto in 2003 (Booth et al., 2003).

Thus, why are patients with diabetes considered 'high-risk groups'? As discussed above, human pathogenic coronaviruses bind to host target cells through angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2), which is widely expressed by bronchial mucosal epithelial cells (Wan, et al., 2020). ACE2 expression is increased in diabetic patients prescribed ACE inhibitors and angiotensin II type-1 receptor blockers (ARBs) (Wan et al., 2020). ACE2 expression is additionally increased by ibuprofen and thiazolidinediones. Hence, the WHO has recommended that patients suffering COVID-19 symptoms should avoid taking ibuprofen. However, there is no consensus statement or scientific evidence suggesting that thiazolidinediones should be discontinued in patients with diabetes showing COVID-19 symptoms. These data suggest ACE2 expression is increased in patients with diabetes treated with ACE inhibitors and ARBs, which can facilitate infection with COVID-19. However, on the contrary, there is evidence from animal studies suggesting that ACE inhibitors and ARBs are protective against serious lung damage in COVID-19 infection, but this has not been replicated in human subjects. Therefore, due to a lack of evidence based on the harmful effects of ACE inhibitors and ARBs in the context of the pandemic COVID-19 outbreak, the Council of Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) released a position statement recommending that ACE inhibitors and ARBs should not be discontinued for those infected with COVID-19 (Hodgson et al., 2015).

The available evidence implicates diabetes and obesity as important risk factors impacting the clinical severity of coronavirus infections, including SARS-CoV-2. Although ACE2 and DPP4 are important physiological regulators of glucose homeostasis, there is little compelling clinical evidence that drugs targeting ACE2- or DPP4-related pathways produce differential harm or benefit within the context of human coronavirus infections. Soluble decoy receptors for ACE2 or antisera directed against ACE2 is also promising investigational interventions to dam cellular coronavirus entry.

The available information doesn't indicate increased susceptibility to coronavirus infections in children or adults with T1D. People with T1D may

find that interruption of normal daily activities, changes in type and frequency of exercise, and alteration of diet routines may alter glucose control necessitating a reexamination of insulin requirements. An increase in blood sugar or marked change in 24-hour glucose patterns could also be an early harbinger of impending clinical infection in some individuals, prompting more frequent blood sugar and ketone monitoring. In some areas, disruption to medication supply chains may require additional vigilance and more regular communication between pharmacies, insurance companies, health care providers, and individual patients. The utilization of medicines such as acetaminophen may introduce error into some technologies used for glucometer readings or continuous glucose monitoring systems (Basu et al., 2016). Despite limitations of access to health care providers, individuals with unstable kidney function or active retinopathy may have to be seen within the diabetes clinic for assessment and appropriate therapy.

However, the metabolic consequences, if any, of those investigational agents have not been carefully studied and thus require ongoing scrutiny. DPP4 inhibitors and GLP-1R agonists may exert anti-inflammatory actions in human subjects and are successfully unable to control glucose in hospitalized patients. However, there is insufficient experience with these agents to suggest they could safely replace insulin in critically ill subjects with coronavirus infection.

Hence, the extensive historical experience with the utilization of insulin, bolstered by increasing adoption of continuous glucose monitoring, supports the continuous use of insulin because of the agent of choice within the management of severely ill subjects with diabetes and coronavirus infections.

Furthermore, there is insufficient experience with diabetes and pregnancy in subjects with SARS-CoV-2 to form tailored therapeutic recommendations. As a result, modified screening guidelines for gestational diabetes are proposed within the context of SARS-CoV-2 for people with limited access to regular clinics (Yamamoto et al., 2020).

The expression of ACE2 within the exocrine and endocrine pancreas highlights the necessity for vigilance in consideration of whether pancreatic inflammation reported in some individuals with SARS-CoV-2 infection may contribute to the exacerbation or development of diabetes in a very subset of acutely ill patients. In hospitalized individuals with deteriorating renal function, the employment of SGLT2 inhibitors and exenatide should be reconsidered or discontinued, while metformin and sulfonylurea dosing might also have to be reduced or stopped (Drucker, 2020).

#### **4. Treatment Strategies for COVID-19 during Comorbid Diseases ACE inhibitors and Angiotensin Receptor Blockers**

Patients with preexisting CVD have increased serum levels of ACE2, which might contribute to the more severe manifestations in that population (Xu et al., 2020; Liu et al., 2020). Individuals with hypertension would have a higher ACE2 expression secondary to the use of angiotensin-converting enzyme inhibitors (ACEI) or angiotensin II receptor blockers (ARB), which would potentially increase the susceptibility to SARS-CoV-2 infection (Driggin et al., 2020).

However, current studies on humans have some limitations: a) assessment of a small number of individuals using those drugs, and b) the advanced age of a large part of the patients assessed—which is an important confounder, because advanced age increases the susceptibility to infection and is the major cause of poor prognosis (Vaduganathan et al., 2020). In clinical use, ACE inhibitors do not directly affect ACE2 activity. Moreover, the enzyme plays a well-known role in the recovery of ventricular function of patients with myocardial injury because it inhibits angiotensin II activity (Rice et al., 2004).

On the other hand, angiotensin II has been suggested to consider for the cardiac injury by the coronavirus, and the administration of recombinant ACE2 would normalize angiotensin II levels. Studies with recombinant ACE2 and losartan are being conducted (Vaduganathan et al., 2020). The current recommendation is that ACEI and ARB should be continued in patients based on regular use of those drugs. This is because of the clear benefit of blood pressure control and mortality decrease in those with HF. As evidenced in randomized studies, it might also be noted that the assessment of renal functions and body hemodynamics stability is necessary for deciding on the continuation or withdrawal of the drugs (Mesquita et al., 2020).

#### **Anticoagulant Therapy**

Prophylactic anticoagulants are a necessary part of the management of hospitalized COVID-19 patients due to the high risks of VTE and arterial thromboembolism. This is also as a result of prolonged immobility and high inflammatory response in the body. Thus, the optimal thrombo-prophylaxis regimen is unclear. In a retrospective study of 449 patients with severe COVID-19, 99 patients received unfractionated heparin or low molecular weight heparin for at least 7 days. No difference in overall 28-day mortality was observed. In subgroups of patients with sepsis-induced coagulopathy score  $\geq 4$ , or D-dimer  $>$ sixfold of the upper limit of normal, the heparin group had lower mortality compared with the no-heparin group (40.0% vs 64.2%,  $p=0.029$ ) (32.8% vs 52.4%,  $p=0.017$ ) (Tang et al., 2020). Another concern regarding thrombo-prophylaxis is the drug-drug interaction between some

antiviral treatments (such as Ribavirin, Lopinavir, and Ritonavir) and direct oral anticoagulants. Low molecular weight heparin is likely preferred in critically ill patients with COVID-19 if anticoagulation is used (Kang et al., 2020).

### **Hydroxychloroquine/Chloroquine and Azithromycin**

Hydroxychloroquine (an analog of chloroquine) has been demonstrated to have an anti-SARS-CoV activity in vitro (Biot et al., 2006). Hydroxychloroquine clinical safety profile is better than that of chloroquine (during long-term use) and it allows a higher daily dose (Marmor et al., 2016). In addition, it has fewer concerns regarding drug-drug interactions (Yao et al., 2020). Similar to chloroquine, hydroxychloroquine confers antiviral effects and has an additional modulating effect on activated immune cells to decrease IL-6 expression (Sahraei et al., 2019).

Azithromycin, a macrolide antibiotic that acts against Zika and Ebola viruses in vitro (Vaduganathan et al., 2020) and suppresses inflammatory processes (Sahraei et al., 2019), has been proposed as an effective adjunct to hydroxychloroquine in COVID-19 through unclear mechanisms (Yao et al., 2020). Both chloroquine and azithromycin have generally favorable safety profiles, but they are known to cause cardiovascular side effects including the prolongation of QT interval (White, 2007).

### **Immunosuppressive Therapy**

Although corticosteroids can have a significant effect on cytokine release syndrome associated with COVID-19 and prevent its effects on the cardiopulmonary system, it is not routinely recommended for COVID-19 as for SARS and MERS because of exacerbation of the lung injury (Mehta et al., 2020; Fardet et al., 2014). Screening patients with COVID-19 using laboratory data (increasing ferritin and erythrocyte sedimentation rate, and decreasing platelets) and a proposed score for the hemophagocytic response (Hscore) (Fardet et al., 2014) for hyper inflammation may help to identify patients for whom immunosuppression might improve their survival.

IL-6 inhibitors may have a role as immunomodulators. Tocilizumab, an inhibitor of the IL-6 receptor, could improve effectively the symptoms and prevent clinical deterioration in a retrospective case series study of 21 COVID-19 patients with the severe or critical disease (Xu et al., 2020).

### **Mechanical Cardiopulmonary Support**

In the setting of cardiogenic shock related to COVID-19, intra-aortic balloon pump (IABP) or veno-arterial ECMO should be considered (Kang et al., 2020). Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation (ECMO) has been

used successfully to manage patients with severe respiratory failure in previous coronavirus epidemics (Zochios et al., 2020).

Data from MERS epidemics showed improved survival in patients with severe ARDS supported by venovenous ECMO (Alshahrani et al., 2018). A meta-analysis of patients with isolated viral myocarditis, supported by venoarterial ECMO, showed similar survival benefits in this group (Cheng et al., 2014).

Consequently, ECMO can also provide cardiopulmonary support and end-organ function besides the administration of antivirals and anti-inflammatory therapies (Cheruku et al., 2020).

## **5.Summary**

At the beginning of the COVID-19 outbreak in China, more attention was focused on patients who are suffering from diabetes because of weak prognosis of those with the infection. Initial reports started with the people with Type 2 diabetes, although fresh surveys have proved that individuals with Type 1 diabetes are also at risk of severe COVID-19 infections. The reason can be multifactorial such as age, sex, ethnicity, and having comorbidities like the hypertension and cardiovascular disease or even obesity which all contribute to risk of worse outcomes. Moreover, the clinical evaluation of the cardiovascular system in COVID-19 indicates CVD such as myocardial injury, heart failure, and different arrhythmias and inflammatory processes in the heart. Hence, they are more likely to be aggressive in the case of preexisting CVD and this includes the presence of risk factors such as age, hypertension, and diabetes. Diagnosing underlying disease is crucial for distinguishing the risk factors and choosing the appropriate treatment based on patients health status for better prognosis.

## **6.Conclusion**

The COVID-19 pandemic is an emerging threat to global public health. SARS-CoV-2 is associated with comorbidities that include cardiovascular disease and diabetes. COVID-19 can cause myocardial injury, heart failure, acute coronary syndrome, arrhythmias, thromboembolism, myocarditis, and shock. Therefore, people with CVD are more susceptible to severe complication of COVID-19 such as intensive care admission and even death. Accordingly, patients with CVD should continue their treatment and disease management, continuing their ACE inhibitor or ARB therapy. The available evidence implicates diabetes as an important risk factor impacting the clinical severity of SARS-CoV-2 with underlying ACE2 and DPP4 acting mechanisms as important physiological disregulators of glucose homeostasis. It is most important to avoid disruption of medication supply chains of regular

communication between individual diabetic patients, health care providers, insurance companies, and pharmacies.

While our current understanding of COVID-19 pathogenesis is limited, a better understanding will help us develop efficacious treatment and prevention strategies for COVID-19. In addition, it will have a high impact on increasing the quality of medical care during comorbid diseases.

### References:

1. Allard, R., Leclerc, P., Tremblay, C., & Tannenbaum, T. N. (2010). Diabetes and the severity of pandemic influenza A (H1N1) infection. *Diabetes care*, 33(7), 1491-1493.
2. Alshahrani, MS., Sindi, A., & Alshamsi, F. (2018). Extracorporeal membrane oxy- genation for severe Middle East respiratory syndrome coronavirus. *Ann Intensive Care* 2018;8:3.
3. American College of Cardiology (2020). ACC Clinical Bulletin COVID-19 Clinical Guidance For the Cardiovascular Care Team.
4. Bansal, M. (2020). Cardiovascular disease and COVID-19. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 14(3), 247–250. retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.03.013>
5. Basu, A., Veettil, S., Dyer, R., Peyser, T., & Basu, R. (2016). Direct evidence of acetaminophen interference with subcutaneous glucose sensing in humans: a pilot study. *Diabetes technology & therapeutics*, 18(S2), S2-43.
6. Biot, C., Daher, W., Chavain, N., Fandeur, T., Khalife, J., & Dive, D. (2006). Design and synthesis of hydroxyferroquine derivatives with antimalarial and antiviral activities. *J Med Chem*;49:2845–2849.
7. Booth, C. M., Matukas, L. M., Tomlinson, G. A., Rachlis, A. R., Rose, D. B., Dwosh, H. A., & Eptimios, I. E. (2003). Clinical features and short-term outcomes of 144 patients with SARS in the greater Toronto area. *Jama*, 289(21), 2801-2809.
8. Chen, D., Li, X., Song, Q., Hu, C., Su, F., & Dai, J. (2020). Hypokalemia and clinical implications in patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19) medRxiv. 2020 doi: 10.1101/2020.02.27.20028530
9. Cheng, R., Hachamovitch, R., & Kittleson, M. (2014). Clinical outcomes in fulmi- nant myocarditis requiring extracorporeal membrane oxygenation: A weighted meta-analysis of 170 patients. *J Card Fail* 2014;20:400–6.
10. Cheruku, S., Dave, S., Goff, K., Park, C., Ebeling, C., Cohen, L., Styrvoky, K., Choi, C., Anand, V., & Kershaw, C. (2020). Cardiopulmonary Resuscitation in Intensive Care Unit Patients With Coronavirus Disease 2019. *Journal of Cardiothoracic and Vascular*

- Anesthesia, 34(10), 2595–2603. retrieved from <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2020.06.008>
11. Costa, IBSDS., Bittar, CS., Rizk, SI., Araújo Filho, AE., Santos, KAQ., Machado, TIV., Andrade, FTA., González, TB., Arévalo, ANG., Almeida, JP., Bacal, F., Oliveira, GMM., Lacerda, MVG., Barberato, SH., Chagas, ACP., Rochitte, CE., Ramires, JAF., Kalil Filho, R., & Hajjar, LA. (2020) The Heart and COVID-19: What Cardiologists Need to Know. Retrieved October 11, 2020, retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32401847/>
  12. Disseminated Intravascular Coagulation | NHLBI, NIH. (2019, October 8). NIH. retrieved from <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/disseminated-intravascular-coagulation>
  13. Driggin, E., Madhavan, MV., Bikdeli, B., Chuich, T., Laracy, J., & Bondi-Zoccai, G. (2020). Cardiovascular considerations for patients, health care workers, and health systems during the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic. *J Am Coll Cardiol.* 2020 Mar 18;pii: S0735-1097(20)34637 retrieved from [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&pid=S0066-782X202000060080500004&lng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S0066-782X202000060080500004&lng=en)
  14. Drucker, D. J. (2020). Coronavirus infections and type 2 diabetes—shared pathways with therapeutic implications. *Endocrine reviews*, 41(3), bnaa011
  15. Fardet, L., Galicier, L., & Lambotte, O. (2014). Development and validation of the HScore, a score for the diagnosis of reactive hemophagocytic syndrome. *Arthritis Rheumatol* 2014;66:2613–20. 10.1002/art.38690
  16. Gautret, P., Lagier, J-C., & Parola, P. (2020). Hydroxychloroquine and azithromycin as a treatment of COVID-19: results of an open-label non-randomized clinical trial. *Int J Antimicrob Agents* 2020;105949:105949. 10.1016/j.ijantimicag.2020.105949
  17. Guo, T., Fan, Y., & Chen, M. (2020). Cardiovascular implications of fatal outcomes of patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19). *JAMA Cardiol* 2020. 10.1001/jamacardio.2020.1017
  18. Guo, T., Fan, Y., Chen, M., Wu, X., Zhang, L., & He, T. (2020). Cardiovascular implications of fatal outcomes of patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19). *JAMA Cardiol.* 2020 Mar 27. retrieved from [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&pid=S0066-782X202000060080500010&lng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S0066-782X202000060080500010&lng=en)
  19. Han, H., Yang, L., & Liu, R. (2020). Prominent changes in blood coagulation of patients with SARS-CoV-2 infection. *Clin Chem Lab*

- Med2020. doi:10.1515/cclm-2020-0188. [Epub ahead of print: 16 Mar 2020].
20. Hodgson, K., Morris, J., Bridson, T., Govan, B., Rush, C., & Ketheesan, N. (2015). Immunological mechanisms contributing to the double burden of diabetes and intracellular bacterial infections. *Immunology*, 144(2), 171-185.
  21. HS, A. (n.d.) (2020). The Effect of Coronavirus Disease 2019 on Cardiovascular Diseases. Retrieved October 11, 2020, from retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32491073/>
  22. Hu, H., Ma, F., Wei, X., & Fang, Y. (2020). Coronavirus fulminant myocarditis saved with glucocorticoid and human immunoglobulin. *Eur Heart J*. 2020 Mar 16;pii:ehaa190. .retrieved from [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&pid=S0066782X202000060080500014&lng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S0066782X202000060080500014&lng=en)
  23. Huang, C., Wang, Y., & Li, X. (2020). Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*2020;395:497–506. 10.1016/S0140-6736(20)30183-5
  24. Hulot, J. (2020, April). COVID-19 in patients with cardiovascular diseases. Retrieved October 11, 2020, from retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7270790/>
  25. Hussain, A., Bhowmik, B., & Do Vale Moreira, N. (2020). COVID-19 and diabetes: Knowledge in progress. Retrieved October 11, from retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7144611/>
  26. Kang, Y., Chen, T., Mui, D., Ferrari, V., Jagasia, D., Scherrer-Crosbie, M., Chen, Y., & Han, Y. (2020). Cardiovascular manifestations and treatment considerations in COVID-19. *Heart*, 106(15), 1132–1141. retrieved from <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2020-317056>
  27. Klok, FA., Kruip, MJHA., & van der Meer, NJM. (2020). Incidence of thrombotic complications in critically ill ICU patients with COVID-19. *Thromb Res* , doi:10.1016/j.thromres.2020.04.013. [retrieved from Epub ahead of print: 10 Apr 2020].
  28. Li, B., Yang, J., & Zhao, F. (2020). Prevalence and impact of cardiovascular metabolic diseases on COVID-19 in China. *Clin Res Cardiol*.
  29. Liu, K., Fang, YY., Deng, Y., Liu, W., Wang, MF., Ma, JP., Xiao, W., Wang, YN., Zhong, MH., Li, CH., Li, GC., & Liu, HG. (2020). Clinical characteristics of novel coronavirus cases in tertiary hospitals in Hubei Province. Retrieved October 20, 2020, from retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32044814/>
  30. Liu, Z., Xiao, X., Wei, X., Li, J., Yang, J., & Tan, H. (2020). Composition and divergence of coronavirus spike proteins and host

- ACE2 receptors predict potential intermediate hosts of SARS-CoV-2. *J Med Virol.* 2020 02 26.
31. Marmor, M.F., Kellner, U., Lai, T.Y., Melles, R.B., & Mieler, W.F. (2016). American Academy of Ophthalmology Recommendations on Screening for Chloroquine and Hydroxychloroquine Retinopathy (2016 Revision) *Ophthalmology.* Jun 2016;123(6):1386–1394. doi: 10.1016/j.ophtha.2016.01.058. Epub 2016 Mar 16.
  32. Mehta, P., McAuley, DF., & Brown, M. (2020). COVID-19: consider cytokine storm syndromes and immunosuppression. *Lancet*2020;395:10334. 10.1016/S0140-6736(20)30628-0
  33. Mesquita, C.T., Ker, W.D., & Azevedo, J.C. (2020). *Cardiologia Nuclear em 2020 – Perspectivas da Nova Diretriz da Sociedade Brasileira de Cardiologia.* Arquivos Brasileiros De Cardiologia. doi:10.36660/abc.20190874
  34. Retallack, H., Di Lullo, E., & Arias, C. (2016). Zika virus cell tropism in the developing human brain and inhibition by azithromycin. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2016;113:14408–13. 10.1073/pnas.1618029113
  35. Rice, GI., Thomas, DA., Grant, PJ., Turner, AJ., & Hooper, NM. (2004). Evaluation of angiotensin-converting enzyme (ACE), its homologue ACE2 and neprilysin in angiotensin peptide metabolism. *Biochem J.* 2004;383(Pt 1):45-51.
  36. Sahraei, Z., Shabani, M., & Shokouhi, S. (2020). Aminoquinolines against coronavirus disease 2019 (COVID-19): chloroquine or hydroxychloroquine. *Int J Antimicrob Agents*2020;105945.
  37. Seewoodhary, J. & Oozageer, R. (2020). Coronavirus and diabetes: an update. *Practical Diabetes*, 37(2), 41.
  38. Shi, S., Qin, M., Shen, B., Cai, Y., Liu, T., & Yang, F. (2020). Association of cardiac injury with mortality in hospitalized patients with COVID-19 in Wuhan, China. *JAMA Cardiol.* 2020 Mar 25. retrieved from [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&pid=S0066-782X202000060080500011&lng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S0066-782X202000060080500011&lng=en)
  39. Shi, Z. & Fu, W. (2020). Diagnosis and treatment recommendation for novel coronavirus pneumonia related isolated distal deep vein thrombosis. *Shanghai Medical Journal*, 2020. Available: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1366.R.20200225.1444.004.html>
  40. Simoons, S., Laekeman, G., & Decramer, M. (2013). Preventing COPD exacerbations with macrolides: a review and budget impact analysis. *Respir Med* 2013;107:637–48. 10.1016/j.rmed.2012.12.019
  41. Tang, N., Bai, H., & Chen, X. (2020). Anticoagulant treatment is associated with decreased mortality in severe coronavirus disease 2019

- patients with coagulopathy. *J Thromb Haemost* 2020. doi:10.1111/jth.14817. [Epub ahead of print: 27 Mar 2020].
42. Vaduganathan, M., Vardeny, O., Michel, T., McMurray, JJV., Pfeffer, MA., & Solomon, SD. (2020). Renin-Angiotensin-Aldosterone System inhibitors in patients with COVID-19. *N Engl J Med*. 2020 03 30. retrieved from [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&pid=S0066-782X202000060080500025&lng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S0066-782X202000060080500025&lng=en)
43. Wan, Y., Shang, J., Graham, R., Baric, R. S., & Li, F. (2020). Receptor recognition by the novel coronavirus from Wuhan: an analysis based on decade-long structural studies of SARS coronavirus. *Journal of virology*, 94(7).
44. Wang, D., Hu, B., & Hu, C. (2020). Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China. *JAMA* 2020;323:1061–9. 10.1001/jama.2020.1585.
45. Wang, D., Hu, B., & Hu, C. (2020). Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China. *J Am Med Assoc*. 2020
46. Wang, YD., Zhang, SP., & Wei, QZ. (2020). COVID-19 complicated with DIC: 2 cases report and literatures review. *Zhonghua Xue Ye Xue Za Zhi* 2020;41:E001. 10.3760/cma.j.issn.0253-2727.2020.0001
47. Warren-Gash, C., Hayward, AC., Hemingway, H. (2020). Influenza infection and risk of acute myocardial infarction in England and Wales: a caliber self-controlled case series study. *J Infect Dis* 2012;206:1652–9. 10.1093/infdis/jis597
48. White, NJ. (2007). Cardiotoxicity of antimalarial drugs. *Lancet Infect Dis* 2007;7:549–58. 10.1016/S1473-3099(07)70187-1
49. Wu, Z. & McGoogan, J.M. (2020). Characteristics of and important lessons from the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in China: summary of a report of 72314 cases from the Chinese center for disease Control and prevention. *J Am Med Assoc*. 2020
50. Xiong, T.Y., Redwood, S., Prendergast, B., & Chen, M. (2020). Coronaviruses and the cardiovascular system: acute and long-term implications. *Eur Heart J*. 2020
51. Xiong, TY., Redwood, S., Prendergast, B., & Chen, M. (2020). Coronaviruses and the cardiovascular system: acute and long-term implications. *Eur Heart J*. 2020 Mar 18; retrieved from [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&pid=S0066-782X202000060080500013&lng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S0066-782X202000060080500013&lng=en)
52. Xu, X., Chen, P., Wang, J., Feng, J., Zhou, H., & Li, X. (2020). Evolution of the novel coronavirus from the ongoing Wuhan outbreak and modeling of its spike protein for risk of human transmission. *Sci*

- China Life Sci. 2020;63(3):457-60. [retrieved from [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&pid=S0066-782X202000060080500022&lng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S0066-782X202000060080500022&lng=en) ]
53. Xu, X., Han, M., & Li, T. (2020). Effective treatment of severe COVID-19 patients with tocilizumab. *ChinaXiv* 2020:20200300026.
  54. Yamamoto, JM., Donovan, LE., Feig, DS., & Berger, H. (2020). Urgent Update – Temporary Alternative Screening Strategy for Gestational Diabetes Screening during the COVID-19 Pandemic, 2020. Available from URI: retrieved from <https://www.sogc.org/en/content/featured-news/GestationalDiabetes-Screening-During-COVID-19-Pandemic.aspx>
  55. Yang, J. K., Lin, S.S., Ji, X.J., & Guo, L.M. (2010). Binding of SARS coronavirus to its receptor damages islets and causes acute diabetes. *Acta diabetologica*, 47(3), 193-199.
  56. Yao, X., Ye, F., Zhang, M., Cui, C., Huang, B., & Niu, P. (2020). In Vitro Antiviral Activity and Projection of Optimized Dosing Design of Hydroxychloroquine for the Treatment of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) *Clin Infect Dis.* 2020 Mar 9 doi: 10.1093/cid/ciaa237. pii: ciaa237
  57. Zhou, F., Yu, T., & Du, R. (2020). Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *Lancet*2020;395:1054–62. 10.1016/S0140-6736(20)30566-3
  58. Zhou, F., Yu, T., & Du, R. (2020). Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *Lancet.* 2020
  59. Zochios, V., Brodie, D., & Charlesworth, M. (2020). Delivering extracorporeal membrane oxygenation for patients with COVID19: What, who, when and how ? *Anaesthesia* 2020. retrieved from <https://doi.org/10.1111/anae.15099>.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### **Fred Loïque Mindonga Nguelet,**

Département de Biologie et Ecologie Animale,  
Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (IRET)/  
CENAREST, Libreville, Gabon

### **Lilian Brice Mangama-Koumba,**

Faculté des Sciences et Techniques (FAST)/  
Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Benin.

### **Ghislain Wilfried Ebang Ella,**

Département de Biologie et Ecologie Animale,  
Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (IRET)/  
CENAREST, Libreville, Gabon

### **Aubin Armel Koumba,**

Département de Biologie et Ecologie Animale,  
Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (IRET)/  
CENAREST, Libreville, Gabon Faculté des  
Sciences et Techniques (FAST)/ Université  
d'Abomey-Calavi, Cotonou, Benin

### **Jacques François Mavoungou,**

Département de Biologie et Ecologie Animale,  
Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (IRET)/  
CENAREST, Libreville, Gabon

Submitted: 20 February 2020

Accepted: 23 July 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*Mangama Koumba Lilian Brice*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p34](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p34)

© Copyright 2020 Koumba Lilian Brice M ,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCES

Cite as:

Mangama-Koumba L, Ebang Ella G, Koumba A.,  
Mavoungou J. (2020). Diversité et distribution de la  
grande faune mammalienne dans le Parc National  
de Moukalaba-Doudou (Sud-Ouest du Gabon).  
*European Scientific Journal, ESJ, 16 (36), 1.*  
<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p34>

## **Diversité Et Distribution De La Grande Faune Mammalienne Dans Le Parc National De Moukalaba-Doudou (Sud-Ouest Du Gabon)**

### **Résumé**

Le Gabon, pays d'Afrique Centrale est recouvert à plus de 80% de la forêt pourvue des zones diversifiées en paysages avec une importante biodiversité faunique et floristique. Cependant, cette biodiversité qui est mal connue dans certaines régions du pays est confrontée à plusieurs menaces. C'est dans cette optique que nous avons conduit un suivi de la faune dans la partie Nord Est du parc national de Moukalaba Doudou dont le but était de déterminer la diversité et la répartition spatiale des grands mammifères sauvages. En utilisant la méthode de line transect, nous avons installé 165 cameras traps le long de 11 transects. Les données ont été performées par le GML (Generalized Linear Models). Au total, 80410 nuits-pièges ont été réalisées. Près de 37 914 vidéos indépendantes ont été obtenues et 10 espèces de grands mammifères dont les plus observés étaient les Céphalophes bleus et rouges suivis des Chevrotains aquatiques, Eléphants et des Cercocèbes. Les résultats obtenus suggèrent que les espèces de grands mammifères sont distribuées en fonction des habitats. Les céphalophes de grande taille, le mandrill, la panthère, le chat doré, l'éléphant, et le chevrotain aquatique ont des habitats préférentiels ; par contre, le gorille, le chimpanzé, le cercocèbe à collier blanc et le céphalophe bleu ne semblent pas être affectés par l'habitat. Ce sont des espèces ubiquistes. Cependant, tous les mammifères peuvent être observés sur l'ensemble des transects.

**Subject:** Biology

**Mots-clés:** Biodiversity, Mammal,  
Distribution, Camera trap And Habitat

# **Diversity And Distribution Of Large Mammalian Fauna In Moukalaba-Doudou National Park (South- Western Of Gabon)**

***Fred Loïque Mindonga Nguelet,***

Département de Biologie et Ecologie Animale, Institut de Recherche en  
Ecologie Tropicale (IRET)/ CENAREST, Libreville, Gabon

***Lilian Brice Mangama-Koumba,***

Faculté des Sciences et Techniques (FAST)/ Université d'Abomey-Calavi,  
Cotonou, Benin.

***Ghislain Wilfried Ebang Ella,***

Département de Biologie et Ecologie Animale, Institut de Recherche en  
Ecologie Tropicale (IRET)/ CENAREST, Libreville, Gabon

***Aubin Armel Koumba,***

Département de Biologie et Ecologie Animale, Institut de Recherche en  
Ecologie Tropicale (IRET)/ CENAREST, Libreville, Gabon Faculté des  
Sciences et Techniques (FAST)/ Université d'Abomey-Calavi, Cotonou,  
Benin

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p34](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p34)

---

## **Abstract**

Gabon, a country in Central Africa, is covered by more than 80% of the forest, with areas diversified into landscapes with significant fauna and flora biodiversity. However, this biodiversity, which is poorly understood in certain regions of the country, faces several threats. It is with this in mind that we conducted wildlife monitoring in the northeast part of Moukalaba Doudou National Park, the aim of which was to determine the abundance and spatial distribution of large wild mammals. Using the line transect method we installed 165 camera traps along 11 transects. The data were performed by the GML (Generalized Linear Models). A total of 80,410 trap nights were completed. Almost 37,914 independent videos were obtained and 10 species of large mammals of which the most observed were the blue and red duikers followed by aquatic Chevrotains, Elephants and Mangabeys. The results obtained suggest that large mammal species are distributed according to habitats. Large duikers, mandrill, panther, golden cat, elephant, and aquatic chevrotain have preferred habitats; however, the gorilla, the chimpanzee, the white-collared cercocebe and the blue duiker do not seem to be affected by the

habitat. They are ubiquitous species. However, all mammals can be seen on all of the transects.

---

**Keywords:** Biodiversity, Mammal, Distribution, Camera Trap And Habitat

## **Introduction**

Les forêts africaines couvrent une superficie de 635 412 hectares et représentent 16% des forêts du monde (Angoni Avom et Ngo, 2013). Parmi elles, on y trouve les forêts du bassin du Congo qui constituent la plus grande zone de forêts tropicales au monde après l'Amazonie (Rieucan, 2001). Ces forêts regorgent une biodiversité riche en espèces animales et végétales. En effet, les forêts du bassin du Congo abritent une diversité biologique estimée à 400 espèces de mammifères, 1 300 espèces d'oiseaux, 336 espèces d'amphibiens, 400 espèces de reptiles et 20 000 espèces de plantes parmi lesquelles 800 espèces sont endémiques (Fern et al., 2008).

Au Gabon, pays du bassin du Congo, 88% du territoire national (23,6 millions d'ha) se trouve recouvert par une forêt très fortement diversifiée en paysages avec une importante diversité d'espèces végétales et animales (Ernst et al., 2012) dont 150 espèces de mammifères, 600 espèces d'oiseaux, 100 espèces d'amphibiens et près de 8 000 espèces de plantes (CBD, 2013). Cependant, cette importante biodiversité est généralement menacée par la déforestation, l'agro-industrie, les usages du sol et les pratiques de gestion, auxquelles s'ajoutent les changements climatiques, le trafic de la viande de brousse, etc. (Roger et al., 2006 ; Mambeya et al., 2018).

Pour faire face à ces menaces et dans un souci de préserver cet important patrimoine naturel, une ambitieuse politique de conservation a été mise en place en 2002, conduisant à la création de 13 Parcs Nationaux qui couvrent 11% du territoire (soit 3 013 842 d'hectares) (Doumenge et al., 2015).

Parmi ces aires protégées se trouve le Parc National de Moukalaba Doudou (PNMD), le troisième Parc National du Gabon en termes de superficie (449 548 ha). Il est caractérisé par sa grande diversité d'habitats avec une mosaïque forêt-savane, et surtout, par sa forte densité en grands singes (gorilles et chimpanzés) (Takenoshita et al., 2008), en céphalophes (Nakashima et al., 2013) et en petits singes (Mangama et al., 2016). De plus, le PNMD abrite de nombreuses espèces de grands mammifères (Mindonga Nguelet et al., 2016).

Les connaissances sur la distribution de cette faune dans le parc national de Moukalaba-Doudou restent encore insuffisantes et fragmentaires. Car seule une étude à long terme sur les gorilles des plaines de l'Ouest reste d'actualité. Pourtant, il est actuellement admis que la gestion durable des ressources naturelles d'un espace dépend non seulement d'une meilleure

connaissance de la diversité de ses éléments constitutifs, mais également de leurs abondances (Evans et al., 2018).

L'objectif de cette étude était d'inventorier et de mieux connaître la répartition spatiale des grands mammifères sauvages dans le PNMD.

## **1. Matériel et méthodes**

### **1.1- Zone d'étude**

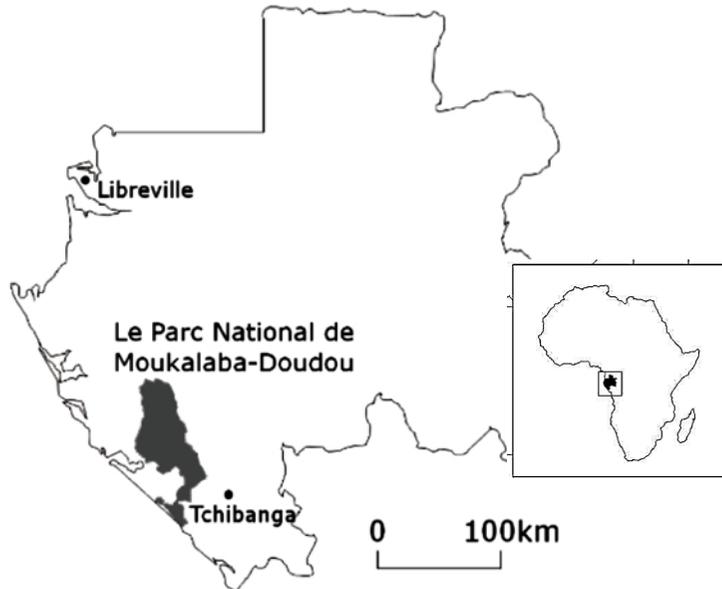
La présente étude a été réalisée au Nord-Est du Parc National de Moukalaba-Doudou (PNMD), dans un site qui s'étend sur près de 30 km<sup>2</sup> (Ando et al., 2008) (Figure 1). Cette aire protégée qui couvre une superficie de 5028 km<sup>2</sup>, est localisée dans la partie sud-ouest du Gabon, à 700 km de Libreville (Iwata et Ando, 2007 ; Ando et al., 2008 ; Takenoshita et Yamagiwa, 2008).

La végétation, au sein de ce parc est globalement subdivisée en quatre types, à savoir : les vieilles forêts secondaires (*Pycnanthus guineensis* et *Nauclea didenrichii*), les forêts inondables (*Uapaca guineensis*), les jeunes forêts secondaires (à *Musanga cecropioides* et *Aframomum* sp.) et les savanes (*Hyparrhenia diplandra* et *Panicum phragmitoide*) (Iwata et Ando, 2008 ; Takenoshita et al., 2008). Les trois premiers habitats sont colonisés par de nombreuses espèces végétales dont les plus abondantes sont *Musanga cecropioides*, *Aframomum* sp, *Cissus dinklagie*, *Myrianthus arboreus*, *Irvingia gabonensis*, *Dichostemma glaucescens*, *Meiocarpidium lepidetum* et *Diospyros* sp. (Mounioko et al., 2016). La présence de ces plantes témoigne d'une forêt déjà perturbée par l'activité humaine, notamment l'exploitation forestière, l'agriculture. (ANPN, 2016).

Le paysage est caractérisé par une diversité d'habitats (plages et dunes côtières, mangroves, forêts littorales, marais d'eau douce et saumâtres, forêt de terrain bas inondée de façon saisonnière ou permanente, forêt de terrain élevé, surfaces rocheuses, forêts secondaires à différents stades, forêts primaires, prairies, marais à papyrus et à *Raphia*, savane, et vastes marécages doux et saumâtres) qui rend ce parc attractif pour les activités écotouristiques et de recherche (Vande Weghe, 2012).

Son climat est de type équatorial, caractérisé par une saison des pluies d'Octobre à Avril et une saison sèche de Mai à Septembre. Les précipitations annuelles varient entre 1582 mm et 1886 mm. Par contre, les températures minimales et maximales varient respectivement entre 21,3 et 24,1°C, puis 29,3 et 33,7°C (Takenoshita et Yamagiwa, 2008).

Le PNMD abrite un relief plat vers la côte, légèrement ondulé vers l'intérieur des terres. Dans ces endroits, des collines escarpées dont l'altitude varie entre 600 et 800 m se développent dans les Monts Doudou (Campbell et al., 2006 ; ANPN, 2016).

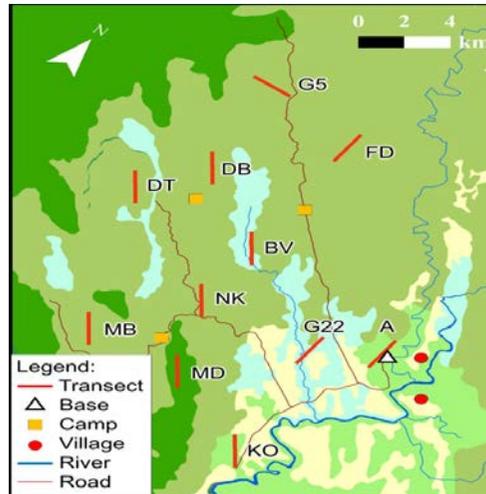


**Figure 1 :** Localisation géographique de la zone d'étude (Mindonga Nguelet, 2017)

## **1.2- Inventaire des grands mammifères**

La collecte des données sur les grands mammifères de notre zone d'étude a été faite de janvier 2012 à janvier 2014 en utilisant 10 caméras pièges par transect équidistants de 200 m. L'effort total de capture était de 165 caméras pièges (Cam Bushnell Trophy), soit un total de 10 caméras par transects. En pratique, nous avons disposé ces caméras pièges le long de 11 transects de 2 km, à savoir 2 transects dans les jeunes forêts secondaires (A et KO), 2 transects dans la forêt marécageuse (G22, BV), 6 transects dans les vieilles forêts secondaires (MB, DT, NK, DB, G5, FD) et 1 transect dans la forêt primaire et des montagnes (MD).

Chaque caméra piège a été attachée à un arbre, à 10 m de la ligne des transects, à 30 cm du sol (Nakashima, 2015; Hongo *et al.*, 2016). Par ailleurs, l'emplacement de toutes les caméras pièges a été géoréférencé en utilisant un GPS MAP 60 CSX de marque GARMIN. Ces caméras pièges ont été visitées une fois par mois durant la période d'étude afin de changer les batteries et les cartes mémoires SD.



**Figure 2 :** Carte schématique de la zone d'étude dans la partie Est-centrale du Parc National de Moukalaba Doudou (Gabon) montrant les différents transects et habitats

### 1.3- Visualisation et identification des mammifères

Au cours de cette étude, les caméras pièges ont été mises en mode vidéo afin de permettre la capture d'images vidéo à des séquences très courtes (Kierulff et al., 2004). Les images vidéo ont été enregistrées à 30 secondes. Chaque image vidéo a été considérée comme étant la preuve d'une seule visite par une espèce donnée, dans le cas où l'image a été obtenue à un intervalle supérieur à 30 minutes après l'image précédente de la même espèce (O'brien et al., 2003 ; Nakashima, 2015). Chaque image vidéo acquise a été enregistrée avec la date et l'heure de la prise de vue. Par contre, les images vidéo ne comportant pas ces informations ont été exclues de l'analyse des données.

En outre, les données obtenues ont été filtrées pour exclure les images vidéo de la même espèce acquises avec la même caméra piège, dans un délai de 30 min. Cela permet d'assurer l'indépendance de chaque capture, car certaines espèces (par exemple, l'éléphant, les céphalopes, le gorille, le chimpanzé) passent beaucoup de temps devant une caméra piège (Nakashima et al, 2013).

Tous les grands mammifères filmés par les caméras pièges, ont été visualisés puis identifiés selon la clé de détermination de Dorst et Dandelot (1993) puis celle de Kingdon et al. (2013). Une attention particulière a été portée sur les espèces animales comme le chimpanzé (*Pan troglodytes troglodytes*), le gorille (*Gorilla gorilla*), le mandrill (*Mandrillus sphinx*), cercocèbe à collier blanc (*Cercocebus torquatus torquatus*), l'éléphants (*Loxodonta africana cyclotis*), le potamochère (*Potamochoerus porcus*), le chevrotain aquatique (*Hyemoschus aquaticus*), le céphalophe bleu (*Cephalophus monticola*), le céphalophe à dos jaune (*Cephalophus siviculor*),

les céphalophes rouges (céphalophe d'Ogilby, céphalophe de Peters et céphalophe bai), la panthère (*Panthera pardus*) et le chat doré (*Felis aurata*). Ces animaux ont été ciblés car ils seraient les plus abondants parmi les grands mammifères du PNMD et ont pour certaines espèces une priorité de conservation élevée au Gabon.

Par ailleurs, il est à noter que les petits et grands rongeurs, les petits carnivores, les ongulés herbivores savanicoles (cobe, buffle et sitatunga), certaines espèces arboricoles et les pangolins n'ont pas été pris en compte dans cette étude, à cause de leur très faible taux de capture et de la faible valeur de conservation de certaines de ces espèces animales.

#### 1.4. Analyse statistique des données

Les données de terrain ont été saisies et organisées dans le tableur Excel 2013. Pour déterminer l'abondance relative de la grande faune mammalienne, nous avons calculé le taux de capture de chaque espèce qui correspond au nombre d'images vidéo/1000 jours nuits-piège (Tobler et al., 2008 ; Nakashima, 2013).

Par ailleurs, nous avons utilisé le modèle linéaire généralisé GLM (Generalized Linear Models) afin de mieux appréhender la distribution spatiale de ces animaux. Ces modèles ont été équipés d'une distribution gaussienne d'erreur et de fonction de lien linéaire. À cet effet, les paramètres tels que la savane, les marais, l'erreur moyenne et l'erreur standard ont été utilisés comme la potentielle co-variable. Au début, toutes les quatre variables ont été incluses au modèle complet. Par la suite, ce modèle a été simplifié à partir de la fonction StepAIC.

## 2- Résultats

### 2.1- Richesse et composition spécifique

Au total, 80410 nuits-pièges ont été réalisées dans le cadre de cette étude. Près de 38 823 vidéos indépendantes ont été obtenues (événements indépendants ne tenant pas compte des photos réalisées à quelques minutes d'intervalle).

Douze (12) espèces de mammifères a été observé dans la zone d'étude. Le taxon le plus riche est le genre *Cephalophus* avec 3 espèces. Par contre, le reste des genres a été représenté par une seule espèce (**Tableau 1**).

**Tableau 1** : Genre de grands mammifères observés dans le PNMD

Genre	Nombre d'espèces
<i>Pan</i>	1
<i>Gorilla</i>	1
<i>Mandrillus</i>	1
<i>Cercocebus</i>	1

<i>Loxodonta</i>	1
<i>Potamochoerus</i>	1
<i>Hyemoschus</i>	1
<i>Cephalophus</i>	3
<i>Panthera</i>	1
<i>Felis</i>	1

## 2.2- Taux de capture des mammifères rencontrés au PNMD

L'analyse des résultats du tableau 2 fait ressortir que le céphalophe bleu, les céphalophes rouges, le chevrotain aquatique, l'éléphant et le Cercocèbe à collier blanc sont les mammifères les plus observés dans la zone d'étude avec des taux de capture de 201,7 ; 134,4 ; 28,7 ; 28,5 et 20,9 respectivement. Les autres espèces notamment le chimpanzé, le gorille, le mandrill, potamochère, le céphalophe à dos jaune, la panthère et le chat doré ont été faiblement représentés avec un taux de capture  $\leq 20$ .

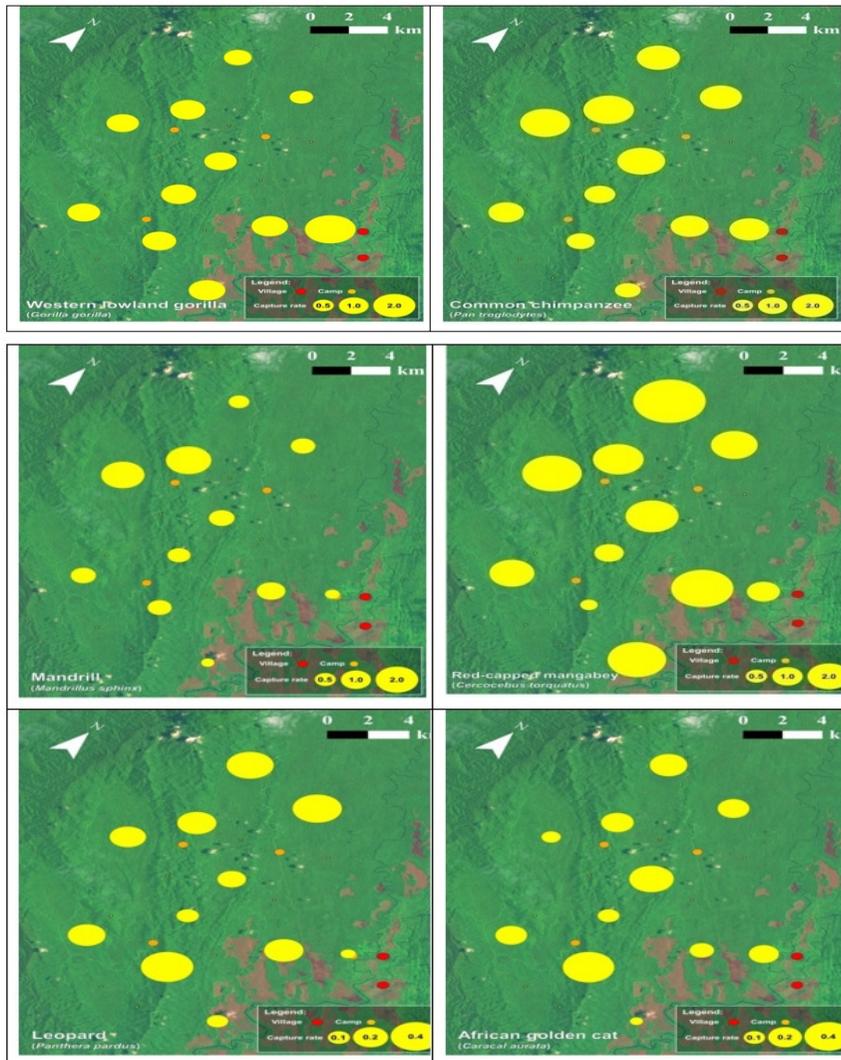
**Tableau 2:** Taux de capture des grands mammifères dans le PNMD au Gabon.

Ordre	Nom scientifique	Nom commun	Taux de capture (n)
Primates	<i>Pan troglodytes</i>	Chimpanzé	9,8 (784)
	<i>Gorilla gorilla</i>	Gorille	10 (804)
	<i>Mandrillus sphinx</i>	Mandrill	6,7 (538)
	<i>Cercocebus torquatus</i>	Cercocèbe à collier blanc	20,9 (1678)
Proboscidae	<i>Loxodonta africana</i>	Eléphant	28,5 (2289)
Certartiodactyla	<i>Potamochoerus porcus</i>	Potamochère	11,9 (960)
	<i>Hyemoschus aquaticus</i>	Chevrotain aquatique	28,7 (2310)
	<i>Cephalophus monticola</i>	Céphalophe bleu	201,7 (16218)
	<i>Cephalophus silvicultor</i>	Céphalophe à dos jaune	18,9 (1523)
	<i>Cephalophus spp</i>	Céphalophes rouges	134,4 (10810)
Carnivores	<i>Panthera pardus</i>	Léopard	6,23 (501)
	<i>Felis aurata</i>	Chat doré	5,07 (408)

## 2.3- Distribution spatiale des grands mammifères

Les espèces de grands mammifères sont distribuées en fonction des habitats. Les céphalophes rouges, le céphalophe à dos jaune, le mandrill, la panthère, le chat doré, l'éléphant, et le chevrotain aquatique ont des habitats préférentiels. Par contre le gorille, le chimpanzé, le cercocèbe à collier blanc et le céphalophe bleu ne semblent pas être affectés par l'habitat (figure 3): Ce sont des espèces ubiquistes. Tous les grands mammifères peuvent être observables sur l'ensemble des transects linéaires (figure 3).

La distribution des grands mammifères inventoriés sur l'ensemble des 11 transects, variait en fonction de l'habitat (type de végétation) et de la distance des villages (figure 3). La figure 3 montre que parmi les primates, seuls le mandrill et le chimpanzé ont été les moins capturés dans les jeunes forêts secondaires proches des villages, suivi des grands carnivores, (panthère et chat doré), et des ongulés (3 céphalophes rouges, le potamochère). Le cercocèbe à collier blanc est moins abondant dans les zones de haute altitude, suivi de l'éléphant, du céphalophe bleu et des 3 céphalophes rouges. Le chimpanzé, le cercocèbe à collier blanc, les céphalophes rouges et le potamochère sont beaucoup plus abondants dans les vieilles forêts secondaires.



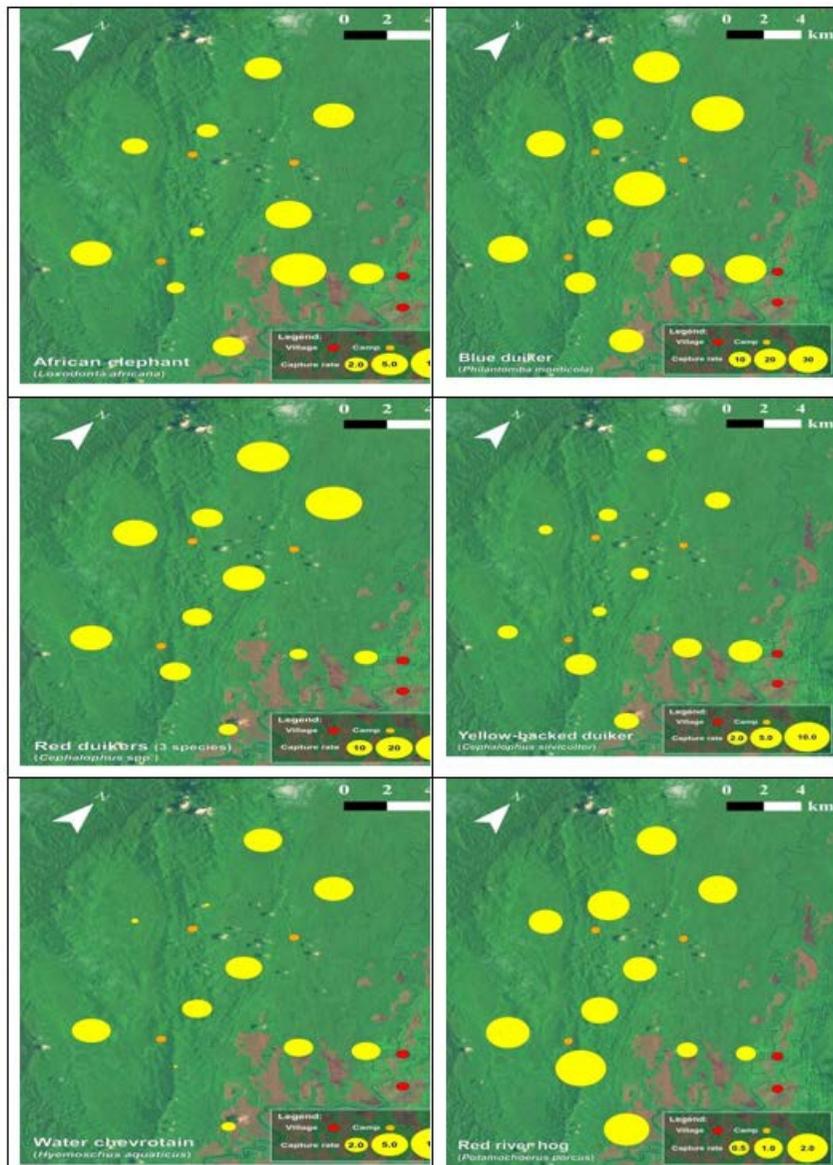


Figure 3: Carte de distribution des grands mammifères dans la zone d'étude.

### 3- Discussion

Les résultats de cette étude donnent une information supplémentaire sur la diversité des grands mammifères sauvages dans la partie nord du PNMD. L'étude qualitative de la grande faune mammalienne de la zone d'étude a montré une bonne richesse spécifique avec la présence de 10 espèces composées essentiellement d'herbivores et de primates. Toutes ces espèces ont un intérêt de conservation en Afrique centrale (Binot, 2010).

L'usage des caméras pièges dans cette étude a été très utile puisqu'elle a permis de mettre en relief via des vidéos, la présence d'espèces difficiles à voir en temps normal, à l'image des chimpanzés et des céphalophes (Cibot et al, soumis). D'ailleurs, Burton et al (2015) ont signalé que les caméras pièges détectent un nombre d'espèces 1,5 fois supérieur à celui des observations directes. Ces résultats corroborent ceux de Pebsworth et Lafleur (2014). Ces auteurs pensent que la méthode des pièges photographiques est très utile pour l'étude des espèces de mammifères rares ou nocturnes et permet d'obtenir des informations assez satisfaisantes (Trolliet et al., 2014).

Cependant, la faiblesse du nombre d'espèces enregistrées pourrait être liée à l'utilisation d'une seule méthode d'inventaire des grands mammifères. En effet, Bouché (2008) préconise l'utilisation de plusieurs méthodes d'échantillonnage lors des inventaires plurispécifiques afin de maximiser la diversité des collectes.

En outre, les résultats sur la distribution et l'abondance des espèces de grands mammifères ont montré que leur coexistence est généralement expliquée par la disponibilité de la ressource alimentaire (Gauthier-Hion et al., 1985), mais aussi par la nature de l'habitat. En effet, l'ensemble des espèces de grands mammifères étudié sont distribuées de façon homogène. Leur abondance varie en fonction de l'habitat et de l'espèce. Dans cette présente étude, *Cephalophus monticola*, *Cephalophus spp.*, *Hyemoschus aquaticus*, *Loxodonta africana cyclotis* et *Cercocebus torquatus torquatus* sont les espèces les plus abondantes sur l'ensemble de notre site d'étude.

Les gorilles sont plus distribués et abondants aux abords des villages. Effectivement, les forêts proches du village ont été longtemps exploitées par les villageois et ces forêts fournissent une variété des ressources alimentaires aux gorilles. Dans d'autres sites, notamment en République Démocratique du Congo (RDC), Yamagiwa et Basabose (2006) avaient observé le même résultat où les gorilles préféraient côtoyer les villages car les herbes terrestres leur fournissaient une multitude de nourriture. Par contre, les chimpanzés, les mandrills et les cercocèbes à collier blanc sont distribués et abondants dans les vieilles forêts secondaires et primaires. En République Démocratique du Congo (RDC), Basabose (2002) avait montré le même résultat, où les chimpanzés préféraient les vieilles forêts secondaires et les forêts primaires qui offraient beaucoup plus les fruits. Au Gabon, notamment au Parc National de Moukalaba Doudou les résultats de Mangama et al. (2016) corroborent les nôtres, montrant que les petits singes préfèrent également les vieilles forêts secondaires et les forêts primaires car, ils ont une préférence sur la consommation les fruits. A la Lopé, Tutin et Fernandez (1993) avaient aussi montré que les petits primates ont une alimentation dominée par les fruits et les graines. Des études antérieures ont suggéré que les gorilles et les chimpanzés ont des préférences soit alimentaire, soit au niveau du degré de

perturbation de la forêt. Les chimpanzés sont en effet très vulnérables à l'exploitation forestière car ils sont territoriaux (White et Edwards, 2002). D'autre part, les gorilles préfèrent les forêts secondaires qui fournissent une plus grande quantité de ressources alimentaires (Tutin et Fernandez, 1984). Par ailleurs, les résultats de cette étude suggèrent que les céphalophes, le potamochère et le chevrotain aquatique n'ont pas la même occupation des transects. Les céphalophes rouges (*Cephalophus* sp.), le céphalophe bleu (*Cephalophus monticola*), le chevrotain aquatique (*Hyemoschus aquaticus*) et le potamochère (*Potamochoerus porcus*) sont moins distribués dans les jeunes forêts secondaires c'est-à-dire le long des transects proches des villages. Le céphalophe à dos jaune (*Cephalophus sylvicultor*) ne l'est pas. Dans le Parc National de Moukalaba-Doudou, des études antérieures avaient suggéré que les céphalophes rouges étaient abondants dans les vieilles forêts secondaires et les forêts primaires, mais très rares dans les jeunes forêts secondaires et les galeries forestières (Nakashima et al., 2013). De plus, Akomo et al. (2015) ont montré que l'abondance de crottes des céphalophes rouges, céphalophe bleu et le chevrotain aquatique étaient affectés par les perturbations humaines, tandis que le céphalophe à dos jaune ne l'était pas. Aussi, l'abondance de crottes des céphalophes rouges était plus faible dans les jeunes forêts secondaires qui se régénèrent après une importante perturbation humaine. En revanche, l'abondance de crotte de céphalophe bleu n'était pas affectée par le type de végétation. Elle était plus faible dans les transects proches des villages, ce qui pourrait être dû à l'activité de la chasse dans le passé (Akomo et al., 2015). La distribution et l'abondance du potamochère et du chevrotain aquatique dépendent également du type de végétation. Ces dernières préfèrent fréquenter les végétations denses qui leur procurent les fruits, graines et racines, mais aussi de terriers pour se cacher des prédateurs. Tutin et al. (1997) ont montré à la Lopé que le potamochère et le chevrotain aquatique aimaient fréquenter beaucoup plus les forêts primaires et les forêts marécageuses car la majeure partie de leur régime alimentaire est constituée des fruits (potamochère et chevrotain aquatique), graines, racines et vers de terre (potamochère). En outre, la distribution et l'abondance des grands carnivores (la panthère et le chat doré) dans les jeunes forêts secondaires pourrait s'expliquer du fait que leurs proies favorites notamment, le potamochère, les céphalophes et les petits primates ont une très faible abondance dans les transects proches des villages. Concernant les éléphants, ils sont distribués et présents dans l'ensemble de notre zone d'étude. Mais ils préfèrent aussi fréquenter les transects proches des villages. Car, ils ont augmenté le contact avec les humains en raison de changements dans l'utilisation des terres qui ont été converties en culture (Nelson et al. 2003). C'est ce qui est à l'origine des conflits homme/faune. Le même résultat a été observé à Makokou (Barnes et al., 1995) et à la Lopé (White, 1994; Tutin et al., 1997).

## Conclusion

Cette étude a permis de connaître les espèces de la grande faune et leur distribution géographique. Elle donne un aperçu global des espèces de grands mammifères sauvages colonisant la zone nord du PNMD. De plus, cette étude révèle que les biotopes du PNMD hébergent une grande faune mammalienne relativement diversifiée. Les images des caméras pièges ont permis de confirmer la présence de 10 espèces de grands mammifères avec une prédominance des herbivores. Ainsi, le Parc National de Moukalaba-Doudou constitue un site approprié pour l'observation et la vision des grands mammifères. Cependant, la plupart de ces espèces sont vulnérables et menacées. Il serait intéressant de mener des études supplémentaires en combinant d'autres méthodes d'inventaires afin d'avoir une connaissance plus large des mammifères présents dans les habitats de cette aire protégée. Aussi, les résultats de cette étude constituent une base de données de référence pour des études scientifiques ou écotouristiques de la zone de Moukalaba Doudou.

## Remerciement

Cette étude a été réalisée en coopération entre les Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CENAREST), l'Institut de Recherche en Écologie Tropicale (IRET), l'Université des Sciences et Techniques de Masuku (USTM), Gabon et Kyoto Université, Japon. Nous remercions l'Agence Nationale des Parcs Nationaux du gouvernement gabonais pour autorisation et soutien pour notre projet de recherche au Gabon. Nous sommes également très redevables à tous les assistants de terrain du Parc National de Moukalaba-Doudou et les habitants des villages de Doussala, Konzi et Mbougou pour leur collaboration et leur hospitalité. Cette étude a été réalisée grâce au financement du programme de cours de doctorat de l'Université des Sciences et Techniques de Masuku (à F.L MINDONGA NGUELET) et aux subventions d'aide à la recherche scientifique du Ministère de l'Éducation, la Culture, des Sports, de la Science et de la Technologie du Japon (n ° 162550080, n ° 19107007, n ° 24255010 à J. Yamagiwa) et de SATREPS (Science et technologie Partenariat de recherche pour le développement durable) à travers JST / JICA (Japon).

## References:

1. Akomo-Okoue, Ef.; Inoue, E.; Atteke, C.; Nakashima, Y.; Hongo, S.; Inoue-Murayama, M.; Yamagiwa, J. (2015). Non-invasive genetic analysis for assessing the abundance of duiker species among habitats in the tropical forest of Moukalaba, Gabon. Mammal Research, Electronic supplementary material, The online version of this article DOI 10.1007/s13364-015-0233-1.

2. Ando, C.; Iwata, Y.; Yamagiwa, J. (2008). Progress of habituation of western lowland gorillas and their reaction to observers in Moukalaba-Doudou National Park, Gabon. *African Study Monographs Supplementary Issue*, vol. 39: 55–69.
3. ANGONI AVON, CT.; NGO SAMNICK, EL. (2013). *Ecotourisme dans le Bassin du Congo. Quel potentiel pour le développement durable des pays ?* Editions universitaires européennes, Sarrebruck, Allemagne, 43p.
4. ANPN, 2016. *Cadre de gestion environnementale et sociale (CGES). Rapport du projet de gestion de la faune et des conflits homme-éléphant dans le sud du Gabon*, 176p.
5. BARNES, RFW.; BLOM, A.; ALERS, MPT.; BARNES, KL. (1995). An estimate of the numbers of forest elephants in Gabon. *Journal of Tropical Ecology*, 11:27-37.
6. BASABOSE, AK. (2002) Diet composition of chimpanzees inhabiting the montane forest of Kahuzi, Democratic Republic of Congo. *American Journal of Primatology* 58:1–21.
7. BOUCHE P, 2008. *Méthodes d’inventaire de la Grande Faune à l’usage des ZCV. Méthodes d’inventaires* 164p.
8. BURTON, A.C., NEILSON, E., MOREIRA, D., LADLE, A., STEENWEG, R., FISHER, J.T. et al. (2015). Wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys to ecological processes. *Journal of Applied Ecology*, 52: 675-685.
9. CAMPBELL, P.; RIVERA, P.; THAMAS, D.; BOUROBOU-BOUROBOU, H.; NZABI, T.; ALONSO, A.; DALLMEIER, F. (2006). Structure, composition et diversité floristiques d’une forêt équatoriale du Gabon. *Bulletin of the Biological Society of Washington*, n° 12 :29-51.
10. CIBOT, M.; BORTOLAMIOL, S.; SEGUYA, A.; KRIEF, S (SOUMIS) Chimpanzees facing a dangerous situation: a high traffic asphalted road in sebitoli, kibale national park, Uganda.
11. DORST, J.; DANDELLOT, P. (1993). *Guide des mammifères d’Afrique*. Delachaux et Nestlé, Lausanne.
12. DOUMENGE, C.; PALLA, F.; SCHOLTE, P.; HIOL-HIOL, F; LARZILLIERE, A (Eds.), (2015). *Aires protégées d’Afrique centrale – État 2015*. OFAC, Kinshasa, République Démocratique du Congo et Yaoundé, Cameroun, 256 p.
13. ERNST, C. ; VERHEGGHEN, A.; MAYAUX, P.; HANSEN, M.; DEFOURNY, P.; BARAWANDIKA, A.; BEGOTO, G.; ESSONO MBA, F.; IBARA, M.; KONDJO SHORO, A. (2012) Cartographie du couvert forestier et des changements forestiers en Afrique Centrale. In *l’état des forêts 2010*. C. Wasseige, P. Marcken, N. Bayol, F. Hiol-

- Hiol, P. Mayaux, B. Desclée, R. Nasi, A. Billand, P. Defourny et R. Eba'a Atyl. Eds (Luxembourg : office des publications de l'Union Europeenne). Pp23-42.
14. EVANS, K.; GUARIGUATA, MR.; BRANCALION, PHS, (2018). Participatory monitoring to connect local and global priorities for forest restoration. *Conservation Biology*, 0, 0, 1–10.
  15. FERN, GREENPEACE, INTER- AFRICAN FOREST INDUSTRY ASSOCIATION, PREVIOUS WOODS, SWEDISH. SOCIETY FOR NATURE CONSERVATION AND TROPICAL FOREST TRUST. (2008) Regaining credibility and rebuilding support: changes FSC needs to make to regain its credibility. Pp
  16. GAUTIER-HION, A.; DUPLANTIER, JM.; QURIS, R.; FEER, F.; SOUND, C.; DECOUX, JP.; DUBOST, G.; EMMONS, L.; ERAND, C.; HECKETSWEILER, P.; MOUNGAZI, A.; ROUSSILHON, C.; THIOLLAY, JM. (1985). Fruit characters as a basis of fruit choice and seed dispersal in a tropical forest vertebrate community. *Oecologia*, 65:324–337.
  17. Hongo, S.; Nakashima, Y.; Akomo-Okoue, Ef.; Mindonga Nguelet, Fl. (2016). Female Reproductive Seasonality and Male Influxes in Wild Mandrills (*Mandrillus sphinx*). *International Journal of Primatology*. 37(3) : 416-437
  18. IWATA, Y.; ANDO, C. (2007). Bed and bed-site reuse by western lowland gorillas (*Gorilla g. gorilla*) in Moukalaba-Doudou National Park, Gabon. *Primates*, vol. 48: 77-80.
  19. KIERULFF, MC.; SANTOS, GR.; CANALE, GR.; GUIDORIZZI, CE.; CASSANO, CR.; 2004. The use of camera-traps in a survey of the buff-headed capuchin monkey, *Cebus xanthosternos*. *Neotrop. Primates*, 12: 56-59.
  20. KINGDON, J.; HAPPOLD, D.; BUTYNSKI, T.; HOFFMANN, M.; HAPPOLD, M.; KALINA J. (2013). *Mammals of Africa: Bloomsbury Publishing, London Volumes 1-6*.
  21. MAMBEYA, MM.; BAKER, F.; MOMBOUA, BR.; KOUMBA PAMBO, AF.; HEGA, M.; OKOUYI OKOUYI, VJ.; ONANGA, M, CHALLENGER, DWS.; INGRAM, DJ.; WANG, H ABERNETHY K, (2018). The emergence of a commercial trade in pangolins from Gabon. *African Journal of Ecology*; 00:1–9. <https://doi.org/10.1111/aje.12507>.
  22. MANGAMA-KOUMBA, LB.; NAKASHIMA, Y.; MAVOUNGOU, JF.; AKOMO-OKOUE, EF.; YUMOTO, T.; YAMAGIWA, J.; M'BATCHI, B. (2016). Estimating diurnal primate densities using distance sampling method in Moukalaba-Doudou National Park, Gabon. *Journal of Applied Biosciences*. 99: 9395 – 9404.

23. MINDONGA NGUELET, FL.; ZINGA-KOUMBA, CR.; MAVOUNGOU, JF.; NZENGUE, E, AKOMO-OKOUE, EF.; NAKASHIMA, Y.; HONGO, S.; EBANG-ELLA, GW.; MANGAMA-KOUMBA, LB.; M'BATCHI, B. (2016). Etude de la relation entre l'abondance des grands mammifères frugivores et celle des fruits dans le Parc National de Moukalaba-Doudou, Gabon. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(5): 1969-1982.
24. MOUNIOKO, F., ZINGA KOUMBA C.R., MBANG NGUEMA O.A., DIBAKOU E.S., ACAPOVI-YAO, G., M'BATCHI, B., MAVOUNGOU, J.F. (2016). Eco-distribution des mouches piqueuses, vecteurs de la Trypanosomose humaine africaine, dans le Parc National de Moukalaba Doudou (Sud-Ouest du Gabon) en saison sèche. *EiWahat pour les Recherches et les Etudes*, 9 (1) : 50-64.
25. NAKASHIMA, Y.; INOUE, E.; AKOMO EO. (2013a). Population density and habitat preference of forest duikers in the Moukalaba-Doudou National Park, Gabon. *African Zoology*, 48(2): 195-399.
26. NAKASHIMA, Y.; IWATA, Y.; ANDO, C.; NKOUE, CN.; INOUE, E.; AKOMO, EO.; NGUEMA, PM.; BINENI, TG.; BANAK, LN.; TAKENOSHITA, Y.; NGOMANDA, A.; YAMAGIWA J. (2013b). Assessment of landscape-scale distribution of sympatric great apes in African rain-forests: Concurrent use of nest and camera-trap surveys. *American Journal of Primatology*, 75: 1220-1230.
27. NAKASHIMA, Y. (2015). Inventorying medium- and large-sized mammals in the African lowland rainforest using camera trapping. *Tropics*, 23(4): 151-164.
28. NELSON, A.; BIDWELL, P. AND SILLERO-ZUBIRI, C. (2003). A review of human-elephant conflict management strategies. *People and Wildlife Initiative. Wildlife Conservation Research Unit, Oxford University press.*
29. O'BRIEN, TG.; KINNAIRD, MF.; WIBISONO, HT. (2003). Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation*, vol. 6(2): 131-139.
30. PEBSWORTH, P.; LAFLEUR, M. (2014). Advancing primate research and conservation through the use of camera traps: introduction to the special issue. *International Journal of Primatology*., 34(5): 825-840. DOI: 10.1007/s10764-014-9802-4.
31. RIEUCAU J. (2001). Biodiversité et écotourisme dans les pays du centre du golfe de Guinée Prétourisme dans une unité géopolitique instable, *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 216: 417-452.

32. ROGER, A.; CALAQUE, R.; DOUMENGE, C. (2006). Une évaluation du potentiel écotouristique du parc national des plateaux Batéké. *Bois et Forêts des Tropiques*, 290(4):13-30.
33. TAKENOSHITA, Y.; ANDO, C.; IWATA, Y.; YAMAGIWA, J. (2008). Fruit phenology of the great habitat in the Moukalaba-Doudou National Park, Gabon. *African Study Monograph*, 39S:23–39.
34. TAKENOSHITA, Y.; ANDO, C.; YAMAGIWA J. (2008). Fruit phenology of the great ape habitat in the Moukalaba-Doudou National Park, Gabon. *African Study Monographs*, 39: 23-39.
35. TOBLER, MW.; CARRILLO-PERCASTEGUI, SE.; LEITE PITMAN, R.; MARES, R.; POWELL, G. (2008). An evaluation of camera traps for inventory-ing large- and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation*, 11(3): 169-178.
36. TROLLIET, F.; HUYNEN, M-C.; VERMEULEN, C.; HAMBUCKERS, A. (2014). Use of camera traps for wildlife studies. A review. *Biotechnological. Agronomic Social. Environement.*, 18(3) : 446-454.
37. TUTIN, CEG.; FERNANDEZ, M. (1993). Relationships between minimum temperature and fruit production in some tropical forest trees in Gabon. *Journal of Tropical Ecology*, 9:241-248.
38. TUTIN, CEG.; WHITE, L.; MACKANGA-MISSANDZOU A. 1997. The use by rain forest mammals of natural forest fragments in an equato-rial African savanna. *Conservation Biology*, 11(5): 1190-1203.
39. TUTIN, CEG.; FERNANDEZ, M. 1984. Nationwide census of gorilla (*Gorilla g. gorilla*) and chimpanzee (*Pan t. troglodytes*) populations in Gabon. *American Journal of Primatology*, 6: 313-336.
40. VANDE, W.J.P. (2012). MOUKALABA DOUDOU. Agence National des Parcs Nationaux (ANPN), Libreville, Gabon. 296 p.
41. WHITE, LJT. (1994). Biomass of rain forest mammals in the Lopé Reserve, Gabon. *Journal of Animal Ecology*, 63: 499-512.
42. WHITE, LJT.; EDWARDS, A. (2000). Conservation research in the African rain forests: a technical handbook. The Wildlife Conservation Society, New York.
43. YAMAGIWA, J.; BASABOSE, AK. (2006). Diet and seasonal changes in sympatric gorillas and chimpanzees at Kahuzi-Biega National Park. *Primates* DOI 10.1007/s10329-005-0147-7. 47: 74–90



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### **Lionel Crescendo Sehoun,**

Université Nationale d'Agriculture, École de  
Foresterie Tropicale, Laboratoire de Recherche en  
Ecologie Animale et Zoogéographie, BP 43, Kétou  
(Bénin).

### **Toussaint Olou Lougbegnon,**

Université Nationale d'Agriculture, École de  
Foresterie Tropicale, Laboratoire de Recherche en  
Ecologie Animale et Zoogéographie, BP 43, Kétou  
(Bénin).

### **Jean Claude Timothé Codjia,**

Université Nationale d'Agriculture, École de  
Foresterie Tropicale, Laboratoire de Recherche en  
Ecologie Animale et Zoogéographie, BP 43, Kétou  
(Bénin).

---

Submitted: 10 August 2020

Accepted: 02 December 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*Lionel Crescendo Sehoun*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p52](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p52)



Copyright 2020 Sehoun L.A et al.  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCES

---

Cite as:

Sehoun L, Lougbegnon T, Codjia J.C (2020).  
Connaissances et Perceptions des services  
écosystémiques des espaces verts des villes de  
Cotonou, Abomey-Calavi et Allada du Sud Bénin :  
Implications pour la gestion durable des forêts  
urbaines et péri-urbaines. *European Scientific  
Journal, ESJ, 16 (33), 284.*  
<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p52>

## **Connaissances Et Perceptions Des Services Écosystémiques Des Espaces Verts Des Villes De Cotonou, Abomey-Calavi Et Allada Du Sud Bénin: Implications Pour La Gestion Durable Des Forêts Urbaines Et Péri-Urbaines**

---

### **Résumé**

La végétation urbaine dans son ensemble offre aux habitants des bienfaits aussi variés qu'utiles appelés services écosystémiques. Cette étude vise à évaluer les connaissances et la perception des services écosystémiques, ainsi que le taux de fréquentation des espaces verts publics urbains dans trois villes du sud Bénin que sont : Abomey-Calavi, Cotonou et Allada. Pour atteindre cet objectif, des interviews semi structurées ont été réalisées auprès de 405 usagers des espaces verts publics. Les résultats ont révélé quatre catégories de services écosystémiques dont les populations ont connaissance, à savoir : les services d'approvisionnement ; de soutien ; de régulation puis les services culturels. Le degré de connaissance sur des services écosystémiques est fonction du gradient d'urbanisation ; du niveau d'étude et du secteur d'activité des enquêtés. Les usagers de Cotonou fréquentent moins ces lieux que ceux résidant dans les villes d'Abomey-Calavi et d'Allada. Plus de 80 % des enquêtés ne sont pas satisfaits de la gestion de ces espaces verts par les autorités municipales. La plupart (70 %) d'entre eux ont la volonté de s'impliquer dans la gestion de ces espaces en leur consacrant du temps. 78 % des enquêtés de Cotonou sont prêts à mettre des moyens financiers, contre respectivement 45 % et 30 % de ceux d'Abomey-Calavi et d'Allada. Les enquêtés d'Abomey-Calavi et d'Allada sont plutôt plus disposés à s'impliquer physiquement dans la gestion de ces espaces verts. Il serait bénéfique, au vu des

envies d'implication des enquêtés, que les autorités municipales impliquent davantage les populations, pour une gestion durable de ces espaces.

---

**Subject:** Ecology

**Mots-clés :** Perception, Espaces Verts, Zone Urbaine, Services Écosystémiques, Connaissance

# **Knowledge and Perceptions of Ecosystem Services of Green Spaces in the Cities of Cotonou, Abomey-Calavi and Allada of South Benin: Implication for the Sustainable Management of Urban and Peri-Urban Forests**

***Lionel Crescendo Sehoun,***

Université Nationale d'Agriculture, École de Foresterie Tropicale,  
Laboratoire de Recherche en Ecologie Animale et Zoogéographie, BP 43,  
Kétou (Bénin).

***Toussaint Olou Lougbegnon,***

Université Nationale d'Agriculture, École de Foresterie Tropicale,  
Laboratoire de Recherche en Ecologie Animale et Zoogéographie, BP 43,  
Kétou (Bénin).

***Jean Claude Timothé Codjia,***

Université Nationale d'Agriculture, École de Foresterie Tropicale,  
Laboratoire de Recherche en Ecologie Animale et Zoogéographie, BP 43,  
Kétou (Bénin).

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p52](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p52)

---

## **Abstract**

The urban vegetation as a whole provides residents with a wide range of useful benefits known as ecosystem services. This study aims to assess the knowledge and perception of ecosystem services, as well as the rate of use of urban public green spaces in three cities in southern Benin, which are: Abomey-Calavi, Cotonou and Allada. To achieve this objective, semi-structured interviews were conducted with 405 users of public green spaces. The results revealed four categories of ecosystem services of which the populations are aware, namely: provisioning; supporting; regulating; and cultural services. The level of knowledge about ecosystem services depends on the urbanisation gradient, the level of education and the sector of activity of the respondents. Users in Cotonou are less likely to visit these places than those living in the towns of Abomey-Calavi and Allada. More than 80% of the respondents are not satisfied with the management of these green spaces by the municipal authorities. Most of them (70%) are willing to get involved in

the management of these spaces by devoting time to them. 78% of respondents in Cotonou are willing to contribute financial resources, compared to 45% and 30% respectively in Abomey-Calavi and Allada. Respondents in Abomey-Calavi and Allada are more willing to be physically involved in the management of these green spaces. In view of the respondents' desire for involvement, it would be beneficial if the municipal authorities were to involve the population more in the sustainable management of these areas.

---

**Keywords:** Perception, Green Spaces, Urban Area, Ecosystem Services, Knowledge

## **Introduction**

La notion de ville verte est devenue de nos jours un idéal partagé par tous et l'espace vert urbain est devenu une préoccupation très importante dans la planification et la gestion des cités. Les espaces verts urbains sont perçus comme des lieux extérieurs comportant une quantité importante de végétation, existant soit comme des zones gérées, soit comme des vestiges de paysages naturels et de végétation (Beatley, 2000). Les écosystèmes urbains facilitent, dans certains cas, les besoins de la société par le biais d'échanges de biens et de services classés en quatre catégories : services d'approvisionnement, de régulation, soutien et culturels (Niemelä et al., 2010). Les forêts urbaines jouent un rôle important dans le développement social, culturel, économique et environnemental des centres urbains d'Afrique de l'Ouest, grâce à des avantages tels que l'amélioration du paysage, la fourniture d'installations récréatives et culturelles, le contrôle de l'érosion, la protection des bassins versants (Fuwape et al., 2011). Ainsi, ces services écosystémiques rendus par les arbres, améliorent la qualité environnementale des villes dont dépend la santé des citoyens (Escobedo et al., 2010). Cependant l'urbanisation rapide et l'augmentation de la population mondiale ont entraîné la destruction et la disparition de l'écosystème naturel et l'extinction des ressources forestières. L'urbanisation a également un impact négatif sur l'écosystème forestier, suscitant ainsi de graves préoccupations en thème de biodiversité à l'échelle mondiale (Fuwape et al., 2011; Shackleton et al., 2015; Unies, 2007). Les villes africaines sont particulièrement affectées avec une urbanisation spontanée, incontrôlée. Cette situation préjudiciable à l'environnement rend difficile la gestion des grandes villes africaines de nos jours. Il est donc important de trouver une solution pour une préservation des ressources végétales, si les forêts urbaines doivent continuer d'être des facteurs d'atténuation de la pollution urbaine (F. J. Escobedo et al., 2011). Mais, au cours des deux dernières décennies, pour répondre aux besoins et aux défis de la durabilité dans les milieux urbains (le maintien des systèmes couplés homme-environnement), la discipline de la science de la durabilité s'est

développée. Cette discipline appelée foresterie urbaine a pour but ultime l'amélioration des relations homme-nature en termes de fourniture de solutions pour la gestion, la planification et l'élaboration des politiques (Wu, 2012).

La plupart des études sur les services écosystémiques jusqu'à présent se sont concentrées sur les pays développés et sur des questions générales (Adekunle et al., 2012). En tenant compte de l'immense portée démographique prévue en Afrique, il devient important de déterminer l'étendue des services écosystémiques dans les villes africaines. Les habitants des zones urbaines ont des demandes différentes sur les écosystèmes qui les entourent et qui sont souvent confrontés à de faibles niveaux d'approvisionnement (Shackleton et al., 2015)

Au Bénin, pays d'Afrique de l'Ouest, le taux d'urbanisation a galopé de 11 % en 1960 à 40 % en 1990, puis de 42 % en 2005 à 44 % en 2015 (INSAE, 2015). De plus, dans les projections futures, plus de la moitié de la population du Bénin vivra dans les villes d'ici 2025, avec une estimation du taux de la population urbaine à 56,2 %. Cette situation engendra plus de problème d'assainissement, de pollution et de congestion des espaces publics. La pollution de l'air se produit principalement par le rejet de fumée dans l'atmosphère par les usines et les taxis-motos localement appelés ("Zemidjan"), l'usage des moteurs à deux temps et l'utilisation de carburant frelaté. Il devient alors nécessaire d'inverser les problèmes de pollution et d'atténuer les effets du changement climatique afin de garantir un cadre de vie agréable aux citoyens, tout en préservant les multiples avantages tirés de ces écosystèmes urbains par ses habitants (Teka et al., 2017). Les villes de Cotonou, Abomey-Calavi et Allada accueilleront près de la moitié de la population béninoise d'ici 2030, selon les estimations de l'INSAE en 2015. Un tel phénomène suscite des inquiétudes relatives aux effets potentiels sur la conservation de la biodiversité et de la qualité du cadre de vie humaine (Miller et al., 2015). Dans un tel contexte, il est donc impérieux d'évaluer les connaissances des citoyens sur les services écosystémiques afin d'asseoir un aménagement durable dans ces villes.

Le présent travail qui s'inscrit dans le cadre de la préservation des écosystèmes urbains et des stratégies de gestion durable, a pour objectif d'évaluer les connaissances des services écosystémiques, perception et le taux de fréquentation des espaces verts publics urbains dans les villes d'Abomey-Calavi, Cotonou et Allada.

## **Milieu d'étude**

L'étude a été conduite au Sud du Bénin, notamment dans les villes de Cotonou, d'Abomey-Calavi et d'Allada représentant l'espace discontinu constitué par les Arrondissements urbains. Les 13 Arrondissements de la

Commune de Cotonou, les Arrondissements d'Abomey-Calavi et de Godomey de la Commune d'Abomey-Calavi, ainsi que les Arrondissements d'Allada et de Sékou de la Commune d'Allada. Le milieu d'étude se situe entre 6°21' et 6°39' de latitude Nord et entre 2°09' et 2°26' de longitude Est (figure 1). Sur le plan physique, il est marqué par un climat de type subéquatorial, caractérisé par deux saisons sèches (mi-Novembre à mi-Mars et mi-Juillet à Août) et deux saisons pluvieuses (mi-Mars à mi-Juillet et Septembre à mi-novembre). Le réseau hydrographique est constitué du lac Nokoué et de l'océan atlantique. Les types de sols rencontrés sont entre autres les sols sableux, sols ferrugineux et sols hydromorphes. La température varie entre 27 à 31°C et celle de la pluviométrie est de 900-1200 mm (Akoègninou, 2004). Toutes ces caractéristiques favorisent le développement des plantes.

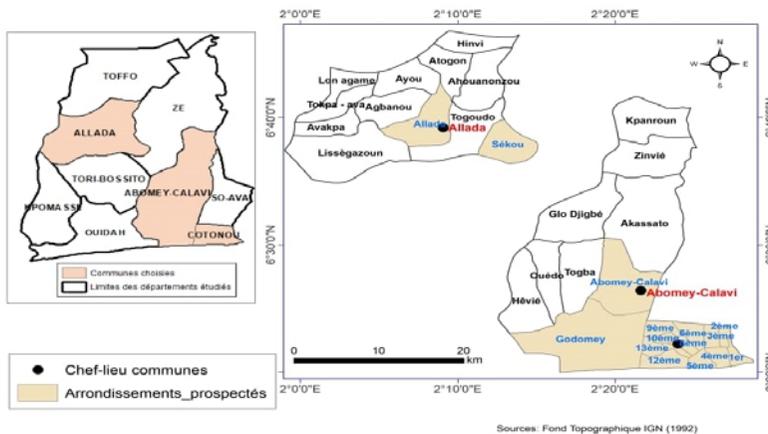


Figure 1 : Carte de localisation des zones d'études

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1- Echantillonnage et collecte de données

Les enquêtes ont été faites dans les Arrondissements des villes concernées. La disponibilité des espaces verts est le critère de choix. Les 13 arrondissements de la ville de Cotonou, les Arrondissements d'Abomey-Calavi et de Godomey de la Commune d'Abomey-Calavi et les Arrondissements d'Allada et de Sékou de la Commune d'Allada ont servi de cadre pour notre étude. Au total, 405 personnes ont été interviewées, à raison de 204 ; 102 et 99 respectivement dans les villes de Cotonou, d'Abomey-Calavi et d'Allada. Le nombre de personnes échantillonnées a été déterminé suite à une enquête exploratoire. L'enquête exploratoire a été réalisée auprès de 20 usagers des espaces verts, choisis de façon aléatoire afin de déterminer la proportion  $p$  de répondants fréquentant les espaces verts publics. Le nombre  $n$  d'enquêtés par ville a été ensuite calculé suivant la formule proposée par Dagnelie (1998).

$$n = \frac{U_{0,975}^2 \times p(1 - p)}{d^2}$$

Où n est le nombre d'enquêtés pour chaque ville ; p est la proportion d'individus de la Commune fréquentant les espaces verts ;  $U_{0,975}^2 \approx 1,96$  est le quantile d'une distribution normale standard pour une valeur de probabilité de 0,05 ; et d est l'erreur marginale fixée à 8 %.

Au total, 204 personnes ont été enquêtées dans la ville de Cotonou (50,37 %), 102 dans la ville d'Abomey-Calavi (25,18 %) et 99 dans la ville d'Allada (24,44 %). L'accord verbal des enquêtés a été obtenu avant le démarrage de chaque interview. Avec l'aide des traducteurs locaux pour les enquêtés ne maîtrisant pas le français, chaque enquêté a été soumis à un entretien semi-structuré au niveau des espaces verts, dont la liste a été obtenue auprès des autorités communales (places publiques végétalisées, arbres d'alignement et d'ombrage). Les données collectées par enquêté portaient sur les caractéristiques sociales (groupe socio-culturel, sexe, âge, religion, statut matrimonial, activités et le niveau d'éducation), les connaissances sur les services écosystémiques (services d'approvisionnement, services de régulation, services de support et services culturels), la perception des enquêtées et leurs attitudes sur les espaces verts.

Les critères d'appréciation « Bon », « Mauvais » ont été retenus pour évaluer la perception des enquêtés sur la gestion faite de ces espaces verts.

## **1.2- Traitement des données et analyse des résultats**

La statistique descriptive (fréquence de citation) a été utilisée pour décrire les caractéristiques sociodémographiques des enquêtés et aussi la variation des connaissances, perceptions et attitudes des enquêtés sur les espaces verts. Afin d'évaluer la dépendance des connaissances, perceptions ou attitudes des populations suivant le gradient d'urbanisation, le test d'indépendance de Khi2 de Pearson ou le test exact de Fisher a été utilisé. Aussi, l'Analyse Factorielle des correspondances a permis d'évaluer la distribution des connaissances des espaces verts suivant le gradient d'urbanisation d'une part, et suivant les caractéristiques sociodémographiques des enquêtés (éducation et activité principale) d'autre part.

Toutes les analyses et figures ont été réalisées dans l'environnement du logiciel R 3.6.2 (R Core Team, 2019).

## **2- Résultats**

### **2.1- Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés**

Les caractéristiques sociodémographiques (Tableau 1) des enquêtés révèlent que 77,78 % des usagers sont des adultes âgés d'au moins 45 ans ; dont la plupart (77,78 %) sont des hommes. Les niveaux d'instruction les plus élevés

des usagers des espaces verts interviewés sont le secondaire (40,20 %), le primaire (40,20 %) et l’analphabétisme (45,45%), respectivement dans la ville de Cotonou, d’Abomey-calavi et d’Allada. Le groupe sociolinguistique Fon est le plus représenté (45,68%) par les enquêtés qui pratiquent majoritairement la religion du christianisme (80,49%) dont la plupart (79,51%) sont des mariés. L’artisanat (24,69%), le commerce (23,46%) et le fonctionnariat (20,74%) sont relativement les activités les plus pratiquées par les enquêtés.

**Tableau 1.** Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés

Caractéristiques	Variantes	Cotonou	Abomey-calavi	Allada	Globale
<b>Echantillon</b>		204	102	99	405
<b>Age</b>	Jeune	17,16	13,73	17,17	16,30
	Adulte	75,98	78,53	80,81	77,78
	Vieux	6,89	7,84	2,02	5,93
<b>Sexe</b>	Féminin	19,12	20,59	26,26	21,23
	Masculin	80,88	79,41	73,74	78,77
<b>Education</b>	Analphabète	10,29	17,65	45,45	20,74
	Primaire	26,96	40,20	26,26	30,12
	Secondaire	40,20	25,49	24,24	32,59
	Universitaire	22,25	16,67	4,04	16,54
<b>Statut matrimonial</b>	Célibataire	14,71	10,78	11,11	12,84
	Marié (ée)	76,96	83,33	80,81	79,51
	Veuf (ve)	8,83	5,88	8,08	7,65
<b>Groupes sociolinguistiques</b>	Adja	10,78	12,75	5,05	9,88
	Aïzo	1,96	10,78	30,30	11,11
	Fon	41,18	46,08	54,55	45,68
	Goun	13,24	0,98	7,07	8,64
	Mahi	2,45	4,90	1,01	2,72
	Mina	6,37	7,84	0,00	5,19
	Pedah	6,37	7,84	0,00	5,19
	Yorouba/Nago	6,86	3,92	2,02	4,94
	Autres	10,78	4,90	0,00	6,67
<b>Religion</b>	Christianisme	83,82	78,43	75,76	80,49
	Islam	9,31	1,96	1,01	5,43
	Endogène	6,86	19,61	23,23	14,07
<b>Activités</b>	Agriculture	1,47	1,96	22,22	6,67
	Artisan	25,98	29,41	17,17	24,69
	Commerce	20,59	28,43	24,24	23,46
	Conducteur	8,82	8,82	11,11	9,38
	Etudiant	5,88	2,94	6,06	5,19
	Fonctionnaire	25	14,71	18,18	20,74
	Autres	12,25	13,73	1,01	9,88

## 2.2- Connaissances sur les services écosystémiques

Les services écosystémiques que les enquêtés pensent tirés des espaces végétalisés dans le milieu d’étude sont rangés dans quatre catégories

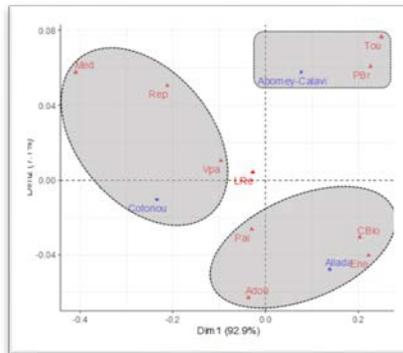
de service écosystémique (approvisionnement, soutien, régulation culturelle). Des services d'approvisionnement, la procuration des médicaments est la plus citée (32,35%) dans la ville de Cotonou suivie de l'approvisionnement en bois énergie. Quant aux services de régulation, la lutte contre le réchauffement climatique (92,65%) est la citation la plus recueillie à Cotonou, vient ensuite l'adoucissement de l'air (92,16%) et la purification de l'air (91,7%). La lutte contre le réchauffement climatique (96,08%), la purification de l'air (90,20%), puis pour l'adoucissement de la température (84,31%) sont les services les plus cités à Abomey-Calavi. A contrario à Allada, les services tels que l'adoucissement de la température (97,98 %), la purification de l'air (95,96%) et la lutte contre le changement climatique (94,94%) sont respectivement obtenues.

Les services culturels apportés par ces espaces sont fonctions du niveau d'habitation. Le service de valorisation du paysage reste la réponse la plus obtenue à Abomey-Calavi et à Allada contrairement à Cotonou où le service culturel "espaces de repos" est le mieux valorisé.

**Tableau 2.** Fréquence de citation des services écosystémiques des espaces verts

Services	Cotonou	Abomey-calavi	Allada	Globale
<b>Services d'approvisionnement</b>				
Usage médicinal	32,35	19,61	13,13	24,44
Bois énergie	11,76	19,61	23,23	16,54
<b>Services de soutien</b>				
Conservation de la biodiversité (animale/végétale)	35,29	56,86	65,66	48,15
<b>Services de régulation</b>				
Purification de l'air		90,20	95,96	92,35
Lutte contre le réchauffement climatique	91,67 92,65	96,08	94,95	94,07
Lutte contre l'inondation/érosion	3,92	5,88	0,00	3,46
Adoucissement de la température	92,16	84,31	97,98	91,60
Protection contre le bruit	29,90	58,82	56,57	43,70
<b>Services culturels</b>				
Attrait touristique	20,59	44,12	44,41	31,60
Espaces de jeux	7,94	3,92	0,00	4,94
Espaces de repos	64,22	51,96	41,41	55,56
Valorisation du paysage	63,73	58,82	55,56	60,49

L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) appliquée aux avantages tirés des espaces verts dans la zone d'étude donne une inertie totale de 100 % (Figure 2). Ce seuil d'inertie est maximal pour garantir une précision d'interprétation. Les fonctions qu'occupent les espaces verts dans la vie des enquêtés est fortement en relation avec leur lieu de résidence (figure 2). A Cotonou, les espèces végétales des espaces verts sont majoritairement utilisées en médecine traditionnelle, mais sont aussi très utiles comme aire de repos et d'ombrage, puis comme endroit valorisant le paysage. Par contre, ceux d'Abomey-calavi enquêtés, sollicitent les espaces verts dans le tourisme et la protection contre le bruit. L'approvisionnement en bois énergie, l'adoucissement de l'air ambiant et la conservation de la biodiversité sont autant de service que procurent principalement les espaces végétalisés à Allada.

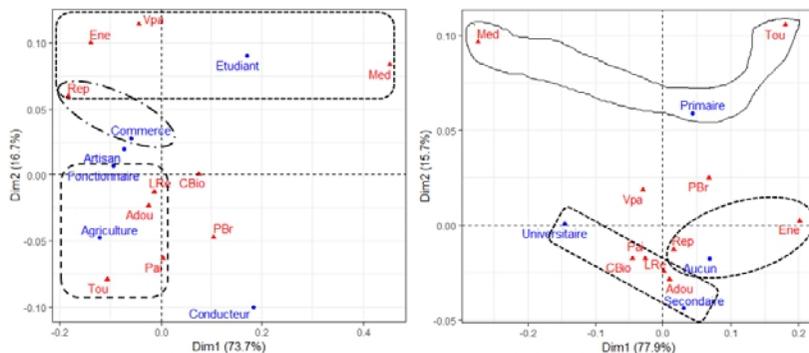


**Figure 2.** Projections des services écosystémiques des espaces verts dans les deux premiers axes de l'analyse factorielle des correspondances (AFC) suivant le gradient d'urbanisation.

**Med** : Médicinal ; **Rep** : Repos ; **Vpa** : Valorisation du paysage ; **LRe** : Lutte contre le rechauffement ; **Tourisme** ; **PBr** : Protection contre le bruit ; **Pai** : Puirification de l'air ; **Adou** : Adoucissement de la temperature ; **CBio** : conservation de la biodiversité ; **Ene** : Energie

L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) appliquée aux services écosystémiques des espaces verts suivant l'activité et le niveau d'éducation donne une inertie totale de 90.4% pour l'activité exercée et 93,6 % pour le niveau d'éducation (Figure 3). Ce seuil d'inertie est suffisant pour garantir une précision d'interprétation.

Les fonctions écosystémiques exercées, diffèrent d'un espace vert à un autre (figure 3). Les étudiants utilisent plus les espaces verts pour des usages médicaux, leur besoin en bois énergie, et comme aire de repos et aire valorisant le paysage. Les commerçants utilisent essentiellement pour leurs besoins en aire de repos et d'ombrage. Quant aux fonctionnaires, agriculteurs et les artisans, ces aires sont des lieux qui favorisent la lutte contre le réchauffement climatique tout en permettant l'adoucissement de la température et la purification de l'air. Les informations reçues des enquêtés stipulent que les bénéfices tirés des espaces verts dépendent largement aussi du niveau d'éducation atteint (figure 3). Les enquêtés n'ayant aucun niveau scolaire sont plus préoccupés par le repos au niveau des espaces verts et des bois énergies qu'ils procurent. Ceux du niveau primaire utilisent plus ces espaces pour leur besoin en médecine traditionnelle et en tourisme. La conservation de la biodiversité, la lutte contre les effets des changements climatiques, l'adoucissement de la température et la purification de l'air sont les usages les plus cités chez les enquêtés ayant un niveau secondaire et universitaire.



**Figure 3.** Projections des services écosystémiques des espaces verts suivant l'activité et le niveau d'éducation. **Med** : Médicinal ; **Rep** : Repos ; **Vpa** : Valorisation du paysage ; **LRe** : Lutte contre le réchauffement ; **Tou** : Tourisme ; **PBr** : Protection contre le bruit ; **Pai** : Purification de l'air ; **Adou** : Adoucissement de la température ; **CBio** : conservation de la biodiversité ; **Ene** : Energie

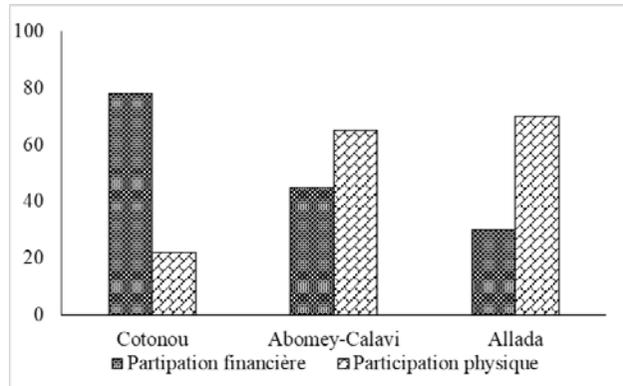
### 2.3- Perceptions sur la gestion des espaces verts

Le test d'indépendance de Chi-2 (Tableau 3) sur diverses variables de perception des espaces verts évoque que l'absence des toilettes au niveau de ces espaces est globalement jugée mauvaise (73,33%), de même que l'insuffisance des poubelles (80,25%). L'absence de suivi correct des espaces verts est aussi largement partagée par tous les enquêtés, en dépit de leur milieu de vie (80,25%), de même que l'insuffisance de ces aires et de leur éclairage. L'utilisation de ces lieux à des buts commerciaux est largement jugée mauvaise (61,98%) par les enquêtés. Ces réponses sont significativement ( $p < 0,05$ ) variables en fonction des catégories sociodémographiques (âge, sexe,

groupe sociolinguistique, religion et niveau d'éducation), sauf pour la présence des poubelles dans ces espaces verts où les réponses sont non significatives ( $p > 0,05$ ). A Cotonou, 78% des enquêtés sont prêts à participer financièrement à la mise en place et à la gestion des espaces verts contrairement aux zones péri-urbaines et semi-urbaines où les enquêtés préfèrent jouer un rôle physique dans la gestion de ces espaces (figure 4).

**Tableau 3** : Perceptions des usagers des espaces verts.

Affirmations	Cotonou	Abomey-calavi	Allada	Globale	$\chi^2$	Pro babi lité
<b>Que pensez-vous de l'absence des toilettes sur les espaces verts publics ?</b>						
Mauvais	72,55	83,33	64,65	73,33	53,81	0,00 1
Bon	4,90	7,84	29,29	11,60		
Indifférent	22,55	8,82	6,06	15,06		
<b>Y-a-t-il suffisamment de poubelles sur les espaces verts publics de la ville ?</b>						
Oui	1,96	0,98	0,00	1,23	2,20	0,69 8
Non	79,41	80,39	91,82	80,25		
Indifférent	18,63	18,63	18,18	18,52		
<b>Quel est votre degré de satisfaction du suivi des espaces verts publics de la ville ?</b>						
Mauvais	12,25	11,76	35,35	17,78	42,47	0,00 1
Passable	43,63	57,84	47,47	48,15		
Bon	27,94	15,69	8,08	20,00		
Très bon	0,00	0,00	0,00	0,00		
Indifférent	16,18	14,71	9,09	14,07		
<b>Trouvez-vous que les espaces verts sont suffisants dans cette ville ?</b>						
Oui	9,31	23,53	4,04	11,60	47,75	0,00 1
Non	57,35	53,92	87,88	63,95		
Indifférent	33,33	22,55	8,08	24,44		
<b>Que pensez-vous de l'occupation des espaces verts à des fins commerciales ?</b>						
Mauvais	57,84	79,41	52,53	61,98	18,39	0,00 1
Bon	42,16	20,59	47,47	38,02		
<b>Comment trouvez-vous l'éclairage des espaces végétalisés publics de la ville ?</b>						
Bon	10,78	16,67	30,30	17,04	54,15	0,00 1
Un peu bon	39,22	44,12	60,61	45,68		
Pas du tout bon	22,55	22,55	6,06	18,52		
Indifférent	27,45	16,67	3,03	18,77		
<b>Comment trouvez-vous le niveau d'entretien des espaces vert que vous fréquentez ?</b>						
Bien entretenu	3,43	3,92	11,11	5,43	25,69	0,00 1
Moyennement entretenu	49,51	72,55	50,51	55,56		
Mal entretenu	40,69	21,57	35,35	34,57		
Pas du tout entretenu	6,37	1,96	3,03	4,44		



**Figure 4** : Implication des enquêtés dans la Gestion des espaces verts.

## 2.4- Fréquentation des espaces verts par les populations locales

Les enquêtés de la ville de Cotonou (75,98%) fréquentent plus les espaces verts que ceux des autres villes qui ont pratiquement le même taux de fréquentation (tableau 4). Mais au niveau de la fréquence des fréquentations, les enquêtés d'Abomey-Calavi et d'Allada sont plus fréquents dans ses aires.

**Tableau 4** : Niveau de fréquentation des espaces verts par les populations locales

	Cotonou	Abomey-Calavi	Allada	Globale
Fréquentez-vous les espaces verts public ?				
Oui	75,98	60,78	60,61	68,40
Non	24,02	39,22	39,39	31,60
Quels types d'usages faites-vous des espaces vert publics ?				
Espaces Jeux	7,84	3,92	0,00	4,94
Espaces de Repos	64,22	51,96	41,41	55,56
Espace de commerce	7,35	8,82	10,10	8,40
Dépotoir	0,98	0,00	0,00	0,49
RDV	36,76	19,61	22,22	28,89
Lieu d'étude	0,98	0,98	3,03	1,48
A quelle fréquence fréquentez-vous les espaces vert public ?				
1 fois/semaine	10,32	20,97	20,00	14,80
2 fois/semaine	10,32	4,84	1,67	7,22
3 fois/semaine	5,81	12,90	1,67	6,50
4 fois/semaine	8,39	4,84	23,33	10,83
Rarement	29,68	20,97	18,33	25,27

## 3- Discussion

### 3.1- Connaissance et usages des espaces verts par les populations locales

La grande majorité des enquêtés interviewés dans le cadre de cette étude estiment que les espaces végétalisés sont importants car ils offrent une gamme d'avantages, comme le témoignent également les travaux de (Furukawa et al., 2016; Jacob et al., 2012; Polorigni et al., 2014). Les principaux avantages

mentionnés étaient les services d'approvisionnement, de régulation, de soutien et culturels. Les résultats de la présente étude montrent une grande homogénéité des connaissances en fonction des milieux de vie, des groupes sociolinguistiques, de la profession exercée et le niveau d'études. L'étude s'inscrit dans le sillage de nombreux travaux qui ont observé que les caractéristiques individuelles comme l'âge, le sexe, les rôles et les responsabilités aux niveaux familial et communautaire, la profession, les aptitudes et les capacités intellectuelles, l'accès et le contrôle sur les ressources naturelles, peuvent influencer la connaissance des ressources et leur utilisation au sein d'une communauté (Lougbeignon et al., 2011).

Si les services reçus de ces espaces végétatifs ne varient pas tellement entre les différentes villes du milieu d'étude, il faut noter que les types d'usage diffèrent significativement d'une zone à une autre. A Cotonou, les espaces verts jouent un grand rôle dans l'approvisionnement en plantes médicinales et cela s'explique par l'attachement de beaucoup de citoyens en la médecine traditionnelle souvent peu coûteuse. La population de Cotonou étant majoritairement composée des immigrants des zones rurales et dans un contexte africain où les connaissances ancestrales sur les espèces sont transmises oralement à travers les générations (Atakpama et al., 2015; Fandohan et al., 2010), ces populations utilisent les quelques plantes encore disponibles dans ces espaces pour se soigner. Ce résultat est similaire à celui obtenu par Furukawa et al. (2016) qui a déterminé le rôle des forêts urbaines dans l'approvisionnement en plante médicinale à Nairobi (Kenya). Mais cette connaissance plus élevée en service d'approvisionnement surtout en procuration des plantes médicinales dans les espaces verts par les usagers de Cotonou comparativement à ceux des villes d'Abomey Calavi et d'Allada serait liée beaucoup plus à la taille de l'échantillonnage. En effet les usagers des espaces verts de Cotonou représentent plus de la moitié (50,37 %), de la population étudiée. Les enquêtés rapportent connaître le rôle des espaces verts dans la conservation de la biodiversité animale et végétale, mais les résultats montrent que les usagers des espaces verts d'Abomey-Calavi et d'Allada ont plus de connaissances sur ce service. Les villes d'Abomey-Calavi et Allada en plein processus d'urbanisation, les usagers sont témoins de la destruction de la biodiversité aux dépens des habitations et des routes etc. Ces usagers sont plus conscients de la préservation de la biodiversité par les espaces verts que les usagers de la ville Cotonou. Une ville totalement urbanisée et où la végétation est rare.

Les enquêtes révèlent également que dans un même milieu, les besoins en espaces verts varient et ils sont surtout en adéquation avec le secteur d'activité des enquêtés. A Cotonou, les étudiants sont plus intéressés par les services d'approvisionnement médicinal et en bois énergie à cause de leur situation économique très faible. Ils pensent donc davantage à leur survie. Les

fonctionnaires et les artisans quant à eux, sont plus intéressés par les services de régulation (pour la distraction) ou culturels (pour prendre de l'air sain). Ces espaces sont utiles pour fournir une diversité de couleurs, de formes et de textures dans le paysage (Polorigni et al., 2014). Selon la même source, ils adoucissent les lignes architecturales et brisent la monotonie des structures minérales et permettent également de créer des espaces privés en formant des écrans visuels. Les commerçants surtout les vendeurs ambulants ayant plus besoins d'un lieu pour se reposer se préoccupent beaucoup plus des ombrages de ces espaces végétalisés.

Le niveau de connaissance sur les espaces verts évolue proportionnellement avec le niveau d'étude selon les résultats de notre enquête. Ce résultat peut être expliqué par, l'éducation environnementale reçue lors du parcours scolaire. Plusieurs études sur la connaissance des usages des ressources végétales ont en effet rapporté de différentes connaissances en fonction du niveau d'instruction (Gouwakinnou et al., 2011; Laleye et al., 2015).

### **3.2- Perception des enquêtés sur les espaces végétalisés**

La perception des enquêtés sur la gestion des espaces est négative sur plusieurs aspects. En effet, l'insuffisance des espaces verts publics est décriée par la majorité des enquêtés. Cotonou, Abomey-Calavi et Allada, les villes hôtes de notre étude ont respectivement 0,12 m<sup>2</sup> /habitant, 0,06 m<sup>2</sup> /habitant (Amontcha, Djego, Imorou, et al., 2017) et 0,01 m<sup>2</sup> /habitant (INSAE, 2015) comme ratio espace vert par habitant. Ce ratio est largement insuffisant au regard de la norme de 10 m<sup>2</sup> d'espace vert public par habitant, recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé. Les enquêtés sont contre le manque d'éclairage des espaces qui entraîne une certaine insécurité à la tombée de la nuit. Le manque d'entretien, de toilette et la transformation de ces espaces en lieux de commerce sont autant de paramètres qui dérangent les citoyens. L'implication pratique dans le développement de la foresterie urbaine peut fournir une orientation efficace pour le développement communautaire en accordant aux citoyens une opportunité idéale à faible risque pour les groupes communautaires de renforcer la confiance et d'atteindre un objectif commun d'amélioration de l'environnement. Bien qu'ayant conscience des bienfaits de ces espaces, les citoyens préfèrent souvent rester chez eux devant la télévision ou ils fréquentent d'autres endroits (les restaurants, la plage, etc.) que de fréquenter régulièrement les espaces végétalisés insalubres et peu sécurisant. La fréquentation de ces lieux est faite souvent par contrainte ou par nécessité selon les dires des enquêtés. Dans les villes d'Abomey-Calavi et d'Allada, le taux de fréquentation plus élevé (2 fois par semaine) est plus lié à la recherche des Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL), ce qui explique une fréquence de fréquentation plus élevée. Ce constat est conforme à celui de Amontcha et

al. (2017) sur la ville du Nokoué au Bénin. Le manque de planification des autorités locales et la faible importance accordée à ces aires, pourtant si importantes dans le renforcement du bien-être public, sont à la base de la mauvaise gestion de ces endroits. Pourtant la gestion des ressources naturelles fait l'objet de compétences partagées entre l'Etat et les Communes pour donner une base juridique à la gestion durable des ressources forestières. Mais l'incivisme de certains habitants ne permet pas une gestion efficace de ces espaces végétalisés et cela est déjà remarqué par Osseni et al. (2015) dans une étude sur la gestion des espaces verts dans la ville de Porto-Novo au Bénin. Ce même constat est fait par Amontcha (2018) qui affirme que des citoyens qui ne donnent pas de valeur aux biens publics, gâtent volontairement ou ramènent même chez eux ces biens. Cet auteur explique que l'état désastreux des espaces verts publics (odeur insoutenable et même présence d'excrément) est la conséquence directe des actes des citoyens mal intentionnés qui volent les poubelles publiques et transforment ces lieux en des ordures ou toilettes. La valeur esthétique des espaces verts des villes est perdue par les opérations de coupure des branches, écorchages, prélèvement des fleurs, racine et autres par les populations. Mais à l'opposé, 70% des personnes interrogées étaient disposées à s'impliquer physiquement dans le développement et la gestion des espaces végétalisés. Par ailleurs, le niveau de conscience de la population démontre leur engouement à participer financièrement ou à travers le déploiement des efforts physiques dans la gestion et la préservation des espaces verts. Il faut donc définir une politique de foresterie urbaine impliquant les populations, leurs conditions de vie, leurs priorités et leurs opinions sur ces végétaux (Chishaleshale et al., 2015; Olajuyigbe et al., 2015).

## **Conclusion**

La connaissance des services écosystémiques des espaces verts constitue un outil de décision qui permet aux autorités compétentes d'optimiser les méthodes d'aménagement et de gestion des arbres des espaces verts urbains. La présente étude a permis de connaître le niveau de connaissances sur les espaces verts dans un milieu regroupant les villes de Cotonou, Abomey-Calavi et Allada. L'étude relate les perceptions et les attitudes des populations sur les espaces aménagés et confirme les relations significativement positives de la présence des espaces verts sur l'environnement et sur la santé physique et mentale de la population en milieu urbain. Il ressort des analyses que les espaces verts procurent beaucoup de services écosystémiques importants aux usagers. Mais malheureusement ces espaces verts sont mal gérés par les autorités locales selon les usagers. Il faut donc une prise de conscience des autorités car la forêt urbaine est un élément central dans la planification urbaine et peut contribuer de manière significative à la gestion des ressources végétales.

## References:

1. Adekunle, M., & Agbaje, B. (2012). Public willingness to pay for ecosystem service functions of a peri-urban forest in Abeokuta, Ogun State, Nigeria. Paper presented at the Proceedings of the Environmental Management Conference, Federal University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria.
2. Amontcha, A., Djego, J., Imorou, I. T., & Sinsin, B. (2017). Phyto-diversité et utilisations des espaces verts privés dans les villes du grand Nokoue (Sud-Benin). *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 19(2), 117-139.
3. Amontcha, A., Djego, J. G., Lougbegnou, T. O., & Sinsin, B. A. (2017). Typologie Et Répartition Des Espaces Verts Publics Dans Le Grand Nokoué (Sud Bénin). *European Scientific Journal*, 13(21), 79.
4. Atakpama, W., Batawila, K., Gnamkoulaba, A., Akpagana, K. (2015). Quantitative approach of *Sterculia setigera* Del.(Sterculiaceae) ethnobotanical uses among rural communities in Togo (West Africa). *Ethnobotany Research and Applications*, 14, 063-080.
5. Beatley, T. (2000). Preserving biodiversity: challenges for planners. *Journal of the American Planning Association*, 66(1), 5-20.
6. Chishaleshale, M., Shackleton, C., Gambiza, J., & Gumbo, D. (2015). The prevalence of planning and management frameworks for trees and green spaces in urban areas of South Africa. *Urban forestry & urban greening*, 14(4), 817-825. doi:10.1016/j.ufug.2015.09.012
7. Dagnelie, P. J. B., De Boeck et Larcier. (1998). *Statistiques théoriques et appliquées Tomes 1 et 2*.
8. Escobedo, F., Varela, S., Zhao, M., Wagner, J. E., Zipperer, W. (2010). Analyzing the efficacy of subtropical urban forests in offsetting carbon emissions from cities. *Environmental science policy*, 13(5), 362-372.
9. Fandohan, B., Assogbadjo, A. E., Kakaï, R. G., Kyndt, T., De Caluwé, E., Codjia, J. T. C., & Sinsin, B. (2010). Women's traditional knowledge, use value, and the contribution of tamarind (*Tamarindus indica* L.) to rural households' cash income in Benin. *Economic Botany*, 64(3), 248-259.
10. Furukawa, T., Kiboi, S., Mutiso, P., & Kazue, F. (2016). Multiple use patterns of medicinal trees in an urban forest in Nairobi, Kenya. *Urban forestry & urban greening*, 18, 1-28. doi:10.1016/j.ufug.2016.05.003
11. Fuwape, J., & Onyekwelu, J. (2011). Urban forest development in West Africa: benefits and challenges. *Journal of Biodiversity and Ecological Sciences*, 1(1), 78-94.
12. Gouwakinnou, G. N., Lykke, A. M., Assogbadjo, A. E., & Sinsin, B. (2011). Local knowledge, pattern and diversity of use of *Sclerocarya birrea*. *Journal of ethnobiologyethnomedicine*, 7(1), 8.

13. INSAE. (2015). Rgph4: Que Retenir Des Effectifs De Population En 2013.
14. Jacob, D., Umazi Udeagha, A., & N. Ufot, I. (2012). Awareness and Perception of Urban Forestry among Urban Dwellers in Sahel Savannah Region of Nigeria. *Biodiversity Science*, 2, 1-8.
15. Laleye, F. O. A., Mensah, S., Assogbadjo, A. E., & Ahissou, H. (2015). Diversity, knowledge, and use of plants in traditional treatment of diabetes in the Republic of Benin. *Ethnobotany Research and Applications*, 14, 231-257.
16. Lougbegnon, T., Tente, B., Amontcha, M., & Codjia, J. (2011). Importance culturelle et valeur d'usage des ressources végétales de la réserve forestière marécageuse de la vallée de Sitatunga et zones connexes. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 70, 35-46.
17. Miller, R. W., Hauer, R. J., & Werner, L. P. (2015). *Urban forestry: planning and managing urban greenspaces*: Waveland press.
18. Niemelä, J., Saarela, S.-R., Söderman, T., Kopperoinen, L., Yli-Pelkonen, V., Väre, S. (2010). Using the ecosystem services approach for better planning and conservation of urban green spaces: a Finland case study. 19(11), 3225-3243.
19. Olajuyigbe, S., Ajewole, O., & Hassan, A. R. (2015). Potentials of cemeteries as urban tree conservation areas in Ibadan metropolis. *Nigerian Journal of Forestry*, 45, 48-59.
20. Osseni, A., Toko, M., Tohozin, B., & Sinsin, B. (2015). SIG et gestion des espaces verts dans la ville de PortoNovo au Bénin. *Tropicultura*, 33(2), 146-156.
21. Polorigni, B., Radji, R., & Kokou, K. (2014). Perceptions, tendances et préférences en foresterie urbaine: cas de la ville de Lomé au Togo. *European Scientific Journal*, 10(5), 261-277.
22. Shackleton, S., Chinyimba, A., Hebinck, P., Shackleton, C., & Kaoma, H. (2015). Multiple benefits and values of trees in urban landscapes in two towns in northern South Africa. *Landscape and urban planning*, 136, 76-86. doi:10.1016/j.landurbplan.2014.12.004
23. Teka, O., Codjo, T., Rosos, D., Romeo, C., & Djossa, B. (2017). Effects of Urban Forestry on the Local Climate in Cotonou, Benin Republic. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 6, 123. doi:10.11648/j.aff.20170604.13
24. Unies, N. (2007). Objectifs du millénaire pour le développement: rapport 2007. In: Nations Unies.
25. Wu, J. J. (2012). A landscape approach for sustainability science. In *Sustainability Science* (pp. 59-77): Springer.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### **Yapi Assa Fabrice,**

Universitaire de Recherche et d'Application en  
Télétection, Université FHB, Côte d'Ivoire

### **N'guessan Bi Vami Hermann,**

Maître Assistant au Centre Universitaire de  
Recherche et d'Application en Télétection,  
Université FHB, Côte d'Ivoire

### **Oga Yeï Marie Solange,**

UFR Sciences de la Terre et des Ressources  
Minières Université Félix Houphouët Boigny  
Abidjan Cocody, Côte d'Ivoire

### **Kpan Oulaï Jean Gautier,**

Département de Géosciences, Université Peleforo  
Gon Coulibaly, Côte d'Ivoire

### **Allechy Fabrice Blanchard,**

UFR Sciences de la Terre et des Ressources  
Minières Université Félix Houphouët Boigny  
Abidjan Cocody, Côte d'Ivoire

### **Biemi Jean,**

UFR- Science de la Terre et des Ressources  
Minières, Côte d'Ivoire

Submitted: 25 August 2020

Accepted: 02 December 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*Yapi Assa Fabrice*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p70](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p70)



Copyright 2020 Assa Fabrice A,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCES

Cite as:

Assa Fabrice Y, Marie Solange O, Bi Vami  
Hermann N, Jean Gautier K, Blanchard A, Jean B.  
(2020). Modélisation Des Extrêmes Climatiques De  
La Région De La Marahoué À Partir D'un  
Générateur Stochastique De Temps Mono-Site  
(Weagets). *European Scientific Journal, ESJ*, 16  
(36), 1. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p70>

## **Modélisation Des Extrêmes Climatiques De La Région De La Marahoué À Partir D'un Générateur Stochastique De Temps Mono-Site (Weagets)**

### **Résumé**

L'objectif de ce travail est d'analyser et de modéliser les tendances pluviométriques extrêmes à l'horizon 2050 à partir des données pluviométriques journalières de 1980 à 2013. Ces données ont été analysées à l'aide du programme ClimPACT 2 master qui a servi de calcul des indices climatiques. Le modèle WEAGETS a été utilisé pour modéliser ces données hydroclimatiques à l'horizon 2050 à partir de la méthode des chaînes de Markov d'ordre 3. Les résultats montrent que la moyenne des cumuls de pluies moyennes mensuels observés est de 103,97 mm et celle estimée est de 100,71 mm soit un déficit de 3,26 mm par rapport à celle observée au cours de la chronique d'étude. La précipitation totale maximale d'un jour pluvieux (Rx1day) observé et généré présente une allure décroissante dans la région avec des coefficients respectifs de -0,37 et -0,25. Au cours des périodes 2014 à 2024, les localités de Zuénoula et de Sinfra seront dominées par des séquences sèches qui seront également observées durant les périodes de 2038 à 2050 dans le Sud et le Centre de la zone d'étude. Les jours consécutivement secs (CDD) vont augmenter dans toute la Marahoué, tandis que les jours consécutivement humides (CWD) vont y baisser progressivement. Ces résultats serviront à la mise en place des stratégies d'adaptation des populations face à ce fléau.

**Subject:** Hydroclimatologie

**Mots-clés:** Extrême Climatique,  
Modélisation, Weagets, Marahoué.

# **Modelling Of Climatic Extremes Of Marahoué Region Using A Mono-Site Stochastic Generator Of Time (Weagets)**

***Yapi Assa Fabrice,  
N'guessan Bi Vami Hermann,***

Maître Assistant au Centre Universitaire de Recherche et d'Application en  
Téléédétection, Université FHB, Côte d'Ivoire

***Oga Yeï Marie Solange,***

UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières Université Félix  
Houphouët Boigny Abidjan Cocody, Côte d'Ivoire

***Kpan Oulaï Jean Gautier,***

Département de Géosciences, Université Peleforo Gon Coulibaly, Côte  
d'Ivoire

***Allechy Fabrice Blanchard,***

UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières Université Félix  
Houphouët Boigny Abidjan Cocody, Côte d'Ivoire

***Biemi Jean,***

UFR- Science de la Terre et des Ressources Minières, Côte d'Ivoire

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p70](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p70)

---

## **Abstract**

The objective of this work is to analyze and model extreme rainfall trends up to 2050 based on daily rainfall data from 1980 to 2013. These data were analysed using the ClimPACT 2 master program which was used to calculate the climate indices. The WEAGETS model was used to model these hydroclimatic data by 2050 using the Markov Chain 3 method. The results show that the average monthly average rainfall accumulation observed is 103.97 mm and the estimated average rainfall is 100.71 mm, representing a deficit of 3.26 mm compared to that observed during the study chronicle. The maximum total precipitation of a rainy day (Rx1day) observed and generated shows a decreasing rate in the region with respective coefficients of -0.37 and -0.25. During the periods 2014 to 2024, the localities of Zuénoula and Sinfra will be dominated by dry sequences which will also be observed during the periods 2038 to 2050 in the southern and central parts of the study area. Consecutively dry days (CDD) will increase throughout Marahoué, while consecutively wet days (CWD) will gradually decrease there. These results

will be used to put in place strategies to help populations adapt to this scourge.

---

**Keywords:** Extreme Climate, Modelling, Weagets, Marahoué

## **Introduction**

Les aléas d'origine hydroclimatique sont les phénomènes naturels les plus fréquents et les plus dévastateurs dont l'amplitude spatiale a permis d'affecter n'importe quel pays du monde au cours de la période 1995-2015 (Bouba et al., 2017). En dépit du contexte climatique caractérisé par une baisse de la pluviométrie annuelle, de nombreux pays de l'Afrique de l'Ouest (Ghana, Niger, Sénégal, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, etc) sont confrontés à de graves problèmes d'inondations provoquées souvent par des pluies extrêmes soudaines (Hubert et al., 1989). Des tendances très faibles de pluies entraînant la sécheresse ont également été enregistrées dans ces pays et plus précisément en Côte d'Ivoire (Savane et al., 2001 ; Doumouya et al., 2009) provoquant des dommages sur la production agricole et aussi sur le plan socio-économique dans son ensemble. Balliet et al., 2016 ont montré que la région du Gôh a connu une baisse de la pluviométrie avec une augmentation des séquences sèches pendant les saisons pluvieuses, en utilisant le programme RClimDex. Des études menées sur les différents bassins (Comoé, Bandama et Sassandra) ont montré également une baisse des ressources en eau, tant en surface que souterraine (Savané et al., 2001; Goula et al., 2006; Kouakou et al., 2007; Goula et al., 2009). De même de nombreux travaux (Olivry et al., 1993 ; Bricquet et al., 1997) ont montré qu'au-delà d'une réponse annuelle immédiate de l'écoulement des cours d'eau à une saison des pluies déficitaire, une certaine durabilité du déficit hydrologique devait être imputée à l'effet cumulé des longues périodes de sécheresse. À partir des années 80 jusqu'en 2000, la Côte d'Ivoire a connu une longue période de déficit pluviométrique d'environ 3% par rapport à la normale 1971-2000, avec des périodes de forte sécheresse notamment en 1983 et 1998 avec des baisses respectives de 15% et 11% par rapport à la même normale (N'go et al., 2017). Ceci a causé de sérieux problèmes de manque d'eau à certaines périodes de l'année entraînant une baisse des crues, une sévérité des étiages et une précocité des tarissements des cours d'eau dans diverses régions du pays notamment dans la région de la Marahoué (Irié et al., 2014). Cette baisse des précipitations a globalement entraîné l'amenuisement des ressources en eau (Hubert et al., 2007, Abrate et al., 2013), la modification des écosystèmes naturels et des systèmes socio-économiques (Liéno 2007).

Étant donné que certains scénarii des changements planétaires indiquent que l'occurrence et l'impact des sécheresses risquent d'augmenter dans les années à venir (Watson et al., 1997 ; GIEC, 2013), il est indispensable

de pouvoir analyser les tendances de pluies extrêmes passées et futures de la zone d'étude.

L'objectif de ce travail est d'analyser et de modéliser les tendances pluviométriques extrêmes à l'horizon 2050 afin de fournir aux autorités territoriales et aux populations des outils nécessaires à la mise en place des stratégies d'adaptation à ce fléau.

## Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude est située au centre-ouest de la Côte d'Ivoire entre les longitudes 5°15' et 6°30' Ouest et les latitudes 6°00' et 8°00' Nord (figure 1). Le Climat de type Baouléen est caractérisé par deux grandes saisons alternées par deux petites : une grande saison sèche (de décembre à février), une grande saison pluvieuse (de mars à juin), une petite saison sèche (de juillet à août) et une petite saison pluvieuse (de septembre à novembre) (Irié et *al.*, 2015). La région est drainée par le fleuve Bandama rouge qui fait office de frontière naturelle sur le côté Est, et la Marahoué qui traverse la majeure partie de la zone d'étude.

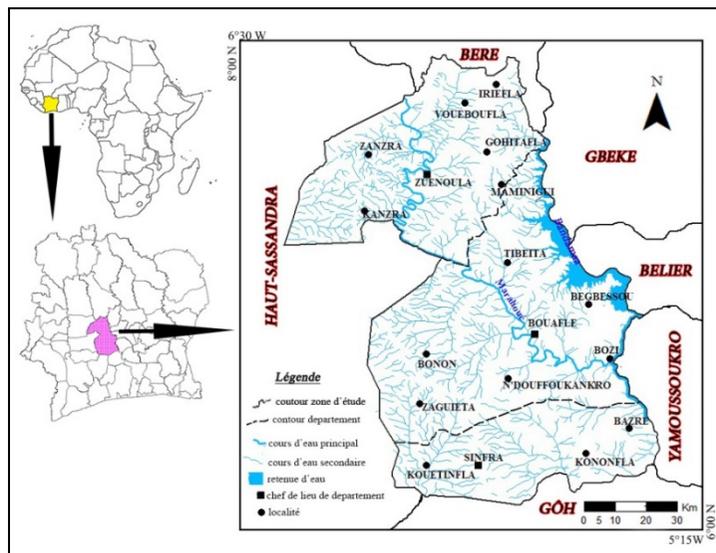


Figure 1 : Localisation géographique de la zone d'étude

## Matériel et Méthodes

### Matériel

#### Données

Les données utilisées sont essentiellement composées de séries chronologiques de hauteurs de pluies journalières et de températures sur la période 1980-2013 soit 34 ans au niveau des stations météorologiques de Zuénoula, de Bouaflé et de Sinfra, Tableau I. Ces données proviennent du

centre de réanalyse du système de prévision climatique (*CFSR*) et ont été utilisées et validées par un bon nombre d'auteurs dont Koua et *al.* (2013) dans la région de Buyo, Anoh (2014) dans le bassin versant du lac Taabo (Centre de la Côte d'Ivoire). Le choix de ces données repose sur leur large usage et leur disponibilité au pas de temps journalier. La modélisation des données est faite sur la période de 2014-2050 au niveau des stations retenues que sont la station de Zuénoula, de Bouaflé et de Sinfra.

**Tableau I** : Méta données des trois stations météorologiques de la Marahoué (1980 à 2013)

Station	Élévation	Latitude	Longitude	Maximum (mm)	Minimum (mm)	Moyenne (mm)	Écart-type
Zuénoula	228	-6,04	7,43	2508,25	484,90	1227,17	402,30
Bouaflé	262	-5,75	6,98	2557,41	635,64	1334,71	406,71
Sinfra	227	-5,91	6,62	2438,61	703,11	1413,14	379,93

### Logiciels utilisés

Les logiciels utilisés sont de plusieurs types :

- XLSTAT 2016 a servi au rangement et au traitement statistique des données de pluie et de température ;
- le logiciel de statistique R, pour le calcul des indices climatiques ;
- les programmes informatiques *RH\_test* pour le test d'homogénéité des données et
- *ClimPACT 2 Master* pour le calcul des indices climatiques au pas de temps journalier.

Ces programmes sont accessibles à partir du site web de Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices (ETCCDMI). *ClimPACT 2 Master* est un programme informatique dédié aux études climatiques, élaboré et recommandé par l'OMM (Organisation Mondiale de la Météorologie) qui fonctionne sous l'environnement du logiciel R (Alexander et Herold 2016, N'Guessan Bi et *al.*, 2018).

- WEAGETS pour la modélisation des données climatiques (Caron et *al.*, 2008, Chen et *al.*, 2012)

### Méthodes

#### Calcul des indices climatiques

La méthodologie adoptée dans cette étude pour analyser les événements pluvieux extrêmes est celle des indices climatiques (Hountondji et *al.*, 2011 ; N'Guessan Bi et *al.*, 2018) proposée par l'équipe d'experts sur la détection des changements climatiques et les indices (ETCCDI) à partir du programme *ClimPACT 2 Master*. Ces experts ont défini vingt-sept (27) indices climatiques dont onze (11) pour caractériser la pluviométrie et seize (16) pour

les températures extrêmes (Xuelin et Yang, 2004). Ces indices décrivent les caractéristiques particulières des extrêmes pluviométriques, y compris la fréquence, l'amplitude et la persistance des événements pluvieux (Taïbi, 2016). Ces derniers peuvent être regroupés en quatre grandes catégories (Xuelin et Yang, 2004) :

- 1- indices basés sur les durées ;
- 2- indices d'intensités ;
- 3- indices basés sur les percentiles ;
- 4- indices de seuils ;

Les cinq indices pluviométriques considérés dans cette étude concernent trois indices d'intensité que sont : la hauteur de pluies totales annuelles (PRCPTOT), la précipitation totale maximale d'un jour pluvieux (Rx1day) et l'intensité de pluies journalières (SDII). Les deux autres indices sont celles basées sur la durée : les jours consécutivement secs (CDD) et les jours consécutivement humides (CWD), (Xuelin et Yang, 2004).

Le calcul des indices climatiques se déroule en de trois étapes :

- contrôle de la qualité (QC) des données utilisées ;
- test d'Homogénéité des données climatiques ;
- calcul les indices climatiques.

Avant le calcul des indices, la qualité des données est contrôlée et l'homogénéité des données testée.

#### ○ ***Contrôle de la qualité (QC) des données***

La procédure de contrôle qualité des données devant servir au calcul des indices suit le principe suivant : Les valeurs négatives de précipitations sont remplacées par la valeur -9,99 qui correspond à l'indication d'une donnée marquante. Ensuite la détection des valeurs aberrantes se fait à partir d'un seuil fixé à une valeur égale à la moyenne des hauteurs de pluies sur toute la période d'étude augmentée ou diminuée de 4fois l'écart-type (Sensoy *et al.*, 2013) :

$$P(ab) = P(moy) \pm 4 * STD$$

Avec :

P(ab) : Valeur de précipitation aberrante,

P(moy : ) Valeur de précipitation donnée et

STD : Ecart-type

Le pourcentage des données manquantes est également vérifié lors de cette étape car il doit être inférieur à 25 %, condition nécessaire pour que le programme informatique calcul des indices.

#### ○ ***Test d'Homogénéité des données climatiques***

L'homogénéité des données est vérifiée à l'aide d'un programme informatique *RHtest* développé par le Service Météorologique du Canada (Zhang *et al.*, 2005) et implémenté sous l'environnement du logiciel de statistique et de programmation R. Cette procédure est basée sur un modèle de double régression (Wang, 2003).

### ○ *Calcul les indices climatiques*

Après avoir contrôlé la qualité et testé l'homogénéité des données, l'étape suivante consiste au calcul des indices climatiques. La validation des valeurs des indices calculés suit les critères suivants : L'erreur d'estimation de la pente de la droite résultant de la régression linéaire doit être inférieure à la valeur estimée de la pente et la P-value résultant du test de significativité associé doit être inférieure à 0,05 ( $P\text{-value} < 0,05$ ). Ainsi la tendance obtenue est statistiquement significative avec un seuil de confiance de 95% (Sensoy et *al.*, 2013).

### *Modélisation des données climatiques*

La modélisation des données hydroclimatiques a été faite en utilisant le modèle WeaGETS à partir de la méthode des chaînes de Markov d'ordre 3 et sous l'environnement de Matlab. WeaGETS offre trois options pour générer l'occurrence des précipitations, deux options pour produire la quantité de précipitations et deux options pour simuler Tmax et Tmin. Il est également possible de lisser les paramètres de précipitation à l'aide d'harmoniques de Fourier selon l'approche de Richardson (1981) et de corriger la variabilité des précipitations et de la température à basse fréquence selon la méthode de correction spectrale de Chen et *al.*, (2010). Les données d'entrée de base comprennent un nom de fichier de données météorologiques observées, un nom de fichier pour stocker les données générées ultérieurement, une valeur seuil de précipitation de 1 mm pour un jour est considérée comme humide et le nombre d'années de données à générer également est aussi à préciser par l'utilisateur.

### *Exécution du programme*

Il existe de nombreux sous-programmes dans le paquet WeaGETS, mais l'utilisateur doit seulement exécuter le programme principal RUN\_WeaGETS.m. Toutes les options seront alors proposées sous forme de questions, présentées comme suit :

#### ○ *Entrée de base*

Entrez un nom de fichier d'entrée (chaîne de caractères) : un nom pour les données observées doit être saisi entre guillemets simples, par exemple "nom de fichier" pour le fichier fourni ;

Entrez un nom de fichier de sortie (chaîne de caractères) : un nom pour les données générées doit être entré entre guillemets simples, par exemple "nom\_de\_fichier\_généré" ;

Entrez un seuil de précipitations quotidiennes : le seuil de précipitation est la quantité de précipitation utilisée pour déterminer si un jour donné est pluvieux ou non (1 mm est la valeur utilisée dans cette étude) ;

Entrez le nombre d'années à générer : le nombre d'années de la série chronologique de précipitations et de températures générée est entré ici.

○ ***Modélisation des pluviométries et températures maximales et minimales journalières***

Lisser les paramètres d'occurrence et de quantité des précipitations (1) ou ne pas les lisser (0) ;

Si l'option 1 est sélectionnée, entrez le nombre d'harmoniques à utiliser (entre 1 et 4) ;

Sélectionnez un ordre de la chaîne de Markov pour générer l'occurrence des précipitations, 1 : Premier ordre ; 2 : Deuxième ordre ; 3 : Troisième ordre ;

Sélectionnez une distribution pour générer la quantité de précipitations des jours humides : 1 : Exponentielle, 2 : Gamma, 3 : Normale biaisée ou 4 : Exponentielle mixte ;

Sélectionnez un schéma pour générer Tmax et Tmin : 1 : inconditionnel ou 2 : conditionnel.

○ ***Correction de la variabilité à basse fréquence***

Corriger la variabilité basse fréquence des précipitations, Tmax et Tmin (1) ou ne pas corriger (0).

Si l'option 1 est sélectionnée, un nom de fichier contenant les données corrigées devra être saisi. Une fois la génération des données météorologiques terminée, la première année des données générées avec la correction de la variabilité à basse fréquence sera tracée.

### ***Validation du modèle***

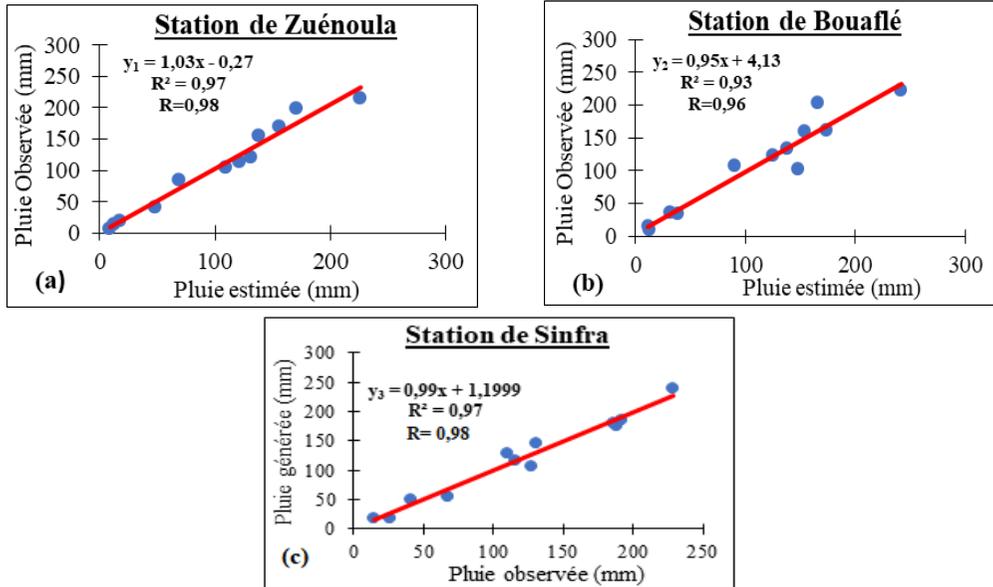
La validation du modèle WeaGETS est appuyée dans cette étude par le test de Fisher et le coefficient de détermination. Cette application a consisté à faire des simulations à l'aide du modèle obtenu sur une période dont les données de précipitations existent et ensuite de faire une comparaison entre les données réelles et les données estimées par le modèle markovien.

## **Résultats**

### **Validation du modèle WeaGETS pour la modélisation**

Le test de Fisher en validation des données de précipitations générées de 2014-2050 par le modèle de Markov d'ordre 3, donne 88% à la station de Zuénoula et de Bouaflé, et 98% à la station de Sinfra. Les résultats du test de Fisher ont permis de mettre en évidence la performance du modèle de Markov d'ordre 3 à générer des données hydroclimatiques. Par ailleurs, les résultats des coefficients de détermination ( $R^2$ ) entre les données observées et les données simulées des précipitations sont présentés à la figure 2. Les

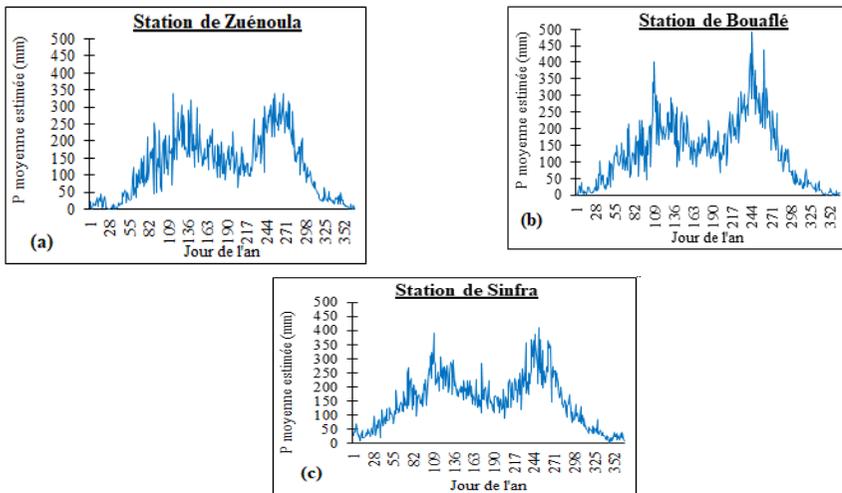
corrélations (R) sont respectivement de 0,98 à Zuénoula et à Sinfra, et de 0,96 à Bouaflé. Ces corrélations ont montré la performance du modèle.



**Figure 2 :** Coefficient de détermination entre précipitation observée (1980-2013) et générée (2014-2050)

### Prévision des hauteurs de pluie journalière dans la région de la Marahoué

La figure 3 et le tableau I illustrent les prévisions des hauteurs de pluie à l'échelle journalières dans la région de la Marahoué sur la période de 2014-2050.



**Figure 3 :** Prévision des hauteurs de pluies moyennes journalières (2014-2050)

Les variabilités des hauteurs de pluies moyennes journalières observée et celles générées sont énumérées dans le tableau II. L'évolution qui représente la différence entre pluie estimée et pluie observé permet de mettre en évidence la baisse de pluie entre ces deux périodes.

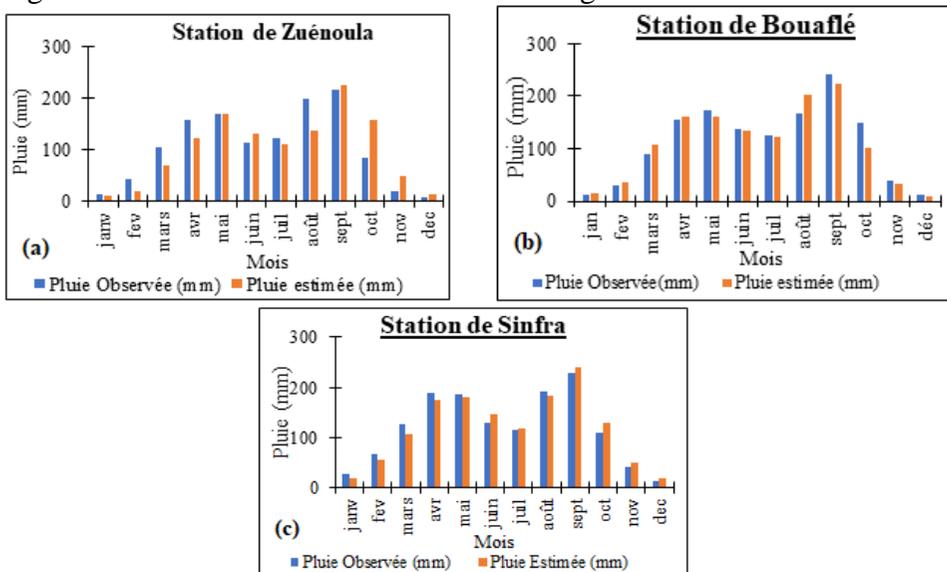
**Tableau II :** Variabilité des hauteurs de pluies moyennes journalières dans la région

	Stations		
	Zuénoula	Bouaflé	Sinfra
Pluies observées [1980-2013]	118,27	127,83	135,57
Pluies simulées [2014-2050]	114,28	126,15	131,40
Évolution	-3,99	-1,68	-4,17

D'après le tableau II, à la station de Zuénoula, la hauteur moyenne de pluie journalière de la période 1980-2013 est de 118,27 mm, celle de la période générée 2014- 2050 est de 114,28 mm soit un déficit de 3,99 mm. Dans le département de Bouaflé, la pluie moyenne journalière observée est de 127,83 mm et celle générée est de 126,15 mm, soit une baisse de 1,68 mm par rapport à celle enregistrée durant la période d'étude. À Sinfra, par contre la pluviométrie moyenne journalière générée (131,40 mm) enregistrera une baisse de 4,17 mm par rapport à celle enregistrée au cours de la période 1980-2013 (135,57 mm).

### Prévision des hauteurs de pluie mensuelle dans la région

Les prévisions du cumul de la pluviométrie à l'échelle mensuelle de la région de la Marahoué sont illustrées sur la figure 4.



**Figure 4 :** Évolution des pluies mensuelles moyennes observées (1980-2013) et estimées (2014- 2050)

Le tableau III met en évidence la variabilité des hauteurs de pluies moyennes mensuelles observées et celles simulées de la zone d'étude.

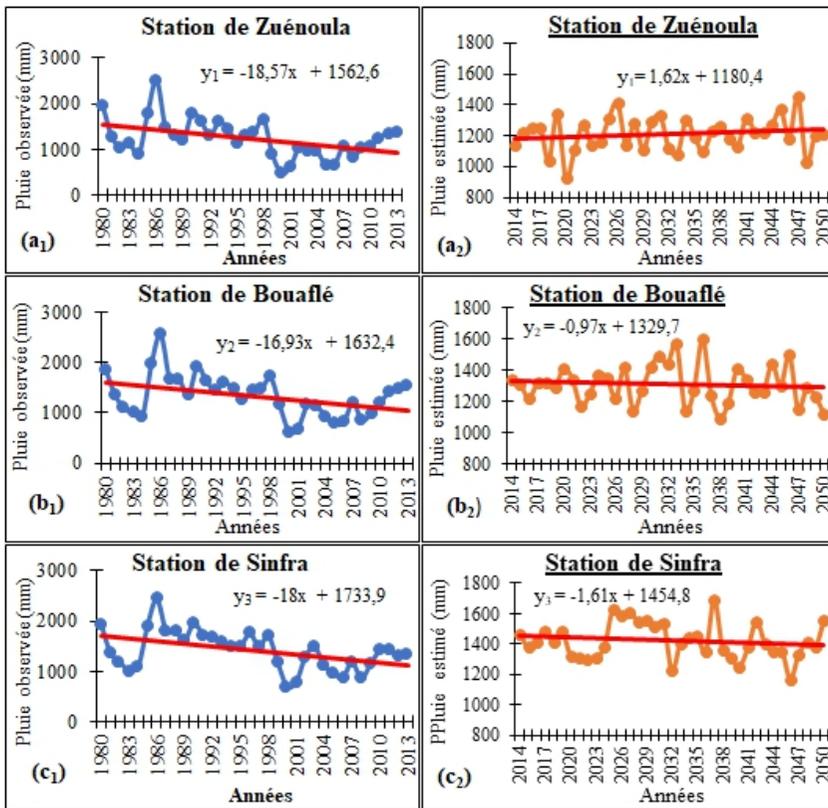
**Tableau III** : Variabilité des hauteurs de pluies moyennes mensuelles dans la région

	Stations		
	Zuénoula	Bouaflé	Sinfra
Pluies observées [1980-2013]	117,97	127,65	135,54
Pluies simulées [2014-2050]	113,72	121,13	130,33
Évolution	-4,25	-6,52	-5,21

D'après le tableau III, dans la localité de Zuénoula, la moyenne des pluies mensuelles observées est de 117,97 mm et celle estimée est de 113,72 mm soit un déficit de 4,25 mm par rapport à celle observée au cours de la chronique d'étude. Dans le département de Bouaflé, la moyenne des pluies mensuelles observées est de 127,65 mm et celles estimées est de 121,13 mm soit une baisse de 6,52 mm par rapport à celle observée. Dans la localité de Sinfra, les moyennes de pluies mensuelles observées et celles estimées n'ont presque pas varié avec respectivement 135,54 mm et 130,33 mm soit un déficit de 5,21 mm.

### Prévision des cumuls annuels de pluie

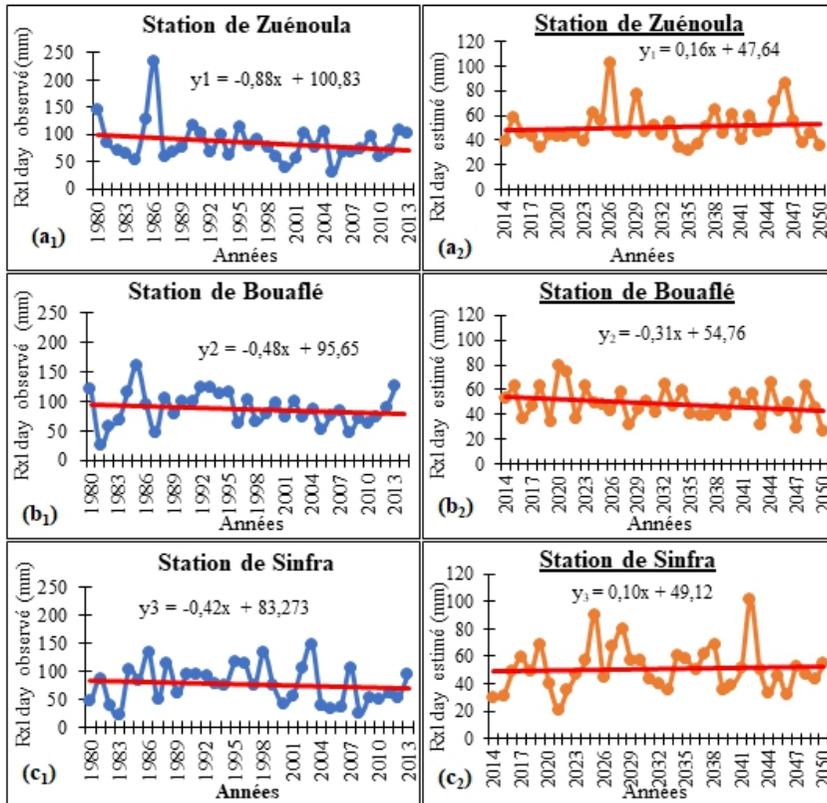
L'évolution des prévisions des pluies annuelles dans la région est montrée sur la figure 5. La pluviométrie totale moyenne annuelle de toute la chronique observée et celle générée à la station de Zuénoula sont respectivement de 1237,75 mm et 1211,26 mm, soit un déficit de 26,49 mm (figure 5 a<sub>1</sub> et a<sub>2</sub>). À la station de Bouaflé, la moyenne de la pluie totale annuelle est de 1336,00 mm et celle générée 1311,25 mm, soit un déficit de 24,75 mm (figure 5 b<sub>1</sub> et b<sub>2</sub>). Dans le Sud de la zone d'étude, une légère hausse de 11,93 mm de pluie générée (1424,23 mm) a été enregistrée par rapport à celle observée qui est de 1412,30 mm. La courbe de tendance présente une allure légèrement à la hausse de la pluie totale annuelle avec un coefficient de 1,62 mm par an dans la localité de Zuénoula ; par contre une allure décroissante est enregistrée dans les départements de Bouaflé et de Sinfra avec respectivement -0,97 mm et -1,61 mm chaque année.



**Figure 5 :** Évolution des hauteurs de pluie totale observée (1980-2013) et générée (2014-2050)

### Prévision de l'indice Rx1day à l'horizon 2050 dans la région

Les prévisions de la précipitation totale maximale d'un jour pluvieux sont illustrées sur la figure 6. Le modèle prévoit une légère augmentation de la précipitation totale maximale d'un jour dans les départements de Zuénoula et de Sinfra avec respectivement de 0,16 mm/jour et de 0,10 mm/jour. À Zuénoula, le pic des précipitations totales maximales sera observé en 2026 avec une hauteur de 102,58 mm/jour, alors qu'à Sinfra deux pics majeurs seront enregistrés en 2025 (90,59 mm/jour) et en 2042 (101,32 mm/jour). Contrairement aux deux autres localités, le département de Bouaflé enregistrera une baisse progressive de la précipitation totale maximale journalière avec un coefficient de -0,31 mm/jour.



**Figure 6 :** Évolution de l'indice Rx1day observé (1980-2013) et généré (2014-2050)

### Prévision de l'indice CDD à l'horizon 2050 dans la Marahoué

Les fluctuations des jours consécutivement secs sont illustrées sur la figure 7. Les valeurs moyennes de l'indice CDD dans le département de Zuénoula sont comprises entre 16 et 83 jours et présentent une allure croissante avec un coefficient de 0,31 jour chaque année. Dans le département de Bouaflé les jours consécutifs secs augmenteront avec un coefficient de 0,11 jour par an soit 1,10 jour chaque décennie, l'année 2042 observera des conditions de sécheresses extrêmes avec 86 jours consécutifs secs. Contrairement aux autres départements de la région de la Marahoué, Sinfra enregistrera une baisse progressive des jours consécutifs secs avec un coefficient de 0,13 jour par an, cependant au cours de certaines années des valeurs importantes (55 jours) du nombre de jours consécutif seront observées.

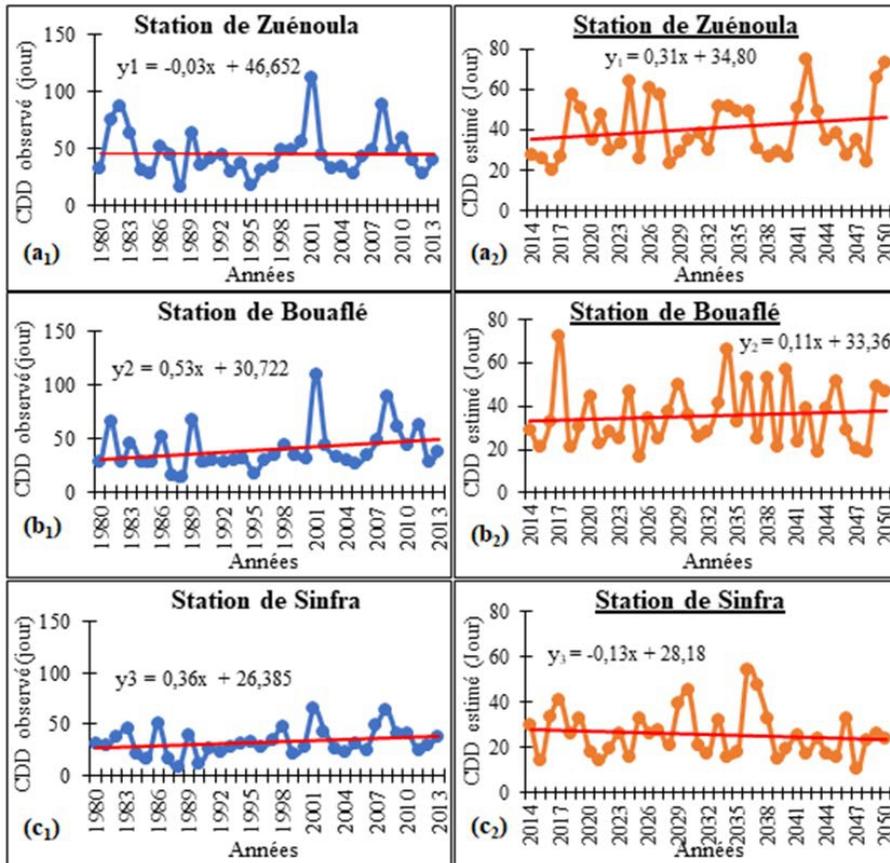
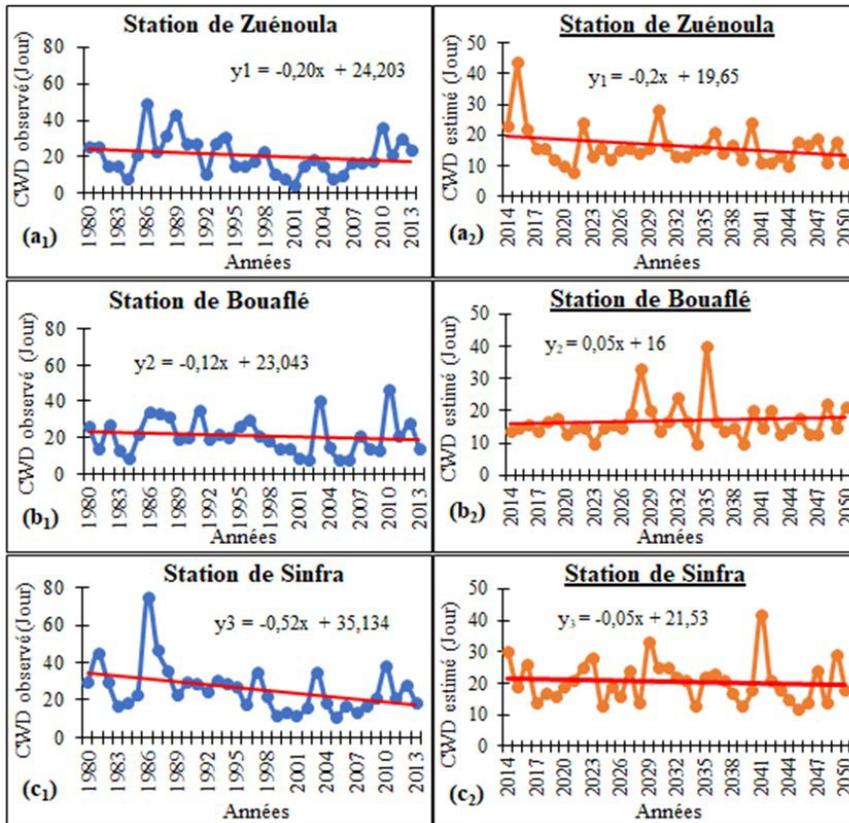


Figure 7 : Fluctuations de l'indice CDD Observé (1980-2013) et Généré (2014-2050)

### Prévision de l'indice CWD à l'horizon 2050 dans la Marahoué

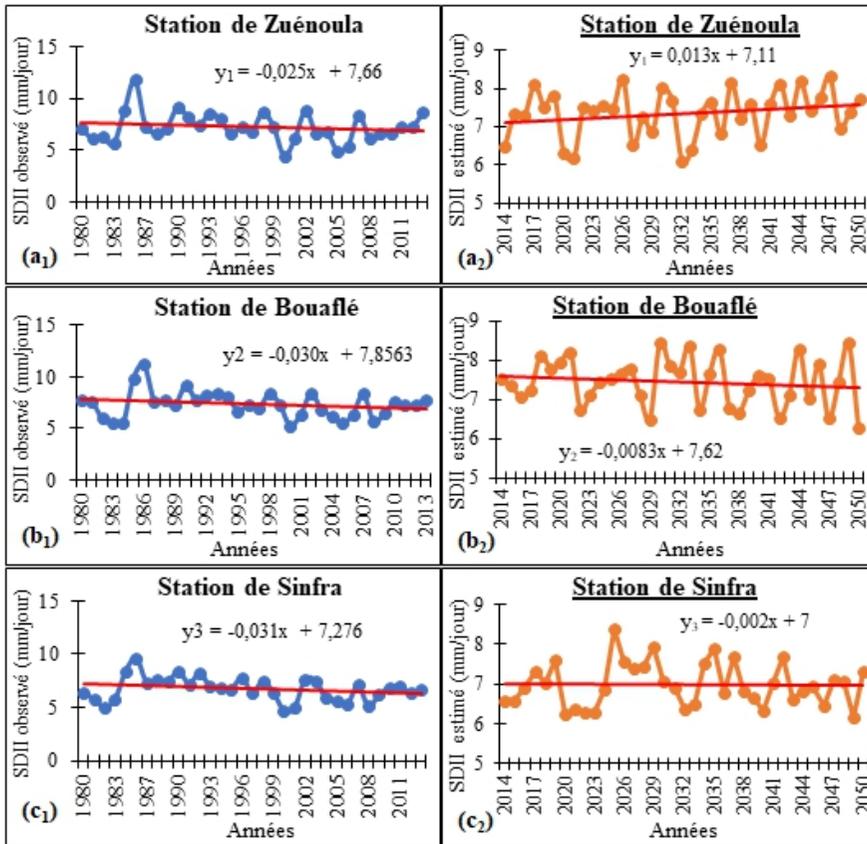
Les fluctuations annuelles du nombre de jours consécutivement humides sont présentées sur la figure 8. À Zuénoula, une baisse progressive des jours consécutivement humides sera enregistrée durant la chronique générée (2014-2050) avec un coefficient de -0,2 jour par an. Dans la localité de Bouaflé une légère progression à la hausse du nombre de jours consécutifs humides sera par contre observée avec un coefficient de 0,05 jour par an. Durant l'année 2035, Bouaflé observera 40 jours consécutivement humides. Dans le département de Sinfra, le nombre de jours consécutivement humide observera une légère baisse avec un coefficient de -0,051 et l'année 2041 sera la plus humide avec 42 jours consécutifs humides.



**Figure 8 :** Fluctuations de l'indice CWD observé (1980-2013) et généré (2014-2050)

### Prévision de l'indice SDII à l'horizon 2050 dans la Marahoué

Les fluctuations futures de l'intensité journalière de précipitation (SDII) à l'horizon 2050 sont présentées sur la figure 9. Cette figure montre que les intensités journalières de précipitations varieront beaucoup d'une année à une autre dans la région de la Marahoué. À Zuénoula, une légère augmentation l'intensité journalière de précipitation avec un coefficient de 0,013 mm/jour sera enregistrée durant la période de (2014-2050). À Bouaflé et à Sinfra par contre, une légère baisse de l'intensité journalière de précipitation y sera observée avec respectivement un coefficient de -0,0083 mm/jour et -0,002 mm/jour.



**Figure 9 :** Fluctuations de l'indice SDII observé (1986-2013) et généré (2014-2050)

## Discussion

Les résultats de cette étude ont montré une baisse de tous les indices de précipitations. En effet, il ressort que divers indices pluviométriques calculés présentent des tendances continues vers une diminution (PRCPTOT, CWD, RX1days) sur les différentes périodes d'observation. De plus, l'étude a montré que la baisse des totaux des pluies (PRCPTOT) est plus significative dans la région avec un coefficient de -16,93. Les jours extrêmement pluvieux ont connu une baisse progressive dans la région d'étude. Cependant le nombre de jours des séquences sèches (CDD) est en hausse dans la région avec environ 5 jours chaque décennie. Les indices PRCPTOT enregistrés au cours de la saison pluvieuse influencent largement les rendements agricoles. Ainsi, une baisse de cet indice impacte négativement le rendement des cultures. Car, chaque plante a ses exigences en quantité d'eau pour couronner son cycle. Quand cette quantité n'est pas atteinte, il s'ensuit une baisse de la production. En outre, une année avec une occurrence importante de séquences sèches (CDD) se traduit par l'avènement d'un déficit des disponibilités naturelles en eau (l'écoulement superficiel ou des nappes souterraines). La sécheresse

agricole survient lorsque l'approvisionnement hydrique est insuffisant pour satisfaire les besoins en eau des plantes. De surcroît, quand la sécheresse intervient au début ou en pleine saison de croissance, elles peuvent être à l'origine d'un faux démarrage de saison ou encore hypothéquer toute une campagne agricole (Balliet, 2017). Par ailleurs, le nombre de jours pluvieux (CWD) détermine la durée des saisons pluvio-agricoles dans un lieu donné. Or la durée des cycles culturels est un facteur très déterminant de la production agricole. Elle oriente les paysans dans le choix des variétés à cultiver (Carbonel et *al.*, 1990). New et *al.*, (2006) ont montré que l'Ouest de l'Afrique connaissait une baisse des précipitations totales annuelles (PRCPTOT) et du nombre de jours de pluie. Aguilar et *al.*, (2009), dans leur analyse des précipitations de l'Afrique Centrale entre 1955 et 2006, sont arrivés aux mêmes conclusions. Outre les cumuls, Donat et *al.*, (2013) ont montré des tendances de l'indice CDD vers des conditions plus sèches en Asie de l'Est, en Australie, en Afrique du Sud, et dans des parties de l'Amérique du Sud.

Le modèle WEAGETS utilisé avec la méthode de Markov d'ordre 3 a permis de faire une projection à l'horizon 2050 des précipitations journalières de la région de la Marahoué. Les résultats montrent que la moyenne des cumuls de pluies moyennes mensuels observés est de 103,97 mm et celle estimée est de 100,71 mm soit un déficit de 3,26 mm par rapport à celle observée au cours de la chronique d'étude. Le cumul des hauteurs de pluies totales annuelles observées présente une baisse significative avec une moyenne de 1336 mm et celui généré également présente une allure légèrement décroissante avec un coefficient de -0,97 et une moyenne de 1311,25 mm soit une baisse de 24,75 mm. Caron et *al.*, (2008), dans leurs travaux dans la province du Québec au Canada, ont montré que la performance du modèle WEAGETS a généré des données hydroclimatiques avec la méthode des chaînes de Markov d'ordre 3. Chen et *al.*, (2012), ont démontré la performance du modèle WEAGETS à générer les données de précipitation et de température à l'échelle journalière. Mehan et *al.*, (2017), ont marqué la précision du modèle WEAGETS à simuler les données hydroclimatiques parmi tant de modèles de simulations. Kpan (2017) a également obtenu à partir du logiciel LARS-WG, une baisse pluviométrique de 1,86% à 4,45% d'ici 2050 dans le Sud-Est côtier de la Côte d'Ivoire. À partir du scénario A2 du modèle SDSM, Balliet (2017) a montré une baisse pluviométrique de 2,34% à l'horizon 2050 dans la région du Gôh en Côte d'Ivoire. Cette baisse générale des pluies a été constatée à l'horizon 2050 par Kouakou (2011) et Kouakou (2016) respectivement dans les bassins de la Comoé et du Bandama blanc en Côte d'Ivoire.

## **Conclusion**

Cette étude a permis d'avoir une vue globale de la répartition des extrêmes pluviométriques dans la région de la Marahoué au cours de la période observée 1980 à 2013. À partir du modèle WEAGETS et de la méthode des chaînes de Markov d'ordre 3, la tendance future de ces extrêmes pluviométriques a été connue. Une tendance générale à la baisse des indices climatiques étudiés a été observée dans la région d'étude avec un déficit de 3,26 mm de pluie mensuelle générée pour la période 2014-2050 par rapport à celle observée au cours de la chronique d'étude (1980-2013). Cependant à l'échelle annuelle, cette baisse pluviométrique est de l'ordre de 24,75 mm. Les jours consécutivement secs (CDD) vont augmenter dans toute la zone d'étude tandis que les jours consécutivement humides (CWD) vont y baisser progressivement. Les lames d'eau journalière précipitées (SDII) vont diminuer au Sud et au Nord de la Marahoué mais une légère augmentation non significative sera observée dans quelques localités du Nord de la zone d'étude. Cette étude a montré la capacité du modèle WEAGETS et de la méthode des chaînes de Markov d'ordre 3 à bien simuler les extrêmes climatiques dans la zone d'étude. Ces résultats pourraient servir à la prise de décision afin d'améliorer les techniques et stratégies d'adaptation des populations aux risques futurs liés aux aléas climatiques.

### References:

1. Abrate, T., Hubert, P., and Sighomnou, D., (2013). A study on hydrological series of the Niger River. *Hydrological Sciences Journal*, 58 (2), pp. 271-279. doi:10.1080/02626667.2012.752575.
2. Aguilar A., Aziz Barry A., Brunet M., Ekang L., Fernandes A., Massoukina M., Mbah J., Mhanda A., Do Nascimento D.J., Peterson T.C., Thamba Umba, O., Tomou M., Zhang X., 2009. Changes in temperature and rainfall extremes in West Central Africa, Guinea Conakry and Zimbabwe, 1955-2006. *Journal of geophysical research*, 114, D02115, doi : 10.1029/2008JDO11010, 2009.
3. Alexander L., and Herold N., (2016). The indices and the ClimPACT2 software. *Climate system science*, 46p. Disponible to : [https://epic.awi.de/id/eprint/49274/1/ClimPACTv2\\_manual.pdf](https://epic.awi.de/id/eprint/49274/1/ClimPACTv2_manual.pdf).
4. Anoh K. A., (2014). Apport d'un SIG et du modèle agro-hydrologique SWAT dans la gestion durable des ressources en eaux du bassin versant du lac de Taabo (Centre de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat de l'Université Félix Houphouët Boigny de Cocody (Abidjan-Côte d'Ivoire), 218 p.
5. Balliet R., (2017). Impacts du changement climatique et de la pression anthropique sur l'environnement naturel et humain de la région du Gôh (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) : analyse de mesures endogènes

- d'adaptation. Thèse de Doctorat de l'Université Félix Houphouët Boigny de Cocody (Abidjan-Côte d'Ivoire), 193 p.
6. Bouba L., Sauvagnargues S.,Gonne B., Ayrat P.A., Ombolo A., (2017).Tendances pluviométriques et aléa inondation à l'Extrême-Nord Cameroun, numéro spécial, Geo-Eco-Trop.,41, 3, pp. 339-358.
  7. Bricquet J.P., Bamba F., Mahe G., Toure M. Et Olivry J.C., (1997). Variabilité des ressources en eau de l'Afrique Atlantique, PHI-V, 6, pp. 83-95.
  8. Carbonnel J.P, Hubert P., Valbadet E., Mermoud A. et Bariac T.H. (1990). Variabilité spatiale des précipitations soudano-sahéliennes à l'échelle décamétrique. C.R, Académie Science, Paris, Série II, pp. 1425-1430.
  9. Caron A., Leconte R., Brissette F., (2008). An improved stochastic weather generator for hydrological impact studies. Canadian Water Resources Journal, vol.33, n°3, pp.233-256.
  10. Chen J., Brissette F.P., Leconte R., (2010). A daily stochastic weather generator to preserve the low frequency of climate variability. Journal of Hydrology, 388, pp.480-490.
  11. Chen J., Brissette F.P., Leconte R., (2012). WeaGETS, a daily scale weather generator based on Matlab to generate precipitation and temperature. Procedia Environmental Sciences, 13, pp.2222–2235.
  12. Donat MG, Alexander LV, Yang H, Durre I, Vose R, Dunn RJH, Willett KM, Aguilar E, Brunet M, Caesar J, Hewitson B, Jack C, Klein Tank AMG, Kruger AC, Marengo J, Peterson TC, Renom M, Oria Rojas C, Rusticucci M, Salinger J, Elayah AS, Sekele SS, Srivastava AK, Trewin B, Villarreal C, Vincent LA, Zhai P, Zhang X, Kitching S., (2013). Updated analyses of extreme temperature and precipitation indices since the beginning of the 20th century: the hadex2 dataset.J. Geophys. Res. Atmos.118(5), p.2098–2118.
  13. Doumouya I., Kamagate B., Bamba A., Ouedraogo M., Ouattara I., Savane I., Goula B. T. A., Biemi J. (2009). Impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau et végétation du bassin versant du Bandama en milieu intertropical (Côte d'Ivoire). Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie, Issue 14, pp. 203-215.
  14. en Suède, 34 p.
  15. GIEC. (2013). Bilan sur les changements climatiques : Rapport de synthèse GIEC, Stockholm,
  16. Goula B. T. A., Kouassi V. J., et Savané I., (2006). Impacts du changement climatique sur les ressources en eau en zone tropicale humide : cas du Bandama en Côte d'Ivoire. Revue Agronomie Africaine, vol. 18, n° 1, pp.1-11

17. Hountondji Y.C., De Longueville F., Ozer P., (2011). Trends in extreme rainfall in Benin (West Africa), 1960-2000. Proceedings of the 1st International Conference of Energy, Environment and Climate Change, 26-27 August 2011, Ho Chi Minh City, Vietnam. <http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/96112> (April 19, 2016).
18. Hubert P., Carbonnel, J. P., Chaouche, A., (1989). Segmentation des séries hydrométéorologiques : application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest. *Journal of Hydrology*, 110, 3-4, pp. 349-367.
19. Hubert, P., Bader, J.C., et Bendjoudi, H., (2007). Un siècle de débits annuels du fleuve Sénégal. *Hydrological Sciences Journal*, vol. 52, n°1, pp. 68-73. doi:10.1623/hysj.52.1.68
20. Irié G. R., Soro G. E., Goula B. T. A., (2015). Changements d'états de surface et évolutions spatio-temporelles des précipitations sur le bassin versant de la Marahoué (Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 13, 2, pp.386-397.
21. Koua T.J., Jourda J.P., Kouamé K.J., Anoh K.A. 2013. Assessment of sediments and pollutants in Lake Buyo, Côte d'Ivoire, Using SWAT (Soil and Water Assessment Tool) Model. *J. Chem. Chem. Eng.* 7, pp. 1054-1059.
22. Kouakou K. E., Goula B. T. A. Et Savané I., 2007. Impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau de surface en zone tropicale humide : Cas du bassin versant transfrontalier de la Comoé (Côte d'Ivoire - Burkina Faso). *European Journal of Scientific Research*, 16 (1), pp. 31-43.
23. Kouakou K.E. (2011). Impacts de la variabilité climatique et du changement climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest : Cas du bassin versant de la Comoé. Thèse Unique option sciences et gestion de l'environnement, Université d'Abobo-Adjamé, 186 p.
24. Kouakou Y. E. (2016). Adaptation au changement climatique et gestion des ressources en eau souterraine : conception d'un SIRS pour le bassin versant du Bandama Blanc à Korhogo (Nord Côte d'Ivoire). Thèse Unique de Doctorat, l'Université Nangui Abrogoua (Côte d'Ivoire), 182 p.
25. Kpan O. J. G., (2017). Incidence de la variabilité climatique sur les ressources en eau, le développement agricole et la santé des populations dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire et perspectives : cas de zone littorale d'Abidjan à Aboisso. Thèse de Doctorat de l'Université Félix Houphouët Boigny de Cocody (Abidjan-Côte d'Ivoire), 225 p.
26. Liéno, G., (2007). Impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau et les transports de matières en suspension de

- quelques bassins versants représentatifs au Cameroun. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II.
27. Mehan S., Guo T., Gitau M. W., Flanagan D. C., (2017). Comparative study of different stochastic weather generators for the simulation of long-term climate data. *climate*, vol.5, n°26, p.40.
  28. N'Go Y. A., Kouassi K. H., Soro G. E., Meledje H. et Goula B. T. A., (2017). Dynamique et impact du climat sur les ressources hydriques et agricoles au sud-ouest de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 19, n°2, pp 304-314.
  29. N'guessan Bi V. H., Arona D., Adjakpa T., Kouadio B. H., Badara A. K., Kouame K., Assa Y., et Affian K., 2018. Apport de la télédétection à l'analyse spatio-temporelle de l'évolution des extrêmes pluviométriques dans le district d'Abidjan au Sud de la Cote d'ivoire. *Mélange*, 3, pp. 364-378.
  30. New M., Hewiston B., David B., Tsiga S.A., Kruger A., Manhinsue A., Gomez B., Coelho C.A., Masisi D.N., Kalulanga E., Bulane E., Fortunata L., Mdoka M.L. Lajoie R., (2006). Evidence of Changes in Daily Climate Extremes in Southern and Western Africa. *Journal of geophysical research*, 111, d14102, doi: 10.1029/2005jd006289.
  31. Olivry J.C., Bricquet J. P., Mahé G., (1993). Vers un appauvrissement durable des ressources en eau de l'Afrique humide ? (In : Colloque AISH - Yokohama), pp. 67-78, Publ. no 216.
  32. Richardson C. W., (1981). Stochastic simulation of daily precipitation, temperature and solar radiation. *Water Resources Res*, 17, pp.182-90.
  33. Savane I., Coulibaly K. M., Gion P. 2001. Variabilité climatique et ressources en eaux souterraines dans la région semi-montagneuse de Man. *Science et changement planétaire/Sécheresse*, Vol.12, Issue 4, pp. 231-237.
  34. Sensoy S., N. Türkoğlu , Akçakaya A., Ekici M. , Demircan, M., Ulupinar Y., Atay H., Tüvan A., and Demirbaş H ., (2013) : Trends in turkey climate indices from 1960 to 2010, proceeding of the 6th Atmospheric Science Symposium - ATMOS 2013 3 - 5 Haziran 2013, İstanbul.
  35. Taïbi, K.; Campo García, ADD.; Aguado, A.; Mulet Salort, JM. (2016). Early establishment response of different *Pinus nigra* ssp. *salzmanii* seed sources on contrasting environments : Implications for future reforestation programs and assisted population migration. *Journal of Environmental Management*. 171:184-194. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.02.014>
  36. Wang, X. L., (2003) : Comments on "Detection of undocumented change points : A revision of the twophase regression model." *J. Climate*, 16, pp. 3383-3385.

37. Zhang X., Aguilar E., Sensoy S., Melkonyan H., Tagiyeva U., Ahmed N., Kotaladze N., himzadeh F., Taghipour A., Hantosh T.H., Albert P., Semawi M., Karam Ali M., Said Al-Shabibi M.-H., Al-Oulan Z., ZatariT., Khelet I.-A., Hamoud S., Sagir R., Demircan M., Eken M., Adiguzel M., lexander L., Peterson T.C., and WallisT., (2005). Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003. *Journal of Geophysical Research*, 110:D22104, DOI: 10.1029/2005JD006181.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### **Jeremiah O. Abimbola,**

Department of Computer Science, Changchun  
University of Science and Technology, Jilin, China

### **Chen Zhangfang,**

Department of Computer Science, Changchun  
University of Science and Technology, Jilin, China

---

Submitted: 18 August 2020

Accepted: 02 December 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*Jeremiah O. Abimbola*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p92](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p92)

 Copyright 2020 Abimbola J.O,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCES

---

Cite as:

Abimbola J.O, Zhangfang C.(2020). Prevention of SQL Injection Attack Using Blockchain Key pair based on Stellar. *European Scientific Journal, ESJ, 16 (36)*, 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p92>

---

## **Prevention of SQL Injection Attack Using Blockchain Key pair based on Stellar**

---

### **Abstract**

Currently, SQL injection is the most common attack on web applications where malicious codes are injected into the database by unauthorized users using user input fields and this could lead to data loss or in a worst case, to database hijacking; a situation no database administrator or web developer ever wants to experience. Two of the most recent types of these attacks are first-level and second-order attacks. A lot of researches have been done in this area, some of which are outstanding and capable of preventing first level attack but not second order attack. In order to improve the quality of protections, a new method is proposed in this paper to minimize the level of attack on databases by using stellar blockchain keypair. Using string manipulation on user inputs, the client application randomized the SQL query and sends it to the proxy server, the proxy server, in turn de-randomizes it with the help of the private key and sends the de-randomized query to the database server for processing and the overhead time is estimated and analyzed. This method proved to be more than 50% effective compared to previous methods using the same model. It also shows strengths in terms of processing and computational time. Experimental implementation and simulation using the stellar keypair demonstrates that the model presented is capable of detecting and preventing SQLIA all forms of SQL injection attacks including the second-order injections.

---

**Subject:** Computer Science

**Keywords:** SQL Injection, Attack, Database, keypair, Security

## Introduction

Many institutions use dynamic database web applications to build a collaborative environment and provide better services to their customers. For example, educational institutions rely heavily on databases containing very sensitive student records to make informed decisions. A single breach of any record caused by an attack can potentially result in a wrong or bad decision ultimately. There are many attacks threatening database security such as static leakage, linkage leakage, dynamic leakage, spoofing and the most common one; SQL injection attacks. (Khaleel Ahmad, 2010), tagged SQLIA in this study. SQLIA endangers the confidentiality, integrity, functionality and availability of databases of any web application. In addition, they are the most effective method for illegally collecting data from the database, through which hacker can get access to the database and steal sensitive information (Md. Fazlul Haque, 2017). Consider an example of a login page where a legitimate user enters the username and password to enter a secure page to view personal details or upload his comments on a social media site. When the user submits the data, the SQL query is generated and submitted to the database for verification. If it is valid, the user is allowed access to the system. This means that there is a communication between the login page and the database to verify the combination of the username and password which results to access granted upon verification. Using SQL Injection, the hacker may enter specially created SQL commands to bypass the validation of the login form to view the script. (Panda & Ramani, 2013; Singh, 2017; Wang Degao, 2019). This is only possible if the inputs are not properly sanitized (i.e. made invulnerable) and sent directly to the database via the SQL query. SQL Injection vulnerabilities provide an attacker with the means to expose a database. (Faker, Muslim, & Dachlan, 2017; Lawal, Sultan, & Shakiru, 2016; M. & Amsaveni, 2016). The impacts of SQLIA are very high which includes but not limited to:

I. Confidentiality: Most time, databases contain very sensitive data such as user credit card details, social security number and so on. Therefore loss of confidentiality is a major problem with SQL injection vulnerability as unauthorized users can gain access to crucial information

II. Integrity: Successful SQL injection attack permits unauthorized external sources to make modifications that is, private information can be read, changed or deleted by the attacker.

III. Authorization: Sensitive data stored in a vulnerable SQL database may be altered or attacker can gain elevated privileges.

IV. Authentication: Poorly written server-side codes could open up the database for attackers to gain access. For example, SQL codes that do not

properly validate username and passwords could give unauthenticated access to attackers without prior knowledge of the password or username.

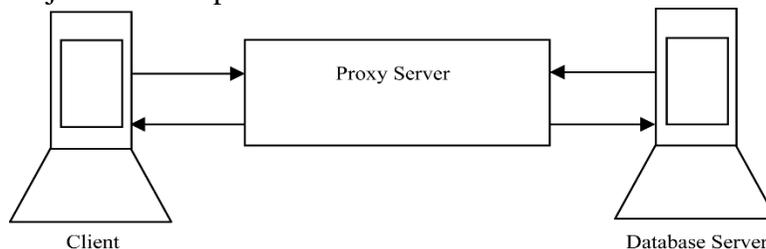
V.Functionality: SQL injection attack could partially or fully corrupt the intended function of any SQL database. Every database must be able to handle concurrent processing to enable simultaneous access, data sharing and consistent updates for users.

There are many forms of these attacks, some of which are Bypass Authentication - using tautology, Unauthorized Knowledge of Database - using illegal/incorrect Queries, Unauthorized Remote Execution of Procedure, Injected Additional Query - Using Piggy-Backed Queries and Injected Union Query as discussed in (Elshazly, Fouad, Saleh, & Sewisy, 2014; Saravana, 2014; Shrivastava & Tripathi, 2012; Sun, Wei, Liu, & Lau, 2007).

## Second Order Attacks

### Proxy Server Models

(Elshazly et al., 2014) suggested a method to solve SQLIA by introducing the concept of a proxy server. The proxy server is placed in between the two communicating devices. This allowed for the filtering of possible SQL-injection attempts.

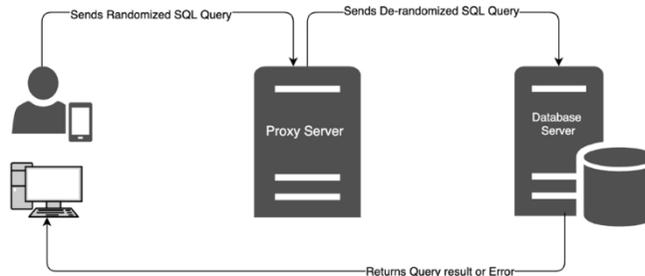


**Figure 1.** Proxy server Architecture Model

The process involved; analyzing the structure of the SQL query commands, building a parser that will check allowable patterns of SQL statements, constructing a list of common SQL commands, creating a proxy server that will alert the database administrator of possible SQL injection commands, preventing SQL injection attack on the database using the proxy server and proving that the SQL injection can be prevented using the filter developed to work on the proxy server. While this method seemed to work as at the time this research was carried out, there are disadvantages with this method in that it can create false positives; this means that legitimate words from variables can also be filtered out in the filtering process. Also, this method cannot work if the data is encrypted because the strings cannot be viewed in plain text without decryption. The use of a randomized key on SQL keywords was later introduced by (Boyd

& Keromytis, 2004) and (Perkins et al., 2005). The random key length was thirty-two bytes. The implementation of this technique involves building a proof of concept; a proxy server that sits between the client and the database server. If an SQL injection attack has occurred, the proxy's parser will fail to recognize the randomized query and will reject it. For example, the query on the left side then becomes the query on the right once the random key has been added to every SQL keyword in the query.

Select gender, avg(age) From cs101.students Where dept = %d group by gender	select123 gender, avg123(age) from123 cs101.students where123 dept = %d group123 by123 gender
--	--



**Figure 2.**SQLRand Model

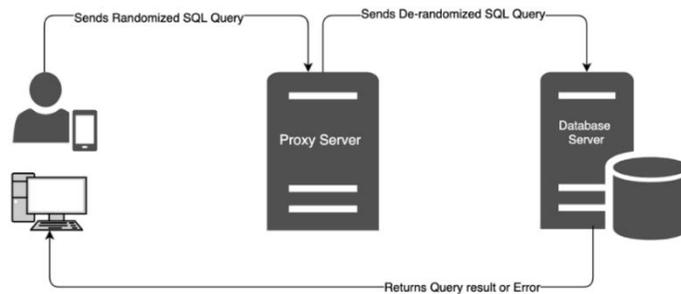
The only setback for this technique is in the length of the key used as it is very susceptible to brute force attack as also seen in (Patil, Laturkar, Athawale, Takale, & Tathawade, 2017). A dynamic technique introduced by (Alazab & Khresiat, 2016; Gupta et al., 2018) using Normal use model which is straightforward, simple to execute and very compelling in avoiding SQL injection attacks, however, there are two major challenges with this model; decreasing the size of the achieved query repository and performing quick and efficient comparison at runtime.

Recently, (Appiah, Opoku-Mensah, & Qin, 2017) proposed a solution for SQL injection attacks by integrating the fingerprinting method and Pattern Matching to distinguish genuine SQL queries from malicious queries. The framework monitors and compares SQL queries to the database against a dataset of signatures from known SQL injection attacks. If the fingerprint method cannot determine the legitimacy of the query on its own, then the Aho Corasick algorithm is invoked to ascertain whether attack signatures appear in the queries.

## Research Methodology

A new prevention mechanism is introduced to combat SQL injection attacks using Stellar Keypair algorithm. The keypair consists a public and

private key. This method mimics the SQLRand method developed by (Boyd & Keromytis, 2004) using a random key on every SQL keyword, but this time, we're not just using a random key. Instead, we will use the public key and then verify the public key with the private key later on in the query process. To achieve this, we have decided to use a popular concept in programming known as separation of concerns; thus having three (3) tier architecture.



**Figure 3.**Three-tier Architectural Model

### **Stellar Keypair**

Stellar is a blockchain that tens of thousands of people use every day. It is decentralized, open-source, and developer-friendly, so anyone can issue assets, settle payments, and trade. It uses Ed25519 public-key signature system. From Stellar, only the Keypair is needed. In public-key cryptography, Edwards curve Digital Signature Algorithm (EdDSA) is a digital signature scheme using a variant of Schnorr signature based on Twisted Edwards curves (SHA512 and Curve25519). It is designed to be faster than existing digital signature schemes without sacrificing security. Public keys are 256 bits in length and signatures are twice that size.

To make it more difficult for attackers to brute force the entire process, the private key is used to validate the public key. First, we design a proxy server (an external server) that is located between the client and the database server where the keypair is generated. Since SQL keywords don't change, we can list them all out in an array to work with them further. The client requests the public key from the proxy server, joins the public key to every SQL keyword used in the query, splits the entire SQL statement including user inputs into tokens, checks every token that all SQL keywords have the public key, checks if there is a private key for that public key. If yes, send the full SQL statement to the DB server.

### **Elliptic Curve Cryptography**

Elliptic Curve Cryptography (ECC) can be used to build digital signature algorithms with a smaller key size than the Digital Signature

Algorithm (DSA) with the same level of security (Dinu et al., 2015; Romailier & Pelissier, 2017). With security in mind, such algorithms are generally based on the Discrete Logarithm Problem (DLP), currently, the best known algorithms to solve this problem over elliptic curves are less efficient than ones over finite groups. To provide security in the embedded ecosystem, the adoption of ECC was important where resources are constrained. The most widely used signature algorithm is ECDSA.

### Keypair Generation

An entity  $A$ 's key pair is associated with a particular set of EC domain parameters  $D$ . This association can be assured cryptographically (e.g., with certificates) or by context (e.g., all entities use the same domain parameters) (Don Johnson, 2001). The entity  $A$  must have the assurance that the domain parameters are valid

Each entity  $A$  does the following;

1. Select a random or pseudorandom integer  $d$  in the interval  $[1, n-1]$
2. Compute  $Q = dG$ .
3.  $A$ 's public key is  $Q$ ;  $A$ 's private key is  $d$ .

### Algorithm 1 EdDSA Signature

**Require:**  $M, (h_0, h_1, \dots, h_{2b-1}), B$  and  $A$

- 1:  $a \leftarrow 2^{b-2} + \sum_{3 \leq i \leq b-3} 2^i h_i$
- 2:  $h \leftarrow H(h_b, \dots, h_{2b-1}, M)$
- 3:  $r \leftarrow h \bmod \ell$
- 4:  $R \leftarrow r \cdot B$
- 5:  $h \leftarrow H(R, A, M)$
- 6:  $S \leftarrow (r + ah) \bmod \ell$
- 7: return  $(R, S)$

### The Client App

The client application developed with php 7.2 is responsible for sending the necessary requests in order to complete this process. The processes are as follows;

- Requests Public Key from the proxy server; this process is made possible via an HTTP client known as Guzzle. Guzzle is a PHP HTTP client that makes it easy to send HTTP requests and trivial to integrate with web services. (Guzzle, 2020) Simple interfaces for building query strings and can send synchronous and asynchronous requests using the same interface.

```
$client = new GuzzleHttp\Client();  
$res = $client->request('GET', 'https://api.github.com/user', [ 'auth' =>  
[ 'user', 'pass' ] ]); echo $res->getStatusCode();
```

- Joins public key with every SQL keyword used in the query; since we have listed every SQL keyword into any array, first we can split the query to get only the SQL keywords using *explode(separator, string, limit)*, hereafter we can check the query for SQL keywords against the array using the *in\_array(array1, array2)* function and merge the public key from the first step to every keyword.  
For example; if the public key is 4wdfldxsfdsfSEA  
SELECT \* FROM shopping WHERE username='\$username' AND password='\$password';  
The result thereafter is  
SELECT4wdfldxsfdsfSEA \* FROM4wdfldxsfdsfSEA shopping WHERE4wdfldxsfdsfSEA username='\$username' AND4wdfldxsfdsfSEA password='\$password';
- Split the entire SQL statement including user inputs into tokens; this is to ensure that the public key is attached to every SQL keyword this time. The tokens are stored in a different array.
- Checks each token that all SQL keywords have the public key
- Queries the Proxy server for the private key of the public key used; this is an extra layer of security incase an attacker has enough computing power to get generate a key that is similar to the public key.
- If private key exists, send full SQL statement to DB server

### The Proxy Server

The implementation of this server done with ASP.NET Core 2.1 could have been done easily on the application server but this separation provides a layer of security. This ensures that this part is not exposed together with the application, even if the application is attacked. The proxy server is located between the client application and the database server. It serves as to;

- Generates keypair and Send Public Key to the Client App; With the keypair class in Stellar, we are able to generate two keys, 256 bits long.
- Stores private key of the public key sent
- Retrieves private key for the client app to verify the public key

The test tool used for this purpose is SQLMAP. SQLMAP is an open-source penetration testing tool written in python that automates the process of detecting and exploiting SQL injection flaws and taking over of database servers. It comes with a powerful detection engine, a number of niche features for the ultimate penetration tester and a wide range of switches from database fingerprinting, database collection of data to access to the underlying file system and commands execution on the operating system via out-of-band

connections. It is capable of detecting six (6) SQL injection attack techniques; boolean-based blind, time-based blind, error-based, UNION query-based, stacked queries and out-of-band. SQLMAP works by passing a potentially vulnerable parameter into the query link.

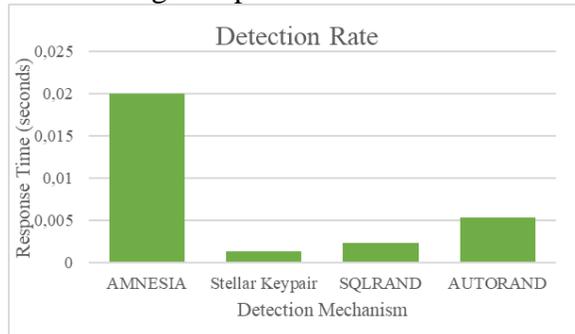
**Performance Evaluation**

To evaluate the performance of this model, metrics such as the response time, processing time and overhead imposed by the additional server in the middle tier are used. To achieve this, a separate study was created to simulate a number of users using round-robin to login at the same time. The response time of the proxy server and the database server was evaluated for 1 user, 10 users, 50 and 100.

Users	Proxy Server (Time in seconds)	Database Server (Time in seconds )	Overall time in seconds
1	0.0010	0.00034	0.00134
10	0.012	0.005	0.017
50	0.049	0.023	0.072
100	0.13	0.09	0.22

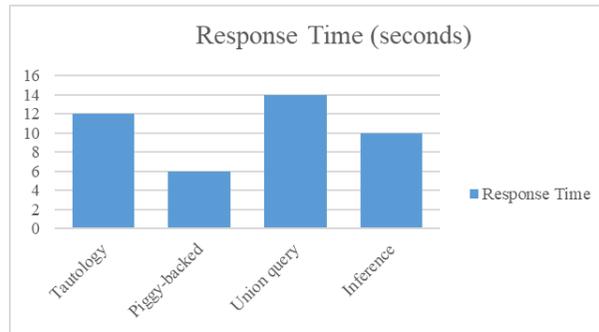
**Table 1.**Response Time Evaluation

In comparison with other techniques like AMNESIA, SQLRAND and AUTORAND, there is a slight improvement as shown in the table below



**Figure 4.** Detection rate of preventive schemes

Although the response times for the proxy server are subjective because they really depend on the speed of the internet connection at the time of implementation. Its overhead ranges from 120 to 490 microseconds for 10 to 100 concurrent users respectively. We also measured the response time needed to detect the SQL injection attack for the type of attack.



**Figure 5.**Response time of preventive schemes

The table below shows the ways in which different prevention techniques are used against the attacks and their effectiveness are compared with each other. These comparisons are important for us to make a better choice. The table shows the results of the comparison.

Schemes	Tautology	Logically Incorrect Queries	Union Query	Stored Procedure	Piggy-backed queries	Inference Attack
AMNESIA	YES	YES	YES	NO	YES	YES
SQLRand	YES	NO	YES	NO	YES	YES
AutoRand	YES	NO	YES	NO	YES	YES
CANDID	YES	NO	NO	NO	NO	NO
SQLGuard	YES	YES	NO	NO	NO	NO
SQLIPA	YES	YES	YES	NO	YES	YES
Negative Tainting	YES	YES	YES	NO	YES	YES
Positive Tainting	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Stellar Keypair	YES	YES	YES	YES	YES	YES

**Table 2.**Efficiency of various techniques

## Conclusion

This study presents the results of a methodological and systematic review of different literatures on the different types of SQL injection attacks, effects of SQLIA techniques and preventive techniques. We were able to successfully create a new method for SQLIA prevention using the stellar keypair by expanding existing well-known models. These models (SQLRand and AutoRand) could not prevent second-order injection attacks, stored procedures and logically incorrect queries. This method contains details of the implementation using the Ed25519 keys (public and private keys) which is the improvement model mentioned above. Its architecture has also been explained

extensively and explicitly using a proxy server. Finally, an evaluation was carried out to check the effectiveness of this model and to compare it with other similar models in implementation. However, there is still room for extensibility i.e. if there is enough computing power to break down the Ed25519 keys, a stronger keypair algorithm is needed. For better implementation, a stronger internet connection should be implored to make connection between the client application and the proxy server. After imploring this method, sensitive data on the database could still be encrypted to provide another layer of security.

### References:

1. Alazab, A., & Khresiat, A. (2016). New Strategy for Mitigating of SQL Injection Attack. *International Journal of Computer Applications*, 154(11), 1-10. doi:10.5120/ijca2016911974
2. Appiah, B., Opoku-Mensah, E., & Qin, Z. (2017, 24-26 Nov. 2017). SQL injection attack detection using fingerprints and pattern matching technique. Paper presented at the 2017 8th IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS).
3. Bandhakavi, S., Bisht, P., Madhusudan, P., & Venkatakrishnan, V. N. (2007). CANDID: Preventing SQL Injection Attacks using Dynamic Candidate Evaluations. Paper presented at the Proceedings of the 2007 ACM Conference on Computer and Communications Security, CCS, Alexandria, Virginia, USA,.
4. Boyd, S. W., & Keromytis, A. D. (2004, 2004). SQLrand: Preventing SQL injection attacks, Columbia.
5. Chinchu, M. M., Yeldose, A., & Kumar, D. S. (2015). An Analysis of SQL Injection Prevention using the Algorithms RSA , RC4 and RC5. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 5(6), 3665-3670.
6. Dinu, P. S., Kumar, D. S., & Rahman, M. A. (2015). Preventing SQL injection Attacks Using Cryptography Methods. *International Journal of Scientific Research Engineering & Technology*, 4(5), 582-585.
7. Don Johnson, A. M., Scott Vanstone (2001). The Elliptic Curve Digital Signature Algorithm (ECDSA). Paper presented at the Certicom Research, Canada, Canada. <http://www.cs.miami.edu/home/burt/learning/Csc609.142/ecdsacert.pdf>
8. Elshazly, K., Fouad, Y., Saleh, M., & Sewisy, A. (2014). A Survey of SQL Injection Attack Detection and Prevention. *Journal of Computer and Communications*, 02(08), 1-9. doi:10.4236/jcc.2014.28001
9. Etienne Janot, P. Z. (2014). Preventing SQL Injections in Online Applications: Study, Recommendations and Java Solution Prototype

- Based on the SQL DOM. Paper presented at the Application Security Conference, Belgium.
10. Faker, S. A., Muslim, M. A., & Dachlan, H. S. (2017). A Systematic Literature Review on SQL Injection Attacks Techniques and Common Exploited Vulnerabilities. *International Journal of Computer Engineering and Information Technology*, 9(12), 284-291.
  11. Garg, R., Gupta, P., & Sachdeva, R. K. (2017). Study on SQL Injection Attacks: Detection and Prevention. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 5(VII), 198-203.
  12. Gupta, A., Dhankhar, A., & Solanki, K. (2018). New Technique for preventing SQL Injection Attack Based on Normal Use Model. *IOSR Journal of Computer*, 20(5), 73-83.
  13. Guzzle. (2020). Guzzle Releases. In Guzzle (Ed.), (pp. 1-3).
  14. Halfond, W. G. J., & Orso, A. (2005). AMNESIA: Analysis and monitoring for NEutralizing SQL-injection attacks. In (pp. 174-183). Long Beach, California, USA.
  15. Katole, R. A., Sherekar, S. S., & Thakare, V. M. (2018, 19-20 Jan. 2018). Detection of SQL injection attacks by removing the parameter values of SQL query. Paper presented at the 2018 2nd International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC).
  16. Khaleel Ahmad, J. S., K.P. Yadav. (2010). Classification of SQL Injection Attacks. *VSRD Technical & Non-Technical Journal*, 1(4), 235-242.
  17. Lawal, M. A., Sultan, A. B. M., & Shakiru, A. O. (2016). Systematic literature review on SQL injection attack. *International Journal of Soft Computing*, 11(1), 26-35.
  18. Lee, I., Jeong, S., Yeo, S., & Moon, J. (2012). A novel method for SQL injection attack detection based on removing SQL query attribute values. *Mathematical and Computer Modelling*, 55(1-2), 58-68. doi:10.1016/j.mcm.2011.01.050
  19. Liangyan, Y. (2018). Summary of Key Technologies of SQL Injection Vulnerability Detection and Defense. *Journal of Anhui Vocational College of Electronic Information*, 17(03), 19-22.
  20. Lianqun, M. K. W. B. H. Y. Y. (2017). New SQL injection attack detection method based on hidden Markov model. *Information Network Security*, 09(1), 115-118.
  21. Lihong, K. L. Y. H. L. (2017). Web security SQL injection vulnerability and its defense. *Network Security Technology and Applications*, 11(1), 81-82.
  22. Liu, M., & Wang, B. (2018). A Web Second-Order Vulnerabilities Detection Method. *IEEE Access*, 6, 70983-70988. doi:10.1109/ACCESS.2018.2881070

23. Loughran, D. T., Salih, M. K., & Subburaj, V. H. (2018). All About SQL Injection Attacks. *Journal of The Colloquium for Information System Security Education*, 6(1), 24-24.
24. M., K. R., & Amsaveni, C. (2016). SQL Injection Attack Prevention Using 448 Blowfish Encryption Standard. *International Journal of Computer Science Trends and Technology*, 4(4), 325-335.
25. Md. Fazlul Haque, M. B. A. M., Fuyad Al Masud. (2017). Enhancement of Web Security Against External Attack. *European Scientific Journal*, 13(15). doi:10.19044/esj.2017.v13n15p228
26. Panda, S., & Ramani, S. (2013). Protection of Web Application against Sql Injection Attacks. *International Journal of Modern Engineering Research*, 3(1), 166-168.
27. Patel, N., Mohammed, F., & Soni, S. (2011). SQL Injection Attacks: Techniques and Protection Mechanisms. *International Journal on Computer Science & Engineering*, 3(1), 199-203.
28. Patil, A., Laturkar, A., Athawale, S. V., Takale, R., & Tathawade, P. (2017, 17-19 Aug. 2017). A multilevel system to mitigate DDOS, brute force and SQL injection attack for cloud security. Paper presented at the 2017 International Conference on Information, Communication, Instrumentation and Control (ICICIC).
29. Perkins, J., Eikenberry, J., Coglio, A., Willenson, D., Sidiroglou-Douskos, S., & Rinard, M. (2005, 2016). AutoRand: Automatic keyword randomization to prevent injection attacks, Columbia.
30. Romailier, Y., & Pelissier, S. (2017, 25-25 Sept. 2017). Practical Fault Attack against the Ed25519 and EdDSA Signature Schemes. Paper presented at the 2017 Workshop on Fault Diagnosis and Tolerance in Cryptography (FDTC).
31. Saravana, P. (2014). Efficient Method for Preventing SQL Injection Attacks on Web Applications Using Encryption and Tokenization. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, 4(4), 75-84.
32. Shrivastava, S., & Tripathi, R. R. K. (2012). Attacks Due to SQL injection & their Prevention Method for Web-Application. *International Journal of Computer Sciecnce ...*, 3(2), 3615-3618. Retrieved from <http://ijcsit.com/docs/Volume3/Vol3Issue2/ijcsit2012030266.pdf>
33. Singh, J. P. (2017). *Analysis of SQL Injection Detection Techniques* (Vol. 28). Montreal, Quebec, Canada: CIISE, Concordia University.
34. Sun, S.-T., Wei, T. H., Liu, S., & Lau, S. (2007). Classification of sql injection attacks. *University of British Columbia, ...*, 1(4), 1-6. Retrieved from

- [https://courses.ece.ubc.ca/412/term\\_project/reports/2007-fall/Classification\\_of\\_SQL\\_Injection\\_Attacks.pdf](https://courses.ece.ubc.ca/412/term_project/reports/2007-fall/Classification_of_SQL_Injection_Attacks.pdf)
35. Wang Degao, X. W. C., Wang Liming, Liu Xiangdong. (2019). Design and Implementation of SQL Injection Attack and Prevention Experiment. *Journal of Dalian Nationalities University*, 21(05), 441-444.
  36. Xin, Z. Y. (2017). Anti-SQL injection strategy based on HttpModule. *Network Security Technology and Applications*, 11(1), 60-61 64.
  37. Xuan, X. (2019). Research on SQL Anti-injection Attack. *China New Communications*, 21(05), 64-64.
  38. Yiğit, G., & Arnavutoğlu, M. (2017). SQL Injection Attacks Detection & Prevention Techniques. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 9(5), 351-356.
  39. Yonghua, C. (2019). Research on SQL Injection Recognition Algorithm Based on Random Forest. *Modern Information Technology*, 3(15), 146-149.
  40. Yonghui, X. J. L. Q. Y. (2019). SQL injection attack detection based on deep convolutional neural network. *Journal of Jimei University (Natural Science Edition)*, 24(03), 234-240.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### **Goy Saradoum,**

Enseignant-chercheur, Maître-Assistant,  
Département de Biologie et Géologie, Faculté des  
Sciences et Techniques, Université de Sarh, Tchad

### **Guiguindibaye Madjimbe,**

Enseignant-chercheur, Maître-Assistant,  
Département des Sciences Fondamentales, Faculté  
des Sciences Agronomiques et de l'Environnement,  
Université de Sarh, Tchad

### **Kemkong Baouyé,**

Enseignant-chercheur, Assistant, Département de  
Biologie et Géologie, Faculté des Sciences et  
Techniques, Université de Sarh, Tchad

### **Doloum Gomoung,**

Enseignant-chercheur, Maître-Assistant,  
Département de Biologie et Géologie, Faculté des  
Sciences et Techniques, Université de Sarh, Tchad

### **Brahim Amba,**

Enseignant-chercheur, Assistant, Département de  
Développement des Ressources Halieutiques,  
Faculté des Sciences Agronomiques et de  
l'Environnement, Université de Sarh, Tchad

Submitted: 24 September 2020

Accepted: 24 November 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*Goy Saradoum*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p105](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p105)

© Copyright 2020 Saradoum G,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCESS

Cite as:

Saradoum G, Madjimbe G, Baouyé K, Gomoung  
D, Amba B.(2020). Macrophytes du lac Iro au  
Tchad : diversité, typologie phytosociologique et  
pressions. *European Scientific Journal, ESJ, 16*  
(36), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p105>

## **Macrophytes Du Lac Iro Au Tchad : Diversité, Typologie Phytosociologique Et Pressions**

### **Résumé**

Cette étude entreprise dans le lac Iro a portée sur l'estimation de la diversité macrophytique, l'identification des groupements végétaux, l'évaluation des potentielles menaces qui pèsent sur cette végétation et la détermination de la composition physico-chimique de l'eau. L'analyse des végétations a été faite par la technique des transects et la typologie des groupements végétaux par la méthode phytosociologique Braun-blanquetiste. L'estimation des indices de diversité et la discrimination des différents groupements végétaux ont été faites à l'aide du logiciel PAST. Plusieurs matériels ont été utilisés pour déterminer la qualité de l'eau. L'étude a permis de recenser 30 espèces réparties en 21 genres et 12 familles dont 96,42% d'Angiospermes et de 3,58% de Ptéridophytes. Les familles les mieux représentées sont les Poaceae, les Fabaceae et les Cyperaceae. Les espèces les plus fréquentes et présentes sur presque tous les transects sont : *Echinochloa colona*, *Echinochloa stagnina*, *Neptunia oleracea*, *Ceratophyllum demersum* et *Pistia stratiotes*. Il a été distingué 6 groupements dont certains peuvent être intégrés dans des syntaxons existants dans d'autres écosystèmes lacustres. La qualité de l'eau est globalement favorable au développement des espèces aquatiques mais souvent polluée dans les parties très fréquentées. Les pressions qui s'exercent sur les phytocénoses du lac Iro témoignent de la vulnérabilité de cet écosystème.

**Subject:** Plant Ecology

**Mots-clés:** Macrophytes, Diversité Floristique, Groupements Aquatiques, Lac Iro.

## **Macrophytes from Lake Iro In Chad: Diversity, Phytosociological Typology And Pressures**

***Goy Saradoum,***

Enseignant-chercheur, Maître-Assistant, Département de Biologie et  
Géologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université de Sarh, Tchad

***Guiguindibaye Madjimbe,***

Enseignant-chercheur, Maître-Assistant, Département des Sciences  
Fondamentales, Faculté des Sciences Agronomiques et de l'Environnement,  
Université de Sarh, Tchad

***Kemkong Baouyé,***

Enseignant-chercheur, Assistant, Département de Biologie et Géologie,  
Faculté des Sciences et Techniques, Université de Sarh, Tchad

***Doloum Gomoung,***

Enseignant-chercheur, Maître-Assistant, Département de Biologie et  
Géologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université de Sarh, Tchad

***Brahim Amba,***

Enseignant-chercheur, Assistant, Département de Développement des  
Ressources Halieutiques, Faculté des Sciences Agronomiques et de  
l'Environnement, Université de Sarh, Tchad

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p105](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p105)

---

### **Abstract**

This study in Lake Iro was focused on estimating macrophytic diversity, identifying plant groups, assessing potential threats to this vegetation, and determining the physico-chemical composition of water. Vegetation analysis was done by transect technology and plant group typology by the Braun-blauquetiste phytosociological method. The estimation of various diversity indices and the discrimination of different plant groups were made using the PAST software. Several materials were used to determine water quality. There were 30 species distributed among 21 genera and 12 families, of which 96,42% were Angiosperms and 3,58% were Pteridophytes. The best represented families were Poaceae, Fabaceae and Cyperaceae. The most frequent and present species on almost all transects were : Echinochloa colona, Echinochloa stagnina, Neptunia oleracea, Ceratophyllum demersum and Pistia stratiotes. There were 6 groupings, some of which can be integrated into existing syntaxons in other lake ecosystems. Water quality was generally favorable to the development of aquatic species, but often polluted in areas of

high frequency. Pressures on Lake Iro's phytocenosis indicate the vulnerability of this ecosystem.

---

**Keywords:** Macrophytes, Floristic Diversity, Aquatic Groups, Iro Lake

### **Introduction**

Les milieux aquatiques et leurs ressources naturelles vivantes fournissent environ les deux tiers des biens et services que la biosphère offre à l'humanité (Agropolis, 2007). Cependant, beaucoup de ces milieux sont de plus en plus fragilisés par les changements climatiques et les modifications de l'usage des sols, et leurs ressources aquatiques mondiales en crise en raison de la surexploitation. Au Tchad, les écosystèmes naturels sont marqués par une dégradation généralisée dont les causes sont soit naturelles (déficit ou irrégularité de la pluviométrie ou baisse constante du niveau des eaux de surface), soit anthropiques (forte démographie, instabilité politique, prélèvement illégal...). Le cas des écosystèmes lacustres est encore plus préoccupant (débit de plus en plus faible des affluents, exploitation irrationnelle, surpâturage, présence des espèces invasives etc.). La préservation des ressources en eau et la conservation des écosystèmes aquatiques constituent de ce fait une priorité pour les décennies à venir (Lacroix et Danger, 2008).

Sur le modèle de la norme européenne, le terme « macrophyte » désigne toutes les plantes aquatiques visibles à l'œil nu, dont les plantes vasculaires, les bryophytes et les algues macroscopiques (OFEV, 2009). Ces plantes aquatiques jouent un rôle important à travers les réseaux trophiques, les processus écologiques d'oxygénation et de purification de l'eau, et aussi dans le maintien de l'équilibre des hydrosystèmes (Fazul et al, 2013 ; Weigleb, 1988). En assurant la production de la biomasse, les macrophytes reflètent le niveau et l'état de fonctionnement du système, et sont susceptibles de renseigner sur un dérèglement de l'ensemble des flux de matières et d'énergie caractérisant ce réseau (Chauvin et al, 2014). Malheureusement, la flore et la végétation aquatiques du lac Iro sont moins connues que celles des autres lacs tels que le lac Tchad (Lemoalle et al., 2012 ; Iltis et Lemoalle, 1979 ; Carmouze et al., 1978 ; Léonard, 1974) et le lac Fitri (Bechir et al, 2019 ; Mikail et al., 2018). Or, le lac Iro est le paradis d'une faune aviaire très nombreuse et très diversifiée. Il est aussi réputé pour sa production de poissons fumés qui ravitaille les marchés de Sarh, Moundou, Abéché et Mongo ainsi que ceux des pays voisins comme le Nigéria et la République centrafricaine (Saunier et al., 2017). Le but de cette étude est de fournir des informations nécessaires sur les macrophytes du lac permettant d'élaborer un schéma efficace de gestion rationnelle.

## Matériel et méthodes

### Présentation de la zone d'étude

Le lac Iro, situé dans la Province du Moyen Chari, a donné son nom au département du Lac Iro, dont le chef-lieu est la ville de Kyabé. Ses coordonnées géographiques centrées sont 10°6'0" N et 19°25'0" E. Il mesure 13 Km de long et 11 Km de large, sa superficie en eau moyenne est de 200 km<sup>2</sup> (Paigbc, 2012), culmine à 386 m d'altitude et sa profondeur maximale est de 4 m à l'étiage. Il est alimenté par les eaux des pluies et les eaux de crue du Bahr Salamat via la rivière d'Iro qui lui sert également de déversoir à la crue. Ses fluctuations saisonnières de niveau sont de l'ordre de 2,5 m avec un minimum en juillet et un maximum en octobre.

Les sols sont hydro-morphes à pseudo-gley. Ils se sont formés sur la série sableuse à sablo-argileuse récente qui représente les bourrelets d'anciens cours d'eau issus autrefois du Bahr Azoum (Pias et Barbery, 1965). Le lac Iro est entouré par une savane arbustive des zones d'inondation (Pias, 1970) caractérisée par l'association des plantes suivantes : *Combretum glutinosum*, *Piliostigma reticulatum*, *Acacia sieberiana*, *Ziziphus mauritiana*, *Randia nilotica*, *Andira inermis*, *Mitragyna inermis*, *Diospyros mespiliformis*, *Acacia scorpioides* var. *nilotica*, *Acacia seyal*, *Crataeva adansonii*, *Pseudocedrela kotschy*, *Gardenia ternifolia*,

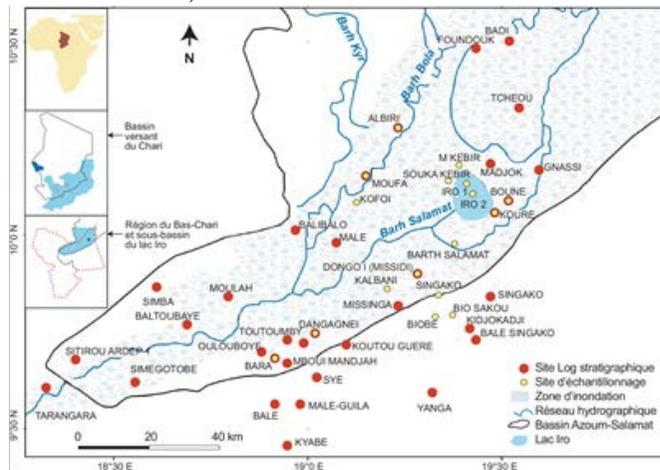


Figure 1. Carte de la localisation du Lac Iro et de ses environs (Amngar et al., 2018)

La méthode utilisée pour cette étude est celle des transects orientés perpendiculairement aux rives et disposés de façon aléatoire. 12 transects ont été réalisés en empruntant les pistes taillées dans la végétation par les pêcheurs installés autour du lac. Les transects permettent d'inventorier et de localiser de façon précise toutes les espèces (patrimoniales, protégées, menacées, rares etc.). Ils permettent également de mesurer des changements d'une communauté à une autre, dus à des gradients environnementaux (humidité,

topographie, profondeur, etc.), de visualiser la succession de la végétation et d'avoir ainsi une idée de l'influence de certains facteurs écologiques (Jouret, 1972). Cette étude s'est déroulée pendant le mois de mars.

La typologie des groupements végétaux a été réalisée par la méthode phytosociologique (Gillet et al, 1991). Un relevé phytosociologique sur un quadrat de 1 (1x1) à 9 (3x3) m<sup>2</sup> est échantillonné le long de chaque transect selon l'homogénéité de la végétation. Le nombre de relevés par transect dépend donc de l'hétérogénéité de la végétation et la longueur des transects est en fonction de la progression de la végétation vers le centre du lac. Le nombre de relevés par transect varie de 12 à 50. Pour chaque relevé, les espèces sont accompagnées des indices d'abondance-dominance (Braun-Blanquet, 1932). La fréquence de chaque espèce est calculée et représente le nombre de transects où l'espèce est présente par rapport au nombre total de transects. Certains taxons sont identifiés sur place, d'autres conservés dans des flacons ou mis en herbier pour identification au laboratoire. A cet effet, les flores du Sénégal (Vandhen Berghen, 1998) et du Tchad (César et Chatelain, 2019) ont été mises à contribution. L'approche taxonomique utilisée est basée sur la dernière version APG IV de 2016.

Les descripteurs taxonomiques ont été évalués en utilisant un certain nombre d'indices :

- L'indice de diversité de Shannon est évalué par la formule suivante :

$$H' = - \sum ((N_i / N) * \log_2 (N_i / N))$$

N<sub>i</sub> : nombre d'individus d'une espèce donnée, i allant de 1 à S (nombre total d'espèces).

N : nombre total d'individus.

Il est exprimé en bit et varie généralement entre 1 et 5 bits. Entre 0 et 2,5 il peut être supposé faible (cas des stations spécialisées où l'on note généralement des phénomènes de dominance d'une espèce ou d'un petit nombre d'espèces sur l'ensemble des espèces de la communauté) ; entre 2,6 et 3,9 il peut être supposé moyen et l'indice est maximal (4 à 5) quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces (Frontier, 1983).

- L'indice d'équitabilité de Pielou aussi appelé indice d'équirépartition (Blondel, 1979) traduit le degré de diversité atteint par rapport au maximum théorique :

$$H / \log(RS)$$

H : l'indice de Shannon.

RS (Richesse spécifique de Pielou) : nombre d'espèces

Il est compris entre 0 et 1. Il tend vers 0 lorsque la quasi-totalité des individus appartiennent à une seule espèce et prend la valeur 1 lorsque toutes les espèces ont exactement le même recouvrement.

- L'indice de Simpson mesure la probabilité pour que deux individus tirés au hasard dans un peuplement donné soient de la même espèce (Dajoz, 2006) :

$$D = \frac{\sum Ni(Ni-1)}{N(N-1)}$$

Ni : nombre d'individus de l'espèce donnée.

N : nombre total d'individus.

Cet indice aura une valeur de 0 pour indiquer le maximum de diversité, et une valeur de 1 pour indiquer le minimum de diversité. L'utilisation simultanée de ces trois indices permet une étude plus complète des informations concernant la structure des communautés (Grall et Coïc, 2005).

### **Traitement des données**

Le logiciel PAST (PALaeontological STatistics) 4.03 est utilisé pour les analyses statistiques et pour calculer les indices de diversité. C'est un logiciel de statistiques pour les sciences de la nature qui regroupe en un seul logiciel, des fonctions de tests statistiques classiques et de visualisation de données qu'on ne trouve en général que dans des logiciels spécialisés (XLSTAT, canoco, ...). Pour cette étude, il a permis d'effectuer la DCA (Detrended Correspondance Analyse) qui est une version améliorée de l'AFC (Hill et Gauch, 1980) pour individualiser les groupements végétaux ; de visualiser les similitudes entre les transects ; de calculer les indices de Shannon Weaver, de Simpson, d'équitabilité de Piélou, etc.

Le traitement d'une image satellitaire a permis d'établir une carte de végétation du lac Iro.

### **Mesure des paramètres physico-chimiques**

Des appareils de mesure des paramètres environnementaux ont été utilisés au cours de cette étude : Un disque de Secchi muni d'une corde graduée a été utilisé pour la mesure de la transparence de l'eau et la profondeur du lac au niveau de chaque station, la bouteille de Vandom modifiée et munie d'une corde graduée a été utilisée pour le prélèvement d'échantillon d'eau au fond des lacs, pour la mesure des paramètres physico-chimiques en profondeur et un appareil Multimètre de marque WTW Multi 350i v2.20 a été utilisé pour la mesure in situ des paramètres physico-chimique tels que la température de l'eau, la salinité, la conductivité, l'oxygène dissous et les Solides Totaux Dissouts (TDS).

## **Résultats**

### **Paramètres physico-chimiques de l'eau du lac**

Les résultats des données sur les paramètres environnementaux du lac Iro en 201-6 sont résumés sur le tableau 1.

Stations Des pêcheurs	Stations	T (°C)	pH	Prof. (m)	Turb (cm)	O <sub>2</sub> dissous (mg/L)	Tx O <sub>2</sub> (%)	Cond (µs/cm)	TDS (mg/L)
Hadjer	Transect 1	32,6	7,52	0,8	15	0,02	0,4	167	167
Ngato	Transect 2	30,9	6,74	0,9	10	0,02	0,3	171	175
Garbahr	Transect 3	31,4	7,1	0,57	10	0,45	0,3	164	163
Embouchure	Transect 4	28,7	7,4	0,8	10	0,6	8,5	166,8	167
Charouba	Transect 5	30,6	7,8	0,34	10	0,46	6,4	171,4	171
Loungou	Transect 6	29,9	8,3	0,5	10	0,82	12,5	164,7	165
Bouné	Transect 7	26,9	6,55	0,7	15	0,41	4,9	244	244
Kouré	Transect 8	27,8	7,18	0,8	10	0,49	6,5	175,4	175
Darbahr	Transect 9	29,3	8,08	0,45	12	0,54	14,3	169	169
Tiondi	Transect 10	30,4	7,72	0,25	10	0,64	9	168,9	169
Wah	Transect 11	29,6	7,01	0,45	11	0,14	2,1	240	238
Boum kébir	Transect 12	29,5	7,1	0,3	10	0,1	1	275	276
<b>Moyennes</b>		<b>29,8</b>	<b>7,38</b>	<b>0,57</b>	<b>11,08</b>	<b>0,39</b>	<b>5,43</b>	<b>119,17</b>	<b>189,92</b>

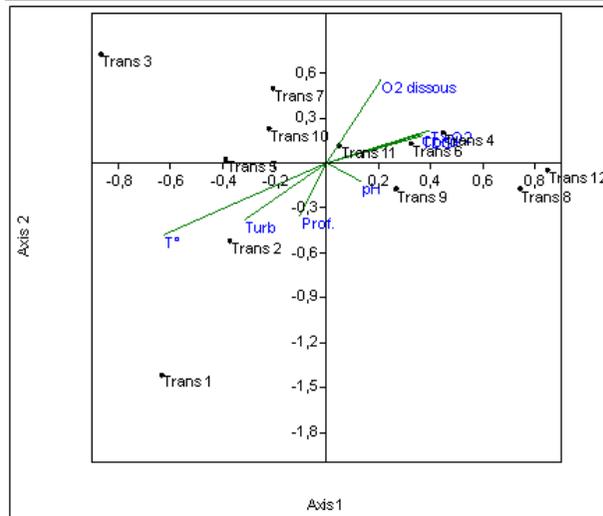
**Tableau 1.** Résultats des données physico-chimiques de l'eau.

*Prof. : Profondeur ; Turb : Turbidité ; Cond : Conductivité ; TDS : Solides Totaux Dissouts.*

La température moyenne globale du lac lors de cette étude a été de 29,8° C. La température moyenne la plus basse (26,9° C) a été enregistrée sur le transect 7 et la température moyenne la plus haute (32,6°C) a été observée au niveau du transect 1. Le pH moyen du transect 9 est le plus élevé (8,3) et la moyenne minimale (6,55) est rencontrée sur le transect 7. La profondeur maximale de 0,9 m a été rencontrée sur le transect 2. Les valeurs moyennes de la transparence ont fluctué entre 10 cm et 15 cm dans la plupart des transects. La valeur moyenne de l'oxygène dissous a été plus forte (0,82 mg/L) au niveau du transect 6 et faible (0,02 mg/L) au niveau des transects 1 et 2. Le taux moyen de saturation en oxygène dissous le plus élevé (14,3%) a été enregistré au niveau du transect 9 et le plus bas (0,3%) au niveau des transects 2 et 3. Le transect 12 a été marqué par une conductivité moyenne élevée (275 µs/cm) et par un TDS également plus important (276 mg/l), au transect 3 la conductivité (164 µs/cm) et le TDS minimal (163 mg/l) ont été les moins importants. Ces résultats montrent une relative homogénéité du milieu sauf au niveau de l'oxygène dissous et du taux d'oxygène où les amplitudes entre certains transects sont assez considérables.

La figure 2 visualise l'analyse canonique des correspondances de 12 transects, 30 espèces végétales recensées et 8 variables physico-chimiques de l'eau. Elle a permis de mettre en évidence la répartition des transects en fonction des variables du milieu. L'axe factoriel F1 discrimine les transects 1, 2, 3, 5, 7 et 10 qui sont négativement corrélés à la température, à la profondeur

et à la turbidité. Les autres transects positivement corrélés par l'axe F1 sont séparés en deux groupes suivant l'axe F2. Du côté négatif de l'axe F2, les transects 8, 9 et 12 sont regroupés autour du pH tandis que du côté positif de cet axe, s'individualisent les transects 4, 6 et 11 inféodés de l'oxygène dissous, du taux d'oxygène et les solides totaux dissouts.



**Figure 2.** Analyse canonique des correspondances des paramètres physico-chimiques et des transects.

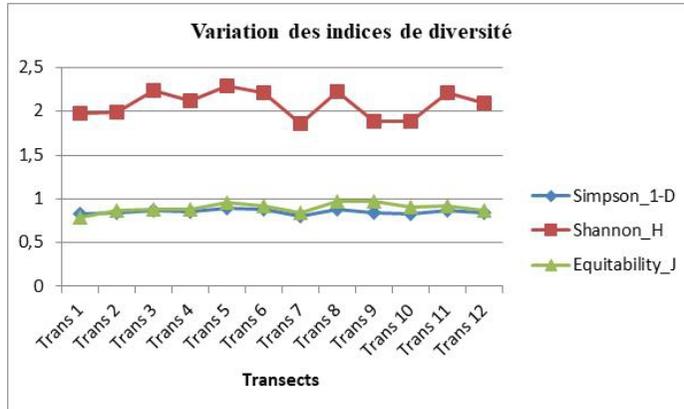
### Diversité floristique

Les valeurs des indices de Shannon, de Simpson et d'équitabilité de Piélu enregistrees sur les différents transects sont matérialisées sur le tableau 2 et la figure 3.

Transects	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Taxa_S	12	10	13	11	11	11	9	10	7	8	11	11
Dominance_D	0,17	0,16	0,13	0,14	0,11	0,12	0,2	0,12	0,16	0,178	0,129	0,154
Simpson_1-D	0,83	0,84	0,87	0,86	0,89	0,88	0,8	0,88	0,84	0,822	0,871	0,846
Shannon_H	1,98	1,99	2,24	2,12	2,29	2,22	1,86	2,23	1,88	1,889	2,212	2,089
Equitability_J	0,8	0,86	0,87	0,88	0,95	0,92	0,84	0,97	0,97	0,909	0,922	0,871

**Tableau 2.** Variation des indices de Shannon, de Simpson et d'Equitabilité

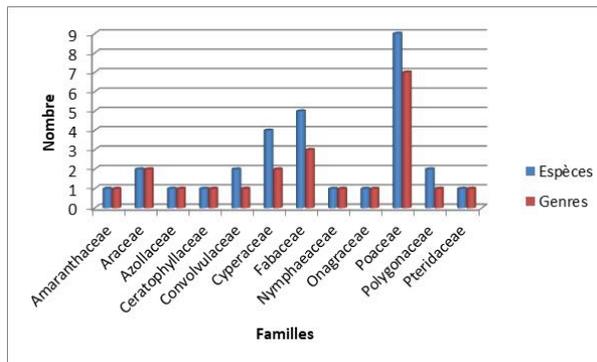
Le transect le plus long est constitué de 13 espèces tandis le plus court n'en compte que 7. Les valeurs de l'indice de Shannon (H') qui varient de 1,88 à 2,29 bits, ont révéle que les transects 9 et 10 sont les moins diversifiés alors les transects 5 et 3 sont les plus diversifiés. La Figure 3 montre que les indices de Simps



**Figure 3.** Courbes des variations des indices de Shannon, de Simpson et d'Equitabilité sur les différents transects.

### Flore

Il a été recensé 30 espèces réparties entre 21 genres et 12 familles. Cette flore est composée de 96,42% d'Angiospermes et de 3,58% de fougères. La famille des *Poaceae* est la mieux représentée (20%) suivie des *Fabaceae* (18%) et des *Cyperaceae* (11%) (Figure 4). Les espèces les plus fréquentes et présentes sur presque tous les transects sont : *Echinochloa colona*, *Echinochloa stagnina*, *Neptunia oleracea*, *Ceratophyllum demersum*, *Pistia stratiotes*, etc.



**Figure 4.** Spectre des Familles, Genres et Espèces dans le lac Iro

Tableau 3. Liste des macrophytes rencontrées dans le lac Iro n et d'Equitabilité de Piélou ont décrit les mêmes allures.

Espèces	Familles	Type biologique	Fr (%)	Codes
<i>Aeschynomene elaphroxylon</i> (Guill & Perr.) Taub	<i>Fabaceae</i>	Hélophyte	25	Ael
<i>Aeschynomene afraspera</i> J. Léonard.	<i>Fabaceae</i>	Hélophyte	25	Aaf
<i>Aeschynomene indica</i> L.	<i>Fabaceae</i>	Hélophyte	8	Ain

<i>Anosporum pectinatus</i> (Vahl) Lye	<i>Cyperaceae</i>	Hélophyte	8	Cpe
<i>Azolla pinnata subsp africana</i> Desv.	<i>Azollaceae</i>	Hydrophyte flottante libre	50	Api
<i>Centrostachys aquatica</i> (R. Br) Wall.	<i>Amaranthaceae</i>	Hélophyte	8	Caq
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	<i>Ceratophyllaceae</i>	Hydrophyte flottante Immergée libre	100	Cde
<i>Ceratopteris thalictroides</i> (L.) Brongn.	<i>Pteridaceae</i>	Hydrophyte flottante émergée	8	Cth
<i>Cyperus laevigatus</i> L.	<i>Cyperaceae</i>	Hélophyte	8	Cle
<i>Cyperus pustulatus</i> R. Br.	<i>Cyperaceae</i>	Hélophyte	100	Cpu
<i>Echinochloa colona</i> (L) Link	<i>Poaceae</i>	Hydrophyte flottante Immergée libre	100	Eco
<i>Echinochloa stagnina</i> (Retz) P. Beauv.	<i>Poaceae</i>	Hydrophyte flottante Immergée libre	83	Est
<i>Eragrostis atrovirens</i> (Desf) Trin. Ex Steud.	<i>Poaceae</i>	Hélophyte	33	Eat
<i>Ipomoea aquatica</i> Forssk.	<i>Convolvulaceae</i>	Liane Hélophyte	17	Iaq
<i>Ipomoea rubens</i> Choisy	<i>Convolvulaceae</i>	Liane Hélophyte	8	Iru
<i>Lemna minor</i> L.	<i>Araceae</i>	Hydrophyte flottante Immergée	83	Lmi
<i>Leersia hexandra</i> Sw.	<i>Poaceae</i>	Hélophyte	83	Lhe
<i>Ludwigia adscendens subsp</i> <i>diffusa</i> (Forssk) P.H. Raven	<i>Onagraceae</i>	Hydrophyte flottante Fixée	8	Lst
<i>Neptunia oleracea</i> Lour.	<i>Fabaceae</i>	Hélophyte	8	Nol
<i>Nymphaea lotus</i> L.	<i>Nymphaeaceae</i>	Hydrophyte flottante Fixée	75	Nlo
<i>Persicaria decipiens</i> (R. Br) K. L. Wilson	<i>Polygonaceae</i>	Hélophyte	17	Pde
<i>Persicaria lapathifolia</i> (L.) Delarbre	<i>Polygonaceae</i>	Hélophyte	17	Pla
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. Ex Steud.	<i>Poaceae</i>	Hélophyte	8	Pau
<i>Pistia stratiotes</i> L.	<i>Araceae</i>	Hydrophyte flottante libre	17	Pst
<i>Pycreus mundtii</i> Ness	<i>Cyperaceae</i>	Hélophyte	8	Pmu
<i>Sesbania sesban</i> (L) Merril	<i>Fabaceae</i>	Hélophyte	17	Sse
<i>Setaria geminata</i> (Forssk.) Veldkamp	<i>Poaceae</i>	Hélophyte	8	Pge
<i>Sporobolus robustus</i> Khunt	<i>Poaceae</i>	Hélophyte	17	Sro
<i>Sporobolus spicatus</i> Khunt	<i>Poaceae</i>	Hélophyte	8	Ssp
<i>Vossia cuspidata</i> (Roxb) Griff	<i>Poaceae</i>	Hydrophyte flottante Immergée libre	33	Vcu

**Tableau 3.** Liste des macrophytes rencontrées dans le lac Iro n et d'Equitabilité de Piélou ont décrit les mêmes allures.

Le tableau 3 dresse la liste des espèces présentes dans le lac Iro, les types biologiques ainsi que les codes utilisés dans les analyses statistiques. La définition des types biologiques fait référence à Montegut (1987) :

- *Les hélophytes* : ce sont des plantes amphibies dont la base est normalement dans l'eau et dont le développement des parties reproductrices nécessite le contact avec l'atmosphère

- *Les hydrophytes fixés à feuilles flottantes* affleurantes possèdent un appareil racinaire, leurs parties végétatives traversent la colonne d'eau par les tiges ou les pétioles et viennent s'étaler à la surface de l'eau (feuilles).

- *Les hydrophytes libres ou pleustophytes* ne possèdent aucun système de fixation sur le substrat, ils peuvent être soit flottants, soit nageants en pleine eau comme *Utricularia sp.*

### Groupements végétaux aquatiques

L'analyse DCA de la végétation a permis de distinguer 7 groupements végétaux suivant les recouvrements des espèces majeures.

Trois types des groupements (G1, G2 et G3) sont identifiés sur tous les transects. La physionomie floristique de ces trois groupements marque la zonation globale du lac. La figure 5 rassemble les diagrammes des transects (1, 5, 6, 7, 8 et 9) qui ne renferment principalement que ces trois groupements accompagnés de faibles variations de composition floristique suivant les milieux.

- Groupement à *Echinochloa stagnina* (G1).

Ce groupement est essentiellement représenté par *Echinochloa stagnina* en peuplement souvent très dense (recouvrement de 100%) et monospécifique. On note la présence plus ou moins discrète de *Ceratophyllum demersum*, *Aeschynomene crassicaulis*, *Azolla pinnata subsp africana* et *Lemna minor*. Ce groupement flottant peut parfois dépasser 1,75 m de hauteur et colonise régulièrement l'auréole interne la plus profonde (> 0,30 m) des transects sur une bande qui s'étale de 50 à 500 m.

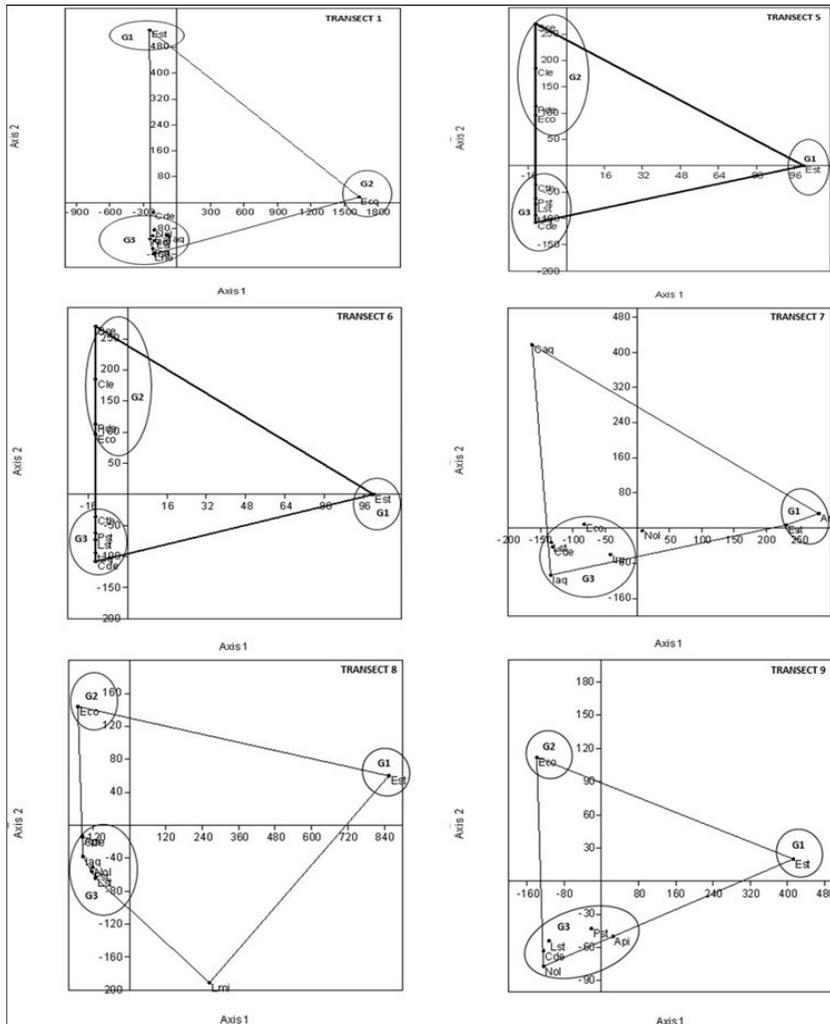
- Groupement *Echinochloa colona* (G2).

Dans ce groupement, *Echinochloa colona* a une position dominante comme *Echinochloa stagnina* dans le Précédent. Ce groupement occupe la ceinture périphérique du lac et souvent dégradée par le surpâturage et les zones peu profondes (0 à 0,30 m). La hauteur de cette végétation atteint rarement 1 m et souvent dégradée par le surpâturage. Dans les parties où *Echinochloa colona* est moins dense, on rencontre invariablement des espèces enracinées dans la vase ou flottantes telles que : *Neptunia oleracea*, *Pistia stratiotes*, *Ceratophyllum demersum*, *Persicaria decipiens*, *Ipomoea aquatica*...

- Groupement *Neptunia oleracea* et *Ludwigia adscendens* subsp. *diffusa* (G3)

La végétation de ce groupement se trouve également sur presque tous les transects. C'est un ensemble de tapis flottants de 10 à 30 cm de haut de

composition floristique très variable intercalé entre les deux groupements précédents. Ces deux espèces sont souvent entremêlées avec d'autres espèces rampantes telles que *Ipomoea aquatica* et *Ipomoea rubens* dont l'importance varie suivant les transects. On y trouve régulièrement éparpillées dans cette masse : *Pistia stratiotes*, *Ceratophyllum demersum*, *Azolla pinnata* subsp *africana* et *Lemna minor*.

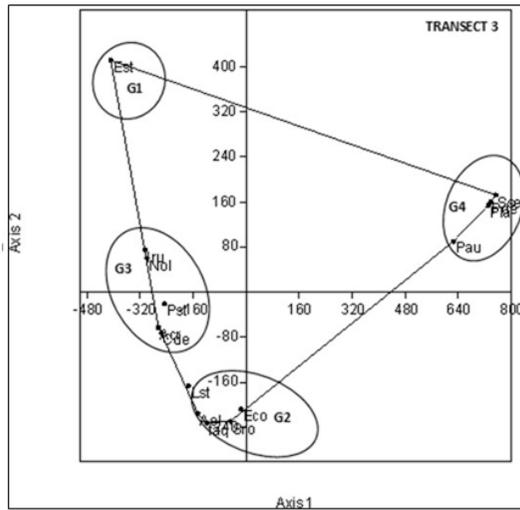


**Figure 5.**Diagrammes des transects renfermant uniquement les trois principaux groupements à *Echinochloa stagnina* (G1), *Echinochloa colona* (G1) et *Neptunia oleracea* et *Ludwigia adscendens* subsp. *diffusa* (G3)

- Groupement à *Phragmites australis* (G4) :

Ce groupement est situé sur les berges au point de départ du transect 3. La principale espèce est le *Phragmites australis* (figure 6). C'est un

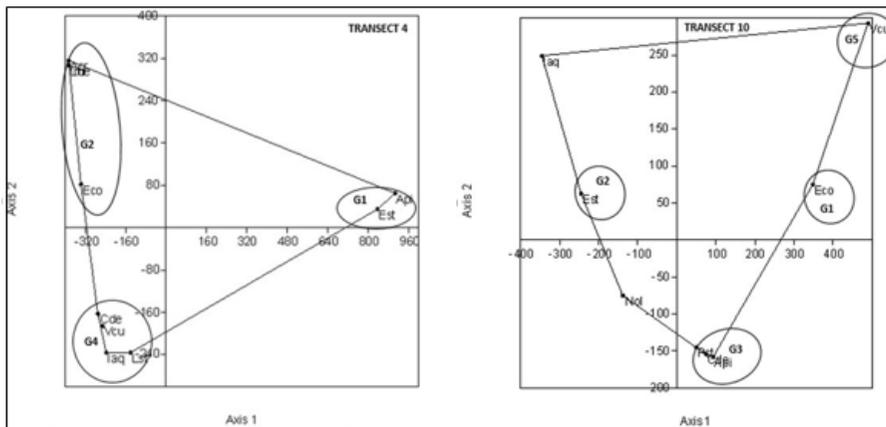
peuplement d'une hauteur moyenne de 1,80 m. Les autres espèces de ce groupement sont : *Persicaria decipiens* et *Persicaria lapathifolia*.



**Figure 6 :** Diagramme comportant les trois principaux groupements et le groupement à *Phragmites australis* (G4)

- Groupement à *Vossia cuspidata* (G5) :

Ce groupement est moins fréquent et ne se rencontre que sur les transects 4 et 10 (Figure 7). L'espèce dominante est le *Vossia cuspidata*.

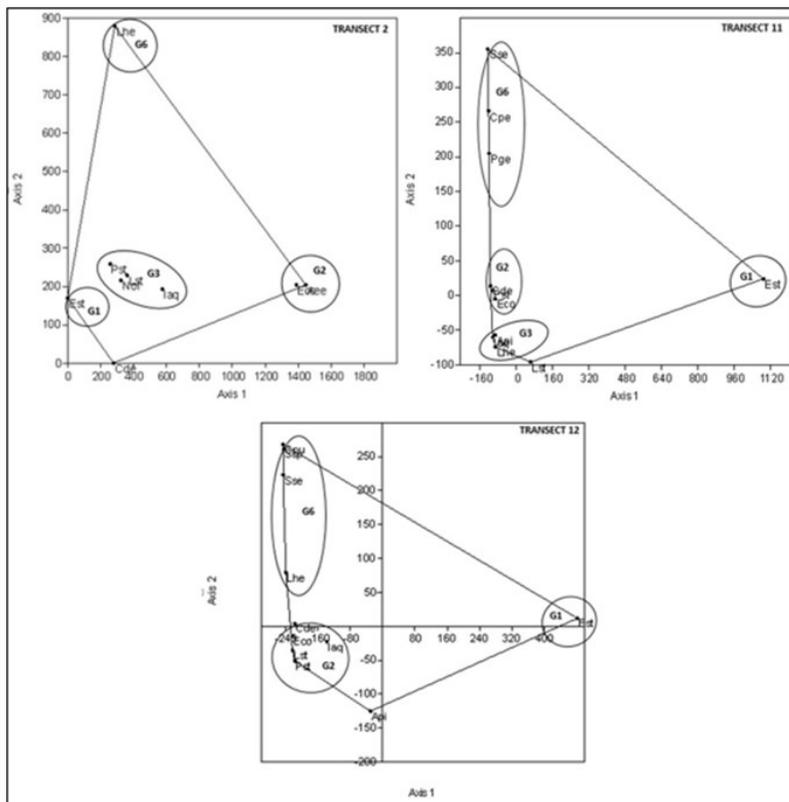


**Figure 7 :** Diagramme comportant les trois principaux groupements et le groupement à *Vossia cuspidata* (G5).

- Groupement à *Leersia hexandra* et *Cyperus* ssp (G6) :

Sur la figure 8 sont regroupés des transects qui diffèrent des précédents par la présence de certains végétaux amphibies qui deviennent plus ou moins abondants sur les parties plus exondées. Ce sont des fragments de prairies plus

ou moins sèches constitués de *Poaceae* telles que *Leersia hexandra*, *Sporobolus spicatus*, *Sporobolus robustus*... et des *Cyperaceae* telles que *Cyperus pustulatus*, *Anosporum pectinatus* et *Pycreus mundtii*.



**Figure 8 :** Diagramme comportant les trois principaux groupements et le groupement à *Leersia hexandra* et *Cyperus ssp* (G6).

L'image satellitaire de la figure 9 ci-dessous montre les zonations majeures de la végétation du lac Iro caractérisée par les trois groupements végétaux dominants.

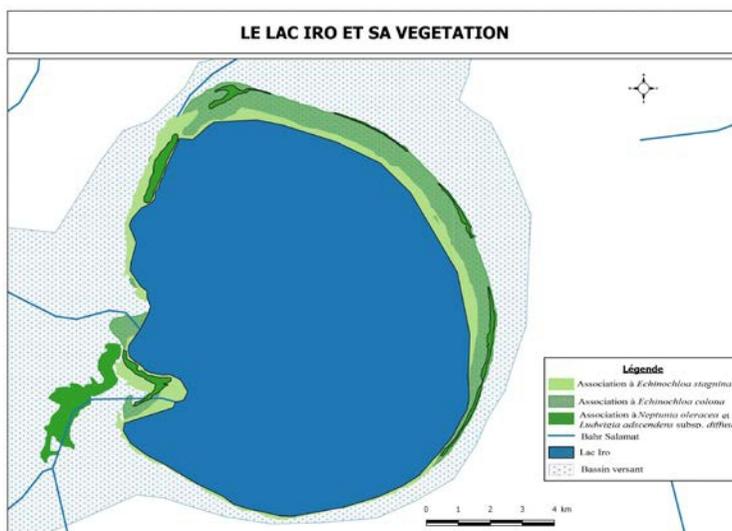


Figure 9. carte de zonation végétale du lac Iro

## Discussion

### Caractéristiques physico-chimiques de l'eau du lac

La température moyenne de 29,8 °C exprime le fait que l'eau du lac est restée assez chaude pendant cette période de l'année entre mars-avril. Elle est comparable à celle de certains cours d'eau au Cameroun (Taffouo et al., 2017). La différence de 5 °C observée entre le transect le plus chaud et le transect le plus froid pourrait s'expliquer par la densité de la couverture végétale, la profondeur et la turbidité comme ressortie dans l'analyse canonique. De façon globale, la température du lac Iro est favorable aux espèces aquatiques (Noumon et al., 2015 ; Dimon et al., 2014). La valeur moyenne du pH (7,38) indique une eau proche de la neutralité et de bonne qualité selon la grille de la valeur indicatrice (Beaux, 1998). Si les pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique, ceux qui sont élevés augmentent les concentrations d'ammoniac toxique pour les poissons (De Villier et al., 2005). Cette qualité de l'eau serait due à la présence des macrophytes en décomposition qui baisserait le pH (Atanle et al., 2012). La turbidité est une grandeur qui permet d'évaluer la quantité de la matière en suspension dans l'eau (Houma et al., 2004). La moyenne de cette turbidité est relativement élevée. Ceci pourrait s'expliquer par la présence massive de la matière organique végétale en décomposition ou issue des déjections des animaux. L'oxygène dissous présente une valeur moyenne très faible inférieure à 1 mg d'O<sub>2</sub> par litre et indique un état proche de l'anaérobie (De Villier et al., 2005). Selon ces auteurs, cet état se produit lorsque les processus d'oxydation des déchets minéraux, de la matière organique et des nutriments consomment plus

d'oxygène que celui disponible. Cela confirme l'état de la pollution du milieu par les activités humaines, les déchets animaux et la matière organique en décomposition. La conductivité d'une eau est une expression numérique de sa capacité à conduire le courant électrique. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La valeur moyenne de 119,17  $\mu\text{S}/\text{cm}$  inférieure à la moyenne standard corrobore une fois de plus, une faible minéralisation du lac Iro et sa grande quantité de la matière organique. Cette situation concorde aussi avec la faible valeur moyenne (189,92 mg/L) des Solides Totaux Dissous (TDS).

### **Richesse floristique**

La flore du lac est constituée de 30 espèces réparties entre 21 genres et 12 familles. Elle est essentiellement composée d'Angiospermes et de quelques fougères. Les familles des Poaceae, des Fabaceae et des Cyperaceae sont les mieux représentées. Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon qui varient de 1,88 à 2,29 bits montrent que la végétation du lac Iro n'est pas très diversifiée pendant la période de cette étude. En effet, l'étude a été menée à une période correspondant à la saison de grande décrue du lac. Les espèces inventoriées sont situées à la limite de l'eau car au fur et à mesure que l'eau se retire la zone émergée est soit progressivement occupée par des champs de sorgho ou par les cultures maraichères, soit la végétation systématiquement broutée par le bétail. Les espèces rencontrées sont très majoritairement aquatiques, très peu d'espèces amphibies ou semi-aquatiques des berges. La rareté des Nymphaeaceae et Polygonaceae pendant cette période alors qu'elles sont très répandues dans les eaux douces (Iltis et Lemoalle 1979 ; Saradoum et al, 2012) peut s'expliquer par la forte baisse du niveau de l'eau. Certes la diversité floristique est faible mais les espèces clés de cette végétation telles que *Echinochloa colona*, *Echinochloa stagnina*, *Voscia cuspidata*, *Neptunia oleracea* et *Ludwigia adscendens* subsp. *diffusa* ont des recouvrements très importants formant souvent des peuplements denses. Une espèce de Ptéridophytes, *Ceratopteris cornuta*, aperçue sur un seul transect et selon les pêcheurs, c'est la première fois qu'elle a fait son apparition en 2015 sur le lac. Elle n'a pas été revue en 2016.

### **Groupements végétaux**

Les résultats de cette étude ont fait ressortir plusieurs groupements déjà décrits et validés. De ce fait, les désignations syntaxonomiques correspondant à leurs éléments caractéristiques sont utilisées en remplacement du mot groupement.

L'association à *Echinochloa stagnina* peut être assimilée à la *Echinochloetum stagninae* décrit dans l'ex Congo Belge actuellement République Démocratique du Congo (Robyns, 1936). Il occupe la ceinture

intérieure du lac formant de vastes îles flottantes presque pures. On y observe parfois quelques incursions de *Ceratophyllum demersum*, *Aeschynomene crassicaulis*, *Azolla pinnata* subsp *africana* et *Lemna minor* à la périphérie. En Afrique tropicale, on trouve *Echinochloa stagnina* du niveau de la mer jusqu'à 2300 m d'altitude, en eaux peu profondes, dans les marécages et sur des sols argileux régulièrement inondés (Brink, 2006). Cette espèce vulgairement appelée bourgou ou roseau sucré a une haute potentialité fourragère mais joue également un rôle épurateur des eaux polluées (Moustapha et al., 2012).

Le *Echinochloetum colonae* est décrit en combinaison avec d'autres espèces dans une nouvelle alliance *Panico laeti-Echinochloion colonae* constitué de 5 associations dans les zones semi-arides et subhumides de l'Afrique de l'ouest (Müller et Wezel, 2006). Il occupe la ceinture périphérique du lac et les espèces qui accompagnent ce groupement sont majoritairement des hydrophytes fixées ou héliophytes des genres *Sesbania*, *Aeschynomene*, *Sporobolus* et *Cyperus*. *Echinochloa colona* est considérée par certains auteurs (Andrew, 2018) comme une espèce invasive qui a un impact négatif sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques ou semi-aquatiques. Cette partie de la végétation subit toute sorte de pressions (surpâturage, piétinement et feux de brousse).

L'association à *Neptunia oleracea* et *Ludwigia adscendens* subsp. *diffusa* peut être classée la classe des *Potametea* Tüxen et Preising 1942. Elle est constituée d'une mosaïque d'espèces telles que *Pistia stratiotes*, *Ceratophyllum demersum*, *Ipomoea aquatica* et *Ipomoea rubens* qui entrent dans la dénomination de plusieurs associations végétales selon leur importance. Par exemple un groupement à *Pistia stratiotes* a été déterminé dans le Ferlo (Sarr et al., 2001). En Afrique, la FAO (2002) a qualifié *Pistia stratiotes* d'espèce envahissante contre laquelle il faut lutter. Un groupement à *Azolla pinnata* et *Ludwigia stolonifera* a été décrit dans le delta du fleuve Sénégal et le lac des Guiers (Thiam, 2012). Dans les communautés végétales aquatiques de la classe des *Potametea* du lac Tonga, *Ceratophyllum demersum* entre dans la dénomination des certaines Ordres, Alliances ou Associations en compagnie d'autres espèces (Kadid et al., 2007). Cependant, il faut noter que cette espèce présente des difficultés taxonomiques. *Ceratophyllum demersum* est largement utilisé en Afrique tropicale (Ndour, 2019 ; Potères, 1950) alors que certains auteurs (Vandhen Berghen, 1998) ont signalé que la famille de *Cerathophyllaceae* n'est représentée en Afrique occidentale que par une espèce qui est *Ceratophyllum muricatum* et cela est confirmé par la répartition de *Ceratophyllum demersum* sur d'autres continents (Syed et al., 2018 ; Les, 1986).

L'association à *Phragmites australis* peut s'intégrée dans le *Phragmitetum australis* (Lebrun 1947) très répandue à travers le monde où plusieurs études ont démontré qu'il est envahissant (Fetnaci et al., 2019 ;

Lavoie, 2012). Autour du lac Iro, elle a une extension limitée au départ d'un seul transect sur quelque vingtaine de mètre. Cela peut s'expliquer par le fait que ce groupement soit constamment soumis aux feux de brousse.

L'association à *Vossia cuspidata* ou le *Vossietum cuspidatae* déjà signalée en République Démocratique du Congo (Lebrun 1947 ; Robyns, 1936), présente les mêmes caractéristiques que le groupement à *Echinochloa stagnina* et *Echinochloa colona*. Elle forme des îlots flottant plus réduits.

Le groupement à *Leersia hexandra* et *Cyperus* ssp est moins bien structuré que les autres et très fragmentaire. Il occupe les berges temporairement inondées et dégradé par diverses pressions anthropiques.

### **Menaces et pressions**

La végétation du lac Iro est soumise à des pressions diverses qui menaceraient sa dynamique si des mesures de conservation ne sont pas prises. La forte concentration quasi permanente entraîne des conséquences sur les possibilités de régénération et sur la qualité de l'eau. Les déjections animales sont des sources de pollution et de l'eutrophisation de l'eau. Elles influent également sur l'oxygénation de l'eau. Les éleveurs coupent les herbes des parties profondes comme fourrage tandis que les pêcheurs font des trouées importantes dans la végétation pour optimiser les prises de poissons. Ce dégarnissement de la surface de l'eau s'accompagne d'une forte évaporation réduisant rapidement la superficie du lac. En plus, le prélèvement d'espèces d'intérêt socioéconomique risque de favoriser la prolifération des espèces envahissantes qui actuellement n'ont pas un impact significatif. Tous ces facteurs conduiront forcément à un changement de la composition des phytocénoses et de la biodiversité.

### **Conclusion**

L'étude dans lac Iro a permis d'apprécier la qualité de l'eau, d'évaluer la diversité floristique et d'identifier des groupements végétaux dont certains peuvent être intégrés dans des syntaxons existants. La principale pression qui s'exerce sur cette végétation est le surpâturage mais aussi certaines pratiques de la pêche. Si la tendance à l'augmentation croissante de la quantité de matière en décomposition issue de ces activités et la dégradation du couvert végétal ne s'inversait pas, la capacité épuratrice des macrophytes sera dépassée par l'ampleur de la pollution. On évoluerait vers un état trophique de l'eau néfaste au développement des espèces animales et végétales aquatiques. Cette éventuelle catastrophe peut être évitée si des mesures efficaces de protection et de conservation sont prises et appliquées dès maintenant. Ces mesures doivent s'orienter vers une maîtrise de la prolifération des espèces envahissantes, la salubrité des berges et la promotion des espèces à haute

potentialité épuratrice. Cette étude doit être suivie par d'autres travaux à des périodes différentes de l'année pour être plus complète.

### Remerciements

Les auteurs adressent leurs sincères remerciements au projet FSP Grands Ecosystèmes Lacustres Tchadiens (GELT) et la Coopération Française pour avoir initié et accompagné cette recherche. Leur reconnaissance va également à l'endroit de tous les collègues pour leur apport multiforme au cours des missions de terrain et à M. Hoinathy Noubatan pour sa contribution à la réalisation de la carte de végétation.

### References:

1. Agropolis International, (2007). Ecosystèmes aquatiques : Ressources et Valorisation. Dossiers numéro 6. 67 p.
2. Amngar, G., Hamit, A. & Deschamps P. (2018). Caractérisation des paramètres physico-chimiques des eaux souterraines ; implication pour l'évaluation des potentialités des ressources en eau du bassin hydrogéologique de la région du Lac Iro (République du Tchad). International Journal of Biological and Chemical Sciences, Vol 12, No 5, 2446-2463.
3. Andrew, S.M. (2018). Invasive Species *Echinochloa colona* Reduces Abundance and Diversity of Resident Plant Communities in Tropical Wetland. Open Journal of Ecology, 8, 483-494.
4. APG IV. (2016). An update of the Angiosperms Phylogeny Group classification for the orders et families of flowering plants. Botanical Journal of Linnean Society, 180, 1-20.
5. Atanle, K., Moctar, L., Bawa, Kokou K. & Gbandi D. B. (2012). La caractérisation physicochimique et diversité phytoplantonique des eaux du lac de Zowla (Lac Boko), au Togo. J. Appl. BioSci., 64 : 4847-4857.
6. Beaux, J. F. (1998). L'environnement, Repères pratiques. Nathan, 160p.
7. Bechir, A. B., Mian-Oudanang, K., Alhassine, M. & Tchoudiba, B. T. (2019). La végétation pastorale du Lac Fitri : état des lieux et dynamique, IRD, 189-202.
8. Blondel, J. (1979). Biogéographie et écologie. Masson, Paris, 173 p.
9. Braun-Blanquet, J. (1932). Plant sociology: the study of plant communities. McGraw Hill, New York, 439 p
10. Brink, M. (2006). *Echinochloa stagnina* (Retz.) P.Beauv. In: Brink, M. & Belay, G. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands.

11. Carmouze, J.P., Fotius, G. & Leveque, C. (1978). Influence qualitative des macrophytes sur la régulation hydrochimique du lac Tchad. Cah. ORSTOM, ser. Hydrobio., 12 (1), 65-69.
12. César, J. & Chatelain, C. (2019). Flore illustrée du Tchad. Conservatoire et Jardin botanique de Genève en co-édition avec l'Université de N'Djaména et la Coopération Suisse au Tchad, 767 p.
13. Chauvin, C., Bertrin, C., Boutry, S., Feret, T., Loriot, S. & Dutartre, A. (2014). Des méthodes basées sur les peuplements de macrophytes pour évaluer l'état écologique des milieux aquatiques ; Sciences Eaux & Territoires, 15, 54-59.
14. Dajoz, R. (2006). Précis d'écologie. 8e édition Dunod, Paris, 434 p.
15. De Villers, J., Squilbin, M. & Yourassowsky, C. (2005). Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement. 16 p.
16. Dimon, F., Dovonou, F., Adjahossou, N., Chouti, W., Mama, D., Alassane, A. & Boukari M. (2014). Caractérisation physico-chimique du lac Ahémé (Sud Bénin) et mise en relief de la pollution des sédiments par le plomb, le zinc et l'arsenic. J. Soc. Ouest-Afr. Chim. 37 ; 36-42
17. FAO (2002). Luttés contre les principaux végétaux aquatiques envahissants en Afrique. Activités et succès de la FAO 1991-2001. 28p.
18. Fazul, A., Rachiq, S., Mikou, K. & Saidomar, S. H. (2013). Contribution à l'étude de la flore aquatique d'un lac de montagne : Lac Dayet Aoua (Maroc). Afrique SCIENCE 09(3) 103-112.
19. Fetnaci, I., Beddiar, A. & Hamel, T. (2019). Le lac Fetzara (Nord-Est algérien): Biodiversité floristique et menaces potentielles. Fl. Medit. 29 : 227-245
20. Frontier, S., (1983). Stratégies d'échantillonnage en écologie. Masson, Paris, 494 p
21. Gillet, F., De Foucault, B. & Julve, P. (1991). La phytosociologie synusiale intégrée : objets et concepts. Candollea, 46, p 315 -340.
22. Grall, J. & Coic, N. (2005). Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. éd. Ifremer, 91 p.
23. Hill, M. O. & Gauch, H. G. Jr. (1980). Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. Vegetatio, 42, 47-58.
24. Houma, F., Belkessa, R., Khouider, A., Bachari, N. & Derriche, Z. (2004). Étude corrélative des paramètres physico-chimiques et des données satellites IRS1C pour caractériser la pollution aquatique. Application à la baie d'Oran, Algérie. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, 17 (4), 429-446.

25. Iltis, A. & Lemoalle, J. (1979). La végétation aquatique du lac Tchad. ORSTOM ; Réunion de Travail sur la Limnologie Africaine, Nairobi (Kenya), 17 p.
26. Jouret, B. (1972). La méthode du transect appliquée à l'analyse urbaine. Un exemple bruxellois. Revue de géographie de Lyon, 47 (1), 77-96.
27. Kadid, Y., Thébaud, G., Pétel, G. & Abdelkrim, H. (2007). Les communautés végétales aquatiques de la classe des Potametea du lac Tonga, El-Kala, Algérie, Acta Botanica Gallica, 154 : 4, 597-618,
28. Lacroix, G. & Danger, M. (2008). Des réseaux trophiques au fonctionnement des écosystèmes lacustres : vers une intégration de l'hétérogénéité et de la complexité. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, 21 (2), 155–172.
29. Lavoie, C. (2012). Le roseau commun au Québec : enquête sur une invasion. Le naturaliste canadien ; 136 No 3 ; 33-39.
30. Lebrun, J. (1947). La végétation de la plaine alluviale au sud du lac Edouard. Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge, Bruxelles, Fascicule 1, 391 p.
31. Lemoalle, J., Bader, J-C., Leblanc, M. & Sedick A. (2012). Recent changes in Lake Chad : observations, simulations and management options (1973-2011), Global and Planetary Change 80-81 : 247-254.
32. Léonard, J., (1974). Aperçu sur la végétation de la partie est du lac Tchad. ORSTOM, N'Djaména, 14 p.
33. Les, D. H. (1986). The phytogeography of *Ceratophyllum demersum* and *C. echinatum* (Ceratophyllaceae) in glaciated North America. Can. J. Bot. 64: 498 – 509.
34. Mikail, A., Karar, M., Tidjani, A., Mahonte, S., Brahim, B.O. & Laleye, P. (2018). Impact of Intensification of Agropastoral Activities on the Water Quality of Lake Fitri, International Journal of Sciences, vol 7, 66-73.
35. Montegut, J., (1987). Le milieu aquatique : Tome1: Milieu aquatique et flore. Paris : ACTA, 60 p.
36. Moustapha, A. M., Sanoussi, A., Sani, L. M. & Alfazazi, Y. (2012). Traitement des eaux usées par lagunage : Evaluation de la production et du pouvoir épurateur du bourgou (*Echinochloa stagnina*). Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) Numéro spécial Productions Végétales & Animales et Economie & Sociologie Rurales. 47-55.
37. Müller, J.V. & Wezel, A. (2006). Inundated grasslands with *Echinochloa colona* (L.) Link in semi-arid and sub-humid West Africa. Belgian Journal of Botany 139 (2): 203-219.

38. Ndour, S., Mbaye, M. S., Diouf, J., Mballo, R., Sarr, M., Gueye, M. & Noba K. (2019). Impacts écologiques et socio-économiques de *Ceratophyllum demersum* L., une plante aquatique envahissante dans le delta du fleuve Sénégal, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13(6): 2739-2749.
39. Noumon, C. J., Mama, D., Dedjiho, C. A., Agbossou, E. & Ibouraima, S. (2015). Evaluation
40. de la qualité physico-chimique et du risque d'eutrophisation de la retenue d'eau de
41. Kogbétohouè (Sud-Bénin), *Journal of Applied Biosciences*, 85, 7848 – 7861.
42. OFEV (2009). Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Macrophytes : Instructions pour le prélèvement d'échantillons. Office fédéral de l'environnement, Berne : 60 p.
43. Paigbc, 2012. Plan d'aménagement intégré à base communautaire, site de Boum kébir. Ministère de l'Environnement et des Ressources halieutiques, direction des pêches et de l'aquaculture, 110 p.
44. Pias, J. (1970). La végétation du Tchad : ses rapports avec le sol. Variations paléobotaniques au quaternaire. Contribution à la connaissance du bassin tchadien. ORSTOM, n°6. Paris, 49 p.
45. Pias, J. & Barbery J. (1965). Cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000 : feuilles de Lac Iro - Djouna. Paris : ORSTOM, (25), 99 p. (Notice Explicative ; 25).
46. Potères, R. (1950). Compétition au sein de groupements végétaux aquatiques dans les lagunes de la Côte d'Ivoire, *Bulletin de la Société de Botanique de France*, 97 : 4-6, 102-112.
47. Robyns, W. (1936). Contribution à l'étude des formations herbeuses du district forestier central du Congo Belge. *Mem. Inst Roy Col Belge Section Méd* (5), 151 p.
48. Saradoum, G., Guissé, A., Diallo, A. & Faye, M. N. (2012). Characterization of herbaceous vegetation of the National Parc of Manda in Chad. *International Journal of Science and Advanced Technology*, 2 (6) 1-10.
49. Sarr, A., Thiam, A. & Bâ, A. T. (2001). Macrophytes et groupements végétaux aquatiques et amphibies de la basse vallée du Ferlo (Sénégal). *African Journal of Science and Technology (AJST). Science and Engineering Series Vol. 2, No. 1*, pp. 89-97
50. Saunier, M., Raimond, C. & Amba, B. A., (2017). Les « territoires d'eau » ou comment gérer les ressources halieutiques dans les espaces lacustres : les cas du lac Fitri et Iro. *Colloque international : « Recherches croisées sur les écosystèmes lacustres tchadiens »* 8-33.

51. Syed, I., Fatima, H., Mohammed, A. & Siddiqui, M. A. (2018) : Ceratophyllum demersum a Free-floating Aquatic Plant. Indian J.Pharm.Biol.Res.; 6(2):10-17.
52. Taffouo V. D., Saya R. A. I., Mbeng L. O. & Eyango M. T. (2017). Impacts des caractéristiques physico-chimiques des eaux sur la distribution du phytoplancton et des macrophytes de la rivière Nkam (Cameroun). Int. J. Biol. Chem. Sci. 11(4): 1766-1784
53. Thiam, M. A. (2012). Etude de la flore vasculaire, de la végétation et des macrophytes aquatiques proliférants dans le Delta du fleuve Sénégal et le Lac des Guiers (Sénégal). Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Faculté des Sciences et Techniques (Sénégal). 240 p.
54. Vandhen Berghen, C. (1988). Flore illustrée du Sénégal. Gouvernement du Sénégal, Ministère du Développement rural, Direction des Eaux et Forêts, Dakar, tome II, p 412.
55. Wiegleb, G. (1988). Analysis of Flora and Vegetation in Rivers: Concepts and Applications. In: Symoens J.J. (eds) Vegetation of inland waters. Handbook of vegetation science, vol 15-1. 311-340.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## Okuku Mary Obidiya,

Rivers State University / Rivers State University  
Teaching Hospital, Port Harcourt, Nigeria

## Dan-Jumbo Alali,

Rivers State University Teaching Hospital, Port  
Harcourt, Nigeria

---

Submitted: 26 October 2020  
Accepted: 07 December 2020  
Published: 31 December 2020

Corresponding author:  
*Okuku Mary Obidiya*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p128](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p128)

 Copyright 2020 Obidiya O.M,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCESS

---

Cite as:

Obidiya O.M, Alali D-J.(2020). Stigma As A  
Challenge To Adherence To Antiretroviral Therapy  
Among People Living With Hiv/Aids In Nigeria –  
A Review. *European Scientific Journal, ESJ, 16*  
(36), 1.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p128>

---

## Stigma as a Challenge To Adherence To Antiretroviral Therapy Among People Living With Hiv/Aids In Nigeria – A Review

---

### Abstract

Human Immunodeficiency Virus/ Acquired Immunodeficiency Syndrome (HIV/AIDS) still remains a public health challenge in Nigeria as people living with HIV/AIDS (PLWHA) do not adhere to their antiretroviral therapy (ART). Stigma is considered as a strong reason why people living with HIV/AIDS do not access HIV clinics and thus do not adhere to their treatment regimen. The objective of this study is to determine if stigmatisation affects adherence to ART. A comprehensive literature search of databases such as Medline, BioMed Central, Global Health (CABI), PUBMED, PsycINFO, Web of Science Core Collection and BMJ Best Practice was done to retrieve articles relevant for the study. Eleven (11) primary articles – descriptive cross-sectional surveys (from 2008 to 2020 - adults 19 years and above) of studies conducted in Nigeria which met the inclusion criteria was selected and reviewed. The result showed that low self esteem (internalized stigma), facility based (status disclosure), community based (hostility & restriction in family events), family based (not sharing cutleries / toilet facilities) and workplace based stigma (isolation by co-workers & threats of employment termination) contributed to non-adherence to ART. Sex workers do not feel free accessing HIV services due to fear of possible shaming and blaming by the service providers. The introduction of HIV and AIDS Anti-Discrimination Act 2014 enhance the protection of the fundamental rights of these PLWHA. The review concludes that stigma is a key factor to non-adherence to ART in Nigeria. This study recommends

adoption of human rights approach, strengthening of Anti-Discrimination Laws and future research on inclusion of family members in the treatment of PLWHA in Nigeria to promote their adherence to ART.

---

**Subject:** Medicine

**Keywords:** HIV, AIDS, Non-Adherence, Antiretroviral Therapy, Discrimination, Stigma, Nigeria

## **Introduction**

HIV-related stigma which is most times spiked by misinformation and myths is the negative attitude, prejudice, abuse or discrimination directed at PLWHA (Valdiserri, 2002; Rao et al., 2007). This includes being barred from accessing health care services, shunned by friends, community, family and being treated poorly in work or educational settings (Valdiserri, 2002; Dahlui, Azahar and Bulgiba, 2015). Generally in Nigeria, there are misconceptions that HIV/AIDS is a death sentence and is commonly associated with infidelity, and is perceived to be transmitted via sexual intercourse only (personal communication). The individuals mostly affected or discriminated against are MSM, sex workers and people who inject drugs, and this stigma is seen as a major reason why these persons refuse accessing care, refuse taking their ART and avoid disclosing their HIV status (Omosanya, Elegbede and Isinkaye, 2014; Dahlui, Azahar and Bulgiba, 2015; Odimegwu, Akinyemi and Alabi, 2017).

## **HIV and AIDS Anti-Discrimination Act 2014**

The legal system in Nigeria does not favour same sex marriage and being a sex worker is a taboo in some communities in Nigeria especially the Muslim communities who practice Shari'a law (Weimann, 2010; Sulaiman, 2016). These sexual acts are seen as punishable offences and as such could highly likely deter them from accessing HIV clinics for fear of disclosing their sexual orientations and identities (Weimann, 2010; Sulaiman, 2016). There are policies and legislations put in place by the Federal Government of Nigeria to protect the rights of PLWHA so that they can have free access to HIV treatment and other services without fear of discrimination (HIV and AIDS Anti-Discrimination Act 2014; Odimegwu, Akinyemi and Alabi, 2017).

For instance, in November 2014, HIV and AIDS Anti-Discrimination Act 2014 was passed into law by the Nigerian government. This HIV/AIDS Anti-Discrimination Act 2014 was enacted to protect the dignity and

fundamental human rights of PLWHA, through the elimination of all manner of discrimination due to their HIV status. It is also aimed at creating an environment that is supportive, both at the institutions, community and workplace. Additionally, whoever contravenes the HIV/AIDS Anti-Discrimination Act 2014 is liable to fine of ₦2,000,000 (\$5565) and ₦500,000 (\$1392) only for organisations and individuals respectively. Violation of this Act also attracts a 1year imprisonment or more if the offenders are unable to pay the stipulated fine (HIV/AIDS Anti-Discrimination Act 2014).

In a bid to create a global awareness on the harmful effects of stigmatization of PLWHA, every 1st of March is globally observed as Zero Discrimination Day (United Nations Programs on AIDS (UNAIDS), 2019). In a press statement on 01/03/2019 to mark the 2019 Zero Discrimination Day, the UNAIDS Executive Director Michel Sidibe, made a global appeal to all the countries to abolish discriminatory laws and treat PLWHA with respect and dignity (UNAIDS, 2019). Michel Sidibe reiterated in his press statement that there still exist some travel restrictions against PLWHA in some countries (UNAIDS, 2019). These travel ban makes it probable that there is the likelihood of PLWHA to be afraid of accessing HIV clinics or disclosing their status to avoid embarrassment by the authorities. This year on 01/03/2020, the new executive director of UNAIDS, Winnie Byanyima called for zero discrimination against women, girls and all persons vulnerable to / living with HIV/AIDS (UNAIDS, 2020). This suggests that stigmatization is still a problem and needs our collective efforts to support the PLWHA.

## **Methods**

These databases were searched comprehensively – MEDLINE, BioMed Central, Global Health (CABI), PUBMED, PsycINFO, Web of Science Core collection and BMJ Best Practice to retrieve primary articles focusing on non-adherence to ART (from 2008 -2020 – adults 19 years and above). A high of about 9875 hits was produced for MEDLINE hence limits was applied as that is a large amount of literature to read. Studies involving children, pregnant women and those written in other languages other than English, articles on pay per view were excluded and search narrowed down to studies in Nigeria only. A detailed approach was used to search all of the other databases as well. Eleven (11) primary articles (studies carried out in Nigeria) met the objective of this study and were used for this literature review.

Inclusion criteria: Keywords used for the search include: discrimination, stigma, non-adherence, barriers, challenges, therapy, antiretroviral and Nigeria. Articles written only in English, primary research studies, articles published 2008 to 2020, full text articles and articles on adults only were selected for the study.

## Results

The eleven (11) articles chosen discussed that stigma is one of the main reasons for non-adherence to ART among PLWHA in Nigeria (see Table 1).

**Table 1.** The 11 primary articles that identified stigmatization as a problem to adherence to ART in Nigeria.

	Authors	Sample size	Stigma % (percentage of persons who linked their non-adherence to ART to stigma)
1	Uzochukwu <i>et al.</i> (2009)	174	22.1
2	Agu <i>et al.</i> (2011)	118	5.6
3	Bello (2011)	213	3.3
4	Okoronkwo <i>et al.</i> (2013)	221	31.9
5	Oku <i>et al.</i> (2013)	411	12.2
6	Chineke <i>et al.</i> (2015)	400	12.7
7	Nduaguba <i>et al.</i> (2017)	361	2.5
8	Odili, Obiechie and Amibor (2017)	300	11
9	Afe, Motunranyo and Ogungbade (2018)	225	68
1 0	Muoghalu (2018)	200	7.0
1 1	Anyaike <i>et al.</i> (2019)	550	63.6

## Discussion

Looking at Table 1, the figures suggest that fear of stigmatization affects patients and contributes to their non-adherence to ART.

Nduaguba *et al.* (2017), Bello (2011) and Agu *et al.* (2011) had the lowest levels of stigma in their studies at 2.5%, 3.3% and 5.6% respectively. While Afe, Motunranyo and Ogungbade (2018) and Anyaike *et al.* (2019) reported the highest levels of stigma at 68% and 63.6% respectively. The reasons for the variations in the percentage of stigma in the studies could be due to their literacy levels. An uneducated individual may not understand the reasons for the need to adhere to his/her treatment regimen. The studies reported that some participants were illiterate.

In Nduaguba *et al.*'s (2017) study, 51.4% of the participants had no college education, but there was peer support, home visits by nurses which may have boosted their morale and may be the reason for the low level of stigma (2.5%) reported. Bello (2011) reported that 28.1% of the participants had only primary education while 33.8% had no formal education. Bello reported that there were uninterrupted and regular free HIV services, free ART and free drugs for patients with opportunistic infections. With the regular free

services offered there is a possibility that a good rapport may likely have existed between patients and their caregiver through counselling which may have caused the low level of stigma (3.3%) reported. Similarly, Agu et al. (2011) study had 5.6% stigmatization level in the study and it was reported that there was a good interpersonal relationship between the PLWHA and their healthcare providers which may be the reason for the low level.

In contrast, Afe, Motunranyo and Ogungbade (2018) reported that 68% of the study population were illiterates and the study had the highest level of stigma recorded at 68%. However, the study did not report whether the participants received peer support, family support or any form of support from their healthcare providers making it difficult to ascertain the actual cause of the high level of stigmatization reported. Anyaike et al.'s (2019) study reported that the participants who had the highest level of non-adherence to ART had no formal education (63.6%). They also stated that the majority of the participants disclosed their HIV status to their family and were supported by their families. However, despite this family support they received, the study had high levels of stigma. The reason for this is not understood hence more research is needed to ascertain this.

These authors Kalichman et al. (2008), Nachega et al. (2012) and Wawrzyniak et al. (2013) in their survey, cross-sectional study and review respectively argued that high literacy minimises stigmatization and boosts patients' adherence to their medication regimen. Based on this, one may argue that the literacy of the participants in Anyaike et al. (2019)s study may have contributed to the high of stigma reported.

Nevertheless, a prospective study of 125 participants, conducted by Erah and Arute (2008) in Benin City, Nigeria to determine factors responsible for non-adherence to ART among PLWHA concluded that stigma and educational level were one of the major determinants of adherence levels of patients on ART. Other studies conducted outside Nigeria - South Africa, Botswana and the United States affirm that stigmatization is a factor in non-adherence to ART (Nachega, Stain and Lehman, 2004; Edward, 2006; Wolfe, Weisser and Bangsberg, 2006).

For instance, Nachega, Stain and Lehman (2004) in their one month cross-sectional study of 66 HIV positive patients to determine their ART adherence in an HIV clinic in Soweto, South Africa concluded that there was significant decline in adherence to ART which was linked to fear of stigmatization by their partners. Similarly, Edward's (2006) 2 weeks qualitative exploratory study in a hospital in Maryland, United States investigated 20 African American women who have HIV/AIDS to know their perception on the factors that hinder their ART adherence. The study concluded that perceived stigma was a major barrier to adherence to ART as many participants verbalized having relationship turbulence with their sexual

partners and some received degrading remarks (eg. whore) from people on knowing their HIV status. Hence, this HIV-related stigma hinder them from complying to their medication regimen as they try as much as possible to avoid being seen taking their ART.

Furthermore, Wolfe, Weisser and Bangsberg (2006) in their study in 2000 in Botswana, interviewed 112 HIV patients who were on ART to find out barriers to adherence to ART and clinic attendance. The result showed that 94% and 69% of the participants kept their HIV status secret from the community and their families respectively. Other problems identified include low self esteem, fear of status disclosure in HIV clinics, fear of isolation from co-workers, fear of termination of employment due to HIV status and fear of hostility from family members. This resulted in their seeking HIV treatment late and fear of taking their ART to avoid being stigmatized. About 55% of the participants stated that stigmatization was the reason behind their non-attendance to HIV clinic. These studies demonstrate that stigmatization is a barrier to adherence to ART and should be given attention by healthcare professionals and the public so that PLWHA will feel free to take their ART and attend HIV clinics to maintain good viral load suppression.

A more recent four country study by Neuman et al. (2013) to determine factors that prevent patients from accessing HIV clinic services in Burkina Faso, Malawi, Uganda and Kenya concluded that stigmatization was also a factor which invariably could highly likely promote non-adherence to ART. Neuman et al. (2013) also maintained that with family support patients overcome the stigma. However, some analysts argued that stigmatization of PLWHA could either come from healthcare providers, family or the society at large or it could come from the patient's own perspective (Magnus et al., 2013; Stringer et al., 2016; Marshall et al., 2017). This suggests that the attitude of healthcare providers, family and society can impact positively or negatively on PLWHA and could determine their receptiveness to accessing HIV services and adhering to their medication regimen.

### **Recommendations**

Therefore, to tackle this stigmatization which has been identified as a barrier to adherence to ART in Nigeria, there is need to promote the adoption of human rights approach and Anti-Discrimination Law should be strengthened (Odimegwu, Akinyemi and Alabi, 2017). The actual cause of the stigmatization should be investigated and tackled and HIV clinics should run inclusive services (Haghdooost and Karamouzian, 2012). The national strategies should include health service designs targeted at stigma and discrimination reduction through education and empowerment of PLWHA to understand the need to change their attitudes and address their fears (Nyblade et al., 2009). Families and communities should be educated on HIV/AIDS and

should be involved in the care and treatment of PLWHA as this will help reduce stigma and discrimination.

Furthermore, there is a need for PLWHA to understand their human rights and act when their rights are violated (Odimegwu, Akinyemi and Alabi, 2017). In other words, if all these recommendations are enhanced and strengthened, PLWHA will be free to access HIV clinics without fear and will highly likely maintain a good adherence to their ART.

The reason why some studies reported low levels of stigma and others much higher levels is not clear and was not specified in most of the studies. Hence, there is need for more research to ascertain these variations.

## **Conclusion**

This review conclude that family support, peer support, regular home visits by healthcare professionals, regular free HIV services, free ART, free drugs for those with opportunistic infections and above all a good interpersonal relationship between PLWHA and their healthcare providers will promote adherence to ART and reduce stigmatisation which has been identified a barrier to non-adherence to ART among PLWHA in Nigeria.

## **References:**

1. Afe, A.J., Motunrayo, O. and Ogungbade, G.O. (2018) Factors Influencing Adherence to HAART among Patients Living with HIV Infection in Southwest Nigeria: A Cross-Sectional Analysis. *Journal of HIV & Retro Virus*. 4 (1), pp.1-9.
2. Agu, K.A., Okojie, O., Oqua, D., King, R.C., Omonaiye, O., Onuoha, C., Isah, M.A. and Iyaji, P.G. (2011) Medication Adherence and Risk Factors for Non-adherence Among Patients Taking Highly active Antiretroviral Therapy. *West African Journal of Pharmacy*. 22 (1), pp.19-26.
3. Anyaike, C., Atoyebi, O.A., Musa, O.I., Bolarinwa, O.A., Durowade, K.A., Ogundiran, A. and Babatunde, O.A. (2019) Adherence to combined Antiretroviral therapy (cART) among people living with HIV/AIDS in a Tertiary Hospital in Ilorin, Nigeria. *Pan African Medical Journal*. 32 (10), pp.1-12.
4. Bello, S.I. (2011) HIV/AIDS Patients' Adherence to Antiretroviral Therapy In Sobi Specialist Hospital, Ilorin Nigeria. *Global Journal of Medical Research*. 11 (2), pp.17-26.
5. Chineke, H.N., Adogu, P.O.U., Uwakwe, K.A. and Ewuzie, M.U. (2015) Assessment of level of Adherence to Antiretroviral Therapy among Human Immune Deficiency Virus/acquired Immune Deficiency Syndrome Patients at Imo State University Teaching

- Hospital, Orlu, Nigeria. *Nigerian Journal of General Practice*. 13 (1), pp.21-25.
6. Dahlui, M., Azahar, N. and Bulgiba, A. (2015) HIV/AIDS related stigma and discrimination against PLWHA in Nigerian population. *PLoS One*. 10 (12), pp.n.k.
  7. HIV and AIDS Anti-Discrimination Act 2014 (c.125) Lagos: The Federal Government Printer.
  8. Edward, L. (2006) Perceived social support and HIV/AIDS medication adherence among African American women. *Qualitative Health Research*. 16 (5), pp.679-691.
  9. Erah, P.O. and Arute, J.E. (2008) Adherence of HIV/AIDS patients to antiretroviral in a tertiary health facility in Benin City. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 2 (7), pp.142-152.
  10. Haghdoost, A. and Karamouzian, M. (2012) Zero New HIV Infections, Zero Discrimination, and Zero AIDS-Related Deaths: Feasible Goals or Ambitious Visions on the occasion of the World AIDS Day? *International Journal of Preventive Medicine*. 3 (12), pp.819-823.
  11. Kalichman, S.C., Pope, H., White, D., Cherry, C., Amaral, C.M., Swetzes, C., Flanagan, J. and Kalichman, M.O. (2008) The Association between Health Literacy and HIV Treatment Adherence: Further Evidence from Objectively Measured Medication Adherence. *Journal of the International Association of Physicians in AIDS Care*. 7 (6), pp.317-323.
  12. Magnus, M., Herwehe, J., Murtaza-Rossini, M., Reine, P., Cuffie, D., Gruber, D. and Kaiser, M. (2013) Linking and retaining HIV Patients in Care: The importance of Provider Attitudes and Behaviours. *AIDS Patient Care and STD*. 27 (5), pp.297-303.
  13. Marshall, S.A., Brewington, K.M., Allison, M.K. and Zaller, N.D. (2017) *AIDS Care*. 29 (11), pp.1337-1345.
  14. Muoghalu, C.O. (2018) Factors influencing adherence to anti-retroviral therapy among people living with HIV/AIDS attending the State Hospital, Osogbo, Nigeria. *HIV & AIDS Review*. 17 (4), pp.288-298.
  15. Nachega, J.B., Stain, D.M., Lehman, D.A., Hlatshwayo, D., Mothoping, R., Chaisson, R.E. and Karstaedt, A.S. (2004) Adherence to Antiretroviral Therapy in HIV-Infected Adults in Soweto, South Africa. *AIDS Research and Human Retroviruses*. 20 (10), pp.1053-1056.
  16. Nachega, J.B., Morroni, C., Zuniga, J.M., Schechter, M., Rockstroh, J., Solomon, S. and Sherer, R. (2012) HIV treatment adherence, patient health literacy, and Healthcare provider-patient

- communication: results from 2010 AIDS Treatment for Life International Survey. *Journal of the International Association of Physicians in AIDS Care*. 11 (2), pp.128-133.
17. Neuman, M., Obermeyer, C., Cherutich, P., Desclaux, A., Hardon, A., Ky-zerbo, O., Namakhoma, I. and Wanyenze, R. (2013) Experiences of Stigma, Discrimination, Care and Support Among People Living with HIV: A Four Country Study. *AIDS and Behavior*. 17 (5), pp.1796-1808.
  18. Nduaguba, S.O., Soremekun, R.O., Olugbake, O.A. and Barner, J.C. (2017) The relationship between patient-related factors and medication adherence among Nigerian patients taking highly active anti-retroviral therapy. *African Health Sciences*. 17 (3), pp.738-745.
  19. Nyblade, L., Stangl, A., Weiss, E. and Ashburn, K. (2009) Combating HIV Stigma in health care settings: what works?. *Journal of International AIDS Society*. 12 (15), pp.1758-2652.
  20. Odili, V.U., Obieche, A.O. and Amibor, K.C. (2017) Adherence to Antiretroviral Therapy and Its Determinants Among HIV-Infected Patients in Nigeria. *Journal of Pharmacy Practice*. 30 (3), pp.291-295.
  21. Odimegwu, C.O., Akinyemi, J.O. and Alabi, O.O. (2017) HIV-Stigma in Nigeria: Review of Research Studies, Policies, and Programmes. *AIDS Research and Treatment*. 2017 (10), pp.1-13.
  22. Okoronkwo, I., Okeke, U., Chinweuba, A. and Iheanacho, P. (2013) Nonadherence Factors and Sociodemographic Characteristics of HIV-Infected Adults Receiving Antiretroviral Therapy in Nnamdi Azikiwe University Teaching Hospital, Nnewi, Nigeria. *ISRN AIDS*. 2013 (2013), pp.1-8.
  23. Oku, A.O., Owoaje, E.T., Ige, O.K. and Oyo-ita, A. (2013) Prevalence and determinants of adherence to HAART amongst PLHIV in a tertiary health facility in south-south Nigeria. *BMC Infectious Diseases*. 13 (401), pp.1471-2334.
  24. Omosanya, O.E., Elegbede, O.T. and Isinkaye, A.O. (2014) Effects of Stigmatization/Discrimination on Antiretroviral Therapy Adherence among HIV-infected Patients in a Rural Tertiary Medical Center in Nigeria. *Journal of the International Association of Providers of AIDS Care*. 13 (3), pp.260-263.
  25. Rao, D., Kekwaletswe, T.C., Hosek, S., Martinez, J. and Rodriguez, F. (2007) Stigma and social barriers to medication adherence with urban youth living with HIV. *AIDS Care Journal*. 19 (1), pp.28-33.

26. Stringer, K.L., Turan, B., McCormick, L., Durojaiye, M., Nyblade, L., Kempf, M., Lichtenstein, B. and Turan, J.M. (2016) HIV-Related Stigma among Healthcare Providers in the Deep South. *AIDS and Behavior*. 20 (1), pp.115-125.
27. Sulaiman, O.R. (2016) Shari'ah Hudud and Northern Penal Code. *International Journal of Law*. 2 (1), pp.8-12.
28. United Nations Programs on AIDS (2019) Message from the UNAIDS Executive Director on Zero Discrimination Day [online]. UNAIDS. Available from: [http://www.unaids.org/en/resources/presscentre/pressreleaseandstatementsarchive/2019/march/20190301\\_zdd\\_message\\_exd](http://www.unaids.org/en/resources/presscentre/pressreleaseandstatementsarchive/2019/march/20190301_zdd_message_exd) [Accessed 10/20/2020].
29. United Nations Programs on AIDS (2020) UNAIDS CALLS FOR ZERO DISCRIMINATION AGAINST WOMEN AND GIRLS [online]. UNAIDS. Available from: <https://www.unaids.org/en/resources/presscentre/pressreleaseandstatementsarchive/2020/march/2020-zdd-exd-message> [Accessed 06/12/2020].
30. Uzochukwu, B.S.C., Onwujekwe, O.E., Onoka, A.C., Okoli, C., Ugwu, N.P. and Chukwuogo, O.I. (2009) Determinants of non-adherence to subsidized anti-retroviral treatment in Southeast Nigeria. *Health Policy and Planning*. 24 (3), pp.189-196.
31. Valdiserri, R.O. (2002) HIV/AIDS Stigma: An Impediment to Public Health. *American Journal of Public Health*. 92 (3), pp.341-342.
32. Wawrzyniak, A.J., Ownby, R.L., McCoy, K. and Waldrop-Valverde, D. (2013) Health Literacy: Impact on the Health of HIV-Infected Individuals. *Current HIV/AIDS Reports*. 10 (4), pp.295-304.
33. Weimann, G.J. (2010) Islamic Law and Muslim Governance In Northern Nigeria: Crimes against Life, Limb and Property in Shari'a Judicial Practice. *Islamic Law and Society*. 17 (3-4), pp.375-419.
34. Wolfe, W.R., Weisser, S.D. and Bangsberg, D.R. (2006) Effects of HIV related stigma among an early sample of patients receiving antiretroviral therapy in Botswana. *AIDS Care*. 18 (8), pp.931-933.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### **La Red Martínez David L.,**

Facultad Regional Resistencia, Universidad Tecnológica Nacional, Resistencia – Argentina

### **Bobadilla Gabriela M.,**

Facultad Politécnica, Universidad Nacional del Este, Ciudad del Este – Paraguay

### **Delgado Lourdes,**

Facultad Politécnica, Universidad Nacional del Este, Ciudad del Este – Paraguay

### **Ayala Katia,**

Facultad Politécnica, Universidad Nacional del Este, Ciudad del Este – Paraguay

---

Submitted: 07 November 2020

Accepted: 04 December 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*La Red Martínez David L.*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p138](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p138)

 Copyright 2020 La Red Martínez David L.,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCES

---

Cite as:

La Red Martínez David L, Bobadilla Lourdes D, Katia A. (2020). Detección De Perfiles De Rendimiento Académico En La Universidad Nacional Del Este De Paraguay. *European Scientific Journal, ESJ, 16 (36)*, 1.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p138>

---

## **Detección De Perfiles De Rendimiento Académico En La Universidad Nacional Del Este De Paraguay**

---

### **Resumen**

La universidad enfrenta actualmente el desafío de mejorar su proceso de enseñanza-aprendizaje. Entre las variables que debe atender se encuentra el perfil de rendimiento académico de sus estudiantes. Estudios sobre este tema muestran que hay diversas formas de evaluar esta variable, que pueden variar según el contexto regional y la realidad social. Ante este problema, en este trabajo se propuso la detección temprana de perfiles de alumnos de la Universidad Nacional del Este, mediante técnicas de minería de datos. Se aplicaron las técnicas denominadas “agrupamiento” (clustering) y “árboles de decisión” (decision trees) sobre datos consolidados de 1801 alumnos. Estos datos fueron cargados en un almacén de datos. Se observó que las variables: “grado educacional de los padres” y “actitud hacia el estudio”; son algunas de las que más inciden en el rendimiento académico de los alumnos. Además, se aporta información que puede asistir a la toma de decisión.

---

**Subject:** Minería De Datos Demodemographic Gráfica

**Palabras Clave:** Minería De Datos, Almacenes De Datos, Rendimiento Académico

## **Detection of Profiles of Academic Performance in the National University of the East of Paraguay**

***La Red Martínez David L.,***

Facultad Regional Resistencia, Universidad Tecnológica Nacional, Resistencia –  
Argentina

***Bobadilla Gabriela M.,***

Facultad Politécnica, Universidad Nacional del Este, Ciudad del Este –  
Paraguay

***Delgado Lourdes,***

Facultad Politécnica, Universidad Nacional del Este, Ciudad del Este –  
Paraguay

***Ayala Katia,***

Facultad Politécnica, Universidad Nacional del Este, Ciudad del Este –  
Paraguay

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p138](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p138)

---

### **Abstract**

The university currently faces the challenge of improving its teaching-learning process. Among the variables it must address is the academic performance profile of its students. Studies on this topic show that there are various ways to evaluate this variable, which can vary according to the regional context and social reality. In view of this problem, this work proposes the early detection of student profiles at the Universidad Nacional del Este, through data mining techniques. Techniques “clustering” and “decision trees” were applied on consolidated data of 1801 students. These data were loaded in a data warehouse. It was observed that variables: “parents' educational grade” and “attitude towards study”; are some of the ones that more affect the academic performance of the students. In addition, information is provided that can assist in decision making.

---

**Keywords:** Data Mining, Data Warehouse, Academic Performance

### **Introducción**

La universidad enfrenta actualmente el desafío de mejorar su calidad académica enfocándose no solamente en el sistema de enseñanza-aprendizaje, sino contemplando otras variables, como la sistematización de procesos de

evaluación permanentes (Briand et al., 1999). Entre estas variables, se destaca el estudio del perfil de rendimiento académico de los estudiantes.

Se define al rendimiento académico como la productividad del sujeto, matizado por sus actividades, rasgos y la percepción más o menos correcta de los cometidos asignados (Maletic et al., 2002).

Generalmente, al evaluar el rendimiento académico, se analizan en mayor o menor medida los elementos que influyen en el desempeño como ser, entre otros, factores socioeconómicos, la amplitud de programas de estudio, las metodologías de enseñanza y conocimientos previos del alumno (Marcus, 2003).

Se ha demostrado con varios estudios que el factor más relacionado con la calidad educativa es el propio alumno como coproductor, medido a través del nivel socioeconómico del hogar de donde proviene (Maradona & Calderón, 2007; Bobadilla Almada & la Red Martínez, 2015) y se ha evidenciado que la productividad del estudiante es mayor para las mujeres, para los estudiantes de menor edad y para quienes provienen de hogares con padres más educados (Porto, 2003).

También se ha mostrado el rendimiento entre las personas que trabajan y estudian y las que solamente estudian, encontrándose que no existen diferencias significativas en el rendimiento académico de los dos conjuntos (Reyes, 2004).

El problema de encontrar buenos predictores del rendimiento futuro de manera que se reduzca el fracaso académico en los programas de postgrado ha recibido una especial atención en EE. UU. (Wilson & Hardgrave, 1995), habiéndose encontrado que las técnicas de clasificación como el análisis discriminante o la regresión logística son más adecuadas que la regresión lineal múltiple a la hora de predecir el éxito/fracaso académico.

La diversidad de estudios sobre el rendimiento académico muestra que no existe una manera única para evaluarlo. Por ello, la determinación de grupos o clases de alumnos es un elemento para tener en cuenta para establecer las causas de los problemas relacionados al desempeño de estos. Más aún, los problemas pueden variar dependiendo del contexto regional y la realidad social donde está inserto el alumno. Es decir, no existen herramientas que se puedan aplicar a todos los ámbitos y los resultados tampoco pueden ser extensibles para explicar todas las situaciones posibles. Esto denota claramente la necesidad de determinar perfiles en las instituciones educativas específicas adaptando las herramientas a cada situación particular.

Surge, entonces, la necesidad de implementar un mecanismo que permita determinar las características propias del estudiante, analizando la existencia de relaciones y patrones de comportamiento estudiantiles que posibilite la definición clara de perfiles de alumnos. Para ello una alternativa es utilizar técnicas de minería de datos para el modelado descriptivo (la Red

Martínez & Podestá, 2014; la Red Martínez et al., 2015; Formia et al., 2013; Timarán Pereira, 2010).

A su vez, el modelado predictivo puede usarse para analizar una base de datos y determinar ciertas características esenciales acerca del conjunto de datos que permitan predecir el comportamiento de alguna variable (Connoly, 2005), en nuestro caso el rendimiento académico.

El presente trabajo identifica patrones característicos de los estudiantes de la UNE, según su rendimiento académico, considerando el nivel socioeconómico, como así también aspectos actitudinales e institucionales de los estudiantes universitarios, haciendo uso de técnicas de minería de datos (Data Mining, DM), (Hassanein & Elmelegy, 2014; Sadiku et al., 2015).

### **Metodología**

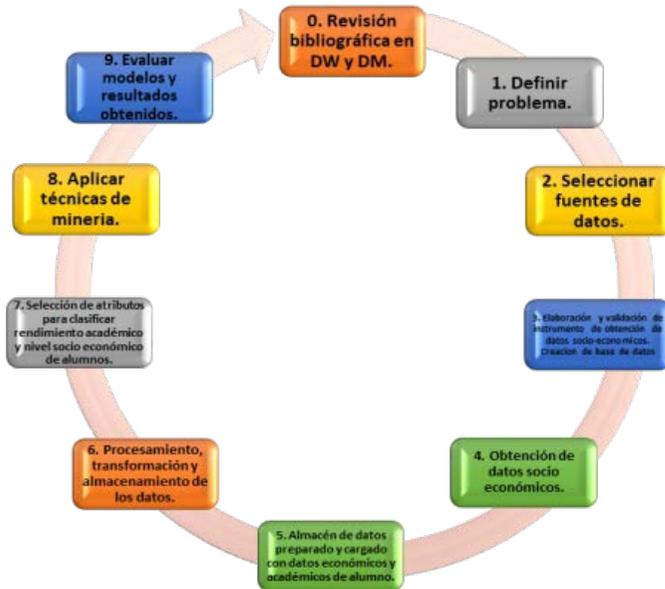
Este trabajo consideró las etapas del proceso de descubrimiento de conocimiento en base de datos (Knowledge Discovery in Databases, KDD), donde la DM es parte significativa, por esto se implementó la metodología CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining) (Chapman et al., 2000) (Figura 1), se aplicaron los modelos de minería de datos con técnicas de árbol de decisión y agrupamiento (cluster).

CRISP-DM es un método probado para orientar los trabajos de minería de datos.

Como metodología, incluye descripciones de las fases normales de un proyecto, las tareas necesarias en cada fase y una explicación de las relaciones entre las tareas.

Como modelo de proceso, ofrece un resumen del ciclo de vida de minería de datos.

El modelo de CRISP-DM es flexible y se puede personalizar fácilmente. CRISP-DM permite crear un modelo de minería de datos que se adapte a necesidades concretas (Helberg, 2002).



**Figura 1.**Fases del proceso de modelado de la metodología CRISP-DM aplicado (fuente propia).

### Obtención de datos

Se ha elaborado el instrumento de obtención de datos socioeconómicos y de actitud hacia el estudio (Figura 2), que se ha aplicado a las 6 unidades académicas y 1 escuela de la UNE durante los años 2018 y 2019, obteniéndose una muestra del 25,50% de los alumnos (1801 alumnos muestreados).

Luego se ha procedido a consolidar en un almacén de datos, los datos obtenidos con las notas de los alumnos, provistos por el sistema UNESYS de gestión académica de la UNE, habiéndose utilizado el ISW (InfoSphere Warehouse) 7.2 de IBM, software integrado para gestión de bases de datos, almacenes de datos, análisis multidimensional y minería de datos descriptiva y predictiva; este software fue obtenido gratuitamente en el marco del Programa de Iniciativa Académica de dicha empresa.

Los datos han sido preparados integrando un almacén de datos o *data warehouse* (DW) para la aplicación de técnicas de minería de datos para la identificación de perfiles.

La estructura del DW consta de una tabla de hechos y varias tablas de dimensiones (Figura 3), que permiten hacer análisis multidimensional de los datos, estudiándolos desde distintas perspectivas, permitiendo también la integración de todas las tablas (Figura 4).

Formulario de Obtención de Datos Sociales de Alumnos UNE 2018

Cargar encuesta sin terminar Salir y borrar la encuesta

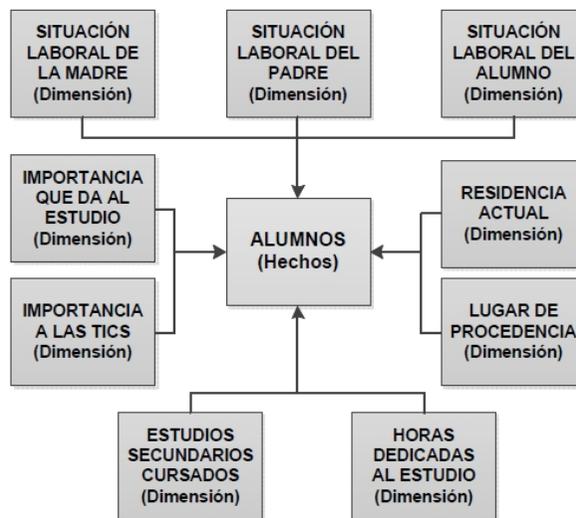
### Formulario de Obtención de Datos Sociales de Alumnos UNE 2018

En el marco del proyecto de investigación "Estudio del Rendimiento Académico y Determinación Temprana de Perfiles de Alumnos en la Universidad Nacional del Este de Paraguay, aplicando técnicas de minería de datos".

Hay 53 preguntas en esta encuesta.

Siguiete

**Figura 2.** Formulario en línea para la obtención de los datos socioeconómicos (fuente propia).



**Figura 3.** Estructura global del almacén de datos utilizado (fuente propia).

COD_ALUM	ALUM	CARRERA_ALUM	GENERO	INGRESO_CARRERA	ESTADO_CIVIL	PAIS_NACIM	DEPARTAMENTO_NACIM	CIUDAD_NACIM	NOTA_1	NOTA_2	NOTA_3	NOTA_4
563010087709		INGENIERIA ELÉCT.	Masculino	10/07/2017	Solterola	Extranjero	Parana	Foz de Iguazu				
563110486966		INGENIERIA ELÉCT.	Masculino	22/07/2013	Solterola	Extranjero	Estado do Parana	Foz de Iguazu				
56321060914		DERECHO	Femenino	01/03/2013	Solterola	Paraguay	Paraguari	Roque Gonzalez ...	3,14	2,25	1,8	2,1
56331162554		DERECHO	Femenino	01/03/2014	Separadola	Paraguay	Central	San Lorenzo		3,38	2,89	
56341177898		LETRAS	Femenino	01/03/2018	Casadola	Paraguay	Coritiera	Isla Pucu				3
563512573043		MEDICINA	Femenino	01/03/2015	Casadola	Extranjero	Parana	Paranaguá				
56361321856		LETRAS	Femenino	01/03/2014	Solterola	Paraguay	Central	Asuncion		3,1	3,8	3,1
56371324366		ANÁLISIS DE SISTE.	Masculino	10/07/2017	Casadola	Paraguay	San Pedro	San Estanislao				
56381348917		MEDICINA	Femenino	01/03/2017	Solterola	Paraguay	Alto Parana	Ciudad del Este				
56391646931		PSICOLOGÍA	Masculino	01/03/2017	Solterola	Paraguay	Alto Parana	Ciudad del Este				
564016709238		ANÁLISIS DE SISTE.	Masculino	20/07/2015	Solterola	Extranjero	Valparaiso	Quintero				
56411694189		PSICOLOGÍA	Femenino	01/03/2015	Separadola	Paraguay	Alto Parana	Ciudad del Este			4,6	3,2
56421785018		FILOSOFIA	Masculino	01/03/2016	Casadola	Paraguay	Misiones	San Juan Bautista				4
56431855096		MEDICINA	Femenino	01/03/2015	Solterola	Extranjero	Sao Paulo	Santa Fe do Sul				
56441987359		PSICOLOGÍA	Femenino	01/03/2017	Casadola	Paraguay	Guara	Num				
56451970090		PSICOLOGÍA	Femenino	01/03/2017	Casadola	Paraguay	Coritiera	Ayria				
56461878948		FILOSOFIA	Masculino	01/03/2015	Separadola	Paraguay	Alto Parana	Ciudad del Este				
56471895594		PSICOLOGÍA	Femenino	01/03/2015	Casadola	Paraguay	Central	San Lorenzo			4,4	3
56481926251		DERECHO	Femenino	01/03/2015	Solterola	Paraguay	Caaguazu	Caaguazu				3,2
56491989848		DERECHO	Masculino	01/03/2013	Casadola	Paraguay	Caaguazu	Caaguazu	2,88	3,36	3,23	
56502128588		ANÁLISIS DE SISTE.	Masculino	11/08/2017	Casadola	Paraguay	Parana	Marchal Candido...				
56512172675		PSICOLOGÍA	Masculino	01/03/2015	Casadola	Paraguay	Alto Parana	Hernandarias				
56522231391		PSICOLOGÍA	Femenino	01/03/2015	Casadola	Paraguay	Concepcion	Concepcion			4,4	4,6
56532285544		PSICOLOGÍA	Masculino	01/03/2014	Yutodola	Paraguay	Itapua	Encarnacion		3,6	3,63	3
56542398825		TURISMO	Masculino	19/07/2012	Solterola	Paraguay	Alto Parana	Ciudad del Este	2,92	3,42	5,91	5,1
56552321042		TURISMO	Masculino	15/07/2012	Solterola	Paraguay	Alto Parana	Ciudad del Este	3,85	4		
56562493008		PSICOLOGÍA	Femenino	01/03/2015	Casadola	Paraguay	Caaguazu	Caaguazu			3,4	3

Figura 4. Visión parcial del almacén de datos preparado (fuente propia).

## Identificación de perfiles de rendimiento académico de los alumnos de la UNE, aplicando técnicas de minería de datos Árboles de Decisión

Los árboles de decisión son algoritmos de aprendizaje supervisado (Han et al., 2012; Liu, 2011) que son muy populares cuando se encuentran relaciones entre los valores y atributos que describen el conjunto de datos.

Son bastante fáciles de tratar; el objetivo es encontrar los nodos que mejor clasifiquen los datos. Este proceso se realiza de forma recursiva y el algoritmo agrega un nodo al árbol cada vez que se encuentra una correlación significativa entre los atributos y las clases. Para establecer la conveniencia de utilizar un atributo como nodo de árbol, se utiliza la entropía como medida de obtención de información (Han et al., 2012; Liu, 2011). A lo largo del proceso de construcción del árbol, se calcula la entropía total del conjunto de datos y luego su entropía con respecto a cada atributo. El nodo con la mayor ganancia de información se elige en cada paso de la operación.

La ganancia de información se define como la diferencia entre la entropía total y la entropía del conjunto con respecto al atributo. Al ser un proceso recursivo, se exploran todas las posibles combinaciones de atributos para cada rama, que termina en un árbol completo que, en base a la entropía, explica claramente las relaciones entre los atributos.

Si bien la representación en árbol es útil a la hora de analizar datos, el mayor beneficio de este algoritmo es que permite determinar reglas de clasificación con dos parámetros asociados: soporte y confianza (Liu, 2011). El soporte mide la ocurrencia de la regla en el conjunto de datos, mientras que

la confianza mide la confiabilidad de que, dados ciertos datos, se logra la clase predicha.

El software utilizado para árboles de decisión es parte del Intelligent Miner, componente del ISW ya mencionado y se describe en (Ballard et al., 2007), siendo un desarrollo de IBM en base a (Breiman et al., 1984).

Las principales opciones de configuración son las siguientes, para las cuales se han utilizado los valores por defecto en todos los casos:

**Pureza máxima:** Esta opción especifica la pureza máxima permitida de los nodos internos del árbol. Los valores permitidos son valores porcentuales entre 0 y 100; 100 es el valor predeterminado. Si se especifica un valor  $x < 100$ , todos los nodos no hoja para los que más del  $x\%$  de los registros de datos de entrenamiento asociados tienen un solo valor objetivo (o etiqueta de clase), se podan y se convierten en nodos hoja.

**Profundidad máxima:** Esta opción se utiliza para definir un límite superior para la profundidad del árbol. La profundidad de un nodo de árbol es el número de bordes entre este nodo y el nodo raíz del árbol. Si se especifica un valor entero  $x$  para la profundidad máxima, se podan todos los nodos de hojas con profundidades mayores que  $x$ . Por defecto, la profundidad máxima del árbol es ilimitada.

**Número mínimo de registros:** Esta opción se utiliza para definir un límite inferior para el número de registros en un solo nodo de árbol. Si se especifica un valor entero  $x$  para número mínimo de registros, todos los nodos que contienen menos de  $x$  registros se podan y fusionan en sus nodos principales. De forma predeterminada, el número mínimo de registros por nodo de árbol es cinco.

Aplicada a esta investigación, la técnica de Árboles de Decisión identifica perfiles descriptivos que se observan en la Tabla 1, clasificados por el atributo *Situación Final*, el cual se obtiene a partir de los promedios generales de hasta los cinco promedios totales del programa cursado por el alumno ya sea en forma semestral o anual, clasificados en 4 rangos [0-1,99], [2-2,99], [3-3,99] y [4-5].

Se puntualiza los siguientes resultados generales para todos los intervalos. En cuanto a los aspectos sociales, los alumnos en su mayoría han nacido y residen en el departamento de Alto Paraná, viven con familiares, son trabajadores del ámbito informal, no poseen seguro social y provienen de colegios públicos. En cuanto a su actitud hacia el estudio, le dan mayor importancia que a la diversión, su motivación es aprender integralmente y aprobar, en cuanto al uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) opinan que facilitan el proceso de enseñanza.

En los resultados particulares por intervalos se destacan:

Intervalo [4-5]: corresponde a alumnos en su mayoría de género femenino, el último estudio cursado de los padres es universitario, el número de horas semanales dedicadas al estudio es más de 10 horas.

Intervalo [3-3,99]: corresponde a alumnos que en su mayoría son de género femenino, el último estudio cursado de los padres es el nivel medio concluido, el número de horas semanales dedicadas al estudio es menos de 10 horas.

Intervalo [2-2,99]: integrado por alumnos que en su mayoría son de género masculino, el último estudio cursado de los padres es el nivel medio concluido, el número de horas semanales dedicadas al estudio es menos de 10 horas.

Intervalo [0-1,99] integrado en igual proporción por alumnos de género femenino y masculino, el último estudio cursado por el padre es la primaria concluida y de la madre el nivel medio concluido, el número de horas semanales dedicadas al estudio es más de 10 horas.

**Tabla 1.** Resumen de resultados en porcentaje, aplicando técnicas de árboles de decisión (fuente propia).

	Tamaño en Porcentaje	26,32%		51,19%		20,38%		2,11%	
	Tamaño absoluto	474		922		367		38	
	Situación Final	Promedio [4-5]		Promedio [3-3,99]		Promedio [2-2,99]		Promedio [0-1,99]	
	Campo	Valor modal	Frecuencia Modal %	Valor modal	Frecuencia Modal %	Valor modal	Frecuencia Modal %	Valor modal	Frecuencia Modal %
<b>DATOS GENERALES</b>	GÉNERO	Femenino	60,55	Femenino	55,75	Masculino	56,13	Femenino	50,00
	ESTADO CIVIL	Soltero/a	92,19	Soltero/a	93,93	Soltero/a	94,55	Soltero/a	94,74
	DEPARTAMENTO NACIMIENTO	Alto Paraná	75,74	Alto Paraná	76,90	Alto Paraná	79,29	Alto Paraná	81,58
	CIUDAD DE RESIDENCIA	Ciudad del Este	69,62	Ciudad del Este	69,41	Ciudad del Este	64,31	Ciudad del Este	50,00
<b>SITUACIÓN SOCIAL DEL ALUMNO</b>	TIPO DE RESIDENCIA	Con familiares	83,76	Con familiares	83,84	Con familiares	87,47	Con familiares	92,11
	SITUACIÓN LABORAL	Trabaja	48,95	Trabaja	52,71	Trabaja	51,50	Trabaja	44,74
	SEGURO SOCIAL	No	59,70	No	62,04	No	65,12	No	55,26
	DEPENDENCIA COLEGIO SECUNDARIO	Pública	60,13	Pública	62,26	Pública	62,13	Pública	71,05
<b>SITUACIÓN SOCIAL</b>	ÚLTIMOS ESTUDIOS DEL PADRE	Universitario Concluido	26,16	Nivel Medio Concluido	27,44	Nivel Medio Concluido	27,52	Primaria Concluida	23,68

<b>DE LOS PADRES</b>	ÚLTIMOS ESTUDIOS DE LA MADRE	Universitario Concluido	29,54	Nivel Medio Concluido	23,54	Nivel Medio Concluido	25,61	Nivel Medio Concluido	26,32
	SITUACIÓN LABORAL DEL PADRE	Trabaja	78,69	Trabaja	75,16	Trabaja	82,56	Trabaja	65,79
	SITUACIÓN LABORAL DE LA MADRE	Trabaja	56,75	Trabaja	59,00	Trabaja	55,31	Trabaja	55,26
<b>ACTITUD HACIA EL ESTUDIO</b>	IMPORTANCIA AL ESTUDIO	Más que a la diversión	63,71	Más que a la diversión	57,16	Más que a la diversión	58,86	Más que a la diversión	68,42
	HORAS SEMANALES DE ESTUDIO	Más de 10	54,64	Menos de 10	53,90	Menos de 10	53,95	Más de 10	60,53
	MOTIVACIÓN PARA ESTUDIAR	Aprender integralmente y Aprobar	52,53	Aprender integralmente y Aprobar	49,13	Aprender integralmente y Aprobar	50,95	Aprender integralmente y Aprobar	39,47
	UTILIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN	Facilitan el proceso de enseñanza	49,37	Facilitan el proceso de enseñanza	50,87	Facilitan el proceso de enseñanza	55,86	Facilitan el proceso de enseñanza	52,63

### Agrupamientos (Clusters)

El método utilizado para encontrar agrupamientos (*clusters*) es el de agrupación demográfica para la agrupación de datos con valores de atributos similares. La idea principal es el uso de métricas de distancia entre los valores de los atributos. La agrupación demográfica compara cada instancia con los grupos previamente establecidos y la asigna a la que maximiza la valoración de la similitud. Este es un proceso iterativo y realiza una gran cantidad de rastreo de datos con el objetivo de minimizar el error de asignación.

La calidad del conglomerado o agrupamiento se mide no sólo internamente (menor número de reasignaciones y menor error de distancia cuadrática media, etc.) (Liu, 2011), sino también con medidas intragrupo (Arbelaitz et al., 2013).

La agrupación demográfica se basa en la distribución. Proporciona una agrupación rápida y natural de bases de datos muy grandes. Los clústeres se caracterizan por la distribución de valor de sus miembros. Determina automáticamente el número de clústeres que se generarán.

Normalmente, los datos demográficos contienen muchas variables categóricas. La función de minería funciona bien con conjuntos de datos que

constan de este tipo de variables. También puede utilizar variables numéricas. El algoritmo de agrupación demográfica trata las variables numéricas asignando similitudes de acuerdo con la diferencia numérica de los valores.

La agrupación demográfica es un proceso iterativo sobre los datos de entrada. Cada registro de entrada se lee sucesivamente. Se calcula la similitud de cada registro con cada uno de los clústeres existentes actualmente. Si la mayor similitud calculada está por encima de un umbral determinado, el registro se agrega al grupo correspondiente. Las características de este grupo cambian en consecuencia. Si la similitud calculada no está por encima del umbral, o si no hay ningún grupo (que es el caso inicialmente), se crea un nuevo grupo que contiene solo el registro. Puede especificar el número máximo de clústeres, así como el umbral de similitud.

La agrupación demográfica utiliza el criterio estadístico de Condorcet (MATH 1340, 2010; Young, 1988; Laffond et al., 1995) para gestionar la asignación de registros a las agrupaciones y la creación de nuevas agrupaciones. El criterio de Condorcet evalúa qué tan homogéneo es cada grupo descubierto (en el sentido de que los registros que contiene son similares) y qué tan heterogéneos son los grupos descubiertos entre sí. El proceso iterativo de descubrimiento de agrupaciones se detiene después de dos o más pasadas sobre los datos de entrada si la mejora del resultado de agrupación según el criterio de Condorcet no justifica una nueva pasada (IBM, 2020).

Aplicada a esta investigación, se obtuvo que los agrupamientos 7, 3 y 9 son los de mayor tamaño y se muestran en la Tabla 2; los datos generales y sociales de los alumnos presentan resultados generales como: los promedios de las cinco notas del programa cursado por el alumno se encuentran en el rango de [3-3,99], en su mayoría de género femenino, de estado civil soltera/o, nacidos y fijan residencia en el departamento de Alto Paraná, viven con familiares, no poseen seguro social, provienen de colegios públicos.

En los resultados particulares se destacan: en el cluster 7, se agrupan alumnos que en su mayoría no trabajan, en los clusters 3 y 9 los alumnos agrupados son trabajadores en actividades no relacionadas a sus estudios.

En todos los casos, lo que se muestra son los *valores preponderantes* de las variables consideradas.

	Clúster 7		Clúster 3		Clúster 9	
<b>Tamaño</b>	33%		23,9%		11,3%	
<b>Tamaño absoluto</b>	587		431		204	
<b>Campo</b>	<b>Valor modal</b>	<b>Frec. Modal %</b>	<b>Valor modal</b>	<b>Frec. Modal %</b>	<b>Valor modal</b>	<b>Frec. Moda l %</b>

	SITUACIÓN FINAL	Promedio [3-3,99]	54,17	Promedio [3-3,99]	48,23	Promedio [3-3,99]	76,96
<b>DATOS GENERALES</b>	GÉNERO	Femenino	50,43	Femenino	54,05	Femenino	74,51
	ESTADO CIVIL	Soltero/a	98,81	Soltero/a	87,11	Soltero/a	94,12
	DEPARTAMENTO NACIMIENTO	Alto Paraná	90,46	Alto Paraná	76,51	Alto Paraná	77,45
	CIUDAD RESIDENCIA	Ciudad del Este	78,19	Ciudad del Este	64,03	Ciudad del Este	60,78
<b>SITUACIÓN SOCIAL DEL ALUMNO</b>	TIPO RESIDENCIA	Con familiares	95,91	Con familiares	82,74	Con familiares	87,25
	SEGURO SOCIAL	No	60,99	No	62,79	No	64,71
	SITUACIÓN LABORAL ALUMNO	No Trabaja	65,59	Trabaja	48,02	Trabaja	87,75
	ACTIVIDAD ECONÓMICA ALUMNO	No Trabaja	65,59	Otro	34,51	Otro	32,84
	HS TRABAJADAS ALUMNO	No Trabaja	65,93	De 36 o más	34,72	De 36 o más	32,84
	RELACIÓN TRABAJO CON EL ESTUDIO	No Trabaja	68,65	No relacionada	41,58	No relacionada	50,00
	DEPENDENCIA COLEGIO SECUNDARIO	Pública	53,49	Pública	64,45	Pública	76,47

**Tabla 2.** Resumen de resultados en porcentaje, de los clusters con mayor tamaño, respecto de datos generales y sociales de los alumnos (fuente propia).

En los clusters 10, 4 y 1, visualizados en la Tabla 3, se observa en los datos generales y sociales de los alumnos, que en su mayoría son de estado civil soltero/a, nacidos y con residencia en el departamento de Alto Paraná, viven con familiares, son alumnos trabajadores en actividades no relacionadas a sus estudios, trabajan 36 o más horas, provienen de colegios públicos.

En cuanto a los resultados particulares se hace notar: en el cluster 10, alumnos con promedio final en el intervalo [3-3,99]; en el cluster 4, promedio final en el intervalo [2-2,99] y en el cluster 1, promedio final en el intervalo [4-5]; en estos dos últimos, la mayoría de los alumnos no posee seguro social

**Tabla 3.** Resumen de resultados en porcentaje, de agrupación de los clusters de tamaño mediano con los datos generales y sociales de los alumnos (fuente propia).

	Cluster 10		Cluster 4		Cluster 1	
<b>Tamaño</b>	6,2%		5,5%		5,4%	
<b>Tamaño absoluto</b>	111		99		97	
<b>Campo</b>	<b>Valor modal</b>	<b>Frec. Modal %</b>	<b>Valor modal</b>	<b>Frec. Modal %</b>	<b>Valor modal</b>	<b>Frec. Modal %</b>

	SITUACIÓN FINAL	Promedio [3-3,99]	90,99	Promedio [2-2,99]	95,96	Promedio [4-5]	97,94
<b>DATOS GENERALES</b>	GÉNERO	Masculino	56,76	Masculino	70,71	Femenino	52,58
	ESTADO CIVIL	Soltero/a	86,49	Soltero/a	91,92	Soltero/a	85,57
	DEPARTAMENTO NACIMIENTO	Alto Paraná	71,17	Alto Paraná	69,70	Alto Paraná	49,48
	CIUDAD RESIDENCIA	Ciudad del Este	63,06	Ciudad del Este	53,54	Ciudad del Este	62,89
<b>SITUACIÓN SOCIAL DEL ALUMNO</b>	TIPO RESIDENCIA	Con familiares	69,37	Con familiares	82,83	Con familiares	73,20
	SEGURO SOCIAL	Sí	43,24	No	58,59	No	58,76
	SITUACIÓN LABORAL ALUMNO	Trabaja	65,77	Trabaja	47,47	Trabaja	64,95
	ACTIVIDAD ECONÓMICA ALUMNO	Otro	32,43	Otro	45,45	Otro	26,80
	HS TRABAJADAS ALUMNO	De 36 o mas	32,43	De 36 o mas	45,45	De 36 o mas	26,80
	RELACIÓN TRABAJO CON EL ESTUDIO	No relacionada	34,23	No relacionada	52,53	No relacionada	35,05
	DEPENDENCIA COLEGIO SECUNDARIO	Pública	51,35	Pública	60,61	Pública	71,13

En la Tabla 4 se visualizan los clusters 7, 3 y 9, con los datos sociales de los padres y actitud hacia el estudio de los alumnos. El cluster 7 agrupa mayoritariamente a alumnos cuyo último estudio de su padre y madre es universitario y dedican más de 10 horas al estudio. Los clusters 3 y 9 agrupan mayoritariamente a alumnos donde el último estudio de su padre y madre es el nivel medio y dedican al estudio menos de 10 horas.

Los clusters en forma general presentan que los padres son trabajadores, la actividad económica de los mismos es informal, trabajan más de 36 horas. La importancia que dan al estudio los alumnos es más que a la diversión, en cuanto a lo que opinan sobre la TICs, expresan que facilitan el proceso de enseñanza y la motivación para estudiar es aprender integralmente y aprobar. Como ya se ha aclarado, los valores mostrados para las distintas variables son los valores preponderantes.

**Tabla 4.** Resumen de resultados en porcentaje, de agrupación de los clusters de mayor tamaño con los datos sociales de los padres y la actitud hacia el estudio de los alumnos (fuente propia).

	Cluster 7	Cluster 3	Cluster 9
<b>Tamaño</b>	<b>33%</b>	<b>23,9%</b>	<b>11,3%</b>
<b>Tamaño absoluto</b>	<b>587</b>	<b>431</b>	<b>204</b>

	<b>Campo</b>	<b>Valor modal</b>	<b>Frec. Modal %</b>	<b>Valor modal</b>	<b>Frec. Modal %</b>	<b>Valor modal</b>	<b>Frec. Modal %</b>
	SITUACIÓN FINAL	Promedio [3-3,99]	54,17	Promedio [3-3,99]	48,23	Promedio [3-3,99]	76,96
<b>SITUACIÓN SOCIAL PADRE</b>	ÚLTIMOS ESTUDIOS PADRE	Universitario Concluido	31,69	Nivel Medio Concluido	25,78	Nivel Medio Concluido	29,90
	SITUACIÓN LABORAL PADRE	Trabaja	86,88	Trabaja	75,26	Trabaja	79,90
	ACTIVIDAD ECONÓMICA PADRE	Otro	17,21	Otro	21,00	Otro	26,47
	HS TRABAJADAS PADRE	De 36 o más	54,51	De 36 o más	41,37	De 36 o más	39,71
<b>SITUACIÓN SOCIAL MADRE</b>	ÚLTIMOS ESTUDIOS MADRE	Universitario Concluido	44,29	Nivel Medio Concluido	22,45	Nivel Medio Concluido	22,55
	SITUACIÓN LABORAL MADRE	Trabaja	95,57	No Trabaja	88,57	Trabaja	100,00
	ACTIVIDAD ECONÓMICA MADRE	Otro	16,87	No Trabaja	88,57	Otro	32,35
	HS TRABAJADAS MADRE	De 36 o más	57,07	No Trabaja	89,19	De 36 o más	44,61
<b>ACTITUD HACIA EL ESTUDIO</b>	HORAS ESTUDIO	Más de 10	62,35	Menos de 10	48,23	Menos de 10	88,73
	IMPORTANCIA ESTUDIO	Más que a la diversión	68,99	Más que a la diversión	53,43	Más que a la diversión	46,08
	UTILIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN	Facilitan el proceso de enseñanza	55,71	Facilitan el proceso de enseñanza	48,86	Facilitan el proceso de enseñanza	53,92
	MOTIVACIÓN PARA ESTUDIAR	Aprender integralmente y Aprobar	63,03	Aprender integralmente y Aprobar	45,95	Aprender integralmente y Aprobar	35,78

En la Tabla 5, se visualizan los clusters 10, 4 y 1 con los datos sociales de los padres y actitud hacia el estudio de los alumnos.

En los resultados particulares se destacan: el cluster 10 agrupa alumnos que en su mayoría lograron promedios finales en el intervalo [3-3,99], el último estudio de los padres es el nivel medio concluido, el padre trabaja en forma informal y se dedica más de 36 horas, las madres en su mayoría no trabajan, en cuanto a la actitud de los alumnos hacia el estudio, dedican menos de 10 horas semanales al mismo, su motivación para estudiar es aprender íntegramente y aprobar, la importancia que dan al estudio es más que al trabajo y opinan que las TICs facilitan el proceso de enseñanza.

El cluster 4 agrupa a alumnos que en su mayoría tienen promedios finales en el intervalo [2-2,99], el último estudio de los padres es universitario y de las madres es el nivel medio concluido, los padres son trabajadores en forma informal y las madres en su mayoría no trabajan, la actitud de los alumnos hacia el estudio es que dedican menos de 10 horas semanales al mismo, su motivación para estudiar es aprender íntegramente y aprobar, la importancia que dan al estudio es más que la diversión y opinan que las TICs facilitan el proceso de enseñanza.

El cluster 1 agrupa mayoritariamente a alumnos cuyos promedios finales se encuentran en el intervalo [4-5], el último estudio de los padres es primaria no concluida y de las madres es primaria concluida, los padres son trabajadores informales y las madres en su mayoría no trabajan, la actitud de los alumnos hacia el estudio es que le dedican más de 10 horas semanales al mismo, su motivación para estudiar es aprender íntegramente y aprobar, la importancia que dan al estudio es más que la diversión y opinan respecto de las TICs que será imprescindible su dominio para el ejercicio profesional.

*Tabla 5. Resumen de resultados en porcentaje, de agrupación de los clusters de tamaño medio con los datos sociales de los padres y la actitud hacia el estudio de los alumnos (fuente propia).*

		Cluster 10		Cluster 4		Cluster 1	
Tamaño		6,2%		5,5%		5,4%	
Tamaño absoluto		111		99		97	
Campo		Valor modal	Frec. Modal %	Valor modal	Frec. Modal %	Valor modal	Frec. Modal %
SITUACIÓN FINAL		Promedio [3-3,99]	90,99	Promedio [2-2,99]	95,96	Promedio [4-5]	97,94
<b>SITUACIÓN SOCIAL PADRE</b>	ÚLTIMOS ESTUDIOS PADRE	Nivel Medio Concluido	27,93	Universitario Concluido	23,23	Primaria No Concluida	18,56
	SITUACIÓN LABORAL PADRE	Trabaja	52,25	Trabaja	68,69	Trabaja	64,95

	ACTIVIDAD ECONÓMICA PADRE	Otro	27,03	Otro	26,26	Otro	26,80
	HS TRABAJADAS PADRE	De 36 o más	47,75	De 36 o más	40,40	De 36 o más	37,11
<b>SITUACIÓN SOCIAL MADRE</b>	ÚLTIMOS ESTUDIOS MADRE	Nivel Medio Concluido	29,73	Nivel Medio Concluido	29,29	Primaria Concluida	26,80
	SITUACIÓN LABORAL MADRE	No Trabaja	79,28	No Trabaja	58,59	No Trabaja	60,82
	ACTIVIDAD ECONÓMICA MADRE	No Trabaja	79,28	No Trabaja	58,59	No Trabaja	60,82
	HS TRABAJADAS MADRE	No Trabaja	79,28	No Trabaja	58,59	No Trabaja	67,01
<b>ACTITUD HACIA EL ESTUDIO</b>	HORAS ESTUDIO	Menos de 10	77,48	Menos de 10	54,55	Más de 10	53,61
	IMPORTANCIA ESTUDIO	Más que el trabajo	55,86	Más que a la diversión	61,62	Más que a la diversión	58,76
	UTILIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN	Facilitan el proceso de enseñanza	45,95	Facilitan el proceso de enseñanza	55,56	Será imprescindible su dominio para el ejercicio profesional	43,30
	MOTIVACIÓN PARA ESTUDIAR	Aprender integralmente y Aprobar	36,04	Aprender integralmente y Aprobar	53,54	Aprender integralmente y Aprobar	42,27

## Conclusiones

Los resultados obtenidos con la aplicación de las técnicas de minería de datos para identificar perfiles descriptivos de los alumnos de la UNE (clusters y árboles de decisión), han evidenciado las características de las clases representativas del rendimiento académico de los alumnos, considerando los promedios generales de hasta los cinco promedios totales del programa cursado por el alumno, clasificados en los rangos [0- 1,99], [2-2,99], [3-3,99] y [4-5].

Los árboles de decisión han identificado las características sociales generales, tales como que los alumnos en su mayoría han nacido y residen en el departamento de Alto Paraná, viven con familiares, son trabajadores del ámbito informal, no poseen seguro social y provienen de colegios públicos. En cuanto al perfil de rendimiento se ha determinado que está relacionado con el nivel de estudio de los padres y la actitud hacia el estudio de los alumnos, específicamente la cantidad de horas otorgadas al estudio.

En el intervalo [4-5] se ha observado como características más relevantes que los alumnos en su mayoría son de género femenino, no trabajan, el último estudio cursado de los padres es universitario y el número de horas semanales dedicadas al estudio es de más de 10 horas.

En el intervalo [3-3,99] se ha observado que los alumnos se caracterizan en su mayoría por ser de género femenino, el último estudio cursado de los padres es el nivel medio concluido y el número de horas semanales dedicadas al estudio es de menos de 10 horas.

El intervalo [2-2,99] corresponde a alumnos que en su mayoría son de género masculino, el último estudio cursado de los padres es el nivel medio concluido, el número de horas semanales dedicadas al estudio es de menos de 10 horas.

El intervalo [0-1,99] indica igual proporción de género femenino y masculino, el último estudio cursado por los padres es la primaria concluida y de las madres el nivel medio concluido, el número de horas semanales dedicadas al estudio es de más de 10 horas.

Los clusters de mayor tamaño corresponden a alumnos mayoritariamente con promedios generales en el rango de [3-3,99], en su mayoría de género femenino, de estado civil soltera/o, nacidos y con residencia en el departamento de Alto Paraná, que viven con familiares, no poseen seguro social y provienen de colegios públicos.

Los clusters de menor tamaño corresponden a alumno cuyos rangos de notas mayoritariamente se encuentran en [2-2,99] y [4-5], éstos también presentan características sociales comunes, como que residen en el departamento de Alto Paraná, viven con familiares, no poseen seguro social y provienen de colegios públicos, ahora bien, las principales diferencias entre los clusters están relacionadas con el nivel de estudio de los padres y la actitud hacia el estudio de los alumnos, específicamente la cantidad de horas otorgadas al estudio.

Se destaca en el intervalo [4-5] el nivel de formación de los padres y la opinión de los alumnos hacia el uso de las TICs, considerando que será imprescindible su dominio para el ejercicio profesional.

Los resultados obtenidos han permitido caracterizar los distintos perfiles de los alumnos de la UNE especialmente en función de su rendimiento académico, lo cual permitirá el desarrollo de modelos predictivos de dicho rendimiento (la Red Martínez et al., 2016; 2017; 2018), tendientes a detectar tempranamente perfiles asociados a bajo rendimiento académico, lo cual permitirá tomar decisiones y realizar acciones tendientes a mejorar dicho rendimiento, contribuyendo a disminuir la deserción estudiantil.

## Agradecimientos

Este trabajo es sostenido por el Proyecto de Investigación “Estudio del rendimiento académico y determinación temprana de perfiles de alumnos en la Universidad Nacional del Este de Paraguay, aplicando técnicas de minería de datos”, CONACYT, PINV – 15 - 559. El software ISW (InfoSphere Warehouse) de gestión de DW y de DM fue obtenido de IBM a través de la Iniciativa Académica de dicha empresa.

## References:

1. Arbelaitz , O., Gurrutxaga, I., Muguerza , J., Pérez , J., & Perona, I. (2013). An extensive comparative study of cluster validity indices. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/J.PATCOG.2012.07.021>
2. Ballard, C., Rollins, J., Ramos, J., & Perkins. (2007). Dynamic Warehousing: Data Mining Made Easy”. IBM Information Management Software. En IBM Information Management Software.
3. Bobadilla Almada, G., & la Red Martínez, D. L. (2015). Estudio del rendimiento académico y determinación de perfiles de alumnos de la Facultad Politécnica de la Universidad Nacional del Este Paraguay. FPUNE Scientific, 43-48.
4. Breiman, L., Friedman, J., Olshen, R., & Stone, C. (1984). Predicting materials properties and behavior using classification and regression trees. Taylor & Francis Group. doi:<https://doi.org/10.1201/9781315139470>
5. Briand, L., Daly, J., & Wüst, J. (1999). A unified framework for coupling measurement in object oriented systems. IEEE Transactions on Software, 25.
6. Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., & Khabaza, T. (2000). CRISP-DM 1.0: Guía de minería de datos paso a paso. Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/CRISP-DM-1.0%3A-Step-by-step-data-mining-guide-Chapman-Clinton/54bad20bbc7938991bf34f86dde0babfbd2d5a72>
7. Connolly, T. B. (2005). Sistemas de bases de Datos. Un enfoque práctico para diseño, implementación y gestión(4ta Edición).
8. Formia, S., Lanzarini, L., & Hasperués, W. (2013). Characterization of University Drop-Out at UNRN Using Data Mining. A study case. CACIC. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
9. Han J, Kamber M, & Pei J. (2012). Data mining concepts and techniques (Third ed.). (M. Waltham, & K. Morgan , Edits.) Obtenido de [https://www.amazon.de/Data-Mining-Concepts-Techniques-Management/dp/0123814790/ref=tmm\\_hrd\\_title\\_0?ie=UTF8&qid=1366039033&sr=1-1](https://www.amazon.de/Data-Mining-Concepts-Techniques-Management/dp/0123814790/ref=tmm_hrd_title_0?ie=UTF8&qid=1366039033&sr=1-1)

10. Hassanein, W., & Elmelegy, A. (2014). Clustering Algorithms for Categorical Data Using Concepts of Significance and Dependence of Attributes. *European Scientific Journal*. Obtenido de <https://doi.org/10.19044/esj.2014.v10n3p%p>
11. Helberg, C. (2002). *Data Mining with Confidence*. SPSS Inc. doi:ISBN 1-56827-287-1.
12. IBM. (2020). IBM Knowledge Center. Obtenido de [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSEPGG\\_10.5.0/com.ibm.im.model.doc/c\\_distribution\\_based\\_clustering.html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSEPGG_10.5.0/com.ibm.im.model.doc/c_distribution_based_clustering.html)
13. la Red Martínez, D., & Podestá, C. E. (2014). Contributions from Data Mining to Study Academic Performance of Students of a Tertiary Institute;. *American Journal of Educational Research*, Volume 02(9), 713-726.
14. la Red Martínez, D., Giovannini, M., Báez, M., Molinas, Torre, J., & Yaccuzzi, N. (2017). Academic performance problems: A predictive data mining-based model. *Academia Journal of Educational Research*, 5, págs. 61-75.
15. la Red Martínez, D., Karanik, M., & Giovannini, M. (2018). Academic achievement profiles: An intelligent predictive model based on data mining. *Academia Journal of Educational Research*, 6, págs. 279-289.
16. la Red Martínez, D., Karanik, M., Giovannini, M., & Scappini, R. (2016). Towards to a Predictive Model of Academic Performance Using Data Mining in the UTN-FRReTowards to a Predictive Model of Academic Performance Using Data Mining in the UTN-FRRe. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, 14(2), págs. 36-41.
17. la Red Martínez, D., Karanik, M., Giovannini, M., Báez, M., & Pinto, N. (2015). Academic Performance Profiles: A Descriptive Model Based on Data Mining. *European Scientific Journal (ESJ)*, 17-38.
18. Laffond G, Laslier JF, & Le Breton M. (s.f.). Condorcet choice correspondences: A set-theoretical comparison. *Mathematical Social Sciences* (30), 23-25.
19. Liu B. (2011). *Web Data Mining. Computer Knowledge and Technology*. Academic Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/978-3-642-19460-3>
20. Maletic, J., Collard, M., & Marcus, A. (2002). Source Code Files as Structured Documents. in *Proceedings 10th IEEE International Workshop on Program Comprehension (IWPC'02)*, 289-292.
21. Maradona, G., & Calderón, M. I. (2007). Una aplicación del enfoque de la función de producción en educación. *Revista de Economía y Estadística*, XLII.
22. Marcus, A. (2003). *Semantic Driven Program Analysis*. Kent State University. Kent. USA: OH.

23. MATH 1340. Mathematics and Politics: Condorcet's Method and Condorcet Winners. (2010). Obtenido de Cornell University. .
24. Porto, A. y. (2003). Características y rendimiento de estudiantes universitarios. El casode la Facultad de Ciencias Económicas de la UniUniversidad. Universidad Nacional de La Plata.
25. Reyes R, S. L. (enero-junio de 2004). El Bajo Rendimiento Académico de los Estudiantes Universitarios. Una Aproximación a sus Causas. Theorethikos, Año VI(N° 18).
26. Sadiku, M., Shadare, A., & Musa, S. (2015). Data Mining: a Brief Introduction. European Scientific Journal, 21. Obtenido de <http://eujournal.org/index.php/esj/article/view/6017>
27. Timarán Pereira, R. (2010). Una lectura sobre deserción universitaria en estudiantes de pregrado desde la perspectiva de la minería de datos. Revista Científica Guillermo de Ockham., 8(1), 121-130.
28. Wilson, R. L., & Hardgrave, B. C. (1995). Predicting graduate student success in an MBA program: Regression versus classification. Educational and Psychological Measurement(55), 186-195.
29. Young, H. (1988). Condorcet's theory of voting. American Political Science, 82(4), 1231-1244. doi:<https://doi.org/10.2307/1961757>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### **Alui Konan Alphonse,**

Université Peleforo Gon Coulibaly, Ufr Des  
Sciences Biologiques, Département Géosciences,  
Unité Pédagogique Et De Recherche (Upr) D'agro-  
Pédologie, Côte D'ivoire

### **Yao Saraka Didier Martial,**

Université Peleforo Gon Coulibaly, Ufr Des  
Sciences Biologiques, Département Biochimie-  
Génétique, Unité Pédagogique Et De Recherche  
(Upr) De Génétique, Côte D'ivoire

### **N'Guetta Adélaïde,**

Centre National de Recherche Agronomique, Côte  
d'Ivoire

### **Yao-Kouamé Albert,**

Université Félix Houphouët-Boigny, Ufr Des  
Sciences De La Terre Et Des Ressources Minières,  
Département Des Sciences Du Sol

---

Submitted: 05 November 2020

Accepted: 01 December 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*Yao Saraka Didier Martial*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p158](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p158)

 Copyright 2020 Yao Saraka Didier M,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCES

---

Cite as:

Alphonse A, Didier Martial Y, Adélaïde N., Albert  
Y-K. (2020). Effet De Quelques Propriétés Du Sol  
Sur L'occurrence Et L'abondance De *Lippia*  
*Multiflora* M. (Verbenaceae) Dans Le Système  
Savanicole De Tiébissou, Au Centre De La Côte  
d'Ivoire. *European Scientific Journal, ESJ*, 16 (36),  
1. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p158>

---

## **Effet De Quelques Propriétés Du Sol Sur L'occurrence Et L'abondance De *Lippia* *Multiflora* M. (Verbenaceae) Dans Le Système Savanicole De Tiébissou, Au Centre De La Côte d'Ivoire**

---

### **Résumé**

Les données sur les caractéristiques physiques, physico-chimiques et chimiques du sol qui affecteraient l'occurrence de *Lippia multiflora* et son abondance dans les zones savaniques de la Côte d'Ivoire sont moins fournies dans la littérature. L'objectif de la présente étude est de mettre en évidence les propriétés du sol qui favorisent l'apparition des peuplements naturels et l'abondance de *L. multiflora* dans la savane à Tiébissou, en moyenne Côte d'Ivoire. La méthode d'échantillonnage a consisté dans un premier temps à inventorier la présence ou l'absence de *L. multiflora* et autres végétaux associés dans le système savanicole étudié. Secondairement, des échantillons de sols ont été prélevés à une profondeur allant de 0 à 60 cm aux pieds des plants de *L. multiflora* et où il n'y a pas de présence de la plante puis analysés au laboratoire. Les résultats ont montré que *L. multiflora* est une espèce qui est de type constant dans le système savanicole de Tiébissou avec une fréquence d'occurrence de 65,22% dans la partie Sud et 52,17% dans la partie Nord. Les tests de régression logistique réalisés indiquent que l'occurrence de *L. multiflora* serait liée au sol par le pH (5,4 à 5,6), les teneurs en azote (0,25 g.kg<sup>-1</sup> à 0,26 g.kg<sup>-1</sup>), limons (11,02 à 11,36 g.kg<sup>-1</sup>), sables (76,27 à 75,81 g.kg<sup>-1</sup>) et argiles (12,12 à 12,60 g.kg<sup>-1</sup>). Pour réussir la culture de *L. multiflora* il faut retenir qu'il s'accommode bien sur les sols pauvres, moyennement acides à neutres, poreux et de structure grumeleuse à tendance particulière.

---

**Subject:** Biologie et Agropedologie

**Mots-clés:** Lippia Multiflora, Sols,  
Occurrence, Tiébissou, Côte d'Ivoire

## **Effect Of Some Soil Properties On The Occurrence And Abundance Of *Lippia Multiflora* M. (Verbenaceae) In The Savannah System Of Tiébissou, Centre Côte d'Ivoire**

***Alui Konan Alphonse,***

Université Peleforo GON COULIBALY, UFR des Sciences Biologiques,  
Département Géosciences, Unité Pédagogique et de Recherche (UPR)  
d'Agro-pédologie, Côte d'Ivoire

***Yao Saraka Didier Martial,***

Université Peleforo GON COULIBALY, UFR des Sciences Biologiques,  
Département Biochimie-Génétique, Unité Pédagogique et de Recherche  
(UPR) de Génétique, Côte d'Ivoire

***N'Guetta Adélaïde,***

Centre National de Recherche Agronomique, Côte d'Ivoire

***Yao-Kouamé Albert,***

Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, UFR des Sciences de la Terre et  
des Ressources Minières, Département des Sciences du Sol

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p158](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p158)

---

### **Abstract**

Data about the physical, physicochemical and chemical characteristics of the soil that would affect the occurrence of *Lippia multiflora* and its abundance in the savannah areas of Côte d'Ivoire are less provided in the literature. The objective of this study is to highlight the properties of the soil which favor the emergence of natural populations and the abundance of *L. multiflora* in the savannah in Tiébissou, centre of Côte d'Ivoire. The sampling method consisted firstly an inventory of the presence or absence of *L. multiflora* and other associated plants in the studied savannah system. Secondly, soil samples were taken at a depth ranging from 0 to 60 cm under the *L. multiflora* plants and where there is no presence of the plants and then analyzed in the laboratory. The results showed that *L. multiflora* is a species which is constant type in the savannah system of Tiébissou with a frequency of occurrence of 65.22% in the Southern part and 52.17% in the Northern part of the studied savannah system. The logistic regression tests carried out indicate that the occurrence of *L. multiflora* would be linked to the soil through the soil parameters such as pH (5.4 to 5.6), the nitrogen (0.25 g.kg<sup>-1</sup> to 0.26

g.kg-1), silts (11.02 to 11.36 g.kg-1), sands (76.27 to 75.81 g.kg-1) and clays (12.12 to 12.60 g. kg-1) contents. To grow *L. multiflora* successfully, it must be remembered that it adapts well to poor, moderately acidic to neutral, porous soils with a lumpy structure with a particle tendency.

---

**Keywords:** *Lippia Multiflora*, Soils, Occurrence, Tiébissou, Côte d'Ivoire

## **Introduction**

Dans leur majorité, les populations africaines utilisent la riche et diversifiée flore de leur environnement pour la préparation des recettes médicinales. *Lippia multiflora* qui en fait partie entre dans la composition de certains médicaments traditionnels améliorés africains. Elle est utilisée pour le traitement de diverses maladies (Etou-Ossibi et al., 2005) dont, l'hyperthermie et la tension artérielle (Abena et al., 2017). De nombreuses études réalisées indiquent que l'extrait aqueux ou celui de l'huile essentielle de *L. multiflora* ont des propriétés pharmacologiques, pesticides (Oladimeji et al., 2000) et cosmétiques (Kanko et al., 2004). Aujourd'hui, cette espèce est commercialisée et constitue une culture d'exportation en Côte d'Ivoire (Yao-Kouamé et al., 2009).

Cependant, les pratiques de la cueillette de *L. multiflora* s'avèrent très destructives puisqu'au cours de sa collecte, les tiges et les branches sont cassées (Alui et al., 2011). Aussi, comme les autres espèces végétales des savanes, *L. multiflora* est détruite parfois par les feux de brousse et les défrichements au profit des cultures (Yao-Kouamé et al., 2009). Tout comme les savanes d'Afrique subsaharienne, les zones agro-écologiques où se trouve *L. multiflora* appartiennent à des écosystèmes fragiles reposant sur la coexistence entre une strate herbacée et une strate ligneuse. Elles constituent des systèmes dynamiques dont l'évolution dépend de l'intensité de facteurs environnementaux notamment, la sécheresse, les feux de brousse, l'élevage, les cultures et autres (Yao-Kouamé et Allou, 2008 ; Yao-Kouamé et al., 2009).

L'objectif de l'étude est d'analyser les éléments du sol qui sont favorables à l'occurrence et à l'abondance de *L. multiflora*, au plan local à Tiébissou, département situé en moyenne Côte d'Ivoire. De façon spécifique, il s'agit de (i) quantifier l'abondance de *L. multiflora* dans l'une de ses zones de diversité, la savane de Tiébissou et de (ii) rechercher quelques propriétés du sol qui favorisent la présence de *L. multiflora*, afin d'en déduire les conditions optimales pour l'abondance de l'espèce.

## **1. Matériel et méthodes**

### **1.1- Zone d'étude**

La zone d'étude se situe dans le système savanicole du département de Tiébissou en moyenne Côte d'Ivoire (Figure 1). Cette zone est soumise au

climat baouléen, caractérisé par quatre saisons qui sont sous l'influence de la mousson du Sud-Ouest et de l'harmattan. La hauteur des précipitations de la zone varie de 1200 à 1600 mm.an-1 avec un déficit hydrique cumulé allant de 205 mm à 450 mm (Brou, 2005). Le relief de la zone d'étude est plat. Il est constitué d'une succession monotone de vallées et de collines typiques des régions à socle précambrien d'Afrique de l'Ouest. La végétation est faite de forêts et de savanes arbustives. L'altération météorique a développé une épaisse couche latéritique et sableuse qui recouvre le substratum géologique. Selon la carte géologique, la zone est faite de méta-siltites dominant sur méta-arénites, de granites à biotite, de métavolcanites indifférenciés et de granodiorite à biotite et/ou hornblende (Koffi et al., 2014).

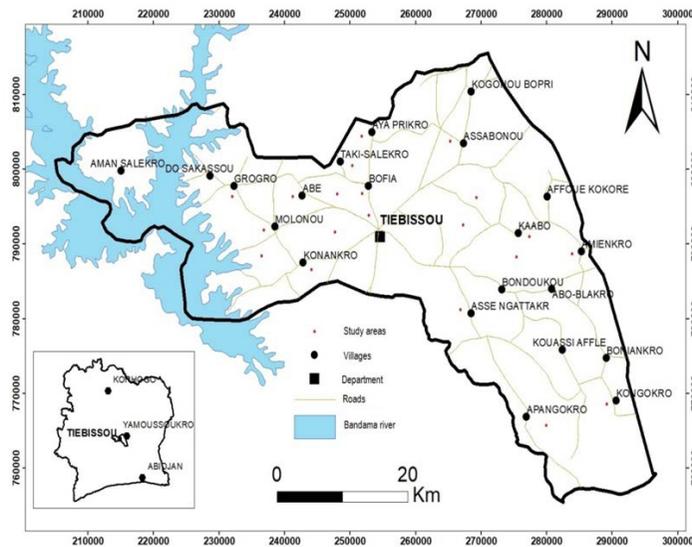
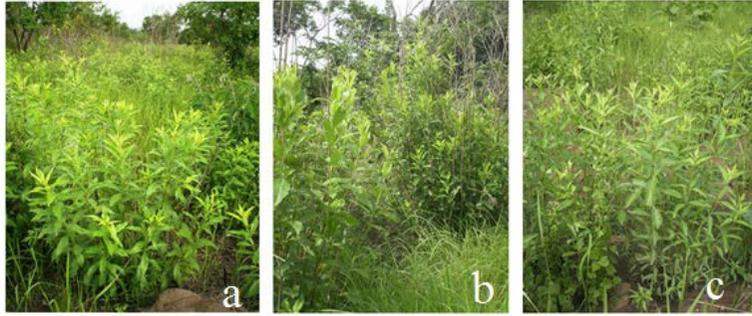


Figure 1. Situation géographique du site de l'étude.

## Matériel biologique

Le matériel biologique dans le cadre de cette étude est *Lippia multiflora* M., de la famille des Verbenaceae, qui se trouve dans la zone de savane de Tiébissou en moyenne Côte d'Ivoire. Les peuplements naturels de *L. multiflora* (Figure 2), sont le plus souvent observés dans un environnement topographique de bas de versant, sur une bande allant de 75/100 m à 350/400 m du lit de cours d'eau. Quelques peuplements ont été observés à la mi-versant, mais rarement au sommet (Yao-Kouamé et al., 2009).



**Figure 2.** Illustrations montrant plusieurs (a, b et c) peuplements naturels de *Lippia multiflora* dans le système savanicole de Tiébissou

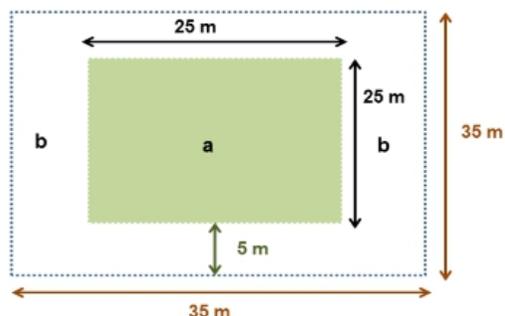
### **Matériel édaphique**

Des échantillons de sol ont été prélevés pour diverses analyses en laboratoire afin de déterminer les caractéristiques physiques et chimiques des sols où se trouvent les peuplements naturels de *Lippia multiflora* M. et les sols à proximité de ceux-ci.

### **Méthodes**

#### ***Collecte des données***

La méthode d'échantillonnage utilisée consiste essentiellement à des relevés de surface, notamment l'inventaire de la flore (présence ou absence de *Lippia multiflora* et végétaux caractéristiques), le prélèvement des échantillons de sols. Les sols ont été collectés d'une part au pied des plants de *L. multiflora* et d'autre part, à des endroits où il n'y a pas de plants de *L. multiflora*, dans une profondeur allant de 0 à 60 cm, dans le système savanicole du département de Tiébissou. Le plan d'échantillonnage a été développé dans un raisonnement probabiliste (Lubomir *et al.*, 2011), c'est-à-dire par tirage aléatoire de zones (Nord et Sud du département). Pour se rendre compte de l'évolution ou pas des peuplements de *L. multiflora*, trois missions d'inventaires de la flore ont été effectuées, en mars après les premières pluies, en juin au début de la première floraison de *Lippia multiflora* et en novembre pendant la deuxième floraison. Au niveau des parcelles sélectionnées, des placettes de taille 25 x 25 m (625 m<sup>2</sup>) ont été posées selon les recommandations légèrement modifiées de N'Da *et al.* (2008) dans le but du prélèvement des échantillons de sol (Figure 3).



**Figure 3.** Schéma des placettes telles que réalisées sur le terrain pour les relevés de surfaces. **a** = présence de *Lippia multiflora* et **b** = absence de *Lippia multiflora*.

### ***Analyses physiques, physico-chimiques et chimiques réalisées sur les échantillons de sol***

L'analyse granulométrique des échantillons de sols a été effectuée sur une prise d'essai de terre fine (élément < 2mm). Elle a permis de séparer les particules du sol en trois classes distinctes selon leur taille: sables (de 2 à 0,05 mm), limons (0,05 à 0,002 mm), argile (< 0,002 mm). Des analyses chimiques ont également été effectuées sur les échantillons de sol. Il s'agit de la détermination du pH qui a été mesuré selon les méthodes normées (AFNOR NF ISO 10-390, 2005), des macroéléments (N, P et K), des cations essentiels (Ca et Mg) et des éléments traces métalliques (Pb, Zn, Mn et Fe). La teneur en azote Kjeldahl a été déterminée conformément à la norme française AFNOR ISO 11-261. Les teneurs en éléments métalliques (manganèse, fer) et espèces ioniques (calcium, sodium et potassium) ont été déterminées par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA) à flamme après minéralisation des échantillons à l'eau régale.

### ***Expressions analytiques des données des inventaires floristiques***

Les données botaniques ont été traitées en vue de la détermination de la fréquence d'occurrence, de l'abondance et de la densité. La fréquence d'occurrence d'une espèce est le rapport exprimé en pourcentage, du nombre de prélèvements où cette espèce est notée au nombre total de prélèvements effectués (Dajoz, 1985).

$$F = \frac{Pa}{P} \times 100 \quad (1)$$

F = Fréquence d'occurrence de l'espèce, Pa = nombre total de prélèvements contenant l'espèce prise en considération, P = nombre total de prélèvements faits.

Selon Dajoz (1985), on distingue : les espèces constantes ( $F \geq 50\%$ ), les espèces accessoires ( $25\% < F < 50\%$ ) et les espèces accidentelles ( $F \leq 25\%$ ).

L'abondance relative d'une espèce correspond au rapport du nombre des individus de cette même espèce au nombre total des individus de toutes espèces confondus.

$$\text{Arel} = \frac{Na}{Na + Nb + Nc + N \dots} \times 100 \quad (2)$$

**Arel** = abondance relative de l'espèce prise en considération respectivement **Na, Nb, Nc...** = nombre des individus des espèces **a ; b ; c...**L'abondance relative renseigne sur l'importance de chaque espèce par rapport à l'ensemble des espèces présentes.

La densité d'un peuplement est le nombre d'individus vivant de toutes les espèces par unité de surface calculée suivant la formule :

$$\mathbf{D} = \frac{N}{P} \quad (3)$$

Où **D** = Densité de l'espèce ; **N** = Nombre total d'individus d'une espèce récoltée dans le peuplement considéré. **P** = Nombre total des prélèvements effectués dans le peuplement considéré sur une surface donnée.

L'indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité, ont permis d'évaluer la diversité floristique des placettes situées dans la partie nord et ceux dans la partie sud de Tiébissou. Ils ont également permis de comparer entre eux, les végétaux des différents milieux lorsque le nombre d'individus récoltés ont été très différents. Les indices de Shannon-Weaver et d'équirépartition s'expriment par les formules suivantes :

$$\mathbf{H'} = - \sum qi \log_2 qi \quad (4)$$

**H'** est exprimé en bits avec **qi** = fréquence d'apparition d'une espèce.

L'équitabilité (**E**) est définie comme le rapport de la diversité calculée à la diversité maximale.

$$\mathbf{E} = \frac{H'}{H'_{max}} \quad (5)$$

**H'max** = **H'/log2 S** avec **S** = nombre d'espèces. **E** varie entre 0 et 1, tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce; elle est de 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance.

### *Analyse statistique des données collectées*

Les données obtenues ont été analysées avec le logiciel SPSS version 20 (IBM Corp., USA). Ainsi, les statistiques descriptives de tendance centrale et de dispersion ont été utilisées pour appuyer l'interprétation des variables tenant compte de la corrélation et de la localisation des échantillons de sols. Une analyse de variance (ANOVA) a été utilisée (F de Fischer, cas d'un test paramétrique ou le test de Kruskal-Wallis cas d'un test non paramétrique). La normalité des données et l'homogénéité des variances ont été vérifiées au préalable en utilisant respectivement le test de Kolmogorov-Smirnov et Shapiro-Wilk. La régression logistique a été utilisée afin de déterminer les

éléments du sol qui influence le plus la présence ou l'absence de *Lippia multiflora*. Les coefficients de la régression logistique ont servi à estimer les taux de probabilité pour chacune des variables (sols) indépendantes.

## Resultats

### Fréquence d'occurrence, abondance, densité et équirépartition des espèces végétales rencontrées (*Lippia multiflora* et plantes associées)

L'ensemble des espèces floristiques inventoriées a été pris en considération pour le calcul des indices écologiques (Fréquence d'occurrence, Abondance relative, densité, l'indice de diversité et d'équirépartition).

Le tableau 1 montre l'importance des espèces constantes et des espèces accessoires sur l'ensemble des différents sites de l'étude. Avec une fréquence d'occurrence de 65,22 % dans la partie Sud et 52,17 % dans la partie Nord, *Lippia multiflora* est une espèce qui est de type constant dans ce système savanicole de Tiébissou. Comparativement aux autres espèces, la plante est plus abondante (7,61 % dans la partie Sud et 5,08 % dans la partie Nord) et plus dense (17 pieds sur 625 m<sup>2</sup> au Sud, et 17 pieds au Nord sur 625 m<sup>2</sup>). L'équirépartition évaluée (0,97 dans la partie Sud et 0,99 dans la partie Nord) indique un équilibre entre les effectifs des différentes espèces présentes pour l'ensemble des zones prospectées.

**Tableau 1.** Fréquence d'occurrence (F%), abondance relative (Arel%) et densité (D) des espèces inventoriées

Espèce observée		Partie Nord			Partie Sud			Moyenne	Type d'espèce
		F (%)	Arel (%)	D	F (%)	Arel (%)	D	F (%)	
<i>Aframomum latifolium</i>	Zingiberaceae	39,13	3,81	6	39,13	4,57	8	39,13	accessoire
<i>Annona senegalensis</i>	Annonaceae	52,17	5,08	2	60,87	7,11	3	56,52	constante
<i>Bridelia ferruginea</i>	Euphorbiaceae	26,09	2,54	1	47,83	5,58	1	36,96	accessoire
<i>Cochlospermum planchonii</i>	Cochlospermaceae	26,09	2,54	1	34,78	4,06	1	30,43	accessoire
<i>Crossopterix febrifuga</i>	Rubiaceae	43,48	4,24	2	43,48	5,08	3	43,48	accessoire
<i>Eriosema glomeratum</i>	Fabaceae	52,17	5,08	1	30,43	3,55	1	41,30	accessoire
<i>Ficus capensis</i>	Moraceae	34,78	3,39	1	26,09	3,05	1	30,43	accessoire
<i>Fimbristylis exilis</i>	Cyperaceae	60,87	5,93	1	17,39	2,03	4	39,13	accessoire
<i>Flueggea virosa</i>	Euphorbiaceae	43,48	4,24	1	26,09	3,05	3	34,78	accessoire
<b><i>Lippia multiflora</i></b>	<b>Verbenaceae</b>	<b>52,17</b>	<b>5,08</b>	<b>17</b>	<b>65,22</b>	<b>7,61</b>	<b>17</b>	<b>58,70</b>	<b>constante</b>
<i>Nauclea latifolia</i>	Rubiaceae	39,13	3,81	2	26,09	3,05	2	32,61	accessoire
<i>Parkia biglobosa</i>	Mimosaceae	52,17	5,08	1	17,39	2,03	1	34,78	accessoire
<i>Pericopsis laxiflora</i>	Fabaceae	52,17	5,08	2	47,83	5,58	1	50,00	constante
<i>Piliostigma thonningii</i>	Caesalpiniaceae	39,13	3,81	2	65,22	7,61	2	52,17	constante
<i>Pseudarthria hookeri</i>	Fabaceae	39,13	3,81	1	26,09	3,05	2	32,61	accessoire
<i>Pterocarpus serinaceus</i>	Fabaceae	47,83	4,66	1	26,09	3,05	2	36,96	accessoire
<i>Terminalia glaucescens</i>	Cambretaceae	21,74	2,12	1	47,83	5,58	3	34,78	accessoire
<i>Uraria picta</i>	Fabaceae	52,17	5,08	1	52,17	6,09	1	52,17	constante
<i>Vernonia guineensis</i>	Asteraceae	34,78	3,39	1	34,78	4,06	2	34,78	accessoire
<i>Waltheria indica</i>	Sterculiaceae	56,52	5,51	2	39,13	4,57	1	47,83	accessoire
<b>H'</b>		3,135464			3,06365				
<b>E</b>		0,99			0,97				

H' : indices de Shannon-Weaver ; E : indice d'équirépartition

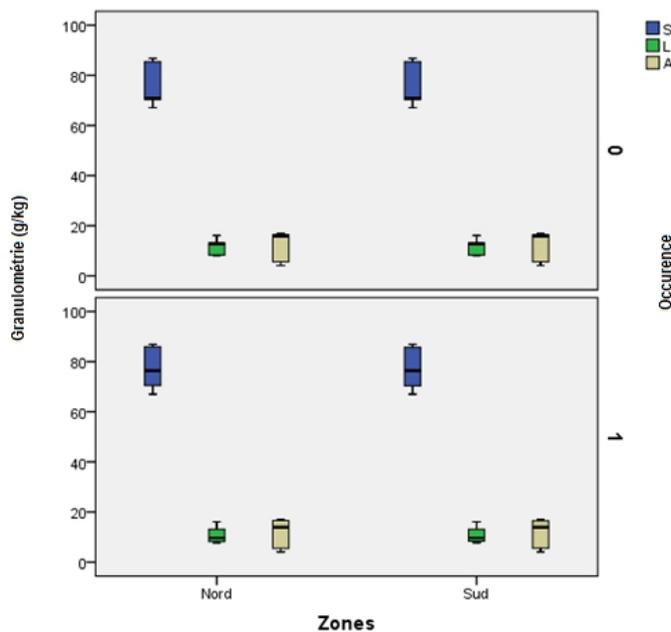
### Granulométrie des différents sols

Les résultats illustrés dans le tableau 2 permettent d’apprécier la granulométrie des sols des différentes zones du site de l’étude. La texture du sol ne varie pas selon les zones. Ainsi, l’analyse de ces résultats montre que la teneur en sables (S) est importante, quelle que soit la zone. Les valeurs obtenues varient de 75,8 à 76,54 g.kg<sup>-1</sup>, et ne sont pas statistiquement différentes ( $F_{cal} = 0,15$  ns ;  $P_{cal} \geq 0,05$ ) : La texture est donc de type sableuse, quelle que soit la zone et l’occurrence (Figure 4).

**Tableau 2.** Proportion en sables, limons et argile des zones investiguées

Zones	Occurrence	Sables (S) (g.kg <sup>-1</sup> )	Limons (L) (g.kg <sup>-1</sup> )	Argile (A) (g.kg <sup>-1</sup> )
Nord	0	75,8 ± 7,42 a	11,36 ± 2,9 a	12,60 ± 5,51 a
	1	76,54 ± 7,48 a	11,02 ± 2,9 a	12,12 ± 5,15 a
Sud	0	75,81 ± 7,47 a	11,36 ± 2,9 a	12,60 ± 5,12 a
	1	76,27 ± 7,42 a	11,12 ± 2,9 a	12,30 ± 5,11 a
$F_{cal}$		0,15 ns	0,013 ns	0,16 ns
$P_{cal}$		0,013	0,911	0,902
$P_{théor}$		≥ 0,05	≥ 0,05	≥ 0,05

Les moyennes affectées d’une même lettre, dans une même colonne, sont identiques, au seuil  $\alpha = 0,05$ , selon la méthode de Tukey, ns = non significative.



**Figure 4.** Granulométrie des sols en fonction de l’occurrence de *Lippia multiflora*. S : sable, L : Limon et A : argiles

### Acidité, matière organique et azote

L'examen des résultats obtenus après les analyses en laboratoire des échantillons de sols révèle qu'il n'y a pas une différence significative au niveau de la teneur, en matière organique (MO), azote (N) et du pH, quel que soit le site et l'occurrence de la plante (Tableau 3). Ainsi, les sols des différentes zones sont fortement à moyennement acides (pH = 5,4 à 5,6). Au niveau de la matière organique (MO), il y a une relative pauvreté car, les valeurs obtenues (2,47 à 2,52 g.kg<sup>-1</sup>) sont en dessous de 10 g.kg<sup>-1</sup>. La teneur moyenne en azote total (N) varie de 0,25 à 0,26 g.kg<sup>-1</sup>. Ces valeurs obtenues indiquent que les sols des zones de l'étude sont déficitaires en azote.

### Statut nutritif évalué selon les bases échangeables

Le statut nutritif, évalué par la mesure des concentrations en éléments biodisponibles dans les sols : cations (Ca, Mg et K) et CEC sont consignés dans les tableaux 3 et 4. Les analyses statistiques effectuées ne relèvent aucune différence significative entre les valeurs obtenues, quelle que soit la zone et l'occurrence de *Lippia multiflora*. Ainsi, au niveau des bases échangeables, les sols étudiés sont appauvris en Ca<sup>2+</sup> (1,11 à 1,17 cmol<sup>+</sup>.kg<sup>-1</sup>), Mg<sup>2+</sup> (1,14 à 1,15 cmol<sup>+</sup>.kg<sup>-1</sup>) et K<sup>+</sup> (0,11 à 0,15 cmol<sup>+</sup>.kg<sup>-1</sup>).

Quant à la CEC qui caractérise le pouvoir fixateur du sol en cation et qui indique le niveau de fertilité chimique, elle présente des valeurs très élevées (14,61 à 14,65 cmol<sup>+</sup>.kg<sup>-1</sup>) car au-dessus de 10 cmol<sup>+</sup>.kg<sup>-1</sup> (Tableau 4).

### Statut nutritif évalué selon les cas des oligo-éléments (Fe, Zn, et Mn)

La richesse en oligo-éléments a été faite grâce à la mesure des teneurs en fer (Fe), zinc (Zn), et manganèse (Mn) (Tableau 3). Du point de vue des zones de l'étude, les teneurs moyennes en : Fe (18,31 à 18,35 mg.kg<sup>-1</sup>), Zn (0,82 à 0,83 mg.kg<sup>-1</sup>), et Mn (7,31 à 7,37 mg.kg<sup>-1</sup>), sont inférieures aux seuils : 27; 1,4; 7,5 mg.kg<sup>-1</sup> respectivement. Ces valeurs obtenues sont statistiquement identiques entre elles.

**Tableau 3.** Acidité, matière organique, azote, bases échangeables et oligoéléments évalués au niveau des différentes zones et en fonction de l'occurrence de *Lippia multiflora*.

Zones	Occurrence	Acidité, matière organique et azote (g.kg <sup>-1</sup> )		
		pH eau	MO	N
Nord	0	5,6 ± 0,29 a	2,47 ± 0,36 a	0,26 ± 0,03 a
	1	5,5 ± 0,28 a	2,50 ± 0,31 a	0,25 ± 0,031 a
	0	5,6 ± 0,29 a	2,47 ± 0,36 a	0,26 ± 0,032 a
Sud	1	5,4 ± 0,31 a	2,52 ± 0,32 a	0,25 ± 0,31 a
	Fcal	0,060 ns	0,026 ns	0,28 ns
	Pcal	0,93	0,87	0,86
Pthéor		≥ 0,05	≥ 0,05	≥ 0,05
Bases échangeables (cmol+/kg)				
Zones	Occurrence	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>

	0	1,11 ± 0,18 a	1,14 ± 0,05 a	0,11 ± 0,01 a
Nord	1	1,17 ± 0,21 a	1,14 ± 0,07 a	0,11 ± 0,01 a
	0	1,11 ± 0,18 a	1,14 ± 0,05	0,11 ± 0,01 a
Sud	1	1,17 ± 0,19 a	1,15 ± 0,07 a	0,15 ± 0,02 a
	Fcal	0,025 ns	0,03 ns	0,01 ns
	Pcal	0,87	0,86	0,98
	Pthéor	≥ 0,05	≥ 0,05	≥ 0,05
<b>Oligoéléments (mg.kg-1)</b>				
<b>Zones</b>	<b>Occurrence</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
	0	18,35 ± 0,15 a	7,31 ± 0,14 a	0,82 ± 0,08 a
Nord	1	18,33 ± 0,21 a	7,37 ± 0,17 a	0,83 ± 0,07 a
	0	18,35 ± 0,15 a	7,31 ± 0,14 a	0,82 ± 0,08 a
Sud	1	18,31 ± 0,21 a	7,36 ± 0,16 a	0,83 ± 0,07 a
	Fcal	0,06 ns	0,01 ns	,08 ns
	Pcal	0,79	0,91	0,93
	Pthéor	≥ 0,05	≥ 0,05	≥ 0,05

Les moyennes affectées d'une même lettre, dans une même colonne pour un paramètre donné, sont identiques au seuil  $\alpha = 0,05$ , selon la méthode de Tukey, ns = non significative.

**Tableau 4.** Capacité d'Echange Cationique (CEC) évaluée au niveau des différentes zones et en fonction de l'occurrence de *Lippia multiflora*

Zones	Occurrence	Capacité d'échange cationique (cmol+/kg)
	0	14,61 ± 0,17 a
Nord	1	14,65 ± 0,12 a
	0	14,61 ± 0,17 a
Sud	1	14,64 ± 0,18 a
	Fcal	0,01 ns
	Pcal	0,97
	Pthéor	≥ 0,05

Les moyennes affectées d'une même lettre, dans une même colonne, sont identiques au seuil  $\alpha = 0,05$ , selon la méthode de Tukey, ns = non significative.

### Relation entre paramètres des sols des différentes zones de prospection et l'occurrence de *Lippia multiflora*

Le but ici a consisté à modéliser la variable « présence », désignant l'observation ou non de l'espèce dans la partie Nord et Sud de Tiébissou, en fonction des 13 variables (sols) explicatives. Autrement dit, chercher à estimer la probabilité de présence de *Lippia multiflora* sur chacune des zones en fonction des 13 prédicteurs considérés. Ainsi, avec le test de la régression logistique et en considérant les p-values associées à leurs coefficients qui sont inférieures à 0,05, les variables principales les plus influentes dans l'observation de l'espèce ont été (Tableau 5): le pHeau ( $\chi^2 = 11,295^{**}$  et Pr = 0,001) ; l'azote ( $\chi^2 = 6,566^*$  et Pr = 0,01) ; les limons ( $\chi^2 = 5,178^*$  et Pr =

0,02) ; les sables ( $\chi^2 = 4,439^*$  et Pr = 0,035) et l'argile ( $\chi^2 = 4,404^*$  et Pr = 0,036).

**Tableau 4.** Analyse des estimations de la vraisemblance maximum.

Paramètres sols	Variables dans l'équation							
	A	Estimati on	$\chi^2$ de Wald	ddl	Pr > $\chi^2$	Exp(B)	IC pour Exp(B) 95% Infé rieur	Supérieur
<b>pHeau</b>	<b>-2,793</b>	<b>0,831</b>	<b>11,29</b> <b>5</b>	<b>1</b>	<b>0,001</b>	<b>0,061</b>	<b>0,012</b>	<b>0,312</b>
MO	-1,295	1,007	1,655	1	0,198	0,274	0,038	1,970
<b>N</b>	<b>26,68</b> <b>2</b>	<b>10,413</b>	<b>6,566</b>	<b>1</b>	<b>0,010</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,002</b>
CEC	3,123	1,790	3,045	1	0,081	22,724	0,681	758,721
Ca <sup>2+</sup>	2,001	1,808	1,224	1	0,268	7,397	0,214	256,104
Mg <sup>2+</sup>	9,571	6,247	2,347	1	0,126	14338,0 88	0,069	2980622731, 156
K <sup>+</sup>	8,057	12,842	0,394	1	0,530	3155,69 8	0,000	2691652550 74,4
Fe	1,653	1,647	1,007	1	0,316	5,224	0,207	131,918
Mn	2,722	1,715	2,520	1	0,112	15,209	0,528	438,258
Zn	-2,767	3,488	0,629	1	0,428	0,063	0,000	58,513
<b>S</b>	<b>-1,973</b>	<b>0,937</b>	<b>4,439</b>	<b>1</b>	<b>0,035</b>	<b>0,139</b>	<b>0,022</b>	<b>0,872</b>
<b>L</b>	<b>-2,246</b>	<b>0,987</b>	<b>5,178</b>	<b>1</b>	<b>0,023</b>	<b>0,106</b>	<b>0,015</b>	<b>0,732</b>
<b>A</b>	<b>-1,841</b>	<b>0,877</b>	<b>4,404</b>	<b>1</b>	<b>0,036</b>	<b>0,159</b>	<b>0,028</b>	<b>0,885</b>
Constante	116,3 14	107,610	1,168	1	0,280	3,271E+ 050		

a. Variable(s) entrées : pHeau, MO, N, CEC, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Fe, Mn, Zn, S, L, A.  
avec  $\chi^2 = \text{Khi } 2$

## Discussion

Les indices écologiques évalués montrent que la fréquence d'occurrence de *Lippia multiflora* est de 52,17 % dans la partie Nord et 65,22 % dans la partie Sud. Ainsi, la plante est une espèce qui est de type constant dans ce système savanicole de Tiébissou. Comparativement aux autres espèces, *L. multiflora* la plante est plus abondante (7,61% dans la partie Sud et 5,08% dans la partie Nord) et plus dense (17 pieds sur 625 m<sup>2</sup>). L'équirépartition évaluée (0,99 dans la partie Nord et 0,97 dans la partie Sud), indique un équilibre entre les effectifs des différentes espèces présentes pour l'ensemble des zones prospectées. La très grande majorité, sinon la quasi-totalité des végétaux observés dans l'environnement naturel de *L. multiflora* est constituée par des espèces végétales spécifiques des écosystèmes savaniques, qui disparaissent dès que s'installe un climat forestier (Aké, 2002). Le fait que ces plantes cohabitent avec *L. multiflora* prouve que cette dernière est bien une plante de savane ; ce qui justifie éloquentement son autre appellation de « thé de savane ». En se basant sur la fréquence d'occurrence (F) calculée, beaucoup

d'espèces inventoriées sont des accessoires, certainement à cause des feux de brousse. Les analyses des inventaires floristiques réalisées dans le cadre des travaux portant sur l'analyse de la diversité floristique du parc national de la Marahoué, au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, ont montré que les feux, mis de façon tardive, créent un caractère dommageable sur les communautés de plantes jusqu'à, quelque fois, leur disparition (N'Da *et al.*, 2008). La conjugaison de tous ces facteurs évoqués pourrait influencer l'occurrence et l'abondance des plantes en des lieux précis.

La granulométrie indique que la texture du sol est relativement dominée par les sables (S), quelle que soit la zone. Les valeurs obtenues varient de 75,8 à 76,54 g.kg<sup>-1</sup>. Au niveau de l'acidité, les sols où pousse naturellement *L. multiflora* sont fortement à moyennement acides (pH = 5,4 à 5,6), avec un niveau de la matière organique (MO = 2,47 à 2,52 g.kg<sup>-1</sup>), en dessous de 10 g.kg<sup>-1</sup>. La teneur moyenne en azote total (N) varie de 0,25 à 0,26 g.kg<sup>-1</sup>. Ces valeurs obtenues indiquent que les sols des zones de l'étude sont déficitaires en N. Le rapport C/N qui caractérise le degré de minéralisation de la matière organique témoigne d'une minéralisation très lente du carbone organique, car les valeurs obtenues varient de 5,74 à 5,86. Au niveau des bases échangeables, les sols étudiés sont appauvris en Ca<sup>2+</sup> (1,11 à 1,17 cmol<sup>+</sup>/kg) et Mg<sup>2+</sup> (1,14 à 1,15 cmol<sup>+</sup>/kg) et K<sup>+</sup> (0,11 à 0,15 cmol<sup>+</sup>/kg). Quant à la CEC qui caractérise le pouvoir fixateur du sol en cation et qui indique le niveau de fertilité chimique, indique des valeurs très élevées (14,61 à 14,65 cmol<sup>+</sup>/kg) car au-dessus de 10 cmol<sup>+</sup>/kg. Du point de vue des zones de l'étude, les teneurs moyennes en : Fe (18,31 à 18,35 mg.kg<sup>-1</sup>), Zn (0,82 à 0,83 mg.kg<sup>-1</sup>), et Mn (7,31 à 7,37 mg.kg<sup>-1</sup>), sont inférieures aux seuils (27; 1,4; 7,5 mg.kg<sup>-1</sup>), respectivement. Les tests de régression logistique réalisés indiquent que l'occurrence de la plante est liée au sol par le pH, l'azote; les limons; les sables et l'argile. Or, le pH et les teneurs en N sont relativement faibles.

Les présents résultats sont similaires à ceux de certains chercheurs qui ont montré que *L. multiflora* se développe naturellement et préférentiellement sur les sols gravillonnaires et/ou sableux. Les racines exploitent les horizons de surface jusqu'à une profondeur d'environ 30 cm. C'est une plante héliophile qui s'accommode bien sur sols pauvres, moyennement acides à neutres, poreux et de structure grumelleuse à particulaire (Yao-Kouamé et Allou, 2008). La dominance en sables des sols sous les peuplements de *L. multiflora* pourrait signifier que la plante est une espèce psammophyte car capable de vivre dans les terrains sableuse (Yao-Kouamé et Allou, 2008 ; Diomandé *et al.*, 2014).

## Conclusion

*Lippia multiflora* est une espèce qui pousse spontanément dans les zones de savanes, mais dont le développement est menacé par la déforestation et les feux de brousse. Pourtant, cette espèce pourrait représenter une spéculation

économique importante, si une politique adéquate de gestion de son développement et de sa production est menée. Ainsi, les indices écologiques évalués montrent que la fréquence d'occurrence de *L. multiflora* est de 65,22 % dans la partie Sud et 52,17 % dans la partie Nord. Ces résultats montrent que la plante est une espèce de type constant dans ce système savanique de Tiébissou. *L. multiflora* se développe naturellement et préférentiellement sur les sols gravillonnaires et/ou sableuse. Les racines exploitent les horizons de surface jusqu'à une profondeur d'environ 30 cm. C'est une plante qui s'accommode bien de sols pauvres, moyennement acides à neutres. La régression logistique indiquent que l'occurrence de la plante est liée au sol par le pH, les teneurs en, azote; limons; sables et argile.

### References:

1. Abena, A.A., Etou, O.A.W., Gouolally, T., Okemy, A.N., Ndissa, N., & Ouamba, J. M. (2017). Étude monographique de *Lippia multiflora* Moldenke (Verbenaceae). *Phytothérapie* 15 : 27–32. <https://doi.org/10.1007/s10298-016-1025-8>.
2. Alui, K.A., Yao-Kouamé, A., Ballo, K.C., Kouadio, K.P., N'Guessan, K.A., & Nangah, K.Y (2011). Comportement de deux morphotypes de *Lippia multiflora* (Verbenaceae) sur Ferralsols de la région de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 38: 2592-2601. <http://www.m.elewa.org/JABS/2011/38/Abstract10-alui.html>
3. Aké, A. L. (2002). Flore de la Côte d'Ivoire 2, catalogue systématique, biogéographique et écologique. Conservatoire et Jardin Botaniques, Genève, Suisse, pp. 320-401.
4. Brou, Y.T. (2005). Climat, mutation socio-économique et paysages en Côte d'Ivoire, Mémoire de synthèse des activités scientifiques présenté en vue de l'obtention de l'habilitation à diriger des recherches, Université des sciences et techniques de Lille, 212p. <http://ori.univ-lille1.fr/notice/view/univ-lille1-ori-43433>
5. Coffi, K., Gérard, K., Yao, T.N., Fournier, J., Pradère, J.P., Toupet, L. (2004). Contribution à l'étude phytochimique de *Lippia multiflora* (Verbenaceae). *Comptes Rendus Chimie* 7, n°10-11, p 1029-1032. Doi : 10.1016/j.crci.2003.12.028
6. Dajoz, R. (1985). Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 505 p.
7. Diomande, L. B., Kanko, C., Tia, E.V., Kone, B., & Yao-Kouame, A. (2014) «Occurrence et composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de *Lippia multiflora* M. (thé de savane) selon le pH, les teneurs en Carbone, en Azote et Phosphore du sol en zones de savane guinéenne en Côte d'Ivoire». *Afrique Science*, 10 (4) : <http://www.afriquescience.info/document.php?id=4011>.

8. Etou-Ossibi, A., Nzonzi, J., Mombouli, J.V., Nsondé-Ntandou, G. E., Ouamba, J. M., & Abena, A. A. (2005). Screening chimique et effets de l'extrait aqueux du *Lippia multiflora* Moldenke sur le cœur isolé du crapaud. *Phytothérapie* 3, 193–199. <https://doi.org/10.1007/s10298-005-0104-z>
9. Gnammytch, B., Koffi, A., Ouattara, G., Kouame, F.K., & Deroin, J.P. (2014). Analyse des images satellitales radar RSO-ERS et optique ETM+ de Landsat 7 comme outils de prospection minière: application aux localités de Tiébissou et de Tienko en Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). *Afrique SCIENCE* 10(1), pp 47 – 67. <http://www.afriquescience.info/document.php?id=3116>
10. Kanko, C., Sawaliho, B.E., Kone, S., Koukoua, G., & Yao, T. N. (2004). Étude des propriétés physico-chimiques des huiles essentielles de *Lippia multiflora*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Cymbopogon giganteus*. *C. R. Chimie* 7 (2004):1039–1042. doi:10.1016/j.crci.2003.12.030.
11. Lubomir, T., Chytry, M., & Smarda, P. (2011). Evaluating the stability of the classification of community data. *Ecography* 34: 807-813. doi: 10.1111/j.1600-0587.2010.06599.x
12. N'Da, D.H., Adou, Y.C.Y., N'Guessan, K.E., Kone, M., & Sagne, Y.C. (2008). Analyse de la diversité floristique du parc national de la Marahoué, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE* 04(3), 552 – 579. DOI: 10.4314/afsci.v4i3.61700
13. Oladimeji, F.A., Orafidiya, O.O., Ogunniyi, T.A.B., & Adewunmi, T.A. (2000). Pediculocidal and scabicial properties of *Lippia multiflora* essential oil. *J Ethnopharmacol* 72:305–11. DOI: 10.1016/s03788741(00)00229-4
14. Yao-Kouamé, A., & Allou, K. (2008). Propriétés du sol et domestication de *Lippia multiflora* (Verbenaceae) en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 20 (1) :97-107. DOI: 10.4314/aga.v20i1.1739
15. Yao-Kouame, A., Nangah, K.Y., Alui, K.A., N'Guessan, K. A., Yao, G.F., & Assa, A. (2009). Pedo-landscape and development of *Lippia multiflora* in the Southern Côte d'Ivoire. *Journal of Environmental Science and Technology* 2 (1) :56-62. DOI: 10.3923/jest.2009.56.62
16. Yao-Kouame, A. & Kane, F. (2008). Caractéristiques biochimiques des feuilles de *Lippia multiflora* (Verbenaceae) par rapport à l'engrais appliqué au sol. *Journal of Plant Sciences*, 3: 287-291. DOI: 10.3923 / jps.2008.287.291



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### **Saturnin Degnon,**

DGAT/FASHS/ Université d'Abomey-Calavi  
(Bénin)

### **Ansèque Gomez Coami**

DGAT/FLASH/ Université de Parakou (Bénin)

### **Expédit Wilfrid Vissin,**

DGAT/FASHS/ Université d'Abomey-Calavi  
(Bénin)

---

Submitted: 16 October 2020  
Accepted: 03 November 2020  
Published: 31 December 2020

Corresponding author:  
*Saturnin Degnon*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p173](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p173)

 Copyright 2020 Degnon S,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCES

---

Cite as:  
Saturnin D, Coami A.G, Vissin E.W (2020).  
Activites Humaines Et Exploitation Des Ressources  
En Eau De Surface Dans Le Departement Du  
Couffo, (Benin, Afrique De L'ouest). *European  
Scientific Journal, ESJ, 16 (36)*, 1.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p173>

---

## **Activites Humaines Et Exploitation Des Ressources En Eau De Surface Dans Le Departement Du Couffo, (Benin, Afrique De L'ouest)**

---

### **Résumé**

L'objectif visé à travers cette étude est d'analyser les conséquences des activités humaines sur les ressources en eau de surface dans le Département du Couffo. L'approche méthodologique utilisée pour cette recherche est axée sur les recherches documentaires complétées par les investigations socio-anthropologiques auprès de 358 personnes constituées des parties prenantes pour apprécier les impacts de la pression anthropique sur les eaux de surface dans le département. Elle a permis de collecter les données quantitatives et qualitatives. Elles sont relatives à la démographie, l'hydrographie, à l'exploitation des eaux de surfaces et les impacts environnementaux qui découlent des activités humaines sur ces ressources en eau. Les données collectées ont été traitées à l'aide du logiciel Epi-Info version 3.5.4., du logiciel statistique SPSS 21 et du tableur Excel 2016. Le modèle FPEIR (Forces, Pression, Etat, Impacts, Réponses) et la matrice de Léopold 1971 ont été utilisés pour analyser les résultats. Les résultats montrent qu'en trois décennies la population du Département du Couffo a triplé, passant de 273 5536 habitants en 1979 à 745 328 habitants en 2013 et 79,68 % de ménages du département mènent des activités agricoles. L'expérience des riziculteurs sur le terrain a prouvé qu'en moyenne 129 mètres cube d'eau sont prélevés par jour pour irriguer un (01) hectare durant 120 jours, le cycle de production de la variété du riz IR 841. Environ 120 tonnes de poissons sont pêchés par an sur le lac Togba. Les pressions anthropiques exercées sur ces eaux de surface pour faire

le maraîchage, la riziculture, la pêche, produire de l'énergie électrique (barrage hydroélectrique de Nangbéto et d'Adjarala) entraînent des impacts environnementaux tels que la pollution de l'eau, la diminution de la faune aquatique, la modification du régime hydrologique, l'inondation et l'érosion des berges.

---

**Subject:** Géographie et Gestion de L'environnement

**Mots-clés:** Département Du Couffo (Bénin), Pression Anthropique, Ressources En Eau De Surface, Impacts Environnementaux

# **Human Activities And Exploitation Of Surface Water Resources In The Couffo Department, (Benin, West Africa)**

***Saturnin Degnon,***

DGAT/FASHS/ Univerité d' Abomey-Calavi (Bénin)

***Ansèque Gomez Coami***

DGAT/FLASH/ Université de Parakou (Bénin)

***Expédit Wilfrid Vissin,***

DGAT/FASHS/ Univerité d' Abomey-Calavi (Bénin)

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p173](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p173)

---

## **Abstract**

The objective of this study is to analyse the consequences of human activities on surface water resources in the Couffo Department. The methodological approach used for this research is based on documentary research supplemented by socio-anthropological investigations among 358 people made up of stakeholders to assess the impacts of anthropic pressure on surface water in the department. It made it possible to collect both quantitative and qualitative data. They relate to demography, hydrography, surface water exploitation and the environmental impacts of human activities on these water resources. The collected data were processed using Epi-Info version 3.5.4, the statistical software SPSS 21 and the Excel 2016 spreadsheet. The FPEIR model (Forces, Pressure, State, Impacts, Responses) and Leopold's 1971 matrix were used to analyse the results.

The results show that in three decades the population of the Department of Couffo has tripled, from 273,5536 inhabitants in 1979 to 745,328 inhabitants in 2013, and 79.68% of households in the department are engaged in agricultural activities. The experience of rice growers in the field has shown that on average 129 cubic metres of water are taken daily to irrigate one (01) hectare for 120 days, the production cycle of the rice variety IR 841. About 120 tons of fish are caught per year on Lake Togba. The anthropic pressures exerted on these surface waters for market gardening, rice growing, fishing, and the production of electrical energy (Nangbéto and Adjarala hydroelectric dams) result in environmental impacts such as water pollution, reduction of aquatic fauna, modification of the hydrological regime, flooding and erosion of the banks.

---

**Keywords:** Couffo Department (Benin), Anthropic Pressure, Surface Water Resources, Environmental Impacts.

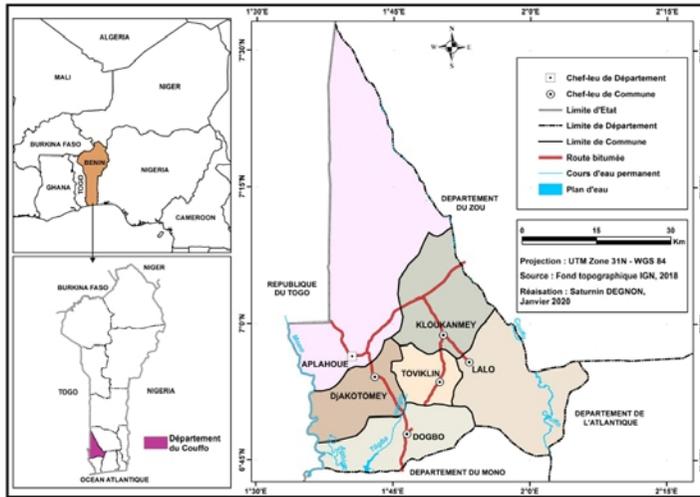
## Introduction

L'impact des activités anthropiques sur les écosystèmes naturels, en général, et des ressources en eau, en particulier, est une préoccupation de la communauté internationale. En effet, la population mondiale augmente d'environ 80 millions de personnes par an, ce qui entraîne une augmentation de la demande en eau douce d'environ 64 milliards de mètres cube par an, rendant ainsi la concurrence pour l'eau à tous les niveaux (Institut Montaigne, 2018). Autrement dit, en 2030, 47 % de la population mondiale vivra dans des zones de stress hydrique élevé ; la croissance démographique sera remarquable beaucoup plus dans les pays en développement, qui sont des régions sans accès durable à l'eau potable et un assainissement adéquat (Programme Mondial pour l'Évaluation des Ressources en Eau, 2009). Cette évolution de la population est remarquable, particulièrement car les populations africaines sont jeunes et le resteront encore longtemps, et numériquement (Schoumaker, 2000).

La question que suscite ce contexte contrasté, est de savoir si la paix, le développement économique et social seront assumés dans le respect des écosystèmes auxquels, inévitablement conduit la diversité des situations démographiques actuelles (Vallin, 1994). L'eau douce est alors une ressource en péril à l'échelle de la planète (Amoussou, 2010). Ainsi, depuis l'origine de la civilisation, les populations du monde entier vivent en contact étroit avec les cours d'eau et les zones humides où elles utilisent leurs ressources naturelles et gèrent l'eau de diverses manières pour leur développement. En ce sens, les villages et les villes sont souvent construits le long des cours d'eau qui contribuent à leur épanouissement en facilitant les activités socioculturelles et économiques telles que : l'irrigation, la pêche, le transport, l'exploitation des ressources énergétiques et forestières (Ouassa-Kouaro, 2008). Avec une croissance rapide de la population, les prélèvements d'eau ont triplé au cours des 50 dernières années (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau, 2009).

Au Bénin, les ressources en eau sont évaluées à 14 milliards de mètre cube et les capacités moyennes de recharge sont estimées à 1,8 milliard de mètre cube (Gomez, 2015). Ces ressources en eau sont en proie à d'énormes problèmes surtout en milieu rural (Zannou, 2011) à cause du développement de l'agriculture (Talhaoui et al., 2020) ; du faible niveau de connaissance des ressources et de l'inexistence d'un mécanisme de suivi des prélèvements opérés annuellement pour couvrir les besoins des différentes branches d'activités (République du Bénin, 2012). Cette situation observée dans les pays se traduit dans le Département du Couffo par une gestion non concertée

et planifiée des eaux de surface pour divers usages. C'est pour cette raison que cette recherche est menée afin d'analyser les conséquences des activités humaines sur les ressources en eau de surface dans le Département du Couffo. Le Département du Couffo est situé entre  $06^{\circ}45'07''$  et  $07^{\circ}30'39''$  de latitude nord et entre  $01^{\circ}30'23''$  et  $02^{\circ}15'04''$  de longitude est. Il est limité au Nord par le Département du Zou, au Sud par le Département du Mono, à l'Ouest par la République du Togo et au Sud-Est par le Département de l'Atlantique (figure 1).



**Figure 1.** Situation géographique du Département du Couffo

Le Département du Couffo est subdivisé en 6 communes à savoir : Aplahoué, Djakotomey, Dogbo, Klouékanmè, Lalo et Toviklin et a pour chef-lieu Aplahoué. Le Département du Couffo fait partie de l'ensemble hydrographique du Mono-Couffo, bassin hydrographique du Mono-Couffo, composé du fleuve Couffo et du fleuve Mono, et le lac Togba qui constituent les cours et plans d'eau rencontrés dans le milieu de la recherche. La figure 2 présente le réseau hydrographique du Département du Couffo.

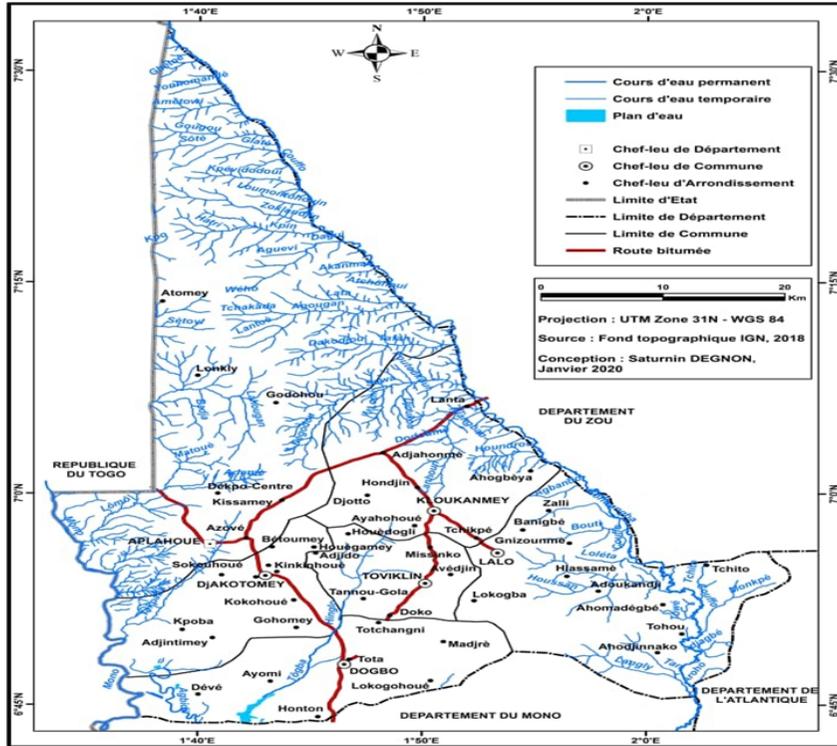
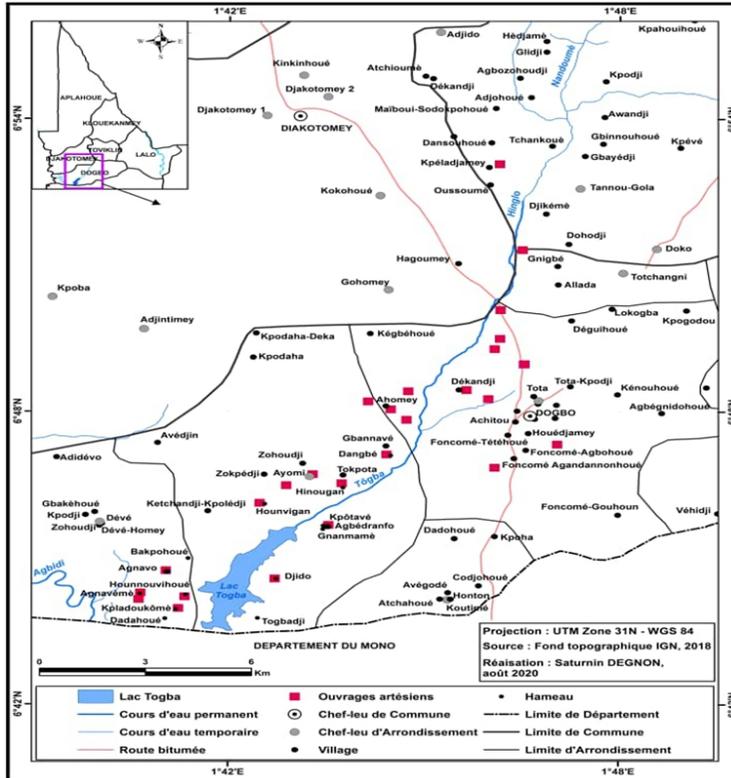


Figure 2. Réseau hydrographique du Département du Couffo

La figure 2 montre que le réseau hydrographique du département est composé principalement du fleuve Mono et Couffo et le lac Togba. Le fleuve Mono s'oriente du Sud-Ouest au Nord-Ouest ; le fleuve Couffo du Sud-Est au Nord-Est. Les affluents de ces fleuves se localisent sur l'ensemble du territoire drainant ainsi un important réseau hydrographique. Le Département du Couffo est alors encadré par les Mono et Couffo. La figure 3 précise la situation géographique du lac Togba.



**Figure 3.** Situation géographique du lac Togba

La figure 3 au-dessus présente la trajectoire du lac Togba. Il est situé au Sud du Département du Couffo et au Nord du Département du Mono. Le lac est partagé entre ces deux départements, mais sa grande superficie se trouve dans le Département du Couffo. Il mesure environ 02 kilomètres (km) de large et 10 km de long, et couvre une superficie d'environ 200 hectares en période de crue et 130 durant la décrue. Sa profondeur varie de 1 à 5 mètres. Il se situe au Sud de la Commune de Lokossa dans le Département du Mono et au Nord de la Commune de Dogbo dans le Département du Couffo. Il est limité au Nord par les localités de Zokpédji, Hinougan, Hounvigan, Gnanmamè et Agbédranfo dans l'arrondissement d'Ayomi (Dogbo), au Sud par Mèdénouta (Lokossa), à l'Est par l'arrondissement de Honton (Dogbo) et à l'Ouest par les localités de Hounnouvihoué, Agnavo et Bakpohoué. Le lac est alimenté par les forages artésiens des arrondissements de Dévé et d'Ayomi dans la Commune de Dogbo d'une part et d'autre part par le forage artésien de Tchankouè, Commune de Toviklin. En effet, les arrondissements de Dévé et Ayomi compte 14 forages artésiens sur les 29 recensés dans la Commune de Dogbo. Les rivières Hinglo et Nandoumé de la Commune de Toviklin alimente également le Lac. Le lac est exploité pour par les populations pour faire la riziculture, le maraîchage, la pisciculture et évidemment la pêche.

### **Approche méthodologique**

La méthodologie de recherche adoptée est basée sur l'utilisation des matériels, des outils, des données appropriés, l'enquête de terrain, la méthode de traitement des données et l'analyse des résultats.

### **Matériel, outils et données**

Le matériel utilisé sur le terrain est constitué d'un GPS et d'un appareil photo-numérique. Quant aux outils, ils sont composés d'un questionnaire et d'un guide d'entretien qui ont permis de collecter les données et informations auprès des groupes cibles, d'une grille d'observation pour apprécier les actions anthropiques sur les eaux de surface. Les données nécessaires pour l'étude sont les données hydrographiques et les données socio-anthropologiques collectées sur le terrain pour analyser l'impact des pressions anthropiques sur les eaux de surface dans le Département du Couffo.

### **Enquête de terrain**

L'enquête de terrain a permis d'identifier dans le secteur d'étude les cours et plans d'eau du département, les différents usagers et usages des eaux de surface et d'évaluer les impacts environnementaux qui résultent des activités humaines liées à l'exploitation de ces eaux. La détermination d'un échantillon et l'utilisation des techniques et outils appropriés ont été nécessaires pour mener les investigations socio-anthropologiques.

Pour recueillir des informations fiables, tous les différents usagers des eaux de surface pour diverses activités menées dans le secteur d'étude ont été ciblées et interrogées. Les personnes ressources sont les Agents des services de l'Etat et les acteurs des Organisations Non Gouvernementales intervenant dans la gestion des eaux de surface dans le Département du Couffo. La taille de l'échantillon est déterminée sur la base d'un choix raisonné. Les critères de choix de la population cible sont contenus dans le tableau I.

**Tableau I.** Critères de choix des personnes enquêtées

Population cible	Usagers	Direction Départementale de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche	Agents des eaux et forêts	Autorités locales
------------------	---------	---	---------------------------	-------------------

Critères	Etre un usager d'une source d'eau de surface ou menant une activité dans le milieu d'étude	Être dans le secteur de la pêche depuis au moins 2 ans ;	Être un Agent des eaux et forêts en poste dans le département	Avoir une meilleure connaissance des activités liées à l'exploitation des eaux de surface
----------	--	--	---	---

*Source* : Données de terrain, Janvier 2020

Les critères de choix des personnes interrogées ont permis de retenir des acteurs qui détiennent des informations fiables (tableau I). La taille totale de l'échantillon est 358 personnes interviewées, soit 346 usagers et 12 personnes ressources.

### **Méthode de traitement des données**

Les données collectées ont été codifiées et saisies dans le logiciel Epi-Info version 3.5.4 afin de constituer des bases de données. Les bases de données constituées ont été traitées avec le logiciel Statistical Package for the Social Sciences version 21 (SPSS 21) et le tableur Excel 10 et ont servi pour la réalisation des tableaux et figures.

### **Analyse des résultats**

Le modèle FPEIR (Forces, Pression, Etat, Impacts, Réponses) a été utilisé pour analyser les résultats. L'approche FPEIR a permis d'identifier les forces, la pression, l'état, les impacts et les réponses liées à la gestion des ressources en eau dans le Département du Couffo. En effet, les forces motrices sont les causes fondamentales des pressions (population, riziculture, maraîchage, barrage hydroélectrique, etc.). Les Pressions sont la traduction des forces motrices, c'est-à-dire les pressions anthropiques exercées sur les ressources en eau de surface et qui sont à l'origine d'un changement d'état sur le milieu. Quant à l'état, il est la description du milieu au travers de la mesure de différents paramètres physiques, hydrologiques, écologiques. En ce qui concerne les impacts, ils correspondent aux changements d'état à cause des pressions ; et les réponses sont les actions correctrices prises pour limiter les impacts environnementaux et maximiser les impacts socio-économiques. Les impacts environnementaux ont été analysés avec la matrice de Léopold (1971).

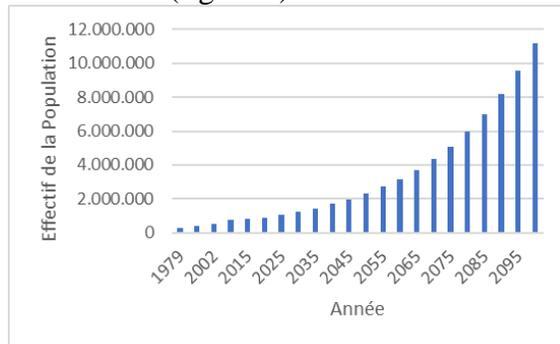
### **Résultats**

#### **Dynamique démographique du Département du Couffo**

En 1979, au premier Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH1), le Département comptait 273 536 habitants. Entre les

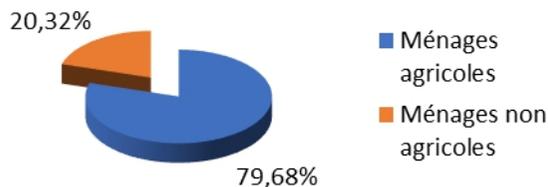
périodes intercensitaires 1979-1992, 1992-2002, 2002-2013, cette population est passée respectivement à 395 132 habitants, 524 586 habitants et 745 328 habitants.

En outre, la population du Département du Couffo se présenterait comme suit à l’horizon 2100, si les conditions de fécondité actuelle dans le département se maintenaient (figure 4).



**Figure 4.** Evolution de la population du département du Couffo de 1979 à 2100  
**Source :** INSAE, RGP 1979, 1992, 2002, 2013 et projection

L’analyse de la figure 4 montre que la population du Département du Couffo connaît une forte croissance soutenue au fil des années. En 2013, le Département compte 745 328 habitants contre 273 536 en 1979, soit trois fois la population de 1979. Avec les projections de l’INSAE, la population du département est estimée 900 380 habitants à la fin de l’année 2020 et sera à 1 284 834 habitants en 2030. Cette population étant majoritairement jeune, elle va atteindre 2 316 416 habitants en 2050 et 11 892 611 habitants en 2100. Avec cette forte croissance de la population du département, les besoins en eau dans les ménages seront multipliés et une forte pression anthropique sera exercée sur les ressources en eau de surface, comme cela s’observe déjà à l’état actuel. La dynamique démographique du département est plus mise en évidence par la répartition des ménages : ménages agricoles et ménages non agricoles (figure 5).



**Figure 5.** Proportion de ménages agricoles et non agricoles dans le Département du Couffo  
**Source des données :** INSAE-RGP 4, 2013

La figure 5 montre que 79,68 % de ménages dans le département du Couffo mènent des activités agricoles. En effet, le nombre total de ménages

dans le département est 140 444 dont 97 390 ruraux et 77 596 agricoles. Cette population majoritairement agricole est en rapport avec l'exploitation des ressources en eau agricoles dans le milieu d'étude.

### **Exploitation des eaux de surface**

Les eaux de surface du département sont constituées de 02 fleuves, 01 lac et 24 rivières recensées. Ce réseau hydrographique est exploité par les populations riveraines pour divers besoins : pêche, pisciculture, agriculture, extraction de graviers et barrage hydroélectrique.

### **La pêche dans la zone d'étude**

La pêche pratiquée sur le fleuve Mono, Couffo et le lac Togba dans le secteur d'étude est traditionnelle (planche 1).



**Photo 1** : Un pêcheur sur le lac Togba

**Photo 2** : Poisson Tilapia pêché sur le lac Togba

**Planche 1.** Pêche sur le lac Togba  
**Prise de vue:** Dègnon, Janvier, 2020

La photo 1 indique un pêcheur sur le lac Togba, et la photo 2 présente les poissons pêchés (tilapia). Les enquêtes de terrain ont montré que chaque jour le lac est pris d'assaut par les populations en quête de poissons. Ils passent plus de 6 heures sur le lac, voire, la nuit pour pêcher. La pêche est devenue l'activité principale de ces populations, notamment les habitants de Hounnouvihoué et de Bakpohoué dans la Commune de Dogbo. En 2008, 92,84 tonnes de poissons ont été pêchées sur le lac Togba, soit 38,96 tonnes à Bakpohoué et 53,88 tonnes à Hounnouvihoué (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, 2008). Selon les pêcheurs rencontrés sur le lac Togba, environ 120 tonnes de poissons sont pêchées par an sur le lac Togba. La méthode de pêche qui consiste à pêcher chaque jour sur le lac

Togba, y compris les petits poissons, épuise la faune aquatique du lac et ne facilite pas son renouvellement.

### **Exploitation des eaux de surface dans le secteur de l'agriculture**

L'agriculture constitue la première occupation dans le Département du Couffo. Plusieurs aménagements hydro-agricoles ont vu le jour du fait de la disponibilité plus ou moins permanente de l'eau dans certains endroits. Les eaux sont souvent prélevées manuellement pour l'irrigation des cultures. Mais d'autres, ceux qui ont des moyens s'en procurent par des groupes électrogènes pour l'arrosage. La planche 2 qui présente un périmètre aménagé pour la culture du riz et le maraîchage.



**Photo 3.** Périmètre rizicole de Dègnon



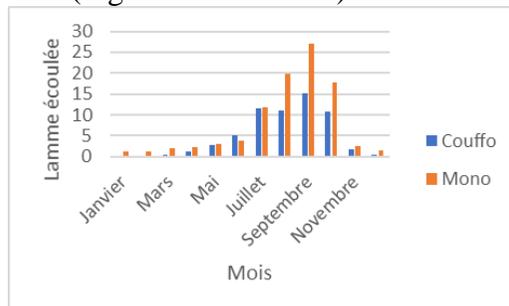
**Photo 4.** Culture de Choux à Aplahoué

**Planche 2 :** Périmètre aménagé pour la culture du riz à Dègnon et de chou à Aplahoué

*Prise de vue :* Dègnon, janvier 2020

La photo 3 montre la vue partiellement du périmètre rizicole de Dègnon dans la Commune de Dogbo et la photo 4, un maraîcher qui irrigue les choux dans la ville d'Aplahoué. Le périmètre rizicole de Dègnon est un aménagement hydro-agricole de 150 hectares réalisé par la Coopération chinoise au Bénin. Il est situé à 100 mètres environ du fleuve Mono dans l'Arrondissement de Dègnon, Commune de Dogbo. Un groupe électrogène est installé au bord du fleuve Mono pour pomper l'eau sur le site. Depuis 2015, le retrait de la coopération chinoise dans la gestion du site a entraîné la mauvaise exploitation des équipements hydrauliques. En ce qui concerne la culture du chou, elle est faite à côté de la rivière « Doko » dans la Commune d'Aplahoué. L'irrigation des choux se fait avec l'eau de cette rivière au moyen d'un arrosoir. En 2015, 341 superficies aménagées pour la riziculture et le maraîchage ont été dénombrées dans la Commune de Dogbo (Dègnon, 2015).

En gros, il se dégage que l'existence des cours d'eau constitue un atout important pour la production agricole dans le secteur d'étude, surtout le maraîchage et la riziculture. Selon une étude relative à la filière riz réalisée par l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (2014), en culture irriguée, il faut 12 000 à 20 000 mètres cube d'eau par hectare pour maintenir le sol submergé pendant toute la durée du cycle du riz. Les expériences dans la zone d'étude ont montré qu'environ 15 500 mètres cubes d'eau sont prélevés dans les fleuves Mono et Couffo pour irriguer un hectare de la culture de riz IR 841 pendant 120 jours (4 mois), soit en moyenne 129 mètres cube d'eau par jour durant 120 jours, le cycle de production du riz IR 841. Ce volume d'eau prélevé chaque jour pour irriguer un (01) hectare de riz participe au tarissement du fleuve Mono et Couffo, vu le régime hydrographique du bassin hydrographique du Mono-Couffo et les baisses des écoulements de surface dans ce bassin. En effet, le bassin du Mono et celui du Couffo, tout comme la plupart du Bénin ont un régime d'écoulement saisonnier avec des débits de crue relativement importants contre des débits d'étiage quasi nuls. Les débits enregistrés à la station hydrométrique de Lanta (Couffo) et d'Athiémé (Mono) ont permis de caractériser le régime hydrologique du fleuve Couffo et Mono (Figure 6 au-dessous).



**Figure 6.** Régime hydrologique du bassin versant du Couffo et du Mono de 1960-2018, stations hydrométriques de Lanta et d'Athiémé

*Source des données :* DG-Eau, 2020 + Résultats de traitement des données, Janvier 2020

La figure 6 ci-avant indique que les mois de décembre à mars sont caractérisés par un débit presque nul : c'est la période d'étiage. L'écoulement intervient d'avril à novembre dans le bassin hydrographique du Mono-Couffo. Les mois de juillet à octobre sont les mois de crue où les eaux débordent du lit du fleuve en occasionnant des inondations.

Les baisses des écoulements de surface dans les bassins versants du Couffo et du Mono de 1981 à 2010 sont respectivement 29 % et 7 % (Amoussou et al., 2016).

## Exploitation du fleuve Mono pour la production d'énergie électrique

L'accroissement des besoins énergétiques a amené le Bénin et le Togo à construire, sur le fleuve Mono, le barrage de Nangbeto dont la mise en eau a eu lieu en juillet 1987 et le barrage d'Adjarala en cours de réalisation (planche 3).



**Photo 5** : Barrage hydroélectrique de Nangbéto



**Photo 6** : Site de construction du barrage hydroélectrique d'Adjarala

**Planche 3** : Barrage hydroélectrique de Nangbéto et site de construction du barrage d'Adjarala

*Prise de vue* : DG-Eau, Juin2020

La photo 5 de la planche 3 présente une vue partielle du barrage de Nangbéto, localité située dans la Région des Plateaux au Togo et la photo 6 montre le site de construction du barrage d'Adjarala, une localité de la Commune d'Aplahoué au Bénin.

Le cahier des charges dévolues au barrage de Nangbéto, définit quatre principaux objectifs :

- la production d'énergie électrique ;
- la régulation partielle (30 %) du cours du fleuve Mono ;
- l'irrigation des terres (d'environ 40 000 hectares de terres dans la basse vallée) ; et
- la promotion de la pêche pour soutenir les efforts des communautés rurales.

Le tableau II au-dessous donne les caractéristiques des barrages de Nangbéto et d'Adjarala.

**Tableau II** : Caractéristiques des barrages de Nangbéto et Adjarala

Caractéristiques de l'ouvrage	Nangbéto	Adjarala en cours
<b>Année de construction</b>	Entre 1984 et 1987	Démarré en 2014
<b>Production d'énergie électrique</b>	172 GWh/an	461 GWh/an
<b>Irrigation</b>	43 000 ha	40 000 ha

<b>Volume total de la retenue</b>	1 715 millions de m <sup>3</sup>	625 000 000 m <sup>3</sup>
<b>Hauteur digue</b>	52 m	33
<b>Coût du barrage</b>	215 milliards FCFA	266 milliards FCFA
<b>Coût de l'EIES</b>	-	46 milliards FCFA

*Source des données* : Direction Générale de l'Eau du Bénin, 2020

L'analyse du tableau II indique que le fleuve Mono est exploité pour produire de l'énergie électrique au Bénin et au Togo. Le barrage hydroélectrique de Nangbéto fournit 172 GWh par an, ce qui a amélioré les conditions et le développement des cités urbaines (électrification des villes). Il a réduit les effets des sécheresses dans la basse vallée en soutenant les étiages et les niveaux de fluctuation hydraulique de l'aquifère.

### Impacts environnementaux

Les impacts environnementaux résultant de la pression anthropique sur les ressources en eau de surface dans le Département du Couffo ont été analysés avec la matrice de Léopold (1971). Les résultats de cette analyse sont compilés dans le tableau III qui suit.

**Tableau III.** Composantes environnementales affectées et les sources d'impact

<i>Sources d'impact (activités)</i>	<i>Composantes environnementales potentiellement touchées</i>				
	<i>Milieu naturel (biophysique)</i>				<i>Milieu humain</i>
	<i>Sol</i>	<i>Eau</i>	<i>Air</i>	<i>Flore et faune</i>	
<i>Barrage hydroélectrique</i>	-	-		-	- +
<i>Pêche</i>		-		-	+
<i>Application engrais minéraux et traitement phytosanitaire dans l'agriculture</i>	+	-	-	-	-

**Légende.** (+) = impact positif ; (-) = impact négatif

**Source.** Matrice de Léopold (1971) adaptée aux résultats de terrain, Janvier 2020

La matrice de Léopold (1971) a permis d'identifier les composantes de l'environnement affectées par les activités anthropiques liées directement ou indirectement à la gestion des ressources en eau de surface dans le Département du Couffo.

Le tableau III montre les sources d'impacts représentant les activités qui modifient directement ou indirectement les composantes de l'environnement. Ainsi, les résultats de l'enquête de terrain signalent que le barrage hydroélectrique de Nangbéto installé sur le fleuve Mono a engendré des

impacts sur l'environnement. Ces impacts négatifs touchent le sol, l'eau, la faune aquatique, le cadre de vie et se traduisent par l'érosion des berges, la modification du régime hydrologique du fleuve, la diminution de la faune aquatique et la provocation des inondations périodiques comme fût souvent des cas dans les Communes de Dogbo, Djakotomey et Aplahoué. Ces inondations surviennent lorsque les eaux du barrage sont lâchées.

Les enquêtes de terrain auprès de la population cible (les pêcheurs de la zone d'étude) ont montré que la pêche pratiquée avec les prises de poissons, régulièrement sur le lac Togba, les fleuves Mono et Couffo ne permettent pas à la faune aquatique de se reproduire. Aucun contrôle n'est effectué pour identifier les périodes reproduction des poissons et planifier les moments de pêche.

L'utilisation des engrais minéraux et les pesticides par les paysans dans l'agriculture sont susceptibles de polluer les eaux des cours d'eau surtout que la majorité des grandes exploitations agricoles sont à leur proximité. Cependant, le tableau ressort quelques impacts positifs. En effet, le barrage hydro-électrique de Nangbéto fournit de l'énergie électrique à la population. La pêche sur les fleuves Mono, Couffo et le lac Togba permet aux populations de s'approvisionner de poissons. Quant aux engrais minéraux, ils contribuent à la fertilité du sol.

### **Inondation récurrente dans le milieu d'étude**

L'inondation est devenue un risque environnemental cyclique dans le Département du Couffo.

La planche 4 présente quelques zones inondées à Dévé, dans la Commune de Dogbo en 2019 suite au débordement du fleuve Mono de son lit.



**Photo 7.** Champ de maïs inondé à Dévé



**Photo8.** Piste inondée

**Planche 4.** Inondation à Dévé, Commune de Dogbo

**Prise de vue:** TONA, octobre 2019

La photo 7 illustre un champ de maïs inondé à Dévé en 2019 et la photo 8 montre une voie inondée et inaccessible. En effet, les populations riveraines du fleuve Mono dans les Communes de Dogbo, Djakotomey et Aplahoué sont souvent confrontées au problème d'inondation pendant les périodes de forte pluie qui accélère la montée des eaux du fleuve Mono. Selon le point focal de l'Agence National pour la Protection des Civils (ANPC) de la Commune de Dogbo, ces inondations surviennent aussi lorsque les eaux du barrage Nangbéto sont lâchées.

### Érosion des berges

L'érosion résulte de processus naturels et anthropiques par lesquels les sols des berges d'un cours d'eau sont arrachés, puis transportés sous forme de fines particules par les courants et déposés plus loin en aval (planche 5).



**Photo 9** : Erosion de la berge du fleuve Mono

**Photo 10** : Erosion de la berge du fleuve Couffo

**Planche 5** : Erosion fluviale provoquée par les fleuves Mono et Couffo

**Prise de vue** : Dègnon, Janvier 2020

La photo 9 montre la dégradation avancée de la berge du fleuve Mono. Quant à la photo 10, elle montre les racines d'un arbre déraciné sur la berge du fleuve Couffo par l'érosion. Ces érosions résultent des processus naturels et anthropiques. Pendant les périodes de crue, les eaux des fleuves montent, la vitesse des courants d'eau sont fortes et arrache les particules du sol. Ce phénomène naturel ajouté aux effets combinés des actions anthropiques (déboisement, régression du couvert végétal, barrage hydroélectrique) accélère l'érosion des berges de ces fleuves.

### Discussion

La croissance rapide de la population du Département du Couffo engendre l'accroissement des besoins en eau pour divers usages. Les résultats ont montré que la présence des cours d'eau dans le Département du Couffo, constitue une grande opportunité pour les activités socio-économiques.

Toutefois ces activités développées modifient le paysage environnemental surtout l'ablation des berges des fleuves Mono et Couffo, la pollution de l'eau, la diminution de la faune aquatique, la modification du régime hydrologique et l'inondation récurrente. Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par S. Camara et A. Bangoura (2017) qui ont montré que les ressources en eau sont aujourd'hui menacées par des actions anthropiques de diverses origines : agriculture extensive, exploitation minière à ciel ouvert, pêche illicite, feux de brousse, confection de briques cuites le long des cours d'eau, etc. Les travaux de J. Daeden (2015) relatifs à l'analyse des pressions anthropiques sur l'environnement littoral indiquent que les ressources naturelles sont menacées par la pression croissante des populations humaines. Aussi, une surexploitation des ressources halieutiques a des répercussions tant quantitatives que qualitatives : disparition d'espèces, désorganisation d'écosystèmes fragiles, dégradation de la qualité des produits pêchés (F. Mancebo, 2007). Avec l'essor de la culture du coton, certains pêcheurs utilisent des pesticides pour la pêche (C. Adjinacou et H. Onibon, 2004). Cette technique qui détruit la ressource halieutique, entraîne aussi parfois des pertes en vies humaines ; elle traduit également un problème émergeant dans le bassin cotonnier : la pollution des eaux d'origine agricole (E. W. Vissin, 2007). De plus, les usages domestiques, agricoles, industriels, la production d'énergie, la navigation...etc. des bassins fluviaux par l'homme entraînent des conséquences qualitatives et quantitatives sur les ressources hydriques, et une modification de la structure et du fonctionnement des systèmes vivants associés aux milieux aquatiques (N. Katerjia et P. Hoflackb, 2004). Pour E. Amoussou (2010), la construction du barrage hydroélectrique de Nangbéto affecte à plus d'un titre l'équilibre du complexe : déplacement de 12 000 habitants, modification du régime hydrologique et envahissement des espèces flottantes dans le lit du cours d'eau ; aussi les lâchers d'eau du barrage en absence de sédiments à transporter, érodent les berges, déracinent les arbres en aval, ceci a entraîné la destruction d'habitations à Athiémé (par exemple la disparition de l'ancienne résidence du gouverneur du Dahomey), du fait de l'importance de l'érosion. Il constitue ainsi un facteur de dégradation des écosystèmes dans la basse vallée.

## **Conclusion**

La forte croissance démographique du Département du Couffo, ajouté au nombre de ménages agricoles (79,68 %), sont à l'origine des pressions anthropiques sur les ressources en eau agricole en général et les eaux de surface en particulier dans le département. L'exploitation de ces eaux de surface, notamment les fleuves Mono, Couffo et le lac Togba pour diverses activités : riziculture, maraîchage, pêche, hydroélectricité affectent les écosystèmes aquatiques du milieu. Ces activités constituent les sources

d'impacts environnementaux qui sont identifiés dans le département. Cependant, les eaux de surface constituent un atout pour les activités socioéconomiques de la population dans le département.

Des mesures adéquates doivent être identifiées pour minimiser les impacts environnementaux, et promouvoir la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) dans le secteur d'étude en respectant la législation et le cadre institutionnel régissant l'exploitation des ressources en eau en République du Bénin.

### References:

1. Adjinacou Cyriaque Onibon Hubert (2004) : Etude multisectorielle pour le développement durable dans la portion béninoise du bassin du fleuve Niger : analyse des opportunités et des contraintes. Autorité du Bassin du fleuve Niger (ABN)/DG-Eau, Cotonou, Bénin, 176 p.
2. Amoussou Ernest (2010) : Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest), Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, France 315 p.
3. Amoussou Ernest, Vodounon Totin Sourou Henry, Clédjo Placide et Akognongbé Josué (2016) : Evolution climatique au Bénin de 1950 à 2010 et son influence sur les eaux de surface ; XXIX<sup>e</sup> colloque de l'association internationale de climatologie, article 19 p.
4. Camara Selly. et Bangoura Abdelkader (2017) : Valorisation des ressources en eau en Guinée en vue d'un développement économique, social et durable, article, J. Wat. Env. Sci. Vol. 1, (Numéro spécial COP22) (2017), pp 106-114
5. Daeden Jonathan (2015) : Analyse des pressions anthropiques sur l'environnement littoral européen et français, Géographie. Université de La Rochelle, 2015. Français. 229 p.
6. Dègnon Saturnin : (2015) : Aménagement hydro-agricole dans la Commune de Dogbo : efficacité économique et sociale, Master Intégration Régional et Développement (MIRD), option : Développement Local, Université d'Abomey-Calavi, 89 p.
7. Gomez Coami Ansèque (2015) : Croissance démographique et approvisionnement en eau potable dans la Commune d'Avrankou, LEDUR, UAC/DGAT, article pp 48-66.
8. Institut Montaigne (2018) : Défi démographique : mythes ou réalités, Note Juillet 2018, Paris 87 p.
9. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (2014) : Etude relative à la filière riz : Elaboration d'un document référentiel, Document technique et d'informations. Deuxième partie : Analyse

- bibliographique critique des travaux effectués par domaine sur le riz et la riziculture au Bénin. Dépôt légal N° 7514 du 15 octobre 2014, 4ème trimestre, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin ISBN : 978-99919-0-136-7, 69 p.
10. Katerjia Nader et Hoflack Paul (2004) : Les pressions anthropiques et leurs impacts sur les situations qualitatives et quantitatives de l'eau dans le Bassin versant de la Seine, le Courrier de l'environnement de l'INRA n°51, février 2004, 87 p.
  11. Mancebo François (2007) : Cultures, marquage territorial et appropriation du développement durable, Paris, Revue l'Information Géographique, n°3, Armand Colin, pp 79-87.
  12. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (2008) : Vue générale du secteur des pêches national en République du Bénin, FID/CP/BEN-FAO, janvier 2008, 41 p.
  13. Ouassa-Kouaro Monique (2008) : Les déterminants socioculturels de la désertification dans l'Atacora Ouest au Bénin, Thèse de Doctorat, Université Paris-Sorbonne, 342 p.
  14. Programme Mondial pour l'Évaluation des Ressources en Eau (2009) : Démographie et consommation en eau, Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau, 28 p.
  15. PNE-Bénin (2010) : Faire de l'eau l'affaire de tous, Rapport, 19 p.
  16. République du Bénin (2012) : Evaluation de la politique de gestion des ressources en eau au Bénin, Rapport, Version finale, 126 p.
  17. Schoumaker Bruno (2000) : Le vieillissement en Afrique subsaharienne, Espace, Population, Société, n°3, pp. 379-390.
  18. Talhaoui Abdelghani, El Hmaidi Abdellah, Jaddi Hajar, Ousmana Habiba et Manssouri Imad (2020) : Calcul de l'Indice de Qualité de l'Eau (IQE) pour l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (NE, Maroc), European Scientific Journal January 2020 edition Vol.16, No.2 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e-ISSN 1857- 7431, pp 64-85.
  19. Vallin Jacques (1994) : Réflexion sur l'avenir de la population du mondiale, Paris : CEPED, 1994, p 21-30.
  20. Vissin Wilfrid Expédit (2007) : Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger, thèse de doctorat, Université de Bourgogne, France, 265 p + annexe
  21. Zannou Arnaud Bruno Yémalin (2011) : Analyse et modélisation du cycle hydrologique continental pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau au Bénin : cas de l'Oumé à Bétérou, Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 358 p.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### **El Harche Sanae,**

Department of Natural Resources and Environment  
Hassan II Institute of Agronomy and Veterinary  
Medicine, Rabat, Morocco

### **Chikhaoui Mohamed,**

Department of Natural Resources and Environment  
Hassan II Institute of Agronomy and Veterinary  
Medicine, Rabat, Morocco

### **Naimi Mustapha,**

Department of Natural Resources and Environment  
Hassan II Institute of Agronomy and Veterinary  
Medicine, Rabat, Morocco

Submitted: 23 October 2020

Accepted: 14 December 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*El Harche Sanae*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p193](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p193)

 Copyright 2020 El Harche S,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCES

Cite as:

El Harche S, Chikhaoui M. Naimi M.(2020).  
Estimation Of Runoff And Erosion Rates Using  
Agwa - Kineros2 Model: Application To A  
Mediterranean Watershed *European Scientific  
Journal, ESJ, 16 (36), 1.*  
<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p193>

## **Estimation Of Runoff And Erosion Rates Using Agwa - Kineros2 Model: Application To A Mediterranean Watershed**

### **Abstract**

The Mediterranean area is classified as a region highly threatened by water erosion, which depends largely on climatic aggressiveness, erodible soils, sparse vegetation, and irrational human activity. Tleta watershed belongs to a young mountain ridge (Rif), readily erodible and highly vulnerable to water erosion. To assess the extent of this phenomenon, AGWA tool coupled with KINEROS2 (K2) model was used to predict the specific degradation and the hydrological functioning of the studied watershed. The data required consisted of topography, land use, soil type, and precipitation. The model simulations will make it possible to estimate the sediment load deposited at the Ibn Batouta dam, which results from upstream erosion. The evaluation criteria for the predictive skill of K2 model when comparing observed and simulated data are the coefficient of determination ( $R^2$ ) and the Nash–Sutcliffe model efficiency coefficient (NSE). These two coefficients are respectively ( $R^2 = 0.99$ ,  $NSE = 0.71$ ) and ( $R^2 = 0.99$ ,  $NSE = 0.72$ ) for runoff and sediments yield for calibration. For the validation process, these two coefficients are ( $R^2 = 0.99$  and  $NSE = 0.98$ ) for runoff and ( $R^2 = 0.99$  and  $NSE = 0.97$ ) for sediments yield. This allows us to conclude that the predictive accuracy of the model is promising.

**Subject:** Hydrology

**Keywords:** Runoff, Modeling, Water Erosion, KINEROS2, AGWA, Tleta Watershed

## Introduction

Water supply systems in Morocco are threatened by the reduction of quantities and the degradation of qualities due to climate change and overexploitation of the resources (Heusch, 1973; Lahlou, 1994; Lammadalena, 2010). The rainfall intensity and its irregularity also favor soil erosion and aggravate the consequences on soil productivity (Pepin et al., 2012). The decrease in vegetation cover reduces surface roughness and hence exposes the soil to water erosion (Canfield & Goodrich, 2005). Soil erosion, with annual soil losses of 2000-6000 t/km<sup>2</sup>/year (Chikhaoui & Naimi, 2011), is a major environmental and economic matter that jeopardizes the sustainability of dam reservoir and agricultural activities. The Tleta watershed evolves with the construction of the new city of Cherrafat, the development of fruit tree orchards, and the transformation of matorral into cultivated lands. Water resources are limited to surface water (Sabir et al., 2004) and their mobilization is mainly ensured by the Ibn Batouta dam. This reservoir, located at the outlet of the basin, supplies water for the city of Tangiers. Nevertheless, its continuous siltation as a consequence of soil water erosion may hinder the availability of water in the future (Sabir et al., 2019).

Models can be a time- and cost-efficient method for managing water resources and developing predictive scenarios by extending existing knowledge. Once validated using observed data, a model has the potential to predict outcomes and to evaluate scenarios for best management practices (Morrison et al., 2013). The AGWA tool was developed by Agricultural Research Service, US Environmental Protection Agency, and the University of Arizona. AGWA with Arc View interface is an open-source (Miller et al., 2002) parameters KINEROS2 model. This is a physical event model which describes the processes of dynamic infiltration, surface runoff, interception and erosion in watersheds, and is characterized primarily by overland flow (Smith et al., 1995). The model is widely used in semi-arid areas and provides a good understanding of the response of watersheds to land shift and management. KINEROS was first deployed by Woolhiser et al. (1970), and its evolution and improvement have been carried out over many years ago (Woolhiser et al., 1990; Goodrich et al., 2002; Smith et al., 1995;). KINEROS2, the newest version was used as a tool for modeling flows and solid fluxes in several studies (Mansouri et al., 2001; Augusto et al., 2002; Lajili, 2004; Bissiri et al., 2004; Jaoued et al., 2005; Al-Qurashi et al., 2008; Afef, 2014; Laetitia, 2016;). However, this model relies heavily on subdividing watersheds into response units and assigning appropriate parameters. The AGWA tool automates this step to facilitates the parameterization of KINEROS2 (Semmens et al., 2008).

The singular feature of AGWA is the possibility to use internationally available spatial data sets to delineate the watershed, subdivide it into model

elements, and derive all necessary parameter inputs for each model element (Kepner et al., 2008). Above all, AGWA tool was developed to ensure that parameterization procedures are simple, straightforward, transparent, and reproducible. This means that it should be compatible with available GIS data layers and useful for the assessment of future scenarios at multiple scales (Semmens et al., 2008). It also allows spatial visualization and comparison between model outputs, and thus permits the assessment of hydrological impacts associated with landscape change. AGWA is also designed to identify risk areas in watersheds that are particularly vulnerable to degradation and where restoration can be effective (Kepner et al., 2004; Kepner et al., 2008; Semmens et al., 2008).

The main objectives of this study include the following: (1) To calibrate and validate AGWA tool in the Tleta watershed using observed data from the Loukkos Hydraulic Basin Agency (ABHL); (2) To assess the hydrology dynamic and water erosion process; and (3) To investigate the utility of KINEROS2 model in helping the decision makers in their water management and soil conservation planning process.

## Material and Methods

### Study Area

The Tleta watershed (17700 ha), located in the western Rif north of Morocco, is subjected to dual moderating influence. The climate is subhumid with mild winters and hot summers, and it is characterized by a dry period (May-September) and a wet period (October-March) (Hammouda, 2010). The Ibn Batouta dam at the outlet of Tleta watershed was built in 1977 with an initial capacity of 45 Mm<sup>3</sup>. However, as a result of the annual silting, the capacity is now reduced to 30 Mm<sup>3</sup>, representing 1% of the dam volume (ABHL, 2013; ALMIRA Project).

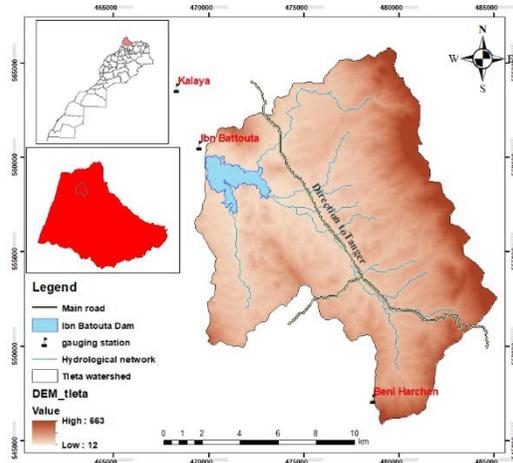


Figure 1. Geographic location of Tleta watershed

## **AGWA-K2 Interface**

### **Description of Models Used**

AGWA is a Geographic Information System (GIS) interface designed to facilitate the management and analysis of water quantity and quality in watersheds (Miller et al., 2007). This tool is intended to provide qualitative estimates of runoff and erosion in relation to landscape changes. The data required include elevation, land use and soil type, precipitation, soil moisture, and water quality (Goodrich et al., 2012). The input parameters are derived directly from this data using the optimized look-up tables supplied with the tool. AGWA is an extension for ArcView3.x (ESRI), which is freely downloadable from the Internet (<http://www.tucson.ars.ag.gov/agwa/>). It is also associated with a forum of users and developers to improve the model performance. AGWA initially uses primary data (coming directly from GIS), which illustrates the topography and the soil of the watershed. In a second step, this primary data is used in conjunction with a series of correspondence tables, built from literature and field experiments. This is done in order to deduce the secondary data (hydrodynamic parameters) necessary for modeling hydrological processes (Levick et al., 2009).

KINEROS2 is an event physical model that describes the processes of surface runoff, interception, dynamic infiltration, and erosion of agricultural, rangeland, and urban watersheds. K2, a largely updated version of KINEROS, which is now integrated into AGWA, has been described by Smith et al. (1995) and its documentation was published by Woolhiser et al. (1990). This new version, named KINEROS2, is used to calculate rainfall excess for surface runoff by excess infiltration. Following the first version, some new features have been added to make the structure of the model more robust for wider applications. A watershed is represented as a series of flow plans and cascading channels by which the processes of infiltration, interception, retention, erosion, sediment flow, transport, and deposition are explicitly addressed (Goodrich, et al., 2011). K2 allows the description of processes of interception, infiltration, runoff or erosion as a function of topography, precipitation, soil, and cover properties (Semmens et al., 2008).

### **Watershed Delineation**

The first step to conduct watershed analysis and assessment is the delineation of its limits. In the second step, the watershed is subdivided into model elements. A specified value is defined as a threshold of the contributing area to determine the location and length of flow channels. Watercourses are used to define surface flow paths, identify mountain and side planes, and thus control the complexity of the landscape representation (Goodrich et al., 2012).

## **Watershed Discretization**

The level of the geometric complexity of the discretization of a watershed is highly dependent on the number of CSAs (Contributing Source Area) (Thieken et al., 1999). This is because the more the CSA produces elements, the more the drainage network is developed. Ideally, the complexity of the simulated watershed corresponds to the heterogeneity of the watershed and the spatial resolution of simulated processes ( Lane et al., 1975; Kalin et al., 2003; Canfield & Goodrich, 2006). The optimal size of a CSA depends on the case study, but a value of less than 2.5% of the total watershed area is generally selected (Helmlinger et al., 1993). The objective of dividing the watershed into plans and channels is to preserve the integrity of the spatial variation of topography, soil type, vegetation cover, and precipitation. K2 deals dynamically with infiltration by taking into account the relief, the hydrographic network, land use, and geology. The numbers represent the AGWA-imposed scheme used to ensure hydrological connectivity from the watershed boundaries to the outlet. The hydrological modeling in AGWA is sensitive to the shape and size of the channels through which water is conveyed (Miller et al., 2002). Specification of the channel geometry is crucial for both the efficient delivery of water and the estimation of channel scour and deposition processes. As this information cannot be inferred from a typical DEM, AGWA uses empirical hydraulic-geometric relationships to estimate the channel geometry based on the contribution area for the top and bottom of each section of the canal system. Once the correct watershed boundary has been determined, the watershed is subdivided into model elements.

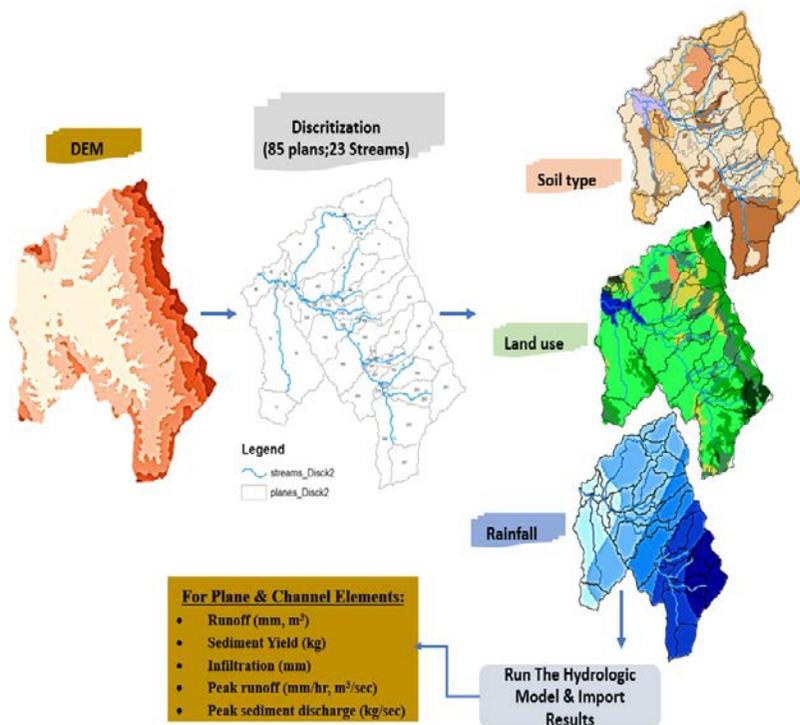
## **Parametrization**

Parametrization consists of integrating two input files, which are necessary for the application of KINEROS2 model, namely: a hydrologic parameters file and an accumulated rainfall file.

A "PARAMETERS" file contains the physical, hydrological, and flow parameters for all the elements of the watershed (channels and plans), which describe the properties of infiltration. The parameterization of the watershed elements is characterized by its hydraulic geometry, flow length and unique land cover, and soil properties. The flow is controlled by the gradient, slope length, and soil hydraulic resistance parameters. The calculation of Hortonian flow rates requires Manning or Chezy parameters, which are determined in this step automatically based on experimental measurements (Woolhiser et al., 1990).

A "PRECIPITATION" file consists of writing the input files and executing the model. AGWA browses in a loop through the discretization attributes of the selected watershed and creates the text files used to run the model. This file contains the parameters of rainfall event, which is recorded by

the rain gauge at the Ibn Batouta dam. Each rainfall event is represented by its frequency and duration for a fixed time step of 5 minutes. The elements delimited by AGWA are represented in K2 by a set of parameter values assumed to be uniform throughout. When soil and canopy parameters are variable within the same element, AGWA uses a weighting procedure to estimate the mean value for each parameter (Miller et al., 2002). The FAO database is characterized by a set of codes to which hydrodynamic properties are attached. Using different field expertise, textural properties can be directly linked to each landscape unit. The correspondence of these textures with those assigned for each FAO class allows the linking of code to a unit. In order to complete the parameterization of the various elements of the watershed, the vegetation cover layer must be taken into account. The vegetation will particularly introduce the parameters of soil roughness, whose minimum value is fixed by K2 at 0.001 and interception. It will also contribute to modify the hydraulic conductivity at saturation, which is previously defined by the soil layer (Levick et al., 2009).



**Figure 2.** Conceptual design of AGWA modified from (Goodrich et al., 2011) and CSAs for the Tleta watershed

### Input Data

K2 needs four sets of input data to operate: DEM, soil map, land cover map (necessary to describe the watershed in terms of hydrological and

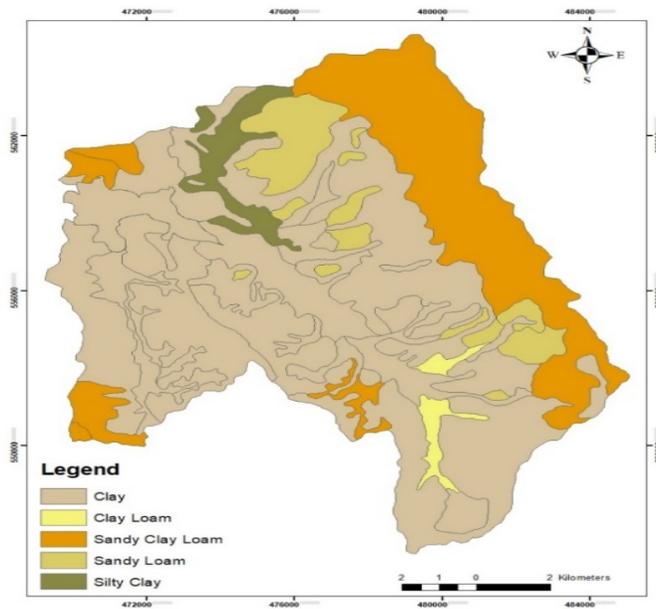
geometric parameters), and precipitation. The input data used in this study are summarized in Table 1.

**Table 1.** Input data, its resolution, and source used in K2 model simulations

Type	Source	Description
DEM	SPOT (20 m)	DEM
Soil	Inypsa (1987)	Soil survey (1/50 000)
Land cover	Landsat (30 m)	Image processing
Rainfall	ABHL	Daily rainfall (1998 - 2018)

### Soil Characteristics

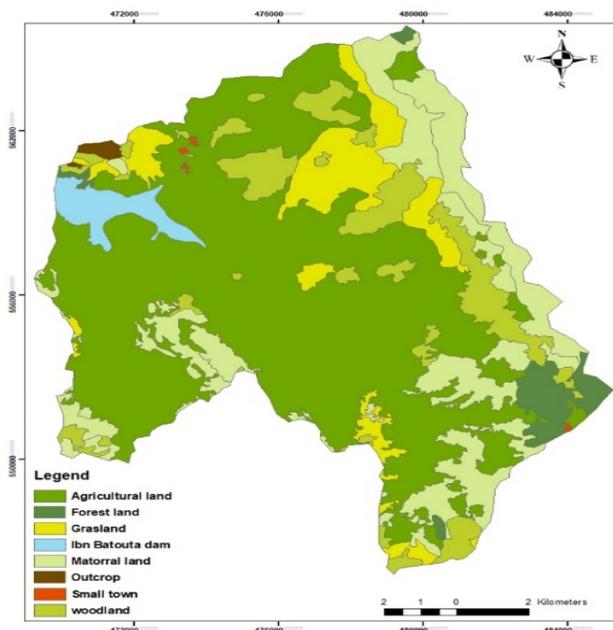
The soil characteristics of the watershed have been analyzed from previous studies (Ezzine et al., 2011; Inypsa, 1987). Soils are divided into five categories based on texture: Clay, Clay loam, sandy Clay loam, Sandy Loam, and Silty Clay.



**Figure 3.**Map of soil texture

### Land Cover Characteristics

Land cover map was derived from image processing of Landsat image (2009). It is worthy to mention that over the period (1987 - 2002), the basin has undergone a reduction in cereal planting areas in favor of olive plantations. Water erosion, exacerbated by the geomorphological settings of the basin, is increased by land abandonment and intense land use (Hammouda, 2010).



**Figure 4.** Map of land cover and use

### Precipitation Characteristics

The annual precipitation in Tleta watershed is about 786 mm (1983 - 2011), of which the majority (86%) falls between October and March (ABHL, 2013). The most erosive season is autumn, with a maximum erosivity value of 322.1 MJ mm/ha/hr in October (Choukri et al., 2016). The rainfall database consisted of a long series of data recorded in stations within the watershed. The maximum annual rainfall recorded is 1800 mm (1995-2009) at Béni Harchan station, while the minimum annual rainfall (about 400 mm) is observed in 1995 at Ibn Batouta, Kalaya, and Beni Harchan stations (Azaaj, 2015).

**Table 2.** Coordinates of measurement stations

Nom	Latitude N	Longitude W	Measurement frequency
Béni Harchane	35,531	-5,720	Daily
Ibn Battouta	35,645	-5,733	Daily
Kalaya	35,673	-5,747	Daily

### AGWA-K2 Simulation and Calibration

The K2 calibration is performed for the rain event in Table 3 based on the available data. During this step, the hydraulic conductivity (Ks) was adjusted (Refsgaard, 1997; Semmens et al., 2008). AGWA contains the entire database used to provide initial estimates for K2 parameters based on topography, soil, and land cover (Woolhiser et al., 1990). The input parameters are derived directly from these database using optimized look-up tables, provided with the

tool to facilitate parameterization and calibration of K2 (Semmens et al., 2008). After a series of simulations, the model calibration for the calibrated parameters does not deviate too much from the initial parameters. The main goal of this task is to test the robustness of the AGWA-K2 coupling to simulate runoff in Tleta watershed. For this purpose, the simulations were first carried out with calibration in order to assess the scope of the selected initial parameters. This will make it possible to verify the opportunity of using KINEROS2 model coupled with experimental and/or estimated physical parameters to predict floods and lands likely to be degraded following rainy events. The second goal is to estimate the dam siltation expected to be generated while analyzing the different outputs of the model.

**Table 3.** Characteristics of selected floods for K2 simulations

	Rainfall	V (m <sup>3</sup> )	I (mm/h)	Rain (mm)	Qs (Kg/s)
Calibration	24/12/2009	30249	33	24	527
	03/02/1998	840672	29	29	7982
	28/03/2004	113184	29	21	281
Validation	22/04/2003	254880	27	27	1544
	30/11/2012	375839	33	28	3101
	06/01/2010	2533247	36	37	29519
	19/11/1999	3455	5	15	9.91

### Validation and Model Performance Criteria

Several criteria are involved in evaluating the performance of hydrological forecasts. To evaluate the model, there are two statistical criteria and these are NSE and R<sup>2</sup>. Nash-Sutcliffe efficiency (NSE), used as a major objective function in the calibration and validation processes, demonstrated the model's ability to explain data variability. It determines the relative variance of observed data compared to the variance of measured data (Nash & Sutcliffe, 1970). The coefficient of determination (R<sup>2</sup>) criteria was additionally used for the evaluation. These performance indices were calculated based on (equations 1 and 2).

$$NSE = 1 - \frac{\sum i(Q_{m,i} - Q_s)^2}{\sum i(Q_{m,i} - Q_m)^2} \quad (1)$$

$$R^2 = \frac{[\sum i(Q_{m,i} - \bar{Q}_m)(Q_{s,i} - \bar{Q}_s)]^2}{\sum i(Q_{m,i} - \bar{Q}_m)^2 \sum i(Q_{s,i} - \bar{Q}_s)^2} \quad (2)$$

Where Q is a variable, m and s are the measured and simulated variables, i is the measured or simulated data.

## Results and Discussions

### KINEROS2 Output Data

#### Infiltration

Infiltration occurs from precipitation depending on the variation of Ks due to topography and the presence of rocks as well as vegetation in the watershed. In K2, the conceptual model of hydrology represents the soil in one or two layers, the upper layer being of arbitrary depth (Smith & Goodrich, 2000). The soil infiltration rate is calculated for each soil layer using a series of equations (Smith et al., 1995).

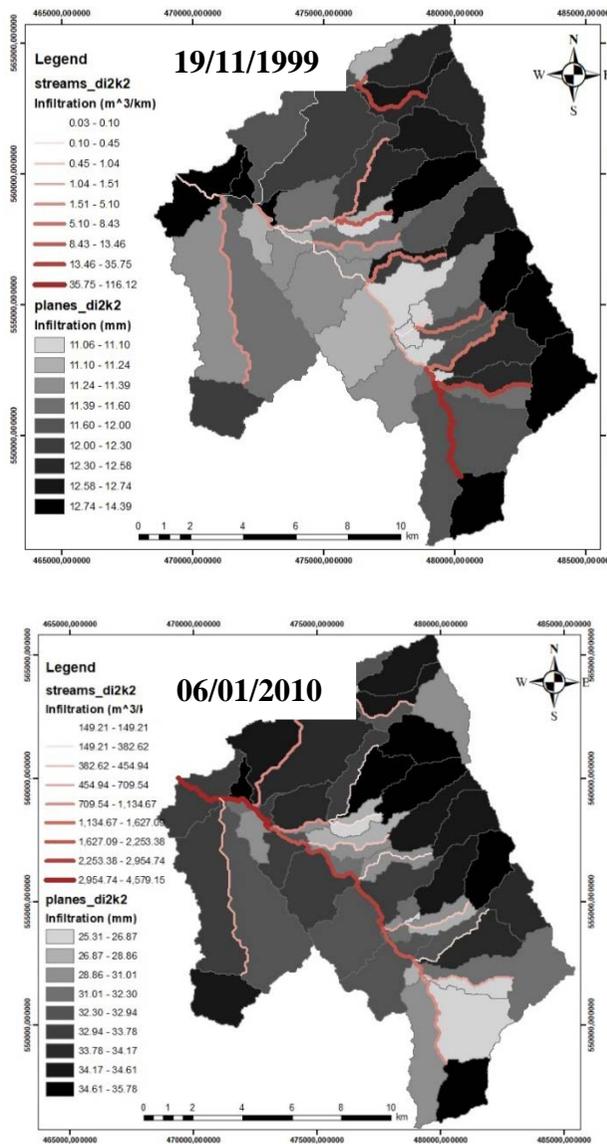


Figure 5. Infiltration rates in streams and plans

## Surface Runoff

Surface runoff occurs when the rate of precipitation exceeds the rate of infiltration (Hortonian flow) and is influenced by a combination of factors that include precipitation intensity, vegetation openness, soil type, moisture, and permeability. The K2 model relies on the Soil Conservation Service (SCS) method to calculate runoff (Semmens et al., 2008). The results showed that a significant amount of surface runoff occurs in plans near the dam as shown in Figure 6, where infiltration is low.

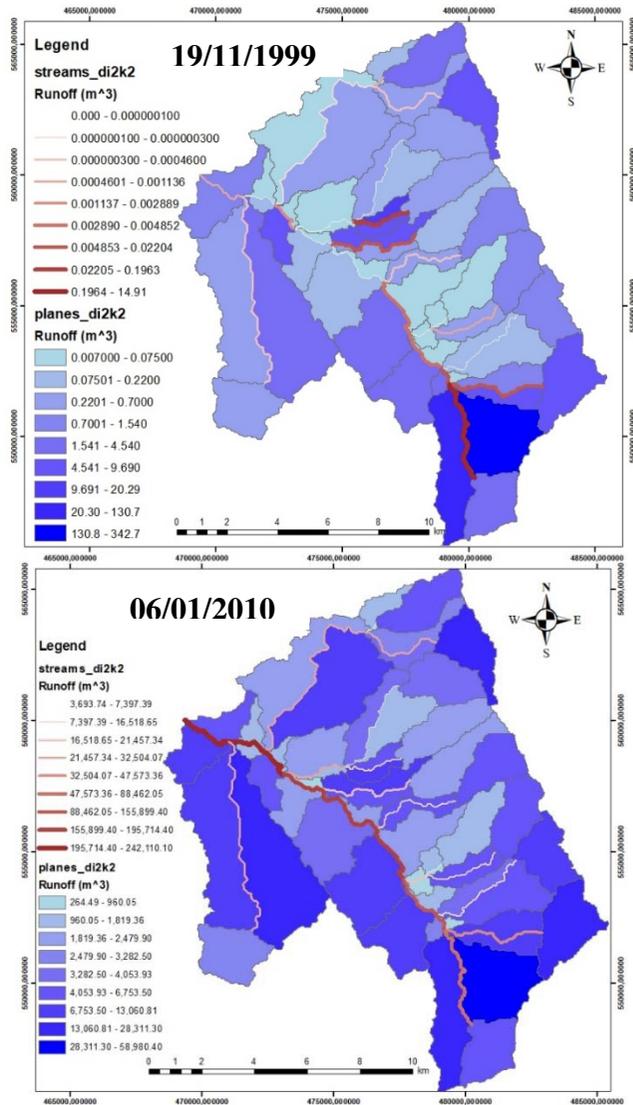


Figure 6. Runoff in streams and plans

## Sediment Yield

Intense precipitation increases the amount of sediment transported in the basin. The presence of vegetation cover and its density influences the amount of energy available to move water and sediment. The transport of solids is solved by K2 using finite difference techniques (Smith et al., 1995). The increase in sediment transport along the channels is due to soil texture. A high sediment value is shown at some plans, as shown in Figure 7.

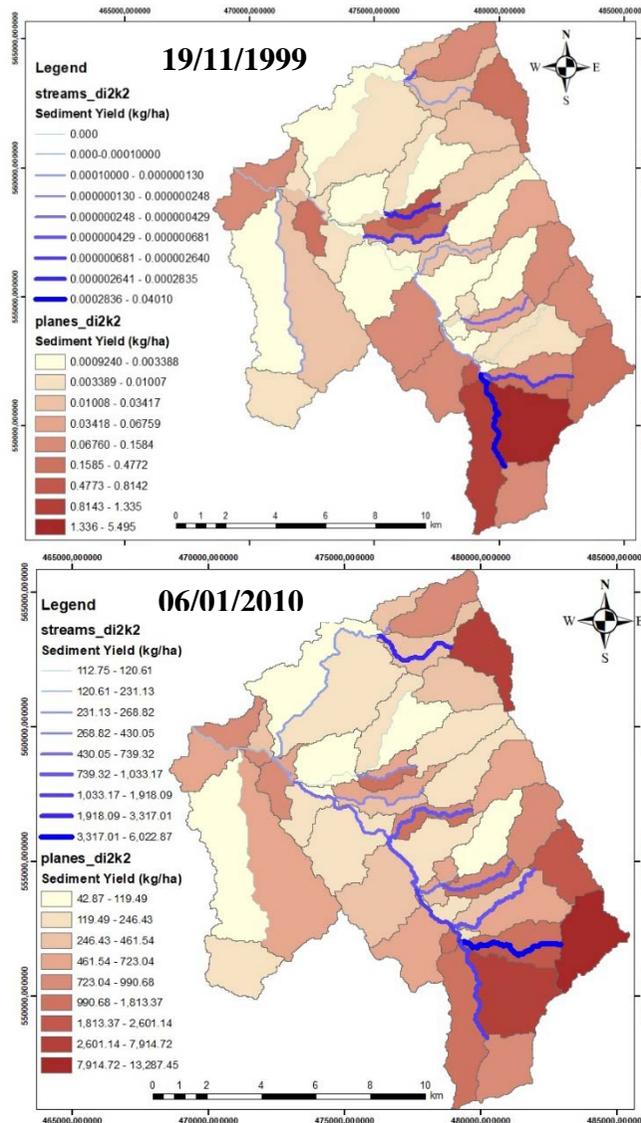


Figure 7. Sediment yield in streams and plans

As shown in the previous figures, surface runoff occurs when the rate of precipitation exceeds the rate of infiltration and it is influenced by a set of

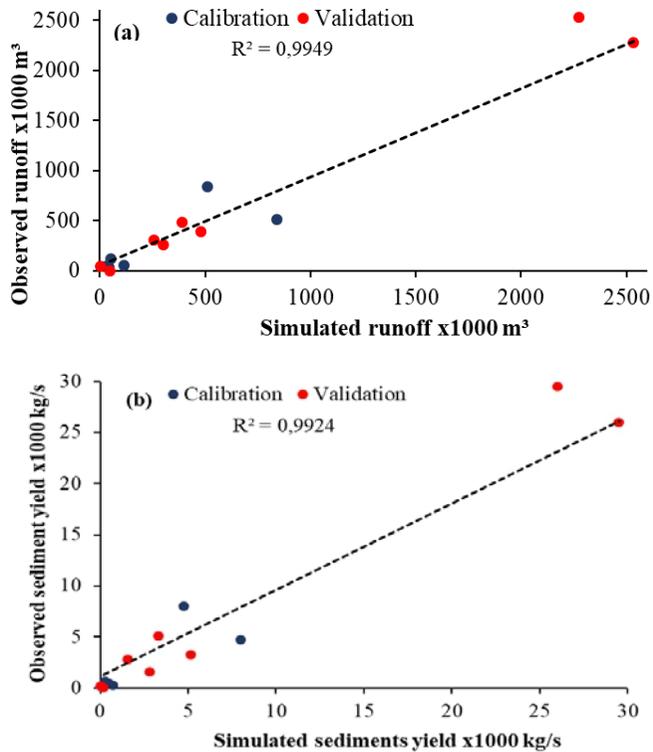
factors as previously mentioned. The Tleta watershed is very erosive and therefore more productive of sediments. It is also noteworthy to mention that the channels have a higher potential for sediment transport to the reservoir site.

### Model Validation

The allocation of hydrodynamic parameters for each element of the watershed was crucial and was achieved by coupling K2 with AGWA GIS interface. This integration facilitated the achievement of hydrological simulations for the Tleta watershed. By using DEM, a vegetation map, a soil map and precipitation data, combined with databases integrated into AGWA from literature and experiments (Rawls et al., 1982; Smith et al., 1995), the tool was able to generate parameter files, which represent the basic input data for the K2 model. On the whole, the results achieved are promising as they are closer to the reality on the watershed. The calibration of the physical parameters of K2, the verification and validation of forecasts, gave satisfactory results. The Nash-Sutcliffe Simulation (NSE) and the coefficient of determination ( $R^2$ ) were greater than 0.5, when comparing observed and simulated data. A slight reduction in agreement for runoff was observed ( $R^2 = 0.99$  and  $NSE = 0.71$ ) with a better accuracy for sediments yield ( $R^2 = 0.99$  and  $NSE = 0.72$ ) during calibration. The model appeared very steady with ( $R^2 = 0.99$  and  $NSE = 0.98$ ) for runoff and ( $R^2 = 0.99$  and  $NSE = 0.97$ ) for sediments yield during the validation phase.

**Table 4. Simulations of selected rainy episodes**

Events	Rain mm	Runoff (m <sup>3</sup> )		NSE	R <sup>2</sup>	Sediments (kg/s)		NSE	R <sup>2</sup>	
		Observed	Simulated			Observed	Simulated			
Calibration	24/12/2009	24	30 249	0.71	0.99	527	407	0.72	0.99	
	03/02/1998	29	840 672			7 982	4 734			
	28/03/2004	21	113 184			52 524	281			695
Validation	22/04/2003	27	254 880	0.98	0.99	1 544	2 785	0.97	0.99	
	30/11/2012	28	389 664			477 692	3 291			5 130
	06/01/2010	37	2 533 247			227 5739	29 519			26 003
	19/11/1999	15	3455			586	9.91			15



**Figure 7.** Observed vs simulated runoff (a) and sediment yields (b) in Tleta watershed

The results showed that there is a good agreement between observed and simulated values for the selected floods and the parameters adopted. This is even when K2 seems to slightly underestimate runoff and overestimate sometimes the sediments yields, which is due to errors during model calibration. Therefore, the implementation of KINEROS2 model coupled with AGWA offers the possibility to simulate variations in runoff and sediments yield as a function of precipitation amount, soil and land cover in Tleta watershed.

## Conclusions

The AGWA is a promising tool for assessing, quantifying, and identifying the effects of water erosion at the Tleta watershed level. Overall, water modeling with calibration remains good. Indeed, the results achieved are close to the reality on ground, which makes AGWA-K2 a good coupling for integrated soil and water resource management combined with sustainable exploitation in Tleta watershed, as well as neighboring watersheds of similar biophysical settings. The approach followed has proven to be effective in predicting runoff and sediment yield in the study area based on readily available data. The implementation of KINEROS2 model offers the possibility

to simulate runoff variations as well as sediment transport and infiltration rate as a function of precipitation amount, land cover, and soil types. The results indicate also that the integration of local data into AGWA is adequate for hydrological modeling of Tleta watershed and for assessing its vulnerability to water erosion. Future analysis should be oriented towards a comparison of flows by varying future scenarios of land cover and climate. The aim is to highlight the effect of global changes on the watershed's behavior with regard to water erosion for final validation of the model in order to identify areas at risk and deduce the lifespan of the dam to help in decision-making on possible developments.

### **Acknowledgments**

The authors would like to express their appreciation to Hassan II Academy of Science and Technology for their funding support to GISEC project, as well as the Hassan II Institute of Agronomy and Veterinary Medicine for their multifaceted financial support during the different phases of this study.

### **References:**

1. ABHL (2013). Etude d'actualisation du plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau des bassins Loukkos, Tangérois et côtiers Méditerranéens. Mission 1, Sous Mission 1.1 : Analyse et synthèse des connaissances actuelles dans le domaine des ressources en eau, Ressources en eau superficielles, ABHL, Tétouan, Maroc, 186.
2. Afef, M. (2014). Simulation des averses au niveau du bassin versant Ghézala par le modèle KINEROS2. Mémoire de Master Recherche en Science de la Terre - Université de Tunis el Manar Département de Géologie, Tunis, 149.
3. Al-Qurashi, A., McIntyre, N., Wheeler, H., & Unkrich, C. (2008). Application of the KINEROS2 rainfall-runoff model to an arid catchment in Oman. *Journal of Hydrology*, 355, 91-105
4. ALMIRA Project. Bassin versant de Tleta <http://www.almiraproject.org/fr/sites/bassin-versant-de-tleta>.
5. Augusto, G. S., Marques, D. S., & Alves, N. I. (2002). Numerical modeling for surface runoff and sediment yield coupled to GIS.
6. Azaaj, S. (2015). Diagnostic approfondi des pratiques paysannes de gestion des ressources naturelles dans le bassin versant Tleta, Tangérois Mémoire de 3ème cycle: Ecole nationale forestière d'ingénieurs de saie.
7. Bissiri, M., Othman, F., & Sholichin, M. (2004). Determination of runoff value using KINEROS model (Case study in Sumpil catchment, Indonesia). ICCBT2008 .

8. Canfield, H.E., & Goodrich, D.C. (2005). Suggested Changes to AGWA to Account for Fire (V 2.1). USDA-ARS Southwest Watershed Research Center Tucson, Az. 85719.
9. Canfield, H.E., & Goodrich, D.C. (2006). The impact of parameter lumping and geometric simplification in modelling runoff and erosion in the shrublands of southeast Arizona. *Hydrological Processes*, 20(1), 17-35.
10. Chikhaoui, M., & Naimi, M. (2011). Dégénération des sols dans le Rif marocain. *Revue : Homme, Terre et Eaux*, 149/150, 56-60.
11. Choukri, F., Chikhaoui, M., Naimi, M., Raclot, D., Pepin, Y., & Lafia, K. (2016). Impact Du Changement Climatique Sur L'évolution De L'érosivité Des Pluies Dans Le Rif Occidental (Nord Du Maroc). *European Scientific Journal* November, 12(32).
12. Ezzine, H., Naimi, M., & Zhim, S. (2011). Développement et couplage d'un sigweb-sol au modèle impelero pour le diagnostic et l'évaluation de l'érosion hydrique à l'échelle parcellaire dans le bassin versant de tleta. *HTE N°149/150*.
13. Goodrich, D.C., Burns, I.S., Unkrich, C.L., Semmens, D.J., Guertin, D.P., Hernandez, M., Yatheendradas, S., Kennedy, J.R., & Levick, L.R. (2012). *Kineros2/agwa: Model use, calibration, and validation*. the Soil & Water Division of ASABE.
14. Goodrich, D.C., Sheppard, S., Barlow, J., Korgaonkar, Y., Guertin, P., Unkrich, C., & Burns, S. (2011). The Automated Geospatial Watershed Assessment (AGWA) Tool for Rapid Post-Fire Watershed Assessments. AGWA Overview presentation: NERL Eco Modeling Mtg.\_Las Vegas, March 2011.
15. Goodrich, D.C., UnKrich, C.L., Smith, R.E., Guertin, D.P., Hernandez, M., Burns, I.S., Massart, J.E., Levick, L., Miller, S.N., Semmens, D.J., & Kepner, W.G. (2011). The AGWA-KINEROS2 suite of modeling tools. *Watershedmanagement 2010.ASCE2011*;, 1294-1305.
16. Goodrich, D.C., Unkrich, C.L., Smith, R.E., & Woolhiser, D.A. (2002). KINEROS2 - A distributed kinematic runoff and erosion model. in *Proceeding of the Second Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference*, 12.
17. Hammouda, N. (2010). Evolution de l'occupation des sols et de l'érosion dans le bassinTleta (Rif occidental, Maroc). Mémoire de troisième cycle pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Agronomie Option : Science du Sol.
18. Helmlinger, K.R., Kumar, P., & Foufoula-Georgiou, E. (1993). On the use of digital elevation model data for Hortonian and fractal analyses of channel networks. Available at:

- [http://www.ce.umn.edu/~foufoula/papers/efg\\_048.pdf](http://www.ce.umn.edu/~foufoula/papers/efg_048.pdf). Water Resources Research, 29(8), 2599-2614.
19. Heusch, B. (1973). Estimation et contrôle de l'érosion hydraulique. C.R. Soc. Sci. Nat. Phy. Maroc., 37, 41-54.
  20. Inypsa, M. (1987). Projet Intégré de développement Agricole de Tanger-Tétouan, Secteur de Tétouan : Etude des sols au 1/100.000 (Edition au 1/50.000). S.A. et Direction Provinciale de l'Agriculture de Tétouan,.
  21. Jaoued, M., Gueddari, M., & Saadaoui, M. (2005). Modélisation de l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued M'Khachbia (Nord-Ouest de la Tunisie). Geo-Eco-Trop, 10.
  22. Kalin, L., Govindaraju, R.S., & Hantush, M.M. (2003). Effect of geomorphologic resolution on modeling of runoff hydrograph and sedimentograph over small watersheds. Journal of Hydrology, 276(1-4), 89-111.
  23. Kepner, W.G., Semmens, D.J., Basset, S.D., Mouat, D.A., & Goodrich, D.C. (2004). Scenario analysis for the San Pedro River, analyzing hydrological consequences for a future environment. . Environmental Modeling and Assessment, 94, 115-127.
  24. Kepner, W.G., Semmens, D.J., Hernandez, M., & Goodrich, D.C. (2008). Evaluating hydrological response to forecasted land- use change: Scenario testing with the Automated Geospatial Watershed Assessment (AGWA) tool. The third interagency conference on research in the watersheds, Este's Park, 8-1, 77-82.
  25. Laetitia, G. (2016). Modélisation de l'évolution paradoxale de l'hydrologie sahélienne Application au bassin d'Agoufou (Mali). doctorat de l'Université Toulouse III Paul Sabatier (UT3 Paul Sabatier). 226.
  26. Lahlou, A. (1994). Envasement des barrages au Maroc. Eds WALADA, Collection Sciences et Techniques, Casablanca., 120.
  27. Lajili, G. L. (2004). Utilisation du modèle KINEROS pour la simulation des hydrogrammes et des turbidigrammes en zone semi-aride tunisienne. Revue des sciences de l'eau, 17(2), 227-244.
  28. Lammadalena, N. (2010). Changements climatique et ressources en eau dans la région méditerranéenne. La lettre de veille de CIHEAM,, 12, 1-4.
  29. Lane, L.J., Woolhiser, D.A., & Yevjevich, V. (1975). Influence of simplifications in watershed geometry in simulation of surface runoff. Hydrology paper,, 81, 80.
  30. Levick, L.R., Semmens, D.J., Guertin, D.P., Burns, I.S., Scott, S.N., Unkrich, C.L., & Goodrich, D.C. (2009). Adding Global Soils Data to the Automated Geospatial Watershed Assessment Tool (AGWA).

- Proc. 2nd SAHRA (Sustainability of Semi-Arid and Riparian Areas), Univ. of Arizona, International. Symposium on Transboundary Water Manage., Nov. 16-19, 2004, Tucson,AZ.
31. Mansouri, T., Albergel, J., & Seguis, L. (2001). Modélisation hydrologique spatialisée de petits bassins versants en contexte semi-aride Méditerranéen. . In Hydrologie des Régions Méditerranéennes :Séminaire International, Montpellier(FRA), 225-236.
  32. Miller, S., Kepner W.G., Mehaffey, M.H., Hernandez, H., Miller, R.C., Goodrich, D.C., Devonald, K.K., Heggem, D.T., & Miller, W.P. (2002). Integrating landscape assessment and hydrologic modeling for land coverchange analysis. American Water Resources Association, 38 ( 4 ), 915 - 929.
  33. Miller, S., Semmens, D.J., Goodrich, D.C., Hernandez, M., Miller, R.C., Kepner, W.G., & Guertin, D.P. (2007). The Automated Geospatial Watershed Tool. Environmental modeling & software, 22, 365-377.
  34. Miller, S., Semmens, D.J., & Miller, R.C. (2002). GIS-based hydrologic modeling: the Automated Geospatial Watershed Assessment tool. Proceed ings of the Second Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference July 29-Aug 1, Las Vegas, NV.
  35. Morrison, J., Madramootoo, C., & Chikhaoui, M. (2013). Modeling the influence of tile drainage flow and tile spacing on phosphorus losses from two agricultural fields in southern Québec. Water Quality Research Journal of Canada, 48, 279–293.
  36. Nash, J. E., & Sutcliffe, J. V. (1970). River flow forecasting through conceptual models: part I. A discussion of principles. J.Hydrol, 10(3), 282–290.
  37. Pepin., Y., Planchon, O., Naimi, M., & Chikaoui, M. (2012). Accroissement du risque d'érosion dû à la pluie au Nord du Maroc 11èmes Journées d'Etude des Sols, Versailles
  38. Rawls, W.J., Brakensiek, D.L., & Saxton., K.E. (1982). Estimation of Soil Water Properties. Transactions of the ASAE, 25(5), 1316-1320.
  39. Refsgaard, J.C. (1997). Parameterisation, calibration and validation of distributed hydrological models. Journal of Hydrology,, 198, 1-4.
  40. Sabir, M., Barthès, B., & Roose, E. (2004). Recherche d'indicateurs des risques de ruissellement et d'érosion sur les principaux sols des montagnes méditerranéennes du Rif occidental (Maroc). . Science et changements planétaires /Sécheresse, 15(1), 105-110.
  41. Sabir, M., Hérivaux, C., Guillot, F., & Bouaziz, A. (2019). Dynamique agraire et dynamique paysagères dans le bassin versant du Tleta, Rif Occidental (Maroc). Rev. Mar. Sci. Agron. Vét., 7(2), 323-332.

42. Semmens, D. J., Goodrich, D.C., Unkrich, C.L., Smith, R.E., Woolhiser, D.A., & Miller, S.N. (2008). KINEROS2 and the AGWA Modeling Framework. <https://www.tucson.ars.ag.gov/unit/Publications/PDFfiles/2013.pdf>.
43. Smith, R.E., Goodrich, D.C., Woolhiser, D.A., & Unkrich, C. L. (1995). KINEROS - A kinematic runoff and erosion model. chapter 20. Computer Models of Watershed Hydrology, (Ed. by Singh, V. J.) Water Resour. Pub., highlands Ranch, Colo, 697-732.
44. Smith, R.E., & Goodrich, D.C. (2000). Model for rainfall excess patterns on randomly heterogeneous areas. *J. Hydrol. Eng*, 5(4), 355-362.
45. Thielen, A.H., Lücke, A., Diekkrüger, B., & Richter, O. (1999). Scaling input data by GIS for hydrological modelling. *Hydrological Processes*, 13(4), 611–630.
46. Woolhiser, D.A., Hanson, C.L., & Kuhlman, A.R. (1970). Overland flow on rangeland watersheds. *J. of Hydrology (New Zealand)*, 9(2), 336-356.
47. Woolhiser, D.A., Smith, R.E., & Goodrich, D.C. (1990). KINEROS, a kinematic Runoff and Erosion Model. Documentation and User Manual. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 77, 133.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### **Hama Y,**

Département de chirurgie de la faculté des sciences de la santé de l'Université Abdou Moumouni de Niamey-Niger, Département de chirurgie de l'hôpital national de Niamey-Niger

### **Mohamed A.A,**

Département de chirurgie de la faculté des sciences de la santé de l'Université Abdou Moumouni de Niamey-Niger, Département de chirurgie de l'hôpital national de Niamey-Niger

### **Kadi I,**

Département de chirurgie de l'hôpital national de Niamey-Niger

### **James Didier L,**

Département de chirurgie de la faculté des sciences de la santé de l'Université Abdou Moumouni de Niamey-Niger, Département de chirurgie de l'hôpital national de Niamey-Niger

### **Sani R,**

Département de chirurgie de la faculté des sciences de la santé de l'Université Abdou Moumouni de Niamey-Niger, Département de chirurgie de l'hôpital national de Niamey-Niger

Submitted: 08 January 2020

Accepted: 03 September 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*Hama Younssa*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p212](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p212)



Copyright 2020 Hama Y,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCESS

Cite as:

Hama Y, Mohamed AA, Kadi I, James Didier L, Sani R. (2020). Prise en charge des plaies pénétrantes de l'abdomen à l'hôpital national de Niamey. *European Scientific Journal, ESJ*, 16 (36), 1. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p212>

## **Prise En Charge Des Plaies Pénétrantes De L'abdomen À L'hôpital National De Niamey**

### **Résumé**

**Objectif** : rapporter les résultats de la prise en charge des plaies pénétrantes de l'abdomen à l'hôpital national de Niamey au Niger. **Patients et méthodes** : il s'agissait d'une étude rétrospective et descriptive sur une période de 2 ans. L'étude a concerné tous les patients de tout âge pris en charge à l'hôpital national de Niamey pour plaie pénétrantes de l'abdomen. **Résultats** : l'étude incluait 51 patients, soit 0,88% des traumatismes. Il s'agissait de 6 femmes et 45 hommes, soit un sex ratio de 7,5. L'âge moyen des patients était de 28 ans [ $\pm 10,2$ ]. Le délai moyen d'admission était de 4,86 heures [ $\pm 2,08$ ]. Dans 84,32% des cas les patients étaient transportés à l'hôpital dans un véhicule non médicalisé. Les agressions représentaient 78,44% des circonstances de survenue et la plaie abdominale s'intégrait dans un contexte de polytraumatisme chez 21,53% des patients. Une éviscération était présente chez 31,37% des patients. Le traitement était opératoire chez 90,19% des patients avec 19,56% de laparotomie non thérapeutique. L'organe le plus lésé était l'intestin grêle dans 31,37% des cas suivi du colon dans 23,52% des cas. La morbidité globale était de 33,37% dominée par les hémorragies postopératoires dans 8,69% des cas. La mortalité était de 13,73% avec 50,14% de décès en postopératoire immédiat par hémorragie secondaire ; 28,58% de décès par retard de l'hémostase chirurgicale et 14,28% de décès par défaut de compensation des pertes sanguines en urgence. **Conclusion** : les plaies de l'abdomen sont fréquentes chez l'adulte jeune de sexe masculin. Elles sont souvent dues à une agression par armes blanches avec un taux élevé de décès.

---

**Subject:** Medicine

**Mots-clés:** Plaies Pénétrantes De L'abdomen, Plaies Par Armes Blanches, Éviscération, Plaie Abdominale.

## Management Of Penetrating Abdominal Wounds

***Hama Y,***

Département de chirurgie de la faculté des sciences de la santé de l'Université Abdou Moumouni de Niamey-Niger, Département de chirurgie de l'hôpital national de Niamey-Niger

***Mohamed A.A,***

Département de chirurgie de la faculté des sciences de la santé de l'Université Abdou Moumouni de Niamey-Niger, Département de chirurgie de l'hôpital national de Niamey-Niger

***Kadi I,***

Département de chirurgie de l'hôpital national de Niamey-Niger

***James Didier L,***

Département de chirurgie de la faculté des sciences de la santé de l'Université Abdou Moumouni de Niamey-Niger, Département de chirurgie de l'hôpital national de Niamey-Niger

***Sani R,***

Département de chirurgie de la faculté des sciences de la santé de l'Université Abdou Moumouni de Niamey-Niger, Département de chirurgie de l'hôpital national de Niamey-Niger

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p213](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p213)

---

### Abstract

**Objective:** to report the results of the management of the penetrating abdominal wounds at the national hospital of Niamey.

**Patients and method:** it was a retrospective and descriptive study over 2 years. The study included the patients of all ages managed for penetrating abdominal wounds at national hospital of Niamey in Niger.

**Results:** the study includes 51 patients whether 0.88 % of trauma. They were 45 men and 6 women, with a sex ratio of 7.5. The average age was 28 [ $\pm 10.2$ ] years old. The average intake time was 4.86 [2.08] hours. In 84.32% of cases, patients were transported to the hospital in non-medical vehicle. The assault accounted for 78.44% of the circumstances of the occurrence and the penetrating abdominal wound was integrated into a polytrauma in 21.53% of cases. An evisceration was present in 31.37 % of cases. The management was operative in 90.19% of cases with 19.56% of non-therapeutic laparotomy. The most injured organ was the small intestine in 31.37% of cases followed by the colon in 23.52% of cases. The overall morbidity was 33.37%,

dominated by postoperative hemorrhages in 8.69% of cases. The mortality was 13.73% with 50.14% of immediate deaths by secondary hemorrhage, 28.58% of deaths by delay of the surgical hemostasis and 14.28% of deaths by a failure of compensation of the blood losses in emergency room.

**Conclusion:** the penetrating abdominal wounds are common in young adult males. They are often due to a stabbing assault with a high death rate.

---

**Keywords:** Penetrating Abdominal Wounds, Stabbing Wound, Evisceration, Abdominal Wound

## Introduction

Les plaies pénétrantes de l'abdomen réalisent une rupture de la continuité de la paroi abdominale avec effraction du péritoine pariétale. Les plaies pénétrantes de l'abdomen sont souvent caractérisées par leur gravité immédiate par atteinte d'un gros vaisseau ou par dilacération d'un organe plein et secondairement par leur risque septique. La fréquence et la gravité des plaies de l'abdomen sont variable (Störmann, 2016). Toute fois la fréquence des plaies de l'abdomen est en augmentation en Afrique (Fanomezantsoa, 2015) du fait de l'occidentalisation des villes africaines (Coquery-Vidrovitch, 2006), mais aussi de l'augmentation des zones de conflit dans cette partie du monde (Vincent, 2013). La prise en charge des plaies de l'abdomen, en dépit des recommandations (Biffi, 2015) n'est pas toujours aisée du fait de la possibilité d'atteinte simultanée d'organes relevant de spécialités chirurgicales différentes mais aussi de la possibilité d'atteinte simultanée des compartiments péritonéal, rétropéritonéal et thoracique (Barbois, 2016). Cette prise en charge pluridisciplinaire, qui se fait au mieux à travers des "trauma system" (MacKenzie, 2006), a lieu le plus souvent en Afrique dans des hôpitaux généraux à l'instar de l'hôpital national de Niamey. Cette étude a pour objectif de rapporter les résultats de la prise en charge des plaies abdominales en service de chirurgie générale à l'hôpital national de Niamey.

## Patients et méthode

Il s'agissait d'une étude rétrospective descriptive et analytique menée d'octobre 2011 à octobre 2013. L'étude était réalisée dans les services de chirurgie générale A, B et C2 de l'hôpital national de Niamey (Niger). L'étude a concerné les patients des 2 sexes pris en charge pour plaie pénétrante de l'abdomen à l'hôpital national de Niamey durant la période de l'étude. Les données ont été colligées à partir des dossiers des patients et des registres du service des urgences, des registres de comptes rendus opératoires et des registres des services de chirurgie générale A, B et C2. Les variables étudiées étaient l'âge, le sexe, le délai d'admission, les circonstances du traumatisme, l'instabilité hémodynamique définie par une tension artérielle systolique

inférieure ou égale à 90 mm Hg et/ou une fréquence cardiaque supérieure ou égale à 120 pulsations par minute, les lésions abdominales, les lésions associées, le mode de traitement, le geste chirurgical réalisé ou une laparotomie non thérapeutique définie par la découverte de lésions ne nécessitant aucun geste thérapeutique en cas de traitement opératoire, la morbidité et la mortalité des plaies pénétrantes de l'abdomen.

## Résultats

La série comportait 51 cas de plaies pénétrantes de l'abdomen représentant 35,17% des traumatismes abdominaux et 0,88% de l'ensemble des urgences chirurgicales ; soit en moyenne 25,5 plaies pénétrantes de l'abdomen par an et 2 plaies pénétrantes de l'abdomen par mois avec un pic de fréquence de 4 à 5 plaies pénétrantes de l'abdomen en octobre et en novembre. Il s'agissait de 6 femmes et de 45 hommes, soit un sexe ratio de 7,5. L'âge moyen des patients était de 28 [ $\pm 10,2$ ] ans et 58,82 % des patients avaient moins de 30 ans. Le transport des patients du lieu de la blessure à l'hôpital était médicalisé pour 15,68% des patients, 84,32 % des patients étaient amenés à l'hôpital par des proches. Le délai moyen d'admission des patients aux urgences était de 4,86 [ $\pm 2,08$ ] heures avec des extrêmes de 30 minutes à 48 heures ; cependant 60,78% des patients étaient admis au-delà de la première heure après la blessure. Les circonstances de survenue de la blessure sont résumées dans le tableau I. A l'admission 37,25% des patients avaient une instabilité hémodynamique (n=19). Cette instabilité hémodynamique était 2 fois plus fréquente en cas de plaie par arme à feu.

**Tableau I :** répartition des patients en fonction des circonstances de survenue de la plaie abdominale

	Nombre	Pourcentage
Agression par arme blanche	31	60,79
Agression par arme à feu	9	17,65
Accident de travail	4	7,84
Tentative d'autolyse	3	5,88
Accident domestique	3	5,88
Accident de la voie publique	1	1,96
TOTAL	51	100

Une échographie abdominale et un scanner abdominal avaient été réalisés chez 11,70% des patients (chez les 5 patients non opérés et chez un patient opéré). Le traitement était non opératoire chez 9,81% des patients et opératoire chez 90,19% patients ; cependant la laparotomie était non thérapeutique chez 19,56% des opérés (n=9). Les indications opératoires étaient l'éviscération chez 31,37% des patients (photo 1), l'instabilité hémodynamique persistante chez 19,60% des patients, la laparotomie exploratrice chez 19,60% des patients, la péritonite chez 15,68% des patients, l'issue de liquide digestif par la plaie chez 3,92% des patients, et plaie

thoraco-abdominale ou abdomino-pelvienne chez 9,83% des patients. L'organe extériorisé était l'intestin grêle chez 23,52 % des patients, suivi de l'épiploon chez 11,76% des patients, du colon chez 5,88% des patients et de l'estomac chez 3,92% des patients. Les indications opératoires ayant conduit à une laparotomie non thérapeutique étaient l'éviscération chez 6 patients (extériorisation de l'épiploon chez 4 patients et extériorisation de l'intestin grêle chez 2 patients) et la péritonite chez 2 patients. La plaie abdominale était unique chez 78,43% des patients et multiple chez 21,57% des patients. La plaie était thoraco-abdominale chez 3,92% des patients et abdomino-périnéale chez un patient et chez 21,29% des patients elle intéressait en plus le compartiment rétro-péritonéal (photo 2).



**Figure 1** : éviscération traumatique par accident de la voie publique avec section de l'intestin grêle (flèches)



**Photo 2** : plaie rétro-péritonéale avec section du canal thoracique secondaire à une agression par arme blanche avec issue de lymphes

Les lésions du contenu abdominal (photo3) et les lésions associées sont résumées dans les tableaux II et III. Chaque patient avait en moyenne 1,95 organe intra-abdominal lésé et au moins une lésion extra-abdominale associée. Cette association lésionnelle réalisait un polytraumatisme chez 21,57% des patients. Cependant les armes à feu (avec en moyenne 3 organes lésés par patient) avaient occasionné plus de lésions d'organes que les autres circonstances de survenue de la plaie pénétrante de l'abdomen. Les gestes thérapeutiques réalisés pour les lésions du contenu abdominal et les lésions associées sont résumés dans les tableaux IV et V.

**Tableau II** : répartition des patients selon les lésions du contenu abdominal

	Nombre	Pourcentage
Estomac	8	15,68
Jéjuno-iléon	16	31,37
Duodénum	2	3,92
Colon	12	23,52
Rectum	1	1,96

Foie	4	7,84
Vessie	2	3,92
Rate	2	3,92
Reins	1	1,96
Pancréas	2	3,92
Grand Epiploon	11	21,56
Mésentère	9	17,65
Mésocolon	4	7,84
Veine mésentérique supérieure (VMS)	1	1,96
Canal thoracique	1	1,96

**Tableau III** : répartition des patients en fonction des lésions associées

	Nombre	Pourcentage
Plaie du diaphragme	2	3,92
Fracture de côte	2	3,92
Plaie du poumon	1	1,96
Hémothorax et hémopneumothorax	4	7,84
Fracture de membre	7	13,72
Luxation de la hanche	1	1,96
Fracture du bassin	1	1,96
Plaies des muscles squelettiques	3	5,88
Plaies cutanée extra-abdominales	30	58,82

**Tableau IV** : gestes thérapeutiques réalisés sur les lésions abdominales

	Suture	Résection +/- anastomose	Résection + stomie	Packing et/ou hémostase	Abstention	Total
Estomac	8 (17,39)	-	-	-	-	8(17,39)
Jéjuno-iléon	8(17,39)	6(13,04)	2(4,34)	-	-	16(34,78)
Duodénum	2(4,34)	-	-	-	-	2(4,34)
Colon	8(17,39)	2(4,34)	2(4,34)	-	-	12(26,06)
Rectum	1(2,17)	-	-	-	-	1(2,17)
Foie	-	1(2,17)	-	1(2,17)	2(4,34)	4(8,70)
Vessie	2(4,34)	-	-	-	-	2(4,34)
Rate	-	2(4,34)	-	-	-	2(4,34)
Rein	-	-	-	-	1(2,17)	1(2,17)
Pancréas	2(4,34)	-	-	-	-	2(4,34)
Epiploon	-	9(19,56)	-	-	-	9(19,56)
Mésentère	5(10,86)	-	-	-	4(8,70)	9(19,56)
Mésocolon	2(4,34)	-	-	-	2(4,34)	4(8,70)
VMS	1(2,17)	-	-	-	-	1(2,17)
Canal thoracique	-	-	-	1(fermeture du péritoine)	-	1(2,17)

				pariétal postérieur)		
--	--	--	--	-------------------------	--	--

**Tableau V** : gestes thérapeutiques réalisés sur les lésions associées

	Geste réalisé	n (%)
Plaie du diaphragme	Suture du diaphragme avec drainage thoracique	2 (4,34)
Fracture de côte	Traitement non opératoire	2 (4,34)
Plaie du poumon	Suture du poumon avec drainage thoracique	1 (2,17)
Hémothorax et hémopneumothorax	Drainage thoracique	4 (8,70)
Fracture de membre	4 fois ostéosynthèse et 3 fois contention plâtrée	7(15,21)
Luxation de la hanche	Réduction orthopédique	1 (2,17)
Fracture du bassin	Exofixation du bassin	1(2,17)
Plaies des muscles squelettiques	Parage et suture	3 (6,52)
Plaies cutanée extra-abdominales	Parage et suture	30(65,21)

Le séjour hospitalier moyen était de 9,25 [ $\pm 3,50$ ] jours. Les complications immédiates étaient dominées par l'hémorragie secondaire survenue chez 8,69% des opérés (n = 4), la suppuration pariétale survenue chez 4,34% des opérés (n = 2), la péritonite postopératoire par lâchage de suture, une éviscération postopératoire et un retard de reprise du transit au-delà de 72 heures survenue chacun chez un patient. La mortalité globale était de 13,73% (n =7). Cette mortalité était 1,5 fois plus fréquente en cas de plaie abdominale par arme à feu (22,2% VS 14,2%). Deux patients (28,58% des décédés) étaient décédés avant l'intervention chirurgicale par hémorragie. Un patient (14,28% des décédés) était décédé au moment de l'induction anesthésique et les autres patients (57,14% des décédés) étaient décédés en postopératoire immédiat dans un tableau de choc hypovolémique.

## Discussion

Les plaies de l'abdomen sont relativement moins fréquentes que les contusions de l'abdomen à l'hôpital national de Niamey. Elles représentaient 47% des traumatismes abdominaux en 2000 (Sani, 2004) et 35,17% de ces traumatismes dans notre série. Mais elles sont en augmentation, en effet de 21 cas annuels entre 1985 et 1999 (Naomie, 2002), elles sont passées à 25,5 cas annuels dans notre série avec un pic de fréquence en octobre et en novembre. Ce pic de fréquence correspond à la période de retour des populations rurales en ville (exode rurale) augmentant probablement le banditisme urbain. Les plaies pénétrantes de l'abdomen, à Niamey comme partout ailleurs (Störmann, 2016), (MacKenzie, 2006), (Ayité, 1996) surviennent surtout chez l'adulte

jeune de sexe masculin ; ainsi l'âge moyen des patients de notre série était de 28 [ $\pm 10,2$ ] ans avec 58,82 % des patients qui étaient âgés de moins de 30 ans. Ces plaies pénétrantes de l'abdomen étaient dues pour 60,79% aux agressions par arme blanche et pour 17,65% aux agressions par arme à feu dans notre série soit 78,44%.



**Photo3.** Nécrose d'une partie du segment 6 du foie secondaire à une plaie par arme à feu chez un patient référé de la région de Diffa où sévit l'insurrection de Boko Haram.

Le transport des patients du lieu de la blessure à l'hôpital est assuré par les proches du patient (en taxi ou en véhicule personnel) dans 84,32% des cas dans notre série bien qu'un service d'aide médicale urgente (SAMU) existe à Niamey. Le Niger à l'instar de certains pays en voie de développement se doit de planifier et de développer un "trauma system" avec un service d'ambulance formel couvrant à terme tout le Niger (Zakariah, 2017) et offrant des soins préhospitaliers adéquats. En effet plus d'un blessé grave sur 2 meurt dans nos pays par défaut de soins préhospitaliers adéquats (Mock, 1992). En plus il faudrait aussi penser à rendre accessible le bilan morphologique en urgence ; en effet 11,70% des patients de notre série avaient eu un scanner ; de manière à pouvoir assurer un bilan lésionnel exhaustif ce qui permettra de réduire le taux de laparotomie non thérapeutique. Dans notre série les indications opératoires étaient l'éviscération, l'instabilité hémodynamique, la péritonite, l'issue de liquide digestif par la plaie et la laparotomie exploratrice avec 19,56% de laparotomie non thérapeutique toutes indications comprises. Toute fois toutes les plaies abdominales par arme à feu (17,65% des patients) avaient bénéficié d'une laparotomie exploratrice. Dans notre contexte toutes les plaies abdominales par arme à feu sont encore traitées par laparotomie exploratrice même si la faisabilité d'un traitement non opératoire de blessés par arme à feu sélectionnés a été démontrée (Jansen, 2013), (Lamb, 2014). Il

est communément admis en cas de plaie abdominale que l'instabilité hémodynamique persistante, l'éviscération, la péritonite et l'empalement constituent des indications opératoires immédiates (Biffi, 2015), (Biffi, 2010). Il convient d'associer à ces indications opératoires immédiates l'issue par la plaie du contenu d'un organe creux avant la constitution de la péritonite secondaire à la lésion sous jacente. Ce qui pourrait permettre d'explorer et de réparer les éventuelles lésions avant la généralisation de la péritonite et ses conséquences.

Les plaies de l'abdomen entraînent des lésions viscérales multiples qui concernent surtout le tractus digestif. Mais les lésions associées sont aussi fréquentes et parfois graves ; dans notre série chaque blessé avait au moins une lésion associée et cette association lésionnelle réalisait un polytraumatisme chez 21,57% de nos patients. La fréquence et la gravité de ces lésions (lésions du contenu abdominal et lésions associées) sont fonction du mécanisme lésionnel (Störmann, 2016). Les armes à feu avaient occasionné en moyenne 3 lésions par patient dans notre série et une mortalité 1,5 fois plus élevée que les autres agents vulnérants. La mortalité globale dans notre série était de 13,73%. Les causes de décès étaient dominées par le défaut de compensation des pertes sanguines au cours de la prise en urgence. Ainsi la majorité des décès serait évitable par la mise en œuvre d'un protocole de transfusion massive.

## **Conclusion**

A l'hôpital national de Niamey les plaies de l'abdomen sont souvent dues à une agression par arme blanche. Elles peuvent être isolées ou survenir dans un contexte de polytraumatisme. Ce blessé parfois instable est transporté à l'hôpital dans un véhicule non médicalisé sans soins préhospitaliers. La réalisation du bilan morphologique complet est aléatoire rendant difficile "l'abstentionnisme sélectif". La morbimortalité est élevée avec une proportion importante de décès évitable.

## **References:**

1. P. Störmann, K. Gartner, H. Wyen, T. Lustenberger, I. Marzi, et S. Wutzler, « Epidemiology and outcome of penetrating injuries in a Western European urban region », Eur. J. Trauma Emerg. Surg., vol. 42, n° 6, p. 663-669, déc. 2016.
2. R. Fanomezantsoa et al. « Traumatismes fermés et pénétrants de l'abdomen: analyse rétrospective sur 175 cas et revue de la littérature », Pan Afr. Med. J., vol. 20, n° 129, 16 2015.
3. C. Coquery-Vidrovitch, « De la ville en Afrique noire », Ann. Hist. Sci. Soc., vol. 61e année, n° 5, p. 1087-1119, 2006.

4. B. Vincent et B. Julien, « Les “crises sahéliennes” entre perceptions locales et gestions internationales », *Polit. Afr.*, vol. 130, n° 2, p. 5-22, 2013.
5. W. L. Biffl et A. Leppaniemi, « Management Guidelines for Penetrating Abdominal Trauma », *World J. Surg.*, vol. 39, n° 6, p. 1373-1380, juin 2015.
6. S. Barbois et al., « Management of penetrating abdominal and thoraco-abdominal wounds: A retrospective study of 186 patients. », *J. Visc. Surg.*, vol. 153, n° 4 Suppl, p. 69-78, août 2016.
7. E. J. MacKenzie et al., « A National Evaluation of the Effect of Trauma-Center Care on Mortality », *N. Engl. J. Med.*, vol. 354, n° 4, p. 366-378, janv. 2006.
8. R. Sani R, Ngo Bissemb NM, Illo A, Souna B, Baoua BM, Bazira L, « La plaie abdominale. Revue de 316 dossiers à l’Hôpital National de Niamey - Niger ». *Med Afr Noir*. Vol. 51 n°7, p 399-402, 2004
9. Thane Ngo Naomie MB, « Traumatismes abdominaux à propos de 676 cas à l’hôpital national de Niamey », Thèse de médecine, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niamey, 2002.
10. Ayité A, Eteye K, Feteke L, Tchatagba K, Senah K, Attipou K, Bissang K, James K, « Les plaies pénétrantes de l’abdomen au CHU de Lomé. A propos de 44 cas. » *Med Afr Noire*. Vol. 43 n°12, p 642-646, 1996
11. A. Zakariah, B. T. Stewart, E. Boateng, C. Achena, G. Tansley, et C. Mock, « The Birth and Growth of the National Ambulance Service in Ghana », *Prehospital Disaster Med.*, vol. 32, n° 1, p. 83-93, févr. 2017.
12. [12] C. N. Mock, G. J. Jurkovich, D. nii-Amon-Kotei, C. Arreola-Risa, et R. V. Maier, « Trauma Mortality Patterns in Three Nations at Different Economic Levels: Implications for Global Trauma System Development », *J. Trauma Acute Care Surg.*, vol. 44, n° 5, p. 804, mai 1998.
13. J. O. Jansen et al., « Selective non-operative management of abdominal gunshot wounds: Survey of practise », *Injury*, vol. 44, n° 5, p. 639-644, mai 2013.
14. C. M. Lamb et J. P. Garner, « Selective non-operative management of civilian gunshot wounds to the abdomen: A systematic review of the evidence », *Injury*, vol. 45, n° 4, p. 659-666, avr. 2014.
15. W. L. Biffl et E. E. Moore, « Management guidelines for penetrating abdominal trauma », *Curr. Opin. Crit. Care*, vol. 16, n° 6, p. 609, déc. 2010.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

**Claudia M. Dellafiore,**  
Universidad Nacional de Río Cuarto/Argentina

**Elisa Brignone,**  
Universidad Nacional de Río Cuarto/Argentina

**Verónica Scilingo,**  
Universidad Nacional de Río Cuarto/Argentina

---

Submitted: 05 October 2020  
Accepted: 01 December 2020  
Published: 31 December 2020

Corresponding author:  
*Claudia M. Dellafiore*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p223](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p223)

 Copyright 2020 Claudia M. Dellafiore,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCES

---

Cite as:  
Dellafiore C.M, Brignone E, Scilingo V. (2020).  
Rol Ecológico Del Zorro Pampeano (*Lycalopex  
Gymnocercus*) Como Dispersor De Semillas En  
Ambientes De Agroecosistema Y Bosques Serranos  
De Argentina. *European Scientific Journal, ESJ*, 16  
(36), 1.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p223>

---

## **Rol Ecológico Del Zorro Pampeano (*Lycalopex Gymnocercus*) Como Dispersor De Semillas En Ambientes De Agroecosistema Y Bosques Serranos De Argentina**

---

### **Resumen**

El zorro pampeano (*Lycalopex gymnocercus*) es un carnívoro de amplia distribución que posee una dieta omnívora donde los frutos/semillas conforman una parte muy importante de la misma. El objetivo de este trabajo fue conocer y describir las especies de frutos/semillas que el zorro pampeano dispersa en ambientes de agroecosistemas y bosques serranos de la provincia de Córdoba-Argentina. Para ello se realizaron muestreos mensuales y se recolectaron heces frescas de zorro en ambos ambientes. Las heces fueron procesadas bajo lupa estereoscópica y los frutos/semillas fueron separados e identificados a nivel específico. De acuerdo con nuestros resultados se contabilizaron 46 especies diferentes de frutos/semillas en el ambiente de agroecosistemas de los cuales el 37% correspondieron a especies autóctonas. En el ambiente de bosque serrano se contabilizaron 26 especies diferentes de las cuales el 61.5% eran de especies autóctonas. El 69% y 84% de los frutos/semillas de agroecosistema y bosque serrano respectivamente estaban sanas. En ambos ambientes el zorro pampeano juega un rol esencial en la dispersión “legítima” de semillas mediante endozoocoria.

---

**Subject:** Biology

**Palabras clave:** Zorro Pampeano, Agroecosistema, Bosque Serrano, Dispersión De Semillas, Endozoocoria

# **Ecological Role Of The Pampas Fox (*Lycalopex Gymnocercus*) As A Seed Disperser In Agro-Ecosystem And Hill Forests Environments Of Argentina**

***Claudia M. Dellafiore (PhD Biology),***  
Universidad Nacional de Río Cuarto/Argentina

***Elisa Brignone (Biology Student),***  
Universidad Nacional de Río Cuarto/Argentina

***Verónica Scilingo (Biology Student),***  
Universidad Nacional de Río Cuarto/Argentina

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p223](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p223)

---

## **Abstract**

Pampas fox (*Lycalopex gymnocercus*) is a widely distributed carnivore with an omnivorous diet, with fruits and seeds being a very important part of this diet. The aim of this research was to study and describe the fruits and seeds dispersed by the Pampas fox in the agroecosystems and hill forests of Córdoba province in Argentina. For this, monthly samplings were carried out in order to collect fresh fox feces in both environments. The feces were analyzed under a stereoscopic magnifying glass and fruits and seeds were separated and identified at the species level. In the agroecosystem environment, 46 fruit and seed species were counted, and from those, 37% corresponded to autochthonous species. Furthermore, in the hill forest environment, 26 different species were counted, of which 61.5% were autochthonous. This study showed that 69% of the fruits and seeds from the agroecosystem and 84% from the mountain forest were healthy. In both environments, the Pampas fox plays an essential role in the dispersal of seeds through endozoochory.

---

**Keywords:** Pampas Fox, Agroecosystem, Mountain Forest, Seed Dispersion, Endozoochory

## Introducción

El zorro es uno de los carnívoros más abundante y ampliamente distribuido en el mundo que no presenta requerimientos específicos de hábitat, estando presente tanto en ambientes naturales como en ambientes antropizados e incluso en grandes ciudades (Contesse *et al.* 2004, Webbon *et al.*, 2006).

En Argentina encontramos tres especies de zorros *Lycalopex culpaeus*, *Lycalopex griseus* y *Lycalopex gymnocercus* y en la provincia de Córdoba *L. griseus* y *L. gymnocercus* superpondrían su área de distribución; sin embargo, la presencia de poblaciones simpátricas nunca ha sido citada (Lucherini & Luengos Vidal, 2008). Por otro lado, se ha sugerido que, en caso de coexistir, podría existir hibridación entre dichas especies (Tchaicka, *et. al.*, 2016). En este trabajo la especie identificada fue *L. gymnocercus* o también llamado zorro pampeano. Esta especie prefiere los hábitats abiertos y las llanuras altas de pastizal y los hábitats sub-húmedos a secos, también es común en matorrales secos y bosques abiertos (Brooks 1992; Redford & Eisenberg 1992). Al parecer, el zorro pampeano ha podido adaptarse a las alteraciones causadas por la ganadería extensiva y a las actividades agrícolas (Lucherini *et al.*, 2004). *L. gymnocercus* se encuentra generalmente en altitudes de 1.000 m, pero puede alcanzar los 3.500 m en las tierras altas de la puna (Jayat *et al.*, 1999) y su home range varía entre 55 a 461 ha (Lucherini & Vidal 2008). Esta especie es omnívora generalista y se alimentan de una gran variedad de ítems incluyendo mamíferos, artrópodos, aves, reptiles, frutos y carroña (Medel & Jacksic 1988). Entre los vertebrados se ha citado el consumo de liebre europea (*Lepus europaeus*), roedores del género *Akodon*, *Calomys*, *Cavia*, *Ctenomys*, *Eligmodontia*, *Graomys*, *Microcavia*, *Oligoryzomys*, *Phyllotis*, y *Reithrodon*. Entre las aves se han encontrado presas de las familias Tinamidae, Passeriformes y Columbiformes. Los zorros han sido considerados como predadores de ganado doméstico y aves de corral (Yañez & Jacksic, 1978). Sin embargo, los estudios de dieta sugieren que son muy escasos los restos de animales domésticos encontrados en las fecas o contenidos estomacales y que probablemente ellos provienen de comer carroña (Jacksic *et al.* 1983). Si se ha observado el consumo de corderos recién nacidos (Bellati & von Thüngen 1990 y Olachea *et al.*, 1981) y la depredación de aves de corral nunca ha sido respaldada por observaciones o estudios dietéticos. Entre los insectos se ha observado la presencia de los órdenes Coleóptera, Díptera, Himenóptera, Homóptera, Odonata, Ortóptera, y larvas de Lepidóptera y Coleóptera. En cuanto a los frutos se ha observado que consumen una amplia variedad y son sumamente frecuentes en la dieta de estos animales (Nuñez & Bozzolo, 2006; Varela *et al.*, 2008, Dellafiore, 2018) incluyendo tanto especies autóctonas como exóticas. Por su tipo de alimentación el zorro pampeano tendría un importante papel en los ecosistemas que habita no solo como depredador sino

también como dispersor de los frutos y semillas. La dispersión de frutos y semillas es una de las interacciones mutualista más frecuente entre los vertebrados y las plantas. En los bosques tropicales más del 75% de las especies leñosas dependen de animales para la dispersión de sus semillas (Janzen & Vázquez-Yanes, 1991) y, en algunos casos, las semillas necesitan pasar por el tracto digestivo de los animales para poder germinar (Bascompte & Jordano 2008). Si bien se sabe que el zorro pampeano consume frutos, poco se conoce a cerca de las semillas que dispersa, si dicha dispersión es “legítima” (es decir, si las semillas son dispersadas sin daños físicos (Fleming & Sosa, 1994)) y si las especies con las cuales interaccionan difieren entre ambientes. Debido a ello, el presente trabajo tuvo por objetivo conocer las especies de frutos/semillas que son dispersadas mediante endozoocoria por el zorro pampeano (*L. gymnocercus*) en ambientes de bosques serranos y agroecosistemas. Este tipo de estudios constituye el primer paso para evaluar el rol del zorro pampeano en el marco de la red de interacciones mutualistas.

## **Materiales y métodos**

### **Área de Estudio**

El presente estudio se llevó a cabo en un ambiente agrícola-ganadero ubicado en la Localidad de Las Acequias y en un ambiente de bosque serrano ubicado en la Localidad de Alpa Corral. Ambas localidades pertenecen a la provincia de Córdoba de La República Argentina.

La localidad de Las Acequias se encuentra ubicada a los 33° 16' 50,17"S 63° 58' 58,68"W y corresponde a la región fitogeográfica del Espinal - Distrito del Algarrobo la cual se caracteriza por la presencia de especies vegetales arbóreas entre las que se encuentran *Prosopis nigra*, *Prosopis alba*, *Cesltis spinosa*, *Geoffroea decorticans*, *Acacia caven*, *Jordina rhombifolia*, *Scutia buxifolia*, *Schinus longifolia*, *Celtis iguanaea*, *Maytenus spinosus*, *Morus alba*, *Eucalyptus sp*, *Ulmus sp*, *Acacia melanoxylon* entre otras. Entre las especies arbustivas destacan *Atamisquea emarginata*, *Lippia turbinata*, *Aloysia gratissima*, y entre las especies de la familia poaceae encontramos los géneros *Stipa*, *Setaria*, *Paspalum*, etc. Entre las herbáceas destacan *Hyptis mutabilis*, varias especies de *Solanum*, *Eupatorium enulaefolium*, *Rivinia laevis*, *Dicliptera tweediana* entre otras (Cabrera, 1976). El área de estudio posee una superficie de 1.3 km<sup>2</sup> donde se colocaron dos transectas paralelas a las vías férreas de 290 m de largo y 10 m de ancho

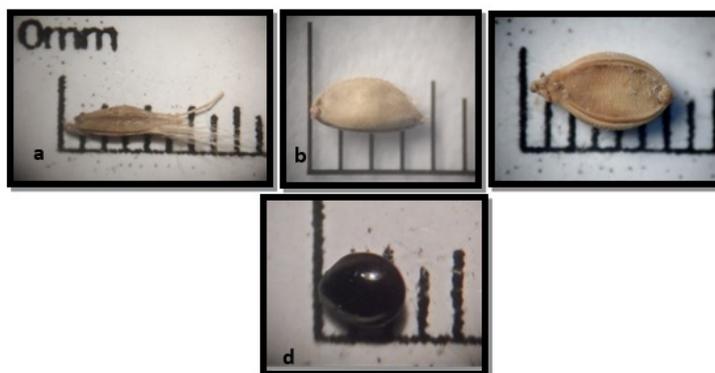
La localidad de Alpa Corral se encuentra ubicada a los 32° 53' 3.74''S 64° 44' 58.98''W. y corresponde a la Región Chaqueña - Distrito Chaco Serrano. Entre las especies de plantas encontramos *Lithraea ternifolia*, *Zanthoxylon coco*, *Celtis ehrenbergiana*, *Schinus areira*, *Prosopis torquata* y especies de la familia poaceae como *Stipa* y *Festuca*. Esta área está invadida por especies exóticas como *Ligustrum lucidum*, *Rubus ulmifolis*, *Pyracantha*

*atalantoides*, *Rosa eglanteria*, y *Gleditsia triacanthos*, entre otras (Cabrera, 1976). El área de estudio posee una superficie de 3.5 km<sup>2</sup> donde se colocaron dos transectas una de 1450 x 20m, en una zona más elevada siguiendo un antiguo camino de ingreso de escaso uso y mantenimiento, y otra transecta de 1200 x 5m siguiendo el curso de un arroyo.

En ambos casos se recolectaron mensualmente fecas frescas de zorro pampeano entre mayo de 2015 y julio de 2016 en la localidad de Las Acequias y entre julio de 2012 y julio de 2013 en la localidad de Alpa Corral. Las fecas recolectadas fueron colocadas en sobres de papel con la descripción del lugar, fecha y geoposición. Posteriormente, en el laboratorio fueron suavemente desarmadas, con la ayuda de una pinza diente de león, y se analizaron bajo lupa estereoscópica con el objetivo de identificar los distintos ítems presentes en la dieta de dicho animal. Las semillas fueron separadas y se identificaron a nivel específico cuando fue posible. La identificación específica de las semillas se realizó con la ayuda de un catálogo de referencia elaborado previamente y mediante la ayuda de expertos. Además, dichas semillas se revisaron bajo lupa estereoscópica para observar si presentaban algún daño físico (quiebres, exposición del embrión, etc.).

## Resultados

En el ambiente de agroecosistema se recolectaron 189 fecas en 15 meses de muestreos de las cuales el 68,8% contenía semillas. Se contabilizaron 5.333 semillas y el 69% estaban sanas. En total se contabilizaron 46 especies diferentes de las cuales 17 (37%) corresponden a especies autóctonas y 29 (63%) a especies exóticas (Tabla 1). Las semillas que se encontraron con mayor frecuencia corresponden a las especies *Chloris gayana* la cual estuvo presente en 10 de los 15 meses muestreados seguida por *Cynodon dactylon* que apareció en 9 meses y *Amaranthus quitensis* y *Urochloa panicoides* presentes en 8 meses. *C. gayana*, *C. dactylon* y *U. panicoides* pertenecen a la familia poaceae son originarias de África y fueron introducidas en Argentina por su alto valor forrajero. *A. quitensis* pertenece a la familia amarantaceae y es endémica de Argentina (Tabla 1, Figura 1).



**Figura 1.** Semillas de *Chloris gayana* (a), *Cynodon dactylon* (b), *Urochloa panicoides* (c) y *Amaranthus quitensis* (d)

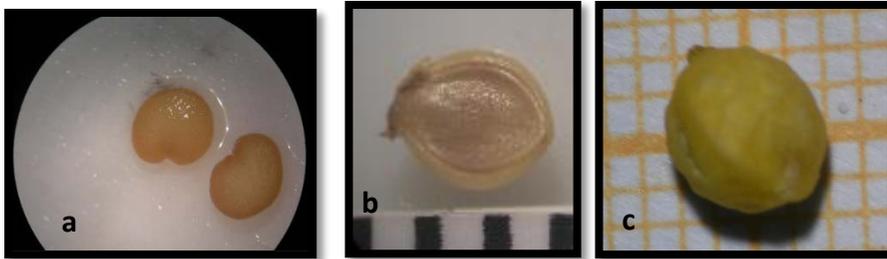
AGROECOSISTEMA	
Especies Autóctonas	Especies Exóticas
<i>Amaranthus quitensis</i>	<i>Abutilon theophrasti</i>
<i>Amaranthus californicus</i>	<i>Avena nuda</i>
<i>Cenchrus pauciflorus</i>	<i>Avena sativa</i>
<i>Chenopodium album</i>	<i>Brachiaria platyphylla</i>
<i>Datura ferox</i>	<i>Capsicum annum</i>
<i>Daucus pusillus</i>	<i>Chenopodium album</i>
<i>Fabaceae</i>	<b><i>Chloris gayana</i></b>
<i>Opuntia sp</i>	<i>Conium maculatum</i>
<i>Pennisetum flaccidum</i>	<i>Cucurbita pepo</i>
<i>Passiflora caerulea</i>	<b><i>Cynodon dactylon</i></b>
<i>Paspalum sp</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>
<i>Paspalum dilatatum</i>	<i>Eucalyptus sp</i>
<i>Paspalum notatum</i>	<i>Eleusine indica</i>
<i>Setaria sp</i>	<i>Glycine max</i>
<i>Sida rhombifolia</i>	<i>Helianthus annuus</i>
<i>Solanum sarrachoides</i>	<i>Ligustrum lucidum</i>
<i>Trichloris crinita</i>	<i>Polygonum aviculare</i>
	<i>Rubus ulmifolius</i>
	<i>Salsola kali</i>
	<i>Sonchus oleraceus</i>
	<i>Sorghum halephense</i>
	<i>Stellaria media</i>
	<i>Morus nigra</i>
	<i>Taraxacum officinale</i>
	<i>Triticum durum</i>
	<b><i>Urochloa panicoides</i></b>
	<i>Urtica urens</i>
	<i>Zea mays</i>
	<i>Solanum lycopersicum</i>

**Tabla 1.** Especies de semillas presentes en las fecas de zorro pampeano (*L. gymnocercus*) en ambiente de agroecosistema. En negrita se indican las especies de mayor frecuencia en las fecas.

En el ambiente de bosque serrano se recolectaron 108 fecas en 8 meses de muestreos de las cuales el 61% contenía semillas. Se contabilizaron 3.977 semillas y el 84% estaban sanas. En total se contabilizaron 26 especies de las cuales 16 (61.5%) corresponden a especies autóctonas y 10 (38.5%) a especies exóticas (Tabla 2). Las semillas que se encontraron con mayor frecuencia corresponden a las especies *Paspalum notatum* que apareció en 7 meses, *Solanum sisymbriifolium* que apareció en 6 meses, *Paspalum dilatatum* y *Celtis ehrenbergiana* que aparecieron durante 4 meses. *P.notatum* y *P. dilatatum* pertenecen a la familia poaceae, la primera es originaria de América y se distribuye desde Estados Unidos a Argentina y la segunda es nativa de Suramérica. *S. sisymbriifolium* pertenece a la familia solanaceae, es endémica de Sudamérica y se la considera una maleza muy agresiva. *C. ehrenbergiana* pertenece a la familia cannabaceae es originaria de América y se distribuye desde Estados Unidos a Argentina (Tabla 2, Figura 2).

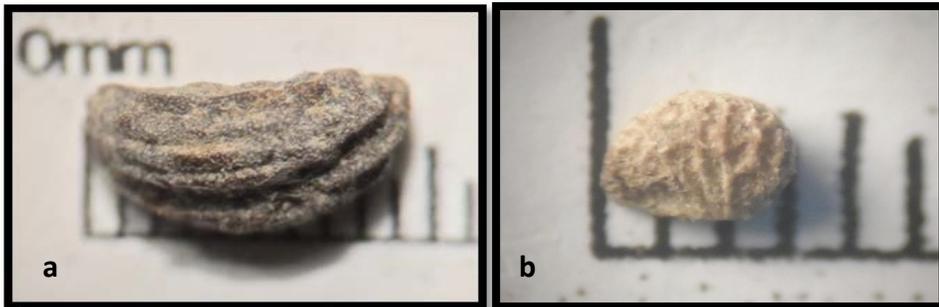
<b>BOSQUES SERRANOS</b>	
<b>Especies Autóctonas</b>	<b>Especies Exóticas</b>
<i>Celtis ehrenbergiana</i>	<i>Gleditsia triacanthos</i>
<i>Bothriochloa saccharoides</i>	<i>Ligustrum lucidum</i>
<i>Eleocharis haumaniana</i>	<i>Morus nigra</i>
<i>Geoffroea decorticans</i>	<i>Olea europea</i>
<i>Opuntia sp</i>	<i>Poaceae</i>
<i>Paspalum dilatatum</i>	<i>Pyracantha atalantoides</i>
<b><i>Paspalum notatum</i></b>	<i>Rosa eglanteria</i>
<i>Paspalum quadrifarium</i>	<i>Rubus ulmifolius</i>
<i>Poaceae</i>	<i>Sorghum halepense</i>
<i>Polygonum acuminatum</i>	<i>Vitis vinifera</i>
<i>Salpichroa organifolia</i>	<i>Zea mays</i>
<i>Schinus fasciculatus</i>	
<i>Schizachyrium condensatum</i>	
<i>Setaria sp.</i>	
<b><i>Solanum sisymbriifolium</i></b>	
<i>Solanum chenopodioides</i>	
<i>Xanthium spinosum</i>	

**Tabla 2.** Especies de semillas presentes en las fecas de zorro pampeano (*L. gymnocercus*) en ambiente de bosque serrano. En negrita se indican las especies de mayor frecuencia en las fecas.



**Figura 2.** Semillas *Solanum sisymbriifolium* (a), *Paspalum notatum* (b) y *Celtis ehrenbergiana* (c)

De total de especies identificadas una especie autóctona (*Paspalum notatum*) y dos especies exóticas (*Ligustrum lucidum* y *Rubus ulmifolius*) estuvieron presente en ambos ambientes (Tabla 1 y 2, Figura 2 y 3). *R. ulmifolius* pertenece a la familia rosaceae y es originaria de Europa, Asia y África. *L. lucidum* pertenece a la familia olaceae, es originaria de China, fue introducida en Argentina como ornamental y es una especie invasora en los bosques nativos.



**Figura 3.** Semillas de *Ligustrum lucidum* (a) y *Rubus ulmifolius* (b)

### Discusión y Conclusión

De acuerdo con nuestros resultados, podemos observar que el zorro pampeano es un dispersor “legítimo” de semillas tanto en los ambientes de bosques serranos como en los ambientes de agroecosistemas. Las semillas dispersadas corresponden tanto a especies autóctonas como a especies exóticas con un mayor predominio de las segundas en el ambiente de agroecosistema.

La diversidad de semillas dispersadas fue casi el doble en el ambiente de agroecosistema que en el ambiente de bosque serrano. Esto podría deberse a diferencias en la riqueza de especies y en la disponibilidad de frutos y semillas entre dichos ambientes. Mayores estudios son necesarios para corroborar esta hipótesis.

En ambos ambientes el zorro pampeano podría cumplir un rol clave en la dispersión de especies autóctonas, como es en el caso de *Celtis*

*ehrenbergiana* cuyo poder germinativo se ve incrementado al pasar por el tracto digestivo de estos animales (Duarte & Dellafiore 2020). Por otro lado, claramente el zorro pampeano contribuiría a la dispersión de numerosas especies exóticas e incluso podría contribuir a la llegada de estas especies a nuevas áreas abiertas a la colonización. En algunos casos, como en *Morus nigra*, se ha observado que el paso a través del tracto digestivo del zorro pampeano disminuye su poder germinativo, pero aun así contribuiría a su dispersión (Duarte, 2019.). Mayores estudios serían necesarios para conocer si el zorro pampeano realiza una dispersión eficiente de dichas semillas; es decir, si germinan y pueden establecerse exitosamente.

El zorro pampeano cumpliría un rol fundamental en la red de interacciones mutualistas de ambos ambientes y este tipo de estudios constituye el primer paso para entender la arquitectura de las mismas. El zorro pampeano podría formar parte del núcleo robusto de dichas redes comportándose como una especie generalista que interactúa con un gran número de especies vegetales también generalistas (como es el caso de las malezas y especies exóticas e invasoras con que interacciona (Tablas 1 y 2)). Posteriores estudios nos permitirán corroborar esta hipótesis.

Conocer la arquitectura de las redes de interacción en la naturaleza nos permite entender y predecir los cambios que pueden sufrir los ecosistemas frente a la desaparición y/o introducción de determinadas especies. Ambas situaciones pueden producir importantes desequilibrios y/o cambios a largo plazo en los ecosistemas. Además, constituye una herramienta fundamental a la hora de desarrollar planes de conservación ya que, tal como lo expresado por Herrera (2001), si queremos conservar la diversidad debemos conservar las interacciones entre las especies.

### **Agradecimientos**

Agradecemos a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Río Cuarto por el apoyo financiero. A alumnos, compañeros, familiares y amigos que nos ayudaron en la recolección de las muestras a campo.

### **References:**

1. Bascompte, J., & Jordano, P. (2008). Redes mutualistas de especies. *Revista Investigación y ciencia*. Septiembre: 50 -59 pp.
2. Bellati, J., & Von Thungen, J. (1990). Lamb predation in Patagonian ranches. Pp. 263-268, in *Proceedings of the 14th Vertebrate Pest Conference* (L. R. Davis and R. E. Marsh, eds.). University of California, Davis, 360 pp.

3. Brooks, D. (1992). Notes on group size, density, and habitat association of the Pampas fox (*Dusicyon gymnocercus*) in the Paraguayan Chaco. *Mammalia* 56:314–316.
4. Cabrera, A. L. (1976). *Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería: regiones fitogeográficas Argentinas* – Editorial Acme. 85p.
5. Contesse, P., Heggling, G., Gloor, S., Bontadina, F. & Deplazese, P. (2004). The diet of urban foxes (*Vulpes vulpes*) and the availability of anthropogenic food in the city of Zurich, Switzerland. *Mammalian Biology* 69 (2): 81-95
6. Dellafiore, C.M. (2018). ¿Afecta el zorro (*Lycalopex gymnocercus*) la germinación de *Pyracantha atalantoides* (rosaceae)? *Mastozoología Neotropical*, 10(1): 41-47.
7. Duarte, C., & Dellafiore, C. M. (2020). Efecto de la endozoocoria por el zorro gris pampeano (*Lycalopex gymnocercus*) sobre las semillas de tala (*Celtis ehrenbergiana*). *UNED Research Journal* 12(1):1-7.
8. Duarte, C. (2019). ¿Afecta el zorro (*Lycalopex gymnocercus*) la germinación de *Morus nigra* (rosaceae) y de *Celtis ehrenbergiana* (cannabaceae)? Tesis de Grado. Universidad Nacional de Río Cuarto.64pp.
9. Fleming, T. H., & Sosa, V. J. (1994). Effects of nectarivorous and frugivorous mammals on reproductive success of plants. *Journal of Mammalogy*. 75(4): 845—851.
10. Herrera, C. (2001). Dispersión de semillas por animales en el Mediterráneo: ecología y evolución. En: Zamora R. & Pugnaire F.I. (Eds.), *Ecosistemas mediterráneos. Análisis funcional*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas - Asociación Española de Ecología Terrestre, Granada. Pgs. 125-152
11. Jaksic, F., Yáñez, J. & Rau, J. (1983). Trophic relations of the southernmost populations of *Dusicyon* in Chile. *Journal of Mammalogy* 64: 693-697.
12. Janzen, D.H., & Vázquez-Yanes C. (1991). Aspects of tropical seed ecology of relevance to management of tropical forested wildlands. In A. Gómez-Pompa, T. C. Whitmore & M. Hadley (Eds.), *Rain Forest Regeneration and Management* (Vol. 6, pp. 137-157). Paris, France: Man and Biosphere Program, UNESCO.
13. Jayat, J. P., Bárquez, R. M., Díaz, M.M., & Martínez, P.J. (1999). Aportes al conocimiento de la distribución de los carnívoros del Noroeste de Argentina. *Mastozoología Neotropical* 6:15–30
14. Lucherini, M., Pessino, M. & Farias, A. A (2004). Pampas fox. Pp. 63–68 in *Canids: foxes, wolves, jackals, and dogs. Status survey and conservation action plan* (C. Sillero-Zubiri, M. Hoffman, and D. W. Macdonald, eds). International Union for Conservation of Nature and

- Natural Resources/Species Survival Commission Canid Specialist Group, Gland, Switzerland. Medel, R., & F. M. Jacksic. 1988. Ecología de los cánidos sudamericanos: una revisión. *Revista Chilena de Historia Natural* 61:67–69.
15. Lucherini M., & Luengos Vidal, E.M. (2008). *Lycalopex gymnocercus* (Carnivora: Canidae). *Mammalian Species* 820:1–9
  16. Medel, R., & Jaksik, F. (1988). Ecología de los cánidos sudamericanos: una revisión. *Revista Chilena de Historia Natural*. 61: 67—79.
  17. Nuñez, M.B., & Bozzolo, L. (2006). Descripción de la dieta del zorro gris, *Pseudalopex giseus* (Canidae) (Gray, 1869), en el Parque Nacional de las Quijadas, San Luis, Argentina. *Gayana* 70(2): 163-167.
  18. Olachea, F. V., Bellati, J. P., Suarez, M.C., Pueyo, J.M., & Robles, C. A. (1981). Mortalidad perinatal de corderos en el oeste de la Provincia de Río Negro. *Revista de Medicina Veterinaria*. 62:128-130
  19. Redford, K. H., & Eisenberg, J. F. (1992). *Mammals of the Neotropics, the Southern Cone*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
  20. Schupp, E. W. (1993). Quantify, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. *Vegetation*. 107: 15-29.
  21. Tchaicka L., Freitas T. R., Bager A., Vidal S.L., Lucherini, M. et al.; (2016). Molecular assessment of the phylogeny and biogeography of a recently diversified endemic group of South American canids (Mammalia: Carnivora: Canidae). *Genetics and Molecular Biology* 39(3): 442-451.
  22. Varela O., Cormenzana-Méndez, A., Krapovickas L., & Bucher, E. (2008). Seasonal diet of the pampas fox (*Lycalopex gymnocercus*) in the Chaco dry Woodland, northwestern Argentina. *Journal of Mammalogy* 88(2):519-525
  23. Webbon C.C., Baker, P.J., Cole, N.C. & Harris, S. (2006). Macroscopic prey remains in the winter diet of foxes *Vulpes vulpes* in rural Britain. *Mammal Review* 36: 85–97
  24. Yañez, J.L & Jacksic, F.M (1978). Rol ecológico de los zorros (*Dusicyon*) en Chile central. *Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso (Chile)*. 11:105-112.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### **Bertine Tiokeng,**

Faculté des Sciences, Département de biologie végétale, Université de Dschang, Cameroun

### **Merveille Lilie Ngougni,**

Faculté des Sciences, Département de biologie végétale, Université de Dschang, Cameroun

### **Victor François Nguetsop,**

Faculté des Sciences, Département de biologie végétale, Université de Dschang, Cameroun

### **Marie Caroline Momo Solefack,**

Faculté des Sciences, Département de biologie végétale, Université de Dschang, Cameroun

### **Louis Zapfack,**

Faculté des Sciences, Département de Biologie des organismes végétaux, Université de Yaoundé I, Cameroun

Submitted: 29 October 2020

Accepted: 07 December 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*Bertine Tiokeng*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p234](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p234)



Copyright 2020 Bertine Tiokeng,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCES

Cite as:

Tiokeng B, Lilie Ngougni M, Nguetsop V.F., Solefack M, Zapfack L. (2020) Les Forêts Sacrées Dans Les Hautes Terres De l'Ouest-Cameroun : Intérêt Dans La Conservation De La Biodiversité. *European Scientific Journal, ESJ*, 16 (36), 1. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p234>

## **Les Forêts Sacrées Dans Les Hautes Terres De l'Ouest-Cameroun : Intérêt Dans La Conservation De La Biodiversité**

### **Résumé**

La végétation des Hauts plateaux de l'Ouest-Cameroun est pratiquement domestiquée, les espèces originales sont réfugiées dans des reliques de forêts, dans des zones à accès difficile dans des forêts ripicoles le long des cours d'eau ou dans des forêts dites forêt sacrées. Le présent travail vise à évaluer la diversité floristique et à faire une analyse qualitative et quantitative de la flore de quelques forêts sacrées dans l'Ouest du Cameroun. Le statut de conservation des espèces a été également déterminé. Le recensement des individus s'est fait dans 41 placettes de 25 m x 25 m établies dans les forêts sacrées de Bafou, Baleveng, Bamendou, Mbing Mekoup, Bamendjinda et de Bamendjo. Le nombre de placettes par forêt dépendait de la taille de la forêt. À l'intérieur de chaque placette, tous les individus de diamètre supérieur ou égal à 10 cm à hauteur de poitrine (1,30 m) ont été considérés. Les indices de diversité de Shannon et de Simpson ont été utilisés pour évaluer la phytodiversité ; les valeurs d'importance des espèces et des familles ont été calculées. Le test d'ANOVA a été utilisé pour comparer statistiquement les données. Globalement, 2 829 individus de diamètre  $\geq 10$  cm appartenant à 91 espèces, 85 genres et 47 familles ont été inventoriés. Les valeurs des indices de diversité sont faibles (de 0,73 et 2,49 bits par placette pour l'indice de Shannon ; de 0,02 à 0,89 par placette pour l'indice de Simpson). Elles traduisent la faible diversité floristique de la zone. La surface terrière varie de 14,44 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> à 65,6 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> par forêt. L'analyse factorielle des correspondances individualise la flore en trois grands groupes suivant un gradient topographique, hydrologique et

anthropique. La classification ascendante hiérarchique confirme les résultats de l'analyse factorielle des correspondances en individualisant trois grandes classes de flore. Le facteur altitude semble être le facteur principal qui influence l'individualisation de ces groupes déterminés par les analyses multivariées. D'après la liste rouge des espèces menacées de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature ; six espèces du total enregistré sont en situation de vulnérabilité (*Prunus africana*, *Podocarpus mannii*, *Entandrophragma utile*, *Entandrophragma candollei*, *Cordia platythyrsa*, *Antidesma venosium*). Cette étude souligne l'importance de la flore des forêts sacrées, les données obtenues pourront servir de bases pour une gestion durable de ces forêts.

---

**Subject:** Biology

**Mots-clés:** Hautes Terres De Ouest-Cameroun, Forêt Sacrée, Diversité, Inventaire Floristique

## **Sacred Forests In The Western Highlands Cameroon: Interest In Biodiversity Conservation**

***Bertine Tiokeng,***

Faculté des Sciences, Département de biologie végétale, Université de  
Dschang, Cameroun

***Merveille Lilie Ngougni,***

Faculté des Sciences, Département de biologie végétale, Université de  
Dschang, Cameroun

***Victor François Nguetsop,***

Faculté des Sciences, Département de biologie végétale, Université de  
Dschang, Cameroun

***Marie Caroline Momo Solefack,***

Faculté des Sciences, Département de biologie végétale, Université de  
Dschang, Cameroun

***Louis Zapfack,***

Faculté des Sciences, Département de Biologie des organismes végétaux,  
Université de Yaoundé I, Cameroun

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p234](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p234)

---

### **Abstract**

The vegetation of the Western Highlands is almost domesticated, and the original species are found in forest relics called sacred forest. These sacred forests also have an important number of floristic species. This work aims to assess the floristic diversity and to make a qualitative and quantitative analysis of the flora of some sacred forests in West Cameroon. The conservation status of the species was also determined using IUCN redlist. The census of individuals was carried out on 41 plots of 25 m x 25 m established in the selected forests. The number of plots per forest depended on the size of the forest. Within each plot, all individuals with a diameter greater or equal to 10 cm at breast height (1.30 m) were considered. The Shannon and Simpson diversity index were used to assess phytodiversity; importance values for species and families were calculated. The ANOVA test was used to compare the data. Overall, 2829 individuals with a diameter of  $\geq 10$  cm belonging to 91 species, 85 genera and 47 families were inventoried. Diversity index values are low (0.73 and 2.49 bits per plot for the Shannon index; 0.02 to 0.89 bits per plot for the Simpson index). These reflect the low floristic diversity of the area. The basal area varies from 14,44 m<sup>2</sup>. ha<sup>-1</sup> to 65.6 m<sup>2</sup>. ha<sup>-1</sup> per zone.

Correspondence factor analysis individualizes the flora into three major groups following a topographic, hydrological, and anthropogenic gradient. Clustering hierarchical analysis confirms the results of the AFC by grouping the flora into three main classes according to the altitude. Amongst the species recorded, six others are in a vulnerable situation (*Prunus africana*, *Podocarpus mannii*, *Entandrophragma utile*, *Entandrophragma candollei*, *Cordia platythyrsa*, *Antidesma venosium*). This study highlights the importance of sacred forest vegetation as a basis for sustainable management of these forests.

---

**Keywords:** West Cameroon Highlands, Sacred Forest, Diversity, Floristic Inventory

### **Introduction**

Le Cameroun regorge d'une riche biodiversité ; ce qui lui confère le 4<sup>e</sup> rang pour la flore et le 5<sup>e</sup>, pour la faune dans la zone africaine. Des études indiquent que cette biodiversité est caractérisée par un degré élevé d'endémisme (UNEP, 1997).

Les forêts de montagnes sont cependant moins variées ; elles semblent être les plus fragiles alors qu'elles hébergent parfois les espèces endémiques (Doumenge, 1998). En effet, la forêt dense de montagne qui couvrait anciennement toute la région de l'Ouest ne se rencontre aujourd'hui qu'à proximité de certaines chefferies et joue un rôle non négligeable dans la conservation de diversité biologique. Dans les Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun, la végétation est pratiquement domestiquée, les espèces originales sont réfugiées dans des reliques de forêts, dans des zones à accès difficile (Salez, 1988), dans des forêts ripicoles le long des cours d'eau ou dans des forêts dites forêt sacrées. Bien qu'elles aient parfois des superficies très réduites, elles contribuent à la protection de la faune et de la flore forestières des pays dans lesquels elles se trouvent (Kokou *et al.*, 2005). Il est ainsi nécessaire d'étudier la flore de ces reliques de forêts dans le but de renforcer les mesures de conservation des espèces qui s'y trouvent.

De nombreux auteurs se sont intéressés à la végétation des hautes terres de l'Ouest-Cameroun notamment celle des forêts sacrées (Porteres, 1946 ; Letouzey, 1985 ; Dongmo, 1991 ; Tchouamo, 1998 ; Noumi, 2012 ; 2013, Noumi & Tiam, 2016) ; Tankou *et al.*, 2013). Les travaux de Dongmo (1991) présentent un inventaire sommaire de la flore dans la forêt sacrée de Mbing Mekoup. Mais, l'étude détaillée de la composition floristique de ces forêts sacrées n'a pas encore été mentionnée. Ensuite, le rôle ethnobotanique et de conservation indigène de la phytodiversité des forêts sacrées de Mbing Mekoup, Bamendjinda et de Bamendjo a été étudié. Les résultats de ces travaux montrent que ces forêts ont longtemps été préservées de l'action

anthropique et continuent de l'être grâce aux croyances religieuses et ancestrales se transmettant d'une génération à l'autre (Tiokeng *et al.*, 2019).

Le présent travail vise à contribuer à la connaissance de la flore et de la structure de quelques forêts sacrées sur les Hautes Terres de l'Ouest-Cameroun (HTOC). Il s'agit plus précisément d'évaluer leur diversité floristique et de déterminer le statut de conservation des espèces enregistrées dans ces forêts.

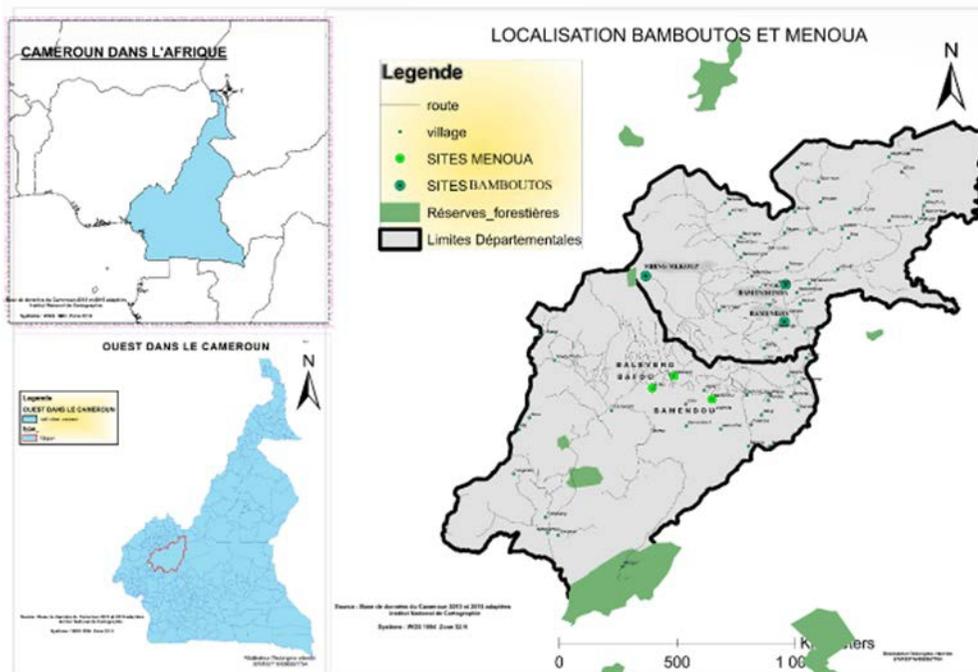
### **Zone d'étude**

Les Hautes Terres de l'Ouest-Cameroun couvrent une superficie de 13 890 km<sup>2</sup> et culminent à plus de 2 000 m (Kuate & Dikoume, 2000). Le relief est marqué par les interfluves à pentes abruptes, les plateaux et les plaines. Le climat de type tropical humide de mousson est influencé par l'altitude. Il s'agit d'un climat camerounien montagnard caractérisé par une courte saison sèche (4 mois) et une longue saison pluvieuse (8 mois). Le mouvement saisonnier du front intertropical et la topographie déterminent ainsi une saison humide de mars à début novembre et une saison sèche le reste de l'année. Les températures sont basses et constantes en raison de l'altitude élevée. Les précipitations annuelles de la région varient de 1 500 à 2 600 mm. Les variations d'altitude notées dans cette partie du Cameroun lui confèrent des fortes potentialités agricoles. La forêt dense de montagne, qui couvrait anciennement toute la zone ne se rencontre aujourd'hui que sous forme de reliques de formations végétales montagnardes et semi-montagnardes à proximité de certaines chefferies. Les facteurs mis en cause dans cette érosion des surfaces forestières sont les changements climatiques récents auxquels se superposent d'importantes activités anthropiques telles que la pratique de l'agriculture semi-extensive, les pâturages et une forte urbanisation (Salez, 1988). Les forêts sacrées qui font l'objet de cette étude sur les HTOC sont situées à proximité des localités de Batcham (forêt sacrée de Mbing Mekoup) et de Mbouda (forêts sacrées de Bamendjinda et de Bamendjo) ; de de Nkong-Ni (forêts sacrées de Bafou et Baleveng) et de Penka-Michel (forêt sacrée de Bamendou). La figure 1 indique la localisation des villages dans lesquels se trouvent les forêts sacrées étudiées, leurs coordonnées géographiques moyennes sont données dans le tableau 1.

**Tableau 1** : Coordonnées centrales des trois sites prises par le Global positioning system (GPS)

<b>Sites</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Altitude (m)</b>	<b>Latitude (N)</b>	<b>Longitude (E)</b>
Mbing Mekoup	27,7	2 183	5°37'32''	10°06'28''
Bamendjinda	4,2	1 327	5°36'48''	10°17'48''

Bamendjo	1,8	1 376	5°33'47''	10°17'42''
Bafou	2	1 510	5°46' 82"	10° 11' 62"
Baleveng	3,85	1 460	5° 49' 49"	10°15' 26"
Bamendou	10	1 473	5°45' 79"	10°19' 84"



**Figure 1 :** Localisation de la région de l'Ouest Cameroun et la zone d'études.  
**Source :** Base de données Atlas 2015, Institut National de la Cartographie

## Méthodologie

### Inventaire floristique

Les inventaires ont été réalisés dans un total de 41 placettes avec des placettes de 25 m x 25 m établies dans les formations végétales localisées entre 1 300 m et 2 200 m d'altitude. En dépit de la faible superficie de ces reliques forestières, ces placettes ont été établies de façon à couvrir les différents types de formations végétales présentes. Afin de mieux évaluer la variation des espèces en fonction de la superficie échantillonnée, les forêts sacrées ont été jumelées suivant les ressemblances concernant l'altitude de chaque village. Ainsi, 17, 13 et 11 placettes ont été respectivement échantillonnées à Mbing mekoup (2 200 m), Bamendjinda-Bamendjo (1 300 m) et Baleveng-Bafou-

Bamendou (1 400 m-1 500 m). Seuls les arbres et les arbustes ayant un diamètre à hauteur de poitrine (1,30 m) supérieur ou égale à 10 cm ont été considérés. Toute tige bifurquée avant 1,30 m au-dessus du sol était traitée comme une tige secondaire et également comptée. Le diamètre des arbres à contreforts était pris à 30 cm au-dessus de ceux-ci. Certaines espèces ont été identifiées sur place à l'aide des caractères végétatifs bien connus. Les espèces non identifiées ont été récoltées, ramenées à l'Herbier de Yaoundé pour une identification par comparaison avec les échantillons d'herbiers et en utilisant les documents traitant de la flore dans la zone tropicale (Hutchinson & Dalziel, 1954-1972).

### Analyse des données

Les données obtenues dans chaque forêt ont permis de calculer l'indice de diversité de *Shannon Weaver* et l'indice de *Simpson* à l'aide du logiciel Past 4.01. Ces indices permettent de mieux évaluer la diversité car ils prennent en compte la richesse spécifique et la régularité de la distribution des espèces dans la communauté végétale.

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{N_i}{N} * \log_2 \left( \frac{N_i}{N} \right)$$

- L'indice de *Shannon Weaver* est noté  $H'$  avec :

$N_i$  : Nombre d'individus d'une espèce donnée  $i$ ,  $i$  allant de 1 à  $s$  (nombre totale d'espèces).  $N$  : Nombre total d'individus.

$\log$  : logarithme décimal.

-L'indice de diversité de *Simpson* ( $D'$ ) est noté  $D'=1-D$  avec :

$$D = \sum_{i=1}^s \frac{N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Pour mieux quantifier et comprendre la structure horizontale du peuplement végétal, les indices comme : l'abondance relative ( $Dr$  = rapport du nombre total d'individus [ $N_i$ ] d'une espèce sur le nombre total d'individus de toutes les espèces [ $N$ ] de la communauté multiplié par cent), la fréquence relative de l'espèce ( $Fr$  = rapport entre la fréquence de l'espèce et les somme de toutes les fréquences multiplié par cent) et la dominance relative de l'espèce ( $Rr$  = rapport de la surface terrière d'une espèce [ $st$ ] à la surface terrière totale de la communauté [ $St$ ] multiplié par cent) ont été calculés pour chaque espèce. L'Importance des espèces (IVI) = Fréquence relative + densité relative + dominance relative (pour l'espèce) et la Valeur d'Importance des Familles (VIF)= Fréquence relative d'une famille + densité relative d'une famille + dominance relative d'une famille ont été également évaluées. La nomenclature adoptée pour cette étude est la classification phylogénie des angiospermes (APG-III,2009). Conformément à cette nomenclature, certaines familles telles

que les *Fabaceae*, les *Mimosaceae* et les *Caesalpiniaceae* seront classées dans une seule famille (*Fabaceae*) et les *Sterculiaceae*, dans la famille des *Malvaceae*. Le test d'ANOVA (post-hoc Bonferroni) a été utilisé pour comparer les moyennes. Le niveau de significativité choisi pour ces analyses est 5% (P-value  $\leq 0,05$ ).

Grâce à l'analyse factorielle des correspondances (AFC), les relations entre la distribution spatiale des espèces, le degré de proximité et surtout de dissemblance entre les relevés définis chacun par les données quantitatives de la flore ainsi que les facteurs environnementaux hypothétiques ont été mises en évidence. L'AFC concentre en effet les informations sur un nombre réduit de dimensions ou axes afin de permettre une interprétation rapide des résultats. Une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été également réalisée pour mieux appréhender les groupes de ressemblance d'échantillons. Le logiciel XLSTAT-2014 5.03 a été utilisé pour les analyses multivariées.

Le statut de conservation de chaque espèce a été déterminé à l'aide de la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN). C'est un indicateur essentiel de la santé de la biodiversité mondiale; cet instrument permet d'informer et catalyser l'action pour la conservation de la biodiversité.

## Résultats

Un total de 2 829 individus de diamètre  $\geq 10$  cm à hauteur de poitrine (1,30 m au-dessus du sol) appartenant à 91 espèces, 85 genres et 47 familles ont été inventoriés. Les *Fabaceae*, les *Mimosaceae* et les *Caesalpiniaceae* ont été classées dans une seule famille (*Fabaceae*) et les *Sterculiaceae*, dans la famille des *Malvaceae* conformément l'APG-III.

## Diversité et richesse spécifique

La diversité et la richesse spécifique ont été estimées à partir des données d'abondance et des espèces issues des relevés floristiques établies dans les forêts sacrées. Le nombre d'espèces varie de 2 à 24 par placette soit une moyenne de  $12,70 \pm 0,77$  espèces par placette et de 21 à 42 ( $29 \pm 2,9$ ) espèces par forêt. Le nombre de genres varie de 18 à 39 ( $26 \pm 2,8$ ) par forêt. Le plus grand nombre de genres (39) est enregistré dans la forêt sacrée de Bamendou. Les familles les plus riches en espèces sont les *Euphorbiaceae* (10 espèces), les *Moraceae* (8 espèces), les *Rubiaceae* (7 espèces), les *Malvaceae* (4 espèces), les *Sapotaceae* (3 espèces). L'indice de Shannon oscille entre 0,73 et 2,49 bits par placette et l'indice de diversité Simpson, de 0,02 à 0,89. La surface terrière par forêt varie de  $14,44 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  à  $65,6 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , la moyenne à l'hectare pour toutes ces forêts sacrées est de  $32 \pm 8,1 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ . La valeur la plus élevée de surface terrière ( $65,6 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) a été dans la forêt de Bamendou alors

que la plus faible ( $14,44 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) a été obtenue dans la forêt de Bamendjo (tableau 2). Le nombre d'individus varie de 215 à 926 ( $472 \pm 136$ ) par zone.

**Tableau 2.** Nombre d'individus, nombre d'espèces, nombre de genres, surface terrière, indices de diversité de Shannon et de Simpson enregistrés dans les sites étudiés.

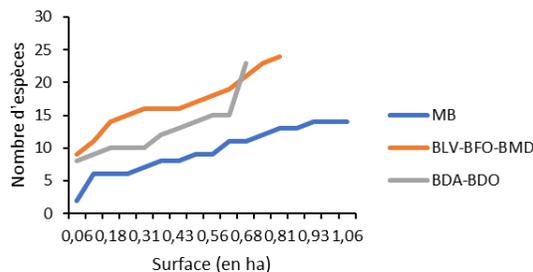
Paramètres	Forêts sacrées					
	MB	BDA	BDO	BVL	BFO	BMD
Ni	926	295	215	229	286	878
Ne	28	29	25	27	21	42
Ng	26	26	25	22	18	39
ST ( $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ )	45,85	15,23	14,44	26,1	27,1	65,6
H'(bits)	$1,63 \pm 0,57^a$	$2,11 \pm 0,40^{ab}$	$2,04 \pm 0,38^{ab}$	$2,16 \pm 0,03^{ab}$	$1,80 \pm 0,30^{ab}$	$2,39 \pm 0,16^b$
D'	$0,69 \pm 0,21^a$	$0,83 \pm 0,07^a$	$0,79 \pm 0,08^a$	$0,83 \pm 0,01^a$	$0,70 \pm 0,08^a$	$0,85 \pm 0,02^a$

Les différences entre les moyennes qui partagent une même lettre ne sont pas statistiquement significatives

(MB : Mbing Mekoup, BDA : Bamendjinda, BDO : Bamendjo, BVL : Baleveng, BFO : Bafou, BMD : Bamendou, Ni : nombre d'individus, Ne : nombre d'espèces, Ng : nombre de genre, H : indice de Shannon, D' : indice de Simpson, ST : surface terrière)

**Source :** L'auteur, données issues des inventaires 2017

Les moyennes des indices de *Shannon* varient de 1,63 bits (Mbing Mekoup) à 2,39 bits (Bamendou). La comparaison entre les moyennes des indices des six formations étudiées montre que la valeur de cet indice est ainsi significativement plus élevée dans le site de Bamendou comparée à celui de Mbing Mekoup (test de Kruskal–Wallis, correction Bonferroni  $P < 0,05$ ). Les valeurs moyennes des autres sites étant statistiquement comparables à celle de Mbing Mekoup de de Bamendou. Les valeurs de l'indice de Simpson varient de  $0,69 \pm 0,21$  (Mbing Mekoup) à  $0,85 \pm 0,02$  (Bamendou), en revanche la comparaison des valeurs moyennes de cet indice ne montre aucune différence significative entre ces forêts (test de Kruskal–Wallis, correction Bonferroni  $P < 0,05$ ). De manière générale, les moyennes des indices de diversité enregistrés dans cette étude sont faibles.



**Figure 2.** Courbe aire-espèces dans les forêts sacrées étudiées (MB : Mbing Mekoup, BLV-BFO-BMD : Baleveng-Bafou-Bamendou, BDA-BDO : Bamendjida-Bamendjo)

**Source :** L'auteur, données issues des inventaires 2017

Pour une lecture plus claire de la variation des espèces avec la surface échantillonnée, les villages situés aux altitudes similaires ont été considérés comme une forêt. La courbe aire-espèces des différents sites montrent un accroissement plus ou moins rapide du nombre d'espèces en fonction de la superficie échantillonnée (Figure 2). On constate que ce nombre d'espèces tend à se stabiliser pour les forêts de Mbing Mekoup. En revanche pour les forêts Bamendjida-Bamendjo et de Baleveng-Bafou-Bamendou, le plateau n'est pas encore atteint.

### Structure du peuplement

Les valeurs d'importance des familles (VIF) et des espèces (IVI) ont été calculées pour chaque forêt (Tableau 3). On remarque pour l'ensemble des familles enregistrées que les familles ayant les plus fortes valeurs d'importance écologique sont différentes d'une forêt à l'autre. Ainsi, les *Moraceae* (215 individus), les *Euphorbiaceae* (178 individus), *Malvaceae* (176 individus), les *Olacaceae* (148 individus) sont parmi les familles à fortes valeurs d'importances (compris entre 52,96 et 90,68).

Les *Anacardiaceae* (36,19%), les *Olacaceae* (31,44 %), les *Euphorbiaceae* (27,41%), les *Malvaceae* (67,77%) et les *Moraceae* (18,02%) sont parmi les plus dominantes. Les *Olacaceae* (51,74%) et les *Moraceae* (64,74%) en plus d'être dominantes ont aussi une abondance relative élevées suivies des *Fabaceae* (26,13%), des *Ulmaceae* (20,95%) et des *Myrtaceae* (18,77%).

**Tableau 3 :** Valeur d'importance de toutes les Familles enregistrées dans les sites.

Familles	Valeur d'importance des familles					
	BMD	BLV	BFO	MB	BDA	BDO
<i>Malvaceae</i>	<b>52,96</b>	-	22,97	-	70,59	5,68
<i>Ulmaceae</i>	37,48	21,94		1,91	21,03	28,45
<i>Euphorbiaceae</i>	30,79	23,48	34,08	<b>60,78</b>	17,18	2,31
<i>Moraceae</i>	30,7	<b>63,29</b>	23,55	11,23	<b>71,94</b>	<b>83,98</b>
<i>Anacardiaceae</i>	24,57	47,44	6,81	-	8,73	12,6
<i>Meliaceae</i>	13,06	19,41	13,09	-	13,76	12,29
<i>Melanthaceae</i>	12,85	2,87	2,93	-	-	-
<i>Araliaceae</i>	12,7		9,68	5,89	3,3	-
<i>Celastraceae</i>	12,4	22,88	6,81	39,17	-	
<i>Burseraceae</i>	10,13	14,65	9,45	-	2,6	7,14
<i>Clusiaceae</i>	9,08	6,68	-	-	-	-
<i>Olacaceae</i>	8,87	-	<b>90,68</b>	8,91	-	-
<i>Boraginaceae</i>	7,64	-	10,55	-	-	12,19
<i>Lamiaceae</i>	6,75	-	-	-	7,6	12,67
<i>Arecaceae</i>	5,02	-	5,31	-	-	
<i>Apocynaceae</i>	4,68	9,96	-	-	-	8,77
<i>Rutaceae</i>	3,28	3,59	-	14,87	11,03	2,11
<i>Bignoniaceae</i>	3,12	2,66	9,18	-	23,56	18,83
<i>Asteraceae</i>	2,85		-	0,78	-	-
<i>Rubiaceae</i>	2,59	12,6	-	7,3	-	11,19

<i>Myrtaceae</i>	2,26	23,86	15,35	9,32		2,62
<i>Alangiaceae</i>	2,21	-	-	-	24,01	-
<i>Melastomataceae</i>	0,87	-	-	-	-	-
<i>Chrysobalanaceae</i>	-	10,91	-	-	-	-
<i>Solanaceae</i>	-	4,94	4,69	-	2,96	-
<i>Podocarpaceae</i>	-	2,68	-	-	-	-
<i>Sapindaceae</i>	-	2,68	-	20,17	-	-
<i>Annonaceae</i>	-	-	10,58	-	-	-
<i>Apocynaceae</i>	8,51	-	-	-	-	-
<i>Loganiaceae</i>	-	-	-	30,37	-	-
<i>Myrsinaceae</i>	14,88	-	-	14,88	-	-
<i>Rhizophoraceae</i>	-	-	-	10,15	-	-
<i>Monimiaceae</i>	-	-	-	9,3	-	-
<i>Rhamnaceae</i>	-	-	-	3,22	-	-
<i>Pittosporaceae</i>	-	-	-	3,08	-	-
<i>Rosaceae</i>	-	-	-	2,54	-	-
<i>Myricaceae</i>	-	-	-	2,19	-	-
<i>Sapotaceae</i>	-	-	-	-	18,56	26,9
<i>Lauraceae</i>	11,13	-	-	-	11,13	-
<i>Agavaceae</i>	-	-	-	-	2	2,89
<i>Fabaceae</i>	4,6	2,75	3,32	39,43	8,75	10,28

(MB : Mbing Mekoup, BDA : Bamendjinda, BDO : Bamendjo, BVL : Baleveng, BFO : Bafou, BMD : Bamendou)

Source : L'auteur, données issues des inventaires 2017

Les dix espèces qui ont montré les valeurs d'importances les plus élevées dans chacune des forêts étudiées sont présentées dans le tableau 4. Il s'agit de *Strombosia grandifolia* (90,68%), *Pseudospondias microcarpa* (47,44%), *Bridelia speciosa* (47,37), *Trilepisium madagascariense* (45,87), *Cola cordifolia* (42,19%), *Albizia gummifera* (39,43%), *Cassine aethiopica* (39,19%), *Pseudospondias microcarpa* (36,62%), *Cola verticillata* (34,25%) et *Nuxia congesta* (28,67%).

**Tableau 4 :** Valeurs d'importances des 10 espèces les plus élevées enregistrées dans chaque site.

	Valeur d'importance d'espèces					
	BFO	BLV	BMD	MB	BDA	BDO
<i>Strombosia grandifolia</i>	<b>90,68</b>	-	-	-	-	-
<i>Cola verticillata</i>	22,97	-	34,24	-	-	-
<i>Aleurites cf moluccana</i>	22,93	19,12	-	-	-	-
<i>Eucalyptus saligna</i>	15,35	21,1	-	-	-	-
<i>Trichilia sp.</i>	13,09	19,41	10,3	-	-	-
<i>Ficus exasperata</i>	11,61	31,9	12,21	-	19,49	-
<i>Monodora myristica</i>	10,58	-	-	-	-	-
<i>Cordia platythyrsa</i>	10,55	-	-	-	-	12,19
<i>Schefflera cf barteri</i>	9,68	-	-	-	-	-
<i>Canarium schweinfurthii</i>	9,45	-	10,13	-	-	-

<i>Pseudospondias microcarpa</i>	-	<b>47,44</b>	23,45	-	-	9,49
<i>Maytenus cf ovatus</i>	-	22,88	12,41	-	-	-
<i>Celtis gomphophylla</i>	-	21,97	<b>36,62</b>	-	-	-
<i>Dacryodes</i> sp.	-	14,65	-	-	-	-
<i>Ficus</i> sp.	-	12,64	-	-	-	-
<i>Maranthes chrysophylla</i>	-	10,91	-	-	-	-
<i>Macaranga occidentalis</i>	-	-	13,56	-	-	-
<i>Bersama abyssinica</i>	-	-	12,85	-	-	-
<i>Ficus sur</i>	-	-	12,3	-	-	-
<i>Bridelia speciosa</i>	-	-	-	47,37	-	-
<i>Albizia gummifera</i>	-	-	-	39,43	-	-
<i>Cassine aethiopica</i>	-	-	-	<b>39,16</b>	-	-
<i>Nuxia congesta</i>	-	-	-	28,67	-	-
<i>Allophylus bullatus</i>	-	-	-	20,17	-	-
<i>Clausena anisata</i>	-	-	-	14,87	-	-
<i>Maesa lanceolata</i>	-	-	-	11,6	-	-
<i>Cassipourea barterii</i>	-	-	-	10,15	-	-
<i>Croton macrostachyus</i>	-	-	-	9,6	-	-
<i>Syzygium staudtii</i>	-	-	-	9,32	9,32	-
<i>Trilepisium madagascariense</i>	-	-	-	-	<b>45,87</b>	<b>67,41</b>
<i>Alangium chinense</i>	-	-	-	-	24,01	-
<i>Markhamia lutea</i>	-	-	-	-	19,81	11,89
<i>Celtis zenkeri</i>	-	-	-	-	19,27	28,45
<i>Ceiba pentandra</i>	-	-	-	-	15,13	-
<i>Trichilia rubescens</i>	-	-	-	-	13,76	-
<i>Sterculia tragacantha</i>	-	-	-	-	13,27	-
<i>Persea americana</i>	-	-	-	-	11,13	-
<i>Cola cordifolia</i>	-	-	-	-	-	42,19
<i>Englerophytum</i> sp.	-	-	-	-	-	20,83
<i>Morus mesosygia</i>	-	-	-	-	-	16,57
<i>Vitex grandifolia</i>	-	-	-	-	-	12,67
<i>Ixora</i> sp.	-	-	-	-	-	8,95

(MB : Mbing Mekoup, BDA : Bamendjinda, BDO : Bamendjo, BVL : Baleveng, BFO : Bafou, BMD : Bamendou)

Source : L'auteur, données issues des inventaires 2017

Parmi les dix espèces les plus prépondérantes de ces forêts sacrées, certaines sont rencontrées à la fois dans deux, trois ou parfois dans quatre des six forêts sacrées étudiées. C'est le cas par exemple de *Ficus exasperata* trouvée à la fois dans les forêts de Bafou, Baleveng, Bamendou et Bamendjinda ; *Pseudospondias microcarpa* rencontrée aussi bien dans les forêts de Baleveng, Bamendou que dans la forêt de Bamendjo ; *Celtis gomphophylla* enregistrée simultanément dans la forêt de Baleveng et de Bamendou ; *Trilepisium madagascariense* notée dans la forêt sacrée de Bamendjinda et de Bamendjo.

## Espèces à statut particulier enregistrées dans les forêts étudiées

La liste générale des espèces recensées révèle la présence de 40 espèces à statut particulier (Tableau 5). Parmi ces espèces, 34 espèces sont en état de préoccupation mineure (Least Concern) mais avec les populations de quelques-unes en état de diminution comme *Albizia zygia* et *Dracaena mannii*. Un total de 6 autres est en situation de vulnérabilité; c'est le cas de *Prunus africana*, *Podocarpus mannii*, *Entandrophragma utile*, *Entandrophragma candollei*, *Cordia platythyrsa* et *Antidesma venosium*. Le reste d'espèce semble n'avoir pas encore fait l'objet d'une révision par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature.

**Tableau 5.** Espèces de plantes à statut particulier inventoriées dans les forêts sacrées étudiées.

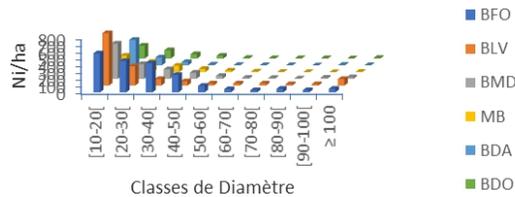
Famille	Espèces	IUCN 2009
<i>Fabaceae</i>	<i>Albizia adianthifolia</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Fabaceae</i>	<i>Albizia gummifera</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Fabaceae</i>	<i>Albizia zygia</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Antidesma venosium</i>	Vulnerable A2c ver 3.1
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Bridelia micrantha</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Celastraceae</i>	<i>Cassine aethiopica</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Malvaceae</i>	<i>Ceiba pentandra</i>	Least Concern ver 3.2
<i>Ulmaceae</i>	<i>Celtis zenkeri</i>	Least concern ver 3.1
<i>Malvaceae</i>	<i>Cola cordifolia</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Boraginaceae</i>	<i>Cordia platythyrsa</i>	Vulnerable A1d ver 2.3
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Croton macrostachyus</i>	Least concern ver 3.1
<i>Agavaceae</i>	<i>Dracaena arborea</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Agavaceae</i>	<i>Dracaena mannii</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Palmae</i>	<i>Elaeis guineensis</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Meliaceae</i>	<i>Entandrophragma candollei</i>	Vulnerable A1cd ver 2.3
<i>Meliaceae</i>	<i>Entandrophragma utile</i>	Vulnerable A1cd ver 2.3
<i>Proteaceae</i>	<i>Faurea speciosa</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Moraceae</i>	<i>Ficus exasperata</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Moraceae</i>	<i>Ficus thomningii Blume</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Myrsinaceae</i>	<i>Maesa lanceolata</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Bignoniaceae</i>	<i>Markhamia lutea</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Annonaceae</i>	<i>Monodora myristica</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Moraceae</i>	<i>Morus mesosygia</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Loganiaceae</i>	<i>Nuxia congesta</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Lauraceae</i>	<i>Persea americana</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Podocarpaceae</i>	<i>Podocarpus mannii</i>	Vulnérable D2 ver 3.1
<i>Araliaceae</i>	<i>Polyscias fulva</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Rosaceae</i>	<i>Prunus africana</i>	Vulnerable A1cd 2.3
<i>Rubiaceae</i>	<i>Psychotria peduncularis</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Apocynaceae</i>	<i>Rauwolfia caffra</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Apocynaceae</i>	<i>Rauwolfia vomitoria</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Bignoniaceae</i>	<i>Spathodea campanulata</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Malvaceae</i>	<i>Sterculia tragacantha</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Sapotaceae</i>	<i>Synsepalum dulcificum</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Ulmaceae</i>	<i>Trema orientalis</i>	Least Concern ver 3.1

<i>Rubiaceae</i>	<i>Tricalysia coriacea</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Meliaceae</i>	<i>Trichilia rubescens</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Uapaca togoensis</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Lamiaceae</i>	<i>Vitex doniana</i>	Least Concern ver 3.1
<i>Lamiaceae</i>	<i>Vitex grandifolia</i>	Least Concern ver 3.1

Source : L'auteur, données issues des inventaires 2017

### Classe de diamètre

La variation du nombre d'individus en fonction des classes de diamètre dans les forêts étudiées présente globalement une structure comparable pour toutes les forêts sacrées. On observe une forte représentativité des individus dans les classes de grands arbustes ([10-20[cm), puis dans la classe de petits arbres ([20-50[cm). Contrairement aux autres forêts sacrées, les forêts de Bafou et de Baleveng ont une représentativité relativement importante de grands arbres ( $\geq 100$  cm), même si ceux-ci sont nettement moins nombreux comparés aux grands arbustes et petits arbres de la même classe.



**Figure 3.** Nombre d'individus en fonction des classes de diamètres dans les forêts sacrées de Bamendjinda. (BDA), Mbing Mekoup (MB), Bamendjo (BDO), Bafou (BFO), Baleveng (BLV) et de Bamendou (BMD).

Source : L'auteur, données issues des inventaires 2017

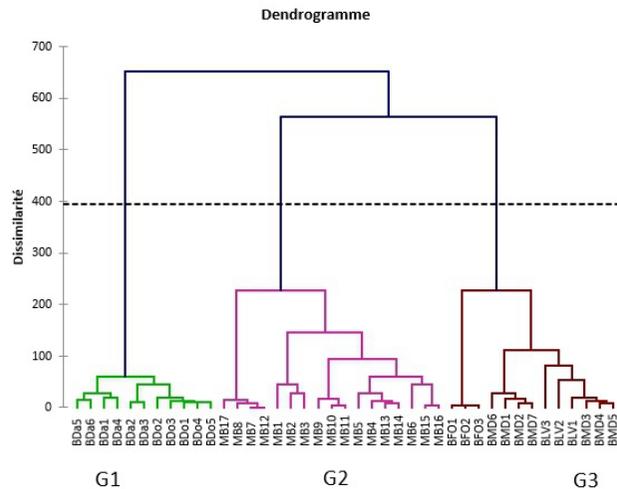
La distribution des individus par classes de diamètre des forêts étudiées montre ainsi une allure en « J renversé » caractéristique d'un peuplement riche en individus jeunes ou grands arbustes. C'est une structure d'allure exponentielle décroissante à pente plus ou moins forte, dénotant une régénération constante dans le temps et une absence de perturbation.

### Individualisation des groupements au sein des forêts sacrées

La carte factorielle du plan principal (27,86% de variance) se rapportant à la matrice de données (41 relevés et 78 espèces) de l'analyse factorielle de correspondances révèle une sectorisation qui discrimine trois groupes (figure 4). Toutes les espèces ayant une abondance absolue de moins de cinq individus ont été retirées de l'analyse.

D'après l'axe 1 du côté positif, on a l'ensemble A regroupant les relevés floristiques effectués dans la forêt sacrée de Mbing Mekoup avec pour espèces caractéristique des espèces *Cassine aethiopica* (CAAE), *Albizia*





**Figure 5.** Dendrogramme présentant trois groupements végétaux enregistrés dans les forêts de la zone d'étude.

**Source :** L'auteur, données issues des inventaires 2017

L'ensemble G1 est constitué de 11 relevés (BDa1, BDa2, BDa3, BDa4, BDa5, BDa6 BDo1, BDo2, BDo3, BDo4, BDo5) ; ce sont les relevés des forêts sacrées submontagnarde de Bamendjida et de Bamendjo situés entre 1327m et 1376 m d'altitude. Les espèces indicatrices de ce groupe sont : *Trilepisium madagascariensis*, *Celtis zenkeri*, *Markhamia lutea*, *Alangium chinense* et *Sterculia tragacantha*.

L'ensemble G2 regroupe 17 relevés issus de la forêt de montagne de Mbing mekoup (MB1, MB2, MB3, MB4, MB5, MB6, MB7, MB8, MB9, MB10, MB11, MB12, MB13, MB14, MB15, MB16, MB17) située à 2 183 m d'altitude. *Cassine aethiopica*, *Bridelia speciosa*, *Xymalos monospora*, *Nuxia congesta* et *Clausena anisata* caractérisent ce groupe.

L'ensemble G3 correspond aux 13 relevés des forêts sacrées submontagnarde de Bafou (BFO1, BFO2, BFO3), de Bamendou (BMD1, BMD2, BMD3, BMD4, BMD5, BMD6, BMD7) et de Baleveng (BLV1, BLV2, BLV3) situés entre 1 460 m et 1 510 m d'altitude. *Celtis gomphophylla*, *Cola verticillata*, *Strombosia grandifolia*, *Maytenus ovatus* et *Trichilia* sp. sont les espèces indicatrices de ce groupe.

## Discussion

### Diversité floristique

La diversité floristique du peuplement végétatif de la présente étude a été estimée sur la base de l'abondance des espèces de diamètre à hauteur de poitrine supérieure ou égal à 10 cm ; Ce qui a permis de comparer les données obtenues avec celles effectuées dans les autres forêts sacrées. C'est une comparaison qui n'est pas du tout aisée au vu des différences généralement

observées au niveau des méthodes d'échantillonnage, de la taille et du nombre de relevés des travaux de chaque recherche. Malgré ces dissimilarités méthodologiques, ce travail a montré dans tous les sites des valeurs d'indice de diversité de Shannon  $< 3,5$  bits. Ces valeurs sont faibles et traduisent la faible diversité spécifique des forêts sacrées étudiées. D'après Kent & Cooker (1992), une communauté forestière est considérée comme riche lorsqu'elle est caractérisée par une valeur d'indice de diversité de Shannon supérieure ou égale à 3,5 bits. Les valeurs d'indice de Shannon enregistrées dans cette étude sont proches de celles trouvées par Tankou *et al.* (2013) dans les forêts sacrées submontagnarde de Fongo-Tongo et de Nkong-ni ainsi que celles de Ali *et al.* (2014) dans les forêts sacrées de la Basse Vallée de l'Ouémé au Sud-Est du Bénin ; elles sont cependant inférieures aux valeurs de Noumi & Tiam (2016) enregistrées dans les forêts sacrées du Mont Oku.

L'indice de Simpson est très sensible à la répartition des individus entre les espèces. C'est un indice directement représentatif de l'hétérogénéité du peuplement. Il varie de 0 (diversité minimum) à 1 (diversité maximum) (Piélou, 1969 ; Pearson & Rosenberg, 1978). Les valeurs de diversité de Simpson notées dans cette étude sont comprises entre 0,65 et 0,85 ; elles sont moyennes et traduisent donc une diversité floristique moyenne des sites. Plus l'indice est élevé, plus le poids relatif des espèces rares ou peu abondantes est faible. Selon Dajoz (1982), les fortes valeurs de cet indice expriment une faible organisation du système écologique et correspondent à des conditions du milieu favorables à l'installation de nombreuses espèces représentées par un petit nombre d'individus. Les faibles valeurs de diversité floristique observées dans cette étude seraient liées à l'altitude qui semble être le facteur principal dans ce travail. En effet, les travaux de Tchiengue (2004) ont montré une diminution de la diversité floristique avec l'augmentation de l'altitude.

Les forêts de cette étude correspondent en effet aux forêts de montagnes (Mbing Mekoup) ou submontagnardes. La richesse spécifique enregistrée à l'hectare est de 28 espèces ; ce qui traduit une faible richesse spécifique du site. Cette valeur est comparable à celle trouvée par Noumi (2015) dans la forêt sacrée de montagne de Kouoghap qui est 31 espèces à l'hectare. Toutefois, les résultats de ce travail sont inférieurs à ceux de Ali *et al.* (2014) et de Hounto *et al.* (2016) respectivement de 78 espèces et 89 espèces dans les forêts sacrées de Bénin. En revanche, elle est peu élevée comparée à celle de Tiokeng *et al.* (2019) dans la forêt submontagnarde et moyenne altitude des monts Bamboutos (168 espèces et 161 espèces respectivement) ; de Gonmadje (2011) qui est de 110 espèces l'hectare dans la forêt dense de basse altitude de Ngovayang. Généralement, les valeurs de richesse spécifique les plus élevées sont observées dans les forêts denses de basse altitude et décroît avec l'augmentation de l'altitude (Tchiengue, 2004).

La courbe aire/espèces réalisée montre une augmentation du nombre d'espèces en fonction de la superficie échantillonnée. C'est l'allure classique des courbes d'accumulation. L'augmentation d'un relevé entraîne l'ajout d'un ou de plusieurs nouvelles espèces ; ce qui ne permet pas de définir facilement la superficie appropriée pour un échantillon représentatif dans les sites forêt étudiés. Cependant, la courbe de Mbing Mekoup commence à se stabiliser à partir d'une superficie de 1 ha. Une superficie comparable s'est aussi avérée appropriée pour les inventaires floristiques dans d'autres forêts sacrées de l'Ouest-Cameroun telles que les forêts sacrées de Okou, de Kouoghab et sur le mont Manengouba (Noumi & Tiam, 2016 ; Noumi, 2013 ; Noumi, 2012). On peut donc penser qu'une surface de 1 ha pourrait être un échantillon approprié pour une étude d'inventaire dans des forêts comparables à celles étudiées dans le cadre de ce travail (Nusbaumer *et al.*, 2005).

### Structure du peuplement

La densité de 926 individus de diamètre supérieur ou égal 10 cm à l'hectare observée dans la forêt de Mbing Mekoup est comparable à celle régulièrement observée en forêts de montagne et submontagnarde et des collines du Cameroun (554 à 1 269 individus/ha de diamètre  $\geq 10$  cm) aussi bien que dans les forêts sacrées utilisant diverses méthodes d'échantillonnage (Tchoua, 2013 ; Noumi, 2015 ; Tiokeng *et al.*, 2019 ; Noumi & Tiam 2016). La forte valeur d'importance écologique des *Euphorbiaceae* et des *Moraceae* enregistrée dans cette étude a été aussi bien notée dans la forêt sacrée de Kouoghab entre 1 450 m et 1 550 m d'altitude (Noumi, 2012) de moyenne altitude de Bangang (200-600 m) et submontagnarde de Fossimondi (1 000-1 900 m) (Tiokeng *et al.*, 2019). Dans la forêt dense de Campo-Ma'an au Sud-Cameroun (Tchouto, 2006) située entre 400m et 1 100m. Ces résultats indiquent probablement une bonne régénération des espèces constituant ces différentes familles. Les *Burseraceae* et les *Olacaceae* font également partie des familles les plus importantes. Ces deux familles seraient de bons indicateurs de vieilles forêt denses atlantique (Gonmadje *et al.*, 2011).

La présence de certaines espèces à statut particulier de la liste rouge (IUCN, 2009) a été noté dans les forêts étudiées. Ces forêts sacrées pourraient être des lieux de conservation spéciale. En effet, Bhagwat *et al.* (2005) ont montré en Inde que les espèces menacées de la liste rouge (IUCN, 2002) sont plus importantes dans les forêts sacrées plutôt que dans les forêts denses d'une région marquée par une déforestation importante. Les forêts sacrées sont entretenues depuis longtemps par des méthodes traditionnelles de conservation sans intervention du gouvernement (Rath & Ormsby, 2020 ; Tiokeng *et al.*, 2019 ; Adou *et al.*, 2013). Ces reliques de forêts sont ainsi les abris pour des espèces à statut particulier ; vu le rôle de maintien de la biodiversité locale et régionale, de préservation de l'intégrité socioculturelle

des communautés locales ainsi que les services écosystémiques rendus par ces dernières, la conservation de ces forêts est impérative (Pradhan *et al.*, 2019 ; Kent, 2009).

Les surfaces terrières sont généralement proportionnelles au nombre d'individus, mais aussi et surtout à la taille des individus présents. La surface terrière enregistrée dans la forêt de Mbing Mekoup (45,85 m<sup>2</sup> à l'hectare) est inférieure à celles trouvées par Noumi & Tiam (2016) dans la forêt sacrée du Mont Oku (205,02 m<sup>2</sup>/ha) et Noumi (2012) dans la forêt sacrée de Kouoghap (90,36 m<sup>2</sup>/ha) ; ces faibles valeurs traduiraient l'existence au sein de la forêt de Mbing Mekoup d'une proportion élevée non seulement des individus à faible diamètre mais aussi des espèces représentées par très peu d'individus. On peut aussi penser que le microhabitat qui y règne serait différent de celui rencontré dans les autres forêts. De même dans les reliefs avec de fortes pentes, les sols sont moins stables et ne pourraient pas supporter de très grands arbres (Aiba & Kitayama, 1999).

Les histogrammes des classes de diamètre sont caractérisés par une forte densité de régénération qui décroît avec le passage vers les classes d'individus plus âgés ; ce qui traduit un peuplement à fort potentiel de régénération. Cette structure a été observée dans les forêts sacrées du Mont Okou et de Kouoghap dans le village Batoufam (Noumi, 2012 ; Noumi & Tiam, 2016).

L'Analyse Factorielle des Correspondances met en exergue trois grands groupes suivant l'altitude et certains facteurs locaux (nature du substrat, microclimat). L'axe 1 fait ressortir un groupe renfermant les espèces caractéristiques de la forêt sacrée de Mbing Mekoup dont l'écologie révèle leur existence dans plusieurs habitats. C'est le cas de *Cassine aethiopica* (CAAE) que l'on retrouve sur des affleurements rocheux et les bords de rivières dans la forêt de Mbing Mekoup ; de *Albizia gummifera* (ALGU) et *Clausena anisata* (CLAN) qui se développent dans des savanes proches de la forêt ; de *Bridelia speciosa* (BRSP) et *Pittosporum mannii* (PIMA) que l'on retrouve dans les forêts de montagne ; de *Nuxia congesta* (NUCO) qui se rencontre sur les bords des forêts claires de montagne; de *Xymalos monospora* (XYMO) et *Tarenna bacanoïdes* (TABA) qui co-dominent dans le sous-bois des forêts sempervirentes. Cet axe serait un axe topographique.

L'axe 2 oppose deux grands ensembles. L'ensemble du groupe positif de l'axe est caractérisé par les espèces des forêts sacrées de Baleveng, de Bafou et de Bamendou. Il s'agit des espèces semi-décidues et fluviales, souvent en formations secondaires (*Celtis gomphophylla* (CEGO), *Cola verticillata* (COVE) ; de forêts tropicales humides et de berges de rivières (*Garcinia smeathmannii* [GASM], *Maytenus* cf. *ovatus* [MAOV]) ; de forêts tropicales denses fermées et moins fréquentes dans les zones marécageuses ou partiellement inondées (*Strombosia grandifolia* (STGR) et de la zone de

transition entre la mosaïque forêt-savane et la forêt sempervirente humide (*Trichilia dregeana* [TRIC]).

L'ensemble du côté négatif regroupe les espèces des forêts sacrées de Bamendjinda et de Bamendjo. Les espèces qui caractérisent ce groupe forment une mêlée d'espèces de forêt tropicale de plaine, vieille forêt secondaire (*Rauvolfia caffra* [RACA], *Trichilia rubescens* [TRRU], *Alangium chinense* [ALCH], *Cola verticillata* [COVE], *Trilepisium madagascariensis* [TRMA]) ; de forêts semi-décidues et caduques et lisière de la forêt tropicale humide (*Sterculia tragacantha* [STTR], *Cola cordifolia* [COCO], *Celtis zenkeri* [CEZE]). L'axe 2 mettrait en évidence un gradient hydrologique et anthropique d'après l'écologie des principales espèces caractéristiques de chaque groupe.

### Conclusion

L'étude réalisée dans les forêts sacrées sur les Hautes Terres de l'Ouest-Cameroun indique qu'il s'agit des reliques renfermant une faible richesse et diversité spécifique mais très importantes pour le maintien de la biodiversité. Les familles les plus prépondérantes en termes de valeurs d'importance écologique peuvent parfois varier d'une forêt sacrée à une autre. La distribution des individus par classes de diamètre montre une allure caractéristique d'un peuplement riche en individus jeunes. La densité obtenue à l'hectare est comparable à celle régulièrement observée aussi bien en forêts de montagne et submontagnarde que sur les collines du Cameroun, de même que dans certaines forêts sacrées. L'altitude semble être le principal facteur qui discrimine les trois groupements végétaux. Le statut global des espèces d'après la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) montre 34 espèces en état de préoccupation mineure mais avec les populations de certaines de ces espèces en état de diminution et 6 autres en situation de vulnérabilité. Cette étude montre que les forêts sacrées renferment une phytodiversité non négligeable qui mérite des attentions particulières. Les stratégies de gestion de ces reliques de forêt devraient être renforcées afin d'optimiser leur gestion.

### References:

1. Adou Yao C.Y., Kpangui K.B., Kouao K.J., Adou L.M.D., Vroh B.T.A. & N'Guessan K.E. (2013). Diversité floristique et valeur de la forêt sacrée Bokasso (Est de la Côte d'Ivoire) pour la conservation. VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement [Online], Volume 13 Numéro 1 (consulté le 07 novembre 2020). URL: <http://journals.openedition.org/vertigo/13500>; DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.13500>

2. Aiba S-I. & Kitayama K. (1999). Structure, composition, and species diversity in an altitude-substrate matrix of rain forest trees communities on Mount Kinabalu, Bornéo. *Plant Ecology*.1999 ;140 :139-157.
3. Ali R. K.F., Odjoubere J., Tente A.B.H. & Sinsin A.B. (2014). Caractérisation floristique et analyse des formes de pression sur les forêts sacrées ou communautaires de la Basse Vallée de l'Ouémé au Sud-Est du Bénin. *Afrique SCIENCE* 10(2) (2014) 243 - 257 243.
4. Angiosperm Phylogeny Group (APG III). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. In *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2009;161(2):105-121. Available: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>
5. Bhagwat, S. A., Kushalappa C.G., Williams P.H., & Brown N.D. (2005), The role of informal protected areas in maintaining biodiversity in the Western Ghats of India, *Ecology and Society*, 10, 1, 8. [En ligne] URL : <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art8/>. Consulté le 7 octobre 2020.
6. Dajoz R. (1982). Précis d'écologie. 4e édition. 503p Paris, Bordas.
7. Dongmo P. (1991). Etude de deux systèmes de protections des forêts sur les Monts Bambouto. Cas de la réserve de Meleta et de la forêt sacrée de Mbing Mekoup. Mémoire d'Ingénieur, INADER-CUDs, Dschang. 161 p.
8. Doumenge C. (1998). La gestion des écosystèmes Forestiers du Cameroun, du Gabon et de la Guinée équatoriale à l'aube de l'an 2000. Rapport UICN, Yaoundé, Cameroun. 148 p.
9. Gonmadje CF, diversity Doumenge C, Mckey D, Tchouto GPM, Sunderland TCH, Balinga MPB & Sonké B. (2011). Tree and conservation value of Ngovayang's lowland forests, Cameroon. *Biodiversity and conservation*. 20 (12) :26
10. Hounto G., Tente B., Yabi F. & Yabi I. (2016). Diversité et connaissance ethnobotanique des espèces végétales de la forêt sacrée de Badjamè et zones connexes au sud-ouest du Bénin. *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo* (7) 28-36
11. Hutchinson J. & Dalziel J.M. (1954). *Flora of West Tropical Africa*, vol I, part 1. London. millbank, s.w.1.
12. Hutchinson J. & Dalziel J.M. (1958). *Flora of West Tropical Africa*, vol I, part 2. London. millbank, s.w.1.
13. Hutchinson J. & Dalziel J.M. (1963). *Flora of West Tropical Africa*, vol II. London. millbank, s.w.1.

14. Hutchinson J. & Dalziel J.M. (1968). Flora of West Tropical Africa, vol III, Part 1. London. millbank, s.w.1.
15. Hutchinson J. & Dalziel J.M. (1972). Flora of West Tropical Africa, vol III, Part 2. London. millbank, s.w.1.
16. Kent M. & Coker P. (2003). Vegetation Description and Analysis - a Practical Approach. John Wiley & Son Eds: UK; 354p. + annexes.
17. Kent, E. F. (2009). Sacred Groves and Local Gods: Religion and Environmentalism in South India. *Worldviews* 13 : 1-39.
18. Kokou K., Adjossou K. & Hamberger K. (2005). Les forêts sacrées de l'aire Ouatchi au Sud-Est du Togo et les contraintes actuelles des modes de gestion locale des ressources forestières. *VertigO*, 6(3) : 1-13
19. Kuete M. & Dikoumé A. (2000). Espace, pouvoir et conflits dans les hautes terres de l'Ouest Cameroun. *Espace et Société*, CEREHT. Presse Universitaire de Yaoundé. 149 p.
20. Letouzey R. (1985). Notice de la carte Phytogéographique du Cameroun au 1/500000. IRA Yaoundé, Inst. Cart. Intern. Végétation, Toulouse. 240 p.
21. Noumi E. & Tiam T. AG. (2016). Floristic Inventory of Woody Species of the Oku Sacred Forest in the North-West Cameroon, Theoretical and Philosophical Approach. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology* 3(1): 66-91.
22. Noumi E. (2012). Ligneous flora diversity of a submountain forest of west Cameroon; the Kouoghap sacred forest of the village Batoufam. *Journal of Ecology and the Natural Environment* 4(1):8-28.
23. Noumi E. (2013). Floristic inventory of woody species in the Manengouba Mountain forest, Cameroon. *Journal of Biology and Life Service* 4(2): 282-309.
24. Noumi E. (2015). Floristic structure and diversity of a tropical sub-montane evergreen forest, in the Mbam minkom massif (Western Yaoundé). *Journal of Biology and Life Service* 6(1):149-193.
25. Nusbaumer L., Gautier L., Chatelin C. & Spichiger, R. (2005). Floristic structure and composition of the classified forest of the Scio (Côte d'Ivoire). Descriptive and comparative study. *Candollea*. 60(2) :393-443.
26. Pearson TH & Rosenberg R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography Marine Biology Annual Review*.1978 ; 229-311. French
27. Porteres R. (1946). Climat et végétation de la chaîne des Monts Bambouttos (Cameroun) *Bulletin de la société botanique de France* 93 :352 -360.

28. Pradhan A., Ormsby, A., & Behera, N. (2019.) A Comparative Assessment of Tree Diversity, Biomass and Biomass Carbon Stock between a Protected Area and a Sacred Forest of Western Odisha, India. *Ecoscience* 26: 195-204
29. Rath S. & Ormsby A.A. (2020). Conservation through Traditional Knowledge: a Review of Research on the Sacred Groves of Odisha, India. *Human Ecology*.9p <https://doi.org/10.1007/s10745-020-00173-1>
30. Salez P. (1988). Compréhension et amélioration de systèmes de cultures associées céréale-légumineuse au Cameroun. Thèse de Doctorat, école nationale supérieure agronomique de Montpellier. 229 p.
31. Tankou M. C., Geert R. de Snoo, Hans H. de Iongh & Persoon G. (2013). Variation in plant biodiversity across sacred groves and fallows in Western Highlands of Cameroon. *African journal of Ecology*. pp 1-10.
32. Tchiengue B. (2004). Etude écologique et floristique de la végétation d'un Massif de ligne du Cameroun : le Mont Koupe. Thèse de Doctorat 3e cycle. Université de Yaounde I. 238p.
33. Tchoua, T.J.M. (2013). Etude phytogéographique de l'étage submontagnard du Mont Koupe (Moungo-Cameroun). Mémoire de Master. Université de Yaoundé I. 50p.
34. Tchouamo I. (1998). La protection de la biodiversité en Afrique par les forêts sacrées. *Le Flamboyant* 46:18-23.
35. Tchouto G.P., Yemefack M., de Boer WF, DeWildeJJFE & Cleef A.M. Biodiversity hotspots and conservation priorities in the Campo-Ma'an rainforests, Cameroon. *Biodiversity and Conservation*. 2006; 15:1219-1252 Available: <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-005-0768-6>
36. Tiokeng B., Nguetsop VF., Mapongmetsem PM., Tacham N. W. & Nnomo D. R. (2019). Mid and Submontane Altitude Forests Communities on the West Hillside of Mount Bambouto (Cameroon): Floristic Originality and Comparisons. *Asian Journal of Research in Botany* 2(2): 1-15.
37. Tiokeng B., Zapfack L., Nguetsop V.F., Saha Z. & Nchongboh G.C. (2019). Sacred Forests in the Western Highlands-Cameroon: Ethnobotany Role and Indigenous Conservation of Biodiversity. *Advance research journal of multidisciplinary discoveries*. 35(1): 54-59
38. United Nations Environment Programme (UNEP) (1977): Report of the Governing Council on the work of its 19th session, 27 January-7 February 1997. New York, 92p



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### **Yao N'zué Benjamin,**

UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon  
Guédé, Côte d'Ivoire

### **Kpata-Konan Nazo Edith,**

UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon  
Guédé, Côte d'Ivoire

### **Guetandé Koné Lacina,**

UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon  
Guédé, Côte d'Ivoire

### **Tano Kablan,**

UFR des Sciences et Technologies des Aliments,  
Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire

Submitted: 29 October 2020

Accepted: 03 December 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*Yao N'zué Benjamin*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p257](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p257)

 Copyright 2020 Yao N'zué B,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCES

Cite as:

Yao N'zué B, Kpata-Konan Nazo E, Guetandé  
Koné L, Tano K. (2020) Caractérisation De  
Quelques Légumes-Feuilles Les Plus Consommés  
Dans La Ville De Daloa (Centre-Ouest, Côte  
d'Ivoire). *European Scientific Journal, ESJ*, 16  
(36), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p257>

## **Caractérisation De Quelques Légumes-Feuilles Les Plus Consommés Dans La Ville De Daloa (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire)**

### **Résumé**

L'objectif de cette étude a consisté de recenser à travers une enquête, les différentes espèces de légumes-feuilles les plus consommés dans la ville de Daloa. Ensuite, déterminer quelques paramètres physico-chimiques, nutritionnels, antinutritionnels et antioxydants de ces légumes-feuilles. L'enquête menée auprès de la population a permis d'identifier quatre légumes-feuilles (Ipomoea batatas L., Colocasia esculenta L., Spinacia oleracea L. et Manihot esculenta Crantz) qui ont été les plus consommés. Dix-neuf (19) paramètres regroupés en quatre (04) grands groupes [physico-chimiques (pH, acidité, humidité et degré Brix), composés biochimiques (fibres, lipides, protéines, glucides totaux, valeur énergétique, fer et calcium), composés antioxydants (vitamine C, flavonoïde et polyphénols totaux) et composés antinutritionnels (oxalates, phytates, Oxalates/Calcium et Phytates/Fer)] ont fait l'objet d'analyse dans ces légumes-feuilles. Les analyses effectuées indiquent des valeurs de pH ( $6,22 \pm 0,02$  à  $6,67 \pm 0,01$ ) ; de taux d'humidité ( $78,02 \pm 0,25$  à  $93,75 \pm 0,12$  %) et de cendre ( $0,79 \pm 0,01$  à  $0,95 \pm 0,01$  %). Les minéraux sont importants avec des teneurs en Fer ( $15,07 \pm 0,24$  à  $40,06 \pm 0,07$  mg/100g) et en Calcium ( $111,02 \pm 0,29$  à  $246,28 \pm 0,67$  mg/100g). Les analyses biochimiques indiquent de fortes teneurs en glucides ( $71,26 \pm 0,25$  à  $90,85 \pm 0,12$  %), en protéines ( $1,82 \pm 0,12$  à  $5,22 \pm 0,18$  %) et en fibres ( $0,55 \pm 0,07$  à  $10,00 \pm 0,14$  %), mais de faibles teneurs en lipides ( $0,29 \pm 0,02$  à  $0,69 \pm 0,04$  %). L'analyse des antioxydants a révélé que la teneur en polyphénol ( $107,28 \pm 0,74$  à  $195,34 \pm 0,96$  mg/100g) est supérieure à

celle de la vitamine C ( $22,92 \pm 0,72$  à  $40,83 \pm 0,72$  mg/100g) et à celle des flavonoïdes ( $2,38 \pm 0,32$  à  $7,73 \pm 0,20$  mg/100g) quel que soit le légume étudié. L'analyse des composés antinutritionnels a révélé une teneur élevée en oxalates ( $44,20 \pm 1,27$  à  $64,75 \pm 0,52$  mg/100g) et en phytates ( $48,65 \pm 0,87$  à  $65,75 \pm 0,65$  mg/100g) dans les quatre légumes-feuilles. En somme, ces légumes-feuilles pourraient constituer un complément alimentaire important, car ils sont une bonne source de minéraux, de fibres, de glucides, de protéine et de composés antioxydants.

---

**Subject:** Agriculture

**Mots-clés:** Légumes-Feuilles, Enquête, Analyses Physico-Chimiques, Composés Nutritionnels, Composés Antinutritionnels, Composés Antioxydants, Côte d'Ivoire

## **Characterization Of Some Of The Most Consumed Leafy Vegetables In The Town Of Daloa (Center-West, Côte d'Ivoire)**

***Yao N'zué Benjamin,***

UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

***Kpata-Konan Nazo Edith,***

UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

***Guetandé Koné Lacina,***

UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

***Tano Kablan,***

UFR des Sciences et Technologies des Aliments, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p257](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p257)

---

### **Abstract**

The objective of this study was to identify through a survey, the different species of leafy vegetables most consumed in the city of Daloa. Then, to determine some physico-chemical, nutritional, antinutritional and antioxidant parameters of these leafy vegetables. The survey conducted among the population identified four leafy vegetables (*Ipomoea batatas* L., *Colocasia esculenta* L., *Spinacia oleracea* L. and *Manihot esculenta* Crantz) that were the most consumed. Nineteen (19) parameters grouped into four (04) major groups [physico-chemical (pH, acidity, moisture and Brix degree), biochemical compounds (fiber, lipids, proteins, total carbohydrates, energy value, iron and calcium), antioxidant compounds (vitamin C, flavonoid and total polyphenols) and anti-nutritional compounds (oxalates, phytates, Oxalates/Calcium and Phytates/Iron)] were analyzed in these leafy vegetables. The analyses performed indicate values for pH ( $6.22 \pm 0.02$  to  $6.67 \pm 0.01$ ); moisture content ( $78.02 \pm 0.25$  to  $93.75 \pm 0.12\%$ ) and ash ( $0.79 \pm 0.01$  to  $0.95 \pm 0.01\%$ ). Minerals are important with Iron ( $15.07 \pm 0.24$  to  $40.06 \pm 0.07$  mg/100g) and Calcium ( $111.02 \pm 0.29$  to  $246.28 \pm 0.67$  mg/100g) contents. Biochemical analyses indicate high levels of carbohydrates ( $71.26 \pm 0.25$  to  $90.85 \pm 0.12\%$ ), protein ( $1.82 \pm 0.12$  to  $5.22 \pm 0.18\%$ ) and fiber ( $0.55 \pm 0.07$  to  $10.00 \pm 0.14\%$ ), but low levels of lipids ( $0.29 \pm 0.02$  to  $0.69 \pm 0.04\%$ ). Antioxidant analysis revealed that polyphenol ( $107.28 \pm 0.74$  to  $195.34 \pm 0.96$  mg/100g) is higher than vitamin C ( $22.92 \pm 0.72$  to  $40.83 \pm 0.72$  mg/100g)

and flavonoids ( $2.38 \pm 0.32$  to  $7.73 \pm 0.20$  mg/100g) in all vegetables. The analysis of anti-nutritional compounds revealed high levels of oxalates ( $44.20 \pm 1.27$  to  $64.75 \pm 0.52$  mg/100g) and phytates ( $48.65 \pm 0.87$  to  $65.75 \pm 0.65$  mg/100g) in all four leafy vegetables. In summary, these leafy greens could be an important dietary supplement because they are a good source of minerals, fibre, carbohydrates, protein and antioxidant compounds.

---

**Keywords:** Leafy Vegetables, Survey, Physico-Chemical Analyzes, Nutritional Compounds, Antinutritional Compounds, Antioxidant Compounds, Côte D'Ivoire

## Introduction

L'Afrique subsaharienne est dotée d'une grande diversité de plantes alimentaires. Parmi celles-ci se trouvent les légume-feuilles (Almekinders, 2000). Ils jouent un grand rôle dans l'agriculture et dans l'alimentation et génèrent des revenus non négligeables aussi bien dans les zones rurales que dans les zones urbaines (Chweya et Eyzaguirre, 1999). Ils sont d'importantes sources de vitamines (A, B et C), d'oligo-éléments, de protéines, de fibres et de glucides (Chweya et Eyzaguirre, 1999) et de ce fait, contribuent à l'amélioration de l'état nutritionnel des populations aussi bien dans les zones rurales que dans les zones urbaines. Certains légumes-feuilles traditionnels comme *Hibiscus sabdariffa* (L.) et *Ocimum gratissimum* (L.) possèdent des propriétés médicinales (Mnzava, 1997 et Vodouhe et al., 2012) et sont utilisés pour soigner diverses maladies (paludisme, parasites intestinaux, infection, etc.). D'autres espèces de légumes par contre comme la patate (*Ipomoea batatas* L.), l'épinard (*Spinacia oleracea*), le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et le taro (*Colocasia esculenta* L.) sont cultivées pour la consommation (Chweya et Eyzaguirre, 1999). En Côte d'Ivoire, les légumes-feuilles occupent une place de choix dans l'habitude alimentaire. Ils sont cultivés comme plantes maraîchères et vendus sur les marchés. La consommation de ces légumes-feuilles est liée aux différentes régions. Ainsi, sont consommés la corète potagère au Centre ; l'amarante, l'oseille de Guinée, la morelle noire et les feuilles de patate au Nord ; la célosie, l'épinard et le Caya blanc à l'Ouest. Ces légume-feuilles renferment des micronutriments (vitamines, minéraux) qui contribuent au bien-être de l'organisme (Rubaihayo, 1996). Cependant, malgré leurs multiples vertus et le grand intérêt qu'ils suscitent chez certains consommateurs, très peu de données sont disponibles sur leurs compositions physico-chimiques, nutritionnelles, antinutritionnelles et antioxydantes.

C'est dans cette optique que la présente étude a été menée et s'est fixée comme objectif général de caractériser quelques légumes-feuilles les plus consommés dans la ville de Daloa (centre-ouest de la Côte d'Ivoire) afin de

participer à la sensibilisation des consommateurs et des pouvoirs publics sur les bienfaits de la consommation de ces aliments. De façon spécifique, l'étude a consisté à :

- recenser à travers une enquête, les différentes espèces de légume-feuilles les plus consommés dans la zone d'étude ;
- déterminer quelques paramètres physico-chimiques, nutritionnels et antinutritionnels de ces légumes feuilles.

## Matériel et méthodes

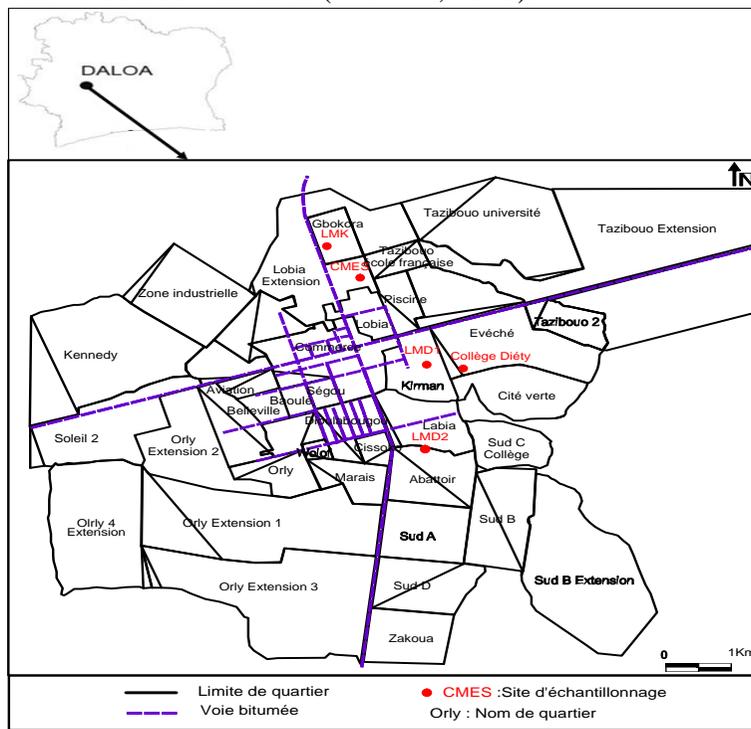
### 1. Matériel

#### 1.1. Matériel végétal

Les légumes-feuilles collectés sur les marchés de Gbeul-ville et de lobia (Daloa, Côte d'Ivoire) ont constitué le matériel végétal de cette étude.

#### 1.2. Site d'étude

La présente étude s'est déroulée dans le centre-ouest de la Côte d'Ivoire précisément à Daloa, Chef-lieu de la région du Haut-Sassandra (Figure 1). Cette ville a pour coordonnées géographiques (6°27 de longitudes Ouest et 6°54 de latitudes Nord). La superficie est de 15 200 km<sup>2</sup> avec une population de 1.430.960 habitants (BNETD, 2016).



Source : BNETD/CCT, 2016

Realisation : Awomon, 2018  
modifiée le 30 Juin 2019

Figure 1. Carte géographique de la ville de Daloa

## 2. Méthodes

### 2.1. Enquête de consommation

Elle s'est déroulée dans la ville de Daloa. L'enquête a eu pour objectif de recenser les légumes-feuilles les plus consommés par les populations (200 ménages enquêtés) réparties à travers les quartiers de la ville de Daloa (Tazibouo, soleil, Kennedy, Lobia, Belle-ville, Garage, Quartier Baoulé). De plus, le mode de consommation, de préparation et l'intérêt de leur utilisation ont été investigués. La taille des ménages enquêtés a été déterminée à partir de la formule de Vaughan et Morrow (1991) :

$$N = t^2 \times p \times (1-p) / e^2$$

**Avec :** N = taille de l'échantillon attendu ; t = niveau de confiance selon la loi normale centrée réduite (t = 1,96) ; p = proportion estimée de la population de la ville de Daloa qui consomme les légumes-feuilles ; e = marge d'erreur tolérée (5 %).

### 2.2. Collecte des échantillons de légumes-feuilles

La collecte des échantillons de légumes-feuilles s'est faite au niveau des deux (2) marchés de la ville de Daloa (Côte d'Ivoire). Les légumes-feuilles ont été prélevés tôt le matin et acheminés au laboratoire pour l'analyse des différents paramètres physico-chimiques, biochimiques, antioxydants et antinutritionnels des légumes-feuilles.

### 2.3. Préparation des échantillons pour les analyses

Les feuilles ont été lavées avec de l'eau, pesées à l'aide d'une balance électronique (Sartorius™ Entris4202I-1S, Fisher Scientific, France), puis broyées à l'aide d'un broyeur (Moulinex Mixeur Blender). Le broyat obtenu a été utilisé pour les analyses.

### 2.4. Détermination des Paramètres physico-chimiques

#### 2.4.1. Humidité et matière sèche

La détermination de l'humidité ou de la matière sèche a été réalisée par séchage à l'étuve (AOAC, 1990). Cette méthode consiste à évaporer l'eau contenue dans la matière première par séchage dans une étuve à 105 °C pendant 24 heures. Les creusets propres, sont séchés à l'étuve puis refroidis au dessiccateur. La masse du creuset vide est alors mesurée. Cinq (5) g de légumes-feuilles contenus dans le creuset sont alors placés dans une étuve à 105 ± 2 °C pendant 24 heures. L'ensemble creuset + échantillon séché est refroidi au dessiccateur pendant 30 min. Puis la masse du creuset contenant l'échantillon séché de légumes-feuilles M2 est déterminée. Le pourcentage de matière sèche est calculé selon la formule suivante :

$$\% \text{ Humidité} = \frac{M1 - M2}{Me} \times 100$$

$$\% \text{ MS} = 100 - \% \text{ Humidité}$$

**Avec :** Me : Masse (g) de l'échantillon ; M1: Masse (g) de l'ensemble (creuset + légumes-feuille) avant étuvage ; M2: Masse (g) de l'ensemble (creuset + légumes-feuille) après étuvage ; MS : Matière sèche.

## 2.4.2. Cendres

Le taux de cendre a été déterminé par la méthode AOAC (1990). Les matières minérales ou cendres sont les résidus obtenus après la destruction de la substance organique par calcination. Un creuset en silice contenant 5 g de légumes-feuilles est introduit dans un four à moufle, préalablement chauffé à  $550 \pm 15$  °C pendant 12 heures. Les cendres blanches obtenues sont refroidies avec le creuset dans un dessiccateur à la température ambiante puis le creuset est pesé après le refroidissement. Le taux de cendres est donné par la formule suivante :

$$\text{Cendres (\%)} = \frac{(M2 - M0) \times 100}{M1 - M0}$$

Avec : M0 : Masse (g) du creuset vide ; M1 : Masse (g) de l'ensemble (creuset + échantillon) avant incinération ; M2 : Masse (g) de l'ensemble (creuset + cendres) après incinération

## 2.4.3. Minéraux (Calcium et Fer)

### 2.4.3.1. Teneur en Calcium

Le dosage du calcium est effectué par la méthode titrimétrique à l'EDTA selon la Norme Française d'Août 1984 (AFNOR, 1984). Le titrage des ions calcium est effectué avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène-diamine tétra acétique (EDTA) à un pH compris entre 12 et 13. Le HSN (Helper Search Token), qui forme un complexe rouge avec le calcium, est utilisé comme indicateur. Le calcium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas lors du dosage. Lors du titrage, l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions calcium libres, puis avec les ions calcium combinés avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur bleu clair. A l'aide d'une pipette, une quantité de 50 mL de solution de cendre est introduit dans une fiole conique de 250 mL. Après ajout de 2 mL de la solution d'hydroxyde de sodium (2 N), environ 0,2 g de l'indicateur HSN (l'acide calcane carboxylique + chlorure de sodium (NaCl)) est ajouté. La solution est homogénéisée et le titrage a lieu immédiatement. La solution d'EDTA est ajoutée, tout en continuant l'agitation. Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement bleue. La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA. La teneur en Calcium de l'échantillon est donnée en mg/100 g par l'expression suivante :

Calcium (mg/100 g) =  $(C \times V_1 \times V) / (V_0 \times M \times m_e \times MS) \times 100$

$$\text{Calcium (mg/100 g)} = \frac{C \times V_1 \times V}{V_0 \times M \times m_e \times MS} \times 100$$

Avec: C : Concentration (mmol/L) de la solution d'EDTA ; V<sub>0</sub> : Volume (mL) de la prise d'essai; V<sub>1</sub> : Volume (mL) de la solution d'EDTA utilisé pour le dosage ; M : Masse

atomique relative du calcium (40,08) ; V : Volume (mL) de l'échantillon ; me : Masse (g) de l'échantillon et MS: Matière sèche.

### 2.4.3.2. Teneur en Fer

L'analyse du Fer est effectuée grâce au spectrophotomètre de marque HACH DR 3900 selon la méthode TPTZ (2, 4, 6-Tripyridyl-S-triazine). Deux (2) cuves carrées de 1 pouce sont préparées. L'une des deux cuves est la cuve réservée au blanc et l'autre cuve réservée à l'échantillon. Un volume de 10 mL d'eau déminéralisée est versé dans la cuve du blanc et 10 mL d'échantillon sont versés dans la cuve réservée à l'échantillon. Dans chaque cuve, une pochette de réactif pour le fer au TPTZ est versée et le contenu est mélangé pendant 30 secondes tout en agitant. Un temps de réaction de 3 minutes est programmé. Après l'écoulement de ce temps, la cuve du blanc est placée dans la chambre de mesure pendant quelque seconde et est retirée. La cuve réservée à l'échantillon est placée à son tour dans la chambre de mesure pendant quelques secondes et est retirée. Le résultat de la mesure s'affiche à l'écran du spectrophotomètre.

### 2.4.4. Potentiel d'hydrogène

La méthode AOAC (1990) a été utilisée dans cette détermination. Le pH de chaque d'échantillon de légumes-feuilles a été mesuré avec un pH-mètre numérique. Dix (10) g d'échantillon de légumes sont broyés dans 100 mL d'eau distillée. Le broyat est centrifugé à 3000 tours/min pendant 30 min. Le surnageant est recueilli dans un bocal, le pH est lu sur un écran digital en plongeant directement l'électrode du pH-mètre dans la solution après avoir étalonné le pH-mètre.

### 2.4.5. Acidité titrable

L'acidité titrable a été déterminée selon la méthode décrite par la norme française NF v05-101 (AFNOR, 1974). Cette mesure est réalisée par neutralisation de l'acidité libre totale avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH ; 0,1 N). L'évolution de la neutralisation est suivie à l'aide d'un indicateur coloré (phénolphthaléine). Le dosage est arrêté lorsque l'indicateur vire au rose/orangé. Cinq (5) g de l'échantillon sont broyés dans 50 mL d'eau distillée. Le broyat est centrifugé à 4000 tours/min pendant 20 min. Dix (10) mL de surnageant est recueilli dans un erlenmeyer puis 2 gouttes de phénolphthaléine sont versées dans la solution. La soude y est versée goutte à goutte jusqu'au virage rose/orangé. Le résultat est exprimé par l'équation suivante :

$$\text{Acidité (meq/100g)} = \frac{N \times V_1 \times 10^5}{m \times V_0}$$

Avec : V1: Volume de NaOH versé à l'équivalence ; V0: Volume de la prise d'essai ; m: masse de feuilles fraîches ; N : Normalité de NaOH (0,1 N).

#### 2.4.6. Degré Brix

Le degré Brix est défini comme étant la concentration en hydrates de carbone (principalement le saccharose) d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé. Pour l'analyse, quelques gouttes d'extraits de légumes-feuilles ont été déposées sur le prisme fixe d'un réfractomètre. La lecture a été effectuée par observation contre une source lumineuse.

### 2.5. Dosage des composés biochimiques (%)

#### 2.5.1. Lipides totaux

Les lipides sont extraits selon la méthode utilisant le SOXHLET (AFNOR, 1986). Les lipides totaux sont extraits par l'hexane (solvant organique) à partir du broyat de l'échantillon. Dix (10) g d'échantillon broyé ont été introduits dans une cartouche d'extraction préalablement tarée puis bouché par du coton et le tout placé dans l'extracteur de type Soxhlet. L'extraction des lipides totaux a été faite par 300 mL d'hexane pendant 7 heures à ébullition. Après, l'hexane a été évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif. Ensuite, le ballon d'extraction préalablement taré a été séché à l'étuve à 100 °C pendant 20 min et l'ensemble (huile - ballon) a été pesé. Enfin, la teneur en lipides a été déterminée par la formule mathématique suivante :

$$\text{Lipides (\%)} = \frac{(m_1 - m_0) \times 100}{m_e}$$

Avec :  $m_0$  : Masse (g) du ballon vide ;  $m_e$  : Masse (g) de l'échantillon ;  $m_1$  : Masse (g) de l'ensemble (ballon + lipides) après évaporation.

#### 2.5.2. Protéines totales

La teneur en protéines brutes est déterminée à partir de la teneur en azote selon la méthode de Kjeldahl (AOAC, 1990). Elle comprend une phase de minéralisation, suivie d'une phase de distillation et d'une phase de titrage par l'acide sulfurique en présence d'indicateur coloré. D'abord une masse de 1 g de légume est pesée dans un matras de minéralisation auquel sont ajoutés une pincée des catalyseurs (sélénium, sulfate de cuivre (CuSO<sub>4</sub>) et de sulfate de potassium (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et 20 mL d'acide sulfurique concentré). La minéralisation est effectuée à 400 °C pendant 2 heures dans un digesteur. Le minéralisât obtenu a été refroidi à la température ambiante et transvasé dans une fiole de 100 mL et complété avec l'eau distillée. Après avoir mis le distillateur en marche, 10 mL du minéralisât sont prélevés, auxquels sont ajoutés 10 mL de NaOH (40 %). Le mélange est mis dans le réservoir du distillateur. L'allonge du réfrigérant est plongée dans un bécher contenant 20 mL d'acide borique (4 %) additionnée d'indicateur mixte (rouge de méthyle + vert de bromocrésol) : la solution devient violette. La distillation est effectuée

pendant 10 minutes. A la fin de la distillation, la solution devient verte. Le taux de protéines est déterminé selon la formule suivante :

**Avec :** V0 : Volume (mL) de solution d'acide sulfurique versé pour l'essai à blanc ; V1 :

$$\text{Protéines totales (\%)} = \frac{(V1 - V0) \times 14 \times 6,25 \times N}{me} \times 100$$

Volume (mL) de solution d'acide sulfurique versé pour l'essai (échantillon) ; N : Normalité de la solution d'acide sulfurique: 0,1 ; me : Masse (g) de l'échantillon ; 6,25 : Facteur de conversion de l'azote en protéines (FAO, 1978).

### 2.5.3. Glucides

Les glucides totaux en pourcentage de masse d'échantillon frais sont obtenus par la relation suivante :

$$\text{Glucides (\%)} = 100 - [\text{protéines (\%)} + \text{lipides (\%)} + \text{humidité (\%)} + \text{cendres}]$$

### 2.5.4. Fibres brutes

La teneur en fibres est déterminée selon la méthode AOAC (1990). Deux (2) grammes de l'échantillon séché et broyé ont été homogénéisés dans 50 mL d'acide sulfurique 0,25N et porté à ébullition pendant 30 minutes et après 50 mL de soude 0,31N ont été ajoutés au mélange précédant en ébullition pendant encore 30 min. Ensuite l'extrait a été filtré à chaud sur un entonnoir muni de papier-filtre préalablement taré et sans résidu. Le résidu a été lavé trois fois avec de l'eau distillée chaude, puis séché à l'étuve à 105 °C pendant 8 heures. Le papier-filtre a été refroidi au dessiccateur et pesé. Il a été calciné à 550 °C pendant 3 heures au four à moufle. La cendre a été pesée. La teneur en fibres est donnée par la formule suivante :

$$\text{Fibres (\%)} = \frac{(m1 - m0)}{me} \times 100$$

**Avec :** m1 : Masse (g) du résidu séché ; m0 : Masse (g) des cendres obtenues ; me : Masse (g) de l'échantillon.

### 2.5.5. Valeur énergétique

La valeur énergétique a été calculée par application des coefficients thermiques d'Atwater & Rosa (1899) :

- 1 g de glucide fournit 4 Kcal ;
- 1 g de protéine fournit 4 Kcal ;
- 1 g de lipide fournit 9 Kcal.

A partir de ces données, la somme des valeurs énergétiques des éléments nutritifs est calculée pour obtenir la valeur énergétique de l'aliment considéré. Ainsi, pour 100 g d'aliment, la valeur énergétique a été exprimée comme suit:

$$\mathbf{E \text{ (Calories)} = 4 \times \% \text{ Protéine} + 4 \times \% \text{ Glucides totaux} + 9 \times \% \text{ Lipide}}$$

## 2.6. Dosage des composés antioxydants

### 2.6.1. Vitamine C

La méthode utilisée pour le dosage de la vitamine C de nos échantillons est celle décrite par pongracz et al. (1971) dont le principe est basé sur la réduction du 2,6 DCPIP (2,6 dichlorophénol-indophénol) par celle-ci. Dix (10) grammes d'échantillons sont pesés et broyés puis solubilisés dans 40 mL d'acide métaphosphorique-acide acétique (2 % ; p/v). Le mélange obtenu est centrifugé à 3000 trs/min pendant 20 min. Le surnageant est introduit dans une fiole jaugée de 50 mL et est ajusté avec de l'eau distillée bouillie et refroidie à l'abri de l'air. Une prise d'essai de 10 mL est introduite dans un erlenmeyer puis titrée avec le 2,6 DCPIP à 0,5 g/L jusqu'au virage au rose persistant. La solution de 2,6 DCPIP est préalablement étalonnée avec une solution de vitamine C pure à 0,5 g/L. La teneur en vitamine C de l'échantillon est donnée en pourcentage par l'expression suivante :

$$\mathbf{Vitamine\ C\ (\%)\ =\ \frac{(0,5 \times V \times 10^{-3}) \times 5 \times 100}{m_e}}$$

Avec : V : Volume (mL) de 2,6 DCPIP versé à l'équivalence ;  $m_e$  : masse (g) de l'échantillon de feuilles fraîches.

### 2.6.2. Phénols totaux

La méthode de Singleton et al. (1999), utilisant le Folin-ciocalteu, a permis de doser les phénols totaux. Le réactif est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique (H3PW12O40) et d'acide phosphomolybdique (H3PMo12O40). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. La coloration produite est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux. Un (1) mL d'extrait méthanolique est introduit dans un tube à essai. Au contenu du tube, est ajouté 1 mL de réactif de Folin-ciocalteu. Le tube est laissé au repos pendant 3 min puis 1 mL de solution de carbonate de sodium à 20 % (p/v) y est ajouté. Le contenu du tube est complété à 10 mL avec de l'eau distillée. Le tube est placé à l'obscurité pendant 30 min et la lecture de la DO est effectuée à 725 nm contre un blanc. Une gamme étalon établie à partir d'une solution mère d'acide gallique (1 mg/mL) dans les mêmes conditions que l'essai a permis de déterminer la quantité de phénols de l'échantillon.

### 2.6.3. Flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été effectué suivant la méthode décrite par Meda et al. (2005). Selon le principe, les flavonoïdes réagissent avec le chlorure d'aluminium en présence d'acétate de potassium pour donner un complexe de couleur jaune dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présente dans le milieu. Un volume de 0,5 mL d'extrait méthanolique est introduit dans un tube à essai. Au contenu du tube sont ajoutés successivement 0,5 mL d'eau distillée, 0,5 mL de chlorure d'aluminium à 10 % (p/v), 0,5 mL d'acétate de potassium à 1 M et 2 mL d'eau distillée. Le tube est laissé au repos pendant 30 min à l'obscurité et la densité optique (DO) est lue à 415 nm contre un blanc. Une gamme étalon établie à partir d'une solution mère de quercétine (0,1 mg/mL) dans les mêmes conditions que l'essai a permis de déterminer la quantité de flavonoïdes de l'échantillon.

## 2.7. Dosage des composés antinutritionnels

### 2.7.1. Phytates

Le dosage des phytates a été effectué selon la méthode de Latta & Eskin (1980) utilisant le réactif de Wade. Pour ce faire, un (1) g d'échantillon séché et broyé puis homogénéisé dans 20 mL de HCl (0,65 N) sous agitation, pendant 12 h à température ambiante. Après centrifugation du mélange à 12000 tours/min pendant 40 min, 5 mL du surnageant a été prélevé puis ajouté à 3 mL de réactif de Wade. Ensuite, laisser au repos pendant 15 min et lire la DO au spectrophotomètre à 490 nm contre le témoin. Réaliser enfin, une gamme d'étalonnage avec le phytate de sodium à 10 µg/mL

$$\text{Phytates (mg/100 g)} = \frac{DO_{490} \times 4}{0,033 \times m_e}$$

Avec:  $m_e$  : masse (g) de l'échantillon ; 0,033 : pente de la droite d'étalonnage ; 4 : facteur de dilution.

### 2.7.2. Oxalates

La méthode utilisée pour le dosage de l'oxalate dans les échantillons de légumes-feuilles est celle décrite par Day & Underwood (1986). Pour ce faire, un (1) g de poudre de légumes-feuilles est homogénéisé dans 15 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (3M) sous agitation magnétique pendant 1 h. Le mélange obtenu est filtré sur papier filtre Whatman. Le filtrat est titré à chaud avec une solution de KMnO<sub>4</sub> (0,05 M) jusqu'au virage au rose persistant. La teneur en oxalates de l'échantillon est donnée en mg/100 g par l'expression suivante:

$$\text{Oxalates (mg/100 g)} = \frac{1,1 \times V_{\text{eq}} \times 100}{m_e \times \text{MS}}$$

Avec :  $V_{\text{eq}}$  : Volume (mL) de  $\text{KMnO}_4$  versé à l'équivalence ;  $m_e$  : Masse (g) de l'échantillon ; MS : Matière sèche.

## 2.8. Analyse statistique

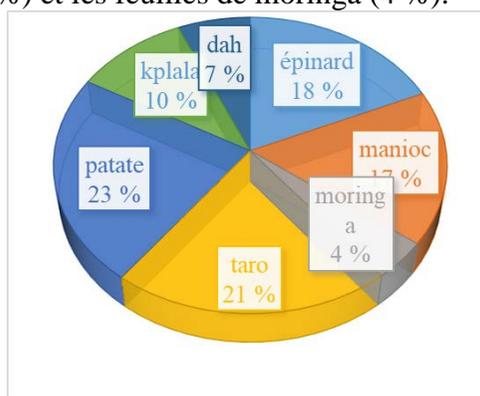
Toutes les mesures ont été effectuées en triple et les moyennes des données ont été analysées statistiquement en utilisant le logiciel STATISTICA 7.1. L'analyse de la variance à un facteur (ANOVA) a été effectuée pour comparer les moyennes. Les différences ont été considérées significatives pour les valeurs de  $p \leq 0,05$ . Pour séparer les différentes moyennes des échantillons, des tests de comparaison multiples (Tukey HSD) ont été réalisés.

## Résultats Et Discussion

### 1. Résultats

#### 1.1. Enquête de consommation

Une diversité de légumes-feuilles a été recensée dans la localité de Daloa (Figure 2). Les plus consommés ont été : les feuilles de patate douce (23 %), les feuilles de taro (21 %), les feuilles de épinard (18 %), les feuilles de manioc (17 %), les feuilles de kplala (corète potagère) (10 %), les feuilles de dah (roselle) (7 %) et les feuilles de moringa (4 %).



**Figure 2:** Quelques légumes-feuilles les plus consommés dans la ville de Daloa (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire)

Les résultats des enquêtes ont également montré que 100 % des ménages connaissent les légumes-feuilles. Ceux-ci sont consommés cuits. De plus, 98 % des ménages les apprécient comme étant bon pour la santé (Tableau I).

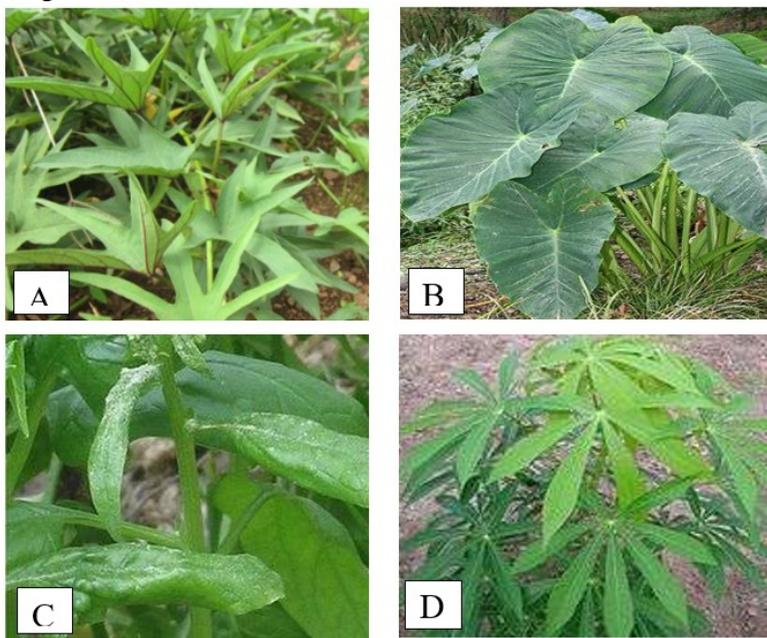
Au niveau du mode de préparation, les résultats ont montré que 80 % des ménages les consomment sous forme de sauce et 20 % en pâte. Pour l'obtention de ces légumes, les résultats ont révélé que 36 % des ménages

enquêtés les obtiennent par achat et 64 % des ménages les cultivent. Au niveau de la fréquence de consommation, 53 % des familles enquêtées les consomment 1 à 2 fois/mois, 36 % les consomment 3 à 4 fois/mois et 11 % les consomment plus de 4 fois/mois. Par ailleurs, pour 70 % des ménages enquêtés ces légumes apportent du sang et pour 30 % des ménages, ils apportent de la vitamine (Tableau I).

**Tableau I.** Connaissance, consommation, mode de consommation et de préparation, fréquence de consommation, appréciation du légume, obtention du légume, apport du légume et conservation

Variable	Pourcentage de ménages enquêtés (%)	
	Connaissance du légume	
Oui	100	
Non		0
<b>Consommation du légume</b>		
Oui	100	
<b>Mode de consommation</b>		
Frais	0	
Cuit	100	
<b>Mode de préparation</b>		
Sauce	80	
Pate	20	
<b>Fréquence de consommation</b>		
1 à 2 fois/mois	53	
3 à 4 fois/mois	36	
Plus 4 fois/mois	11	
<b>Appréciation du légume</b>		
Bon	98	
Moins bon	2	
Pas bon	0	
<b>Obtention du légume</b>		
Achat	36	
Culture	64	
<b>Apport du légume</b>		
Médicinale	70	
Alimentaire	30	
<b>Conservation</b>		
Réfrigérateur	27	
Endroit frais et aéré	73	

Aussi selon les résultats de l'enquête, les quatre légumes-feuilles les plus consommées sont les feuilles de patate douce, de taro, d'épinard et de manioc (Figure 3).



**Figure 3.** Les quatre légumes-feuilles les plus consommés à Daloa (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire) *A : Ipomoea batatas L. B : Colocasia esculenta L. C : Spinacia oleracea L. D : Manihot esculenta Crantz.*

## 1.2. Paramètres physico-chimiques des légumes-feuilles

L'analyse statistique a montré une différence significative ( $p \leq 0,05$ ) au niveau du pH. Selon le test HSD de Tukey, les légumes-feuilles de taro, épinard, patate et manioc de pH respectif  $6,67 \pm 0,01$  ;  $6,22 \pm 0,02$  ;  $6,56 \pm 0,02$  et  $6,37 \pm 0,01$  sont statistiquement différents (Tableau II). Le taro présente le pH le plus élevé ( $6,67 \pm 0,01$ ) et l'épinard, la valeur la plus faible ( $6,22 \pm 0,02$ ).

L'acidité de ces quatre légumes-feuilles (taro, épinard, patate et manioc) de teneur respective de  $46,67 \pm 11,55$  meq/100 g ;  $60,00 \pm 0,00$  meq/100 g ;  $46,67 \pm 11,55$  meq/100 g et  $53,33 \pm 11,55$  meq/100 g est statistiquement identique ( $p \geq 0,05$ ) (Tableau II).

Par ailleurs, l'analyse statistique a montré une différence significative ( $p \leq 0,05$ ) au niveau du taux d'humidité. Les légumes-feuilles de taro, épinard, patate et manioc de teneurs respectives  $87,88 \pm 0,32$  % ;  $93,75 \pm 0,12$  % ;  $86,42 \pm 0,26$  % et  $78,02 \pm 0,25$  % sont statistiquement différents (Tableau II). L'épinard présente le taux d'humidité le plus élevé ( $93,75 \pm 0,12$  %) pendant que le manioc enregistre le taux le plus faible ( $78,02 \pm 0,25$  %).

Le taux de cendres a été analysé. L'analyse statistique a montré une différence significative ( $p \leq 0,05$ ). Selon le test HSD de Tukey, les légumes-feuilles de taro, épinard, patate et manioc de teneurs respectives  $0,91 \pm 0,01$  % ;  $0,79 \pm 0,01$  % ;  $0,89 \pm 0,01$  % et  $0,95 \pm 0,01$  % sont statistiquement différents (Tableau II). Toutefois, les feuilles de taro et patate ont enregistré des teneurs statistiquement identiques. Le manioc présente le taux de cendre le plus élevé ( $0,95 \pm 0,01$  %) et l'épinard le taux le plus faible ( $0,79 \pm 0,01$  %). Concernant le degré Brix, l'analyse statistique a montré une différence significative ( $p \leq 0,05$ ). Les degrés Brix des feuilles de taro, épinard, patate et manioc de valeur respective  $3,23 \pm 0,25$  °Brix ;  $3,16 \pm 0,29$  °Brix ;  $2,16 \pm 0,47$  °Brix et  $7,00 \pm 0,00$  °Brix sont statistiquement différents. Néanmoins, Les feuilles de taro et épinard ont des valeurs statistiquement identiques.

**Tableau II** : Paramètres physico-chimiques des légumes-feuilles.

Paramètres physico-chimiques					
Légumes-feuilles	pH	Acidité (meq/100 g)	Humidité (%)	Cendres (%)	Degré Brix
Taro	$6,67 \pm 0,01^a$	$46,67 \pm 11,55^a$	$87,88 \pm 0,32^a$	$0,91 \pm 0,01^a$	$3,23 \pm 0,25^a$
Epinaard	$6,22 \pm 0,02^b$	$60,00 \pm 0,00^a$	$93,75 \pm 0,12^b$	$0,79 \pm 0,01^b$	$3,16 \pm 0,29^a$
Patate	$6,56 \pm 0,02^c$	$46,67 \pm 11,55^a$	$86,42 \pm 0,26^c$	$0,89 \pm 0,01^a$	$2,16 \pm 0,47^b$
Manioc	$6,37 \pm 0,01^d$	$53,33 \pm 11,55^a$	$78,02 \pm 0,25^d$	$0,95 \pm 0,01^c$	$7,00 \pm 0,00^c$

*Les valeurs avec les lettres alphabétiques dans la même colonne sont statistiquement identiques au seuil de 5 % selon le test HSD de Tukey*

### 1.3. Paramètres biochimiques des légumes-feuilles

L'analyse statistique a montré une différence significative ( $p \leq 0,05$ ) au niveau des teneurs en lipides des échantillons analysés. Selon le test HSD de Tukey, les feuilles de taro, épinard, patate et manioc de teneurs respectives  $0,62 \pm 0,04$  % ;  $0,29 \pm 0,02$  % ;  $0,46 \pm 0,01$  % et  $0,69 \pm 0,04$  % sont statistiquement différents (Tableau III). Toutefois, les légumes-feuilles de patate et manioc de teneurs respectives  $0,46 \pm 0,01$  % et  $0,69 \pm 0,04$  % sont statistiquement identiques. Le manioc a présenté la teneur la plus élevée ( $0,69 \pm 0,04$  %) et l'épinard, la teneur la plus faible ( $0,29 \pm 0,02$  %) (Tableau III). Tout comme les lipides, la teneur en protéines des légumes-feuilles étudiés diffère significativement ( $p \leq 0,05$ ). Pendant que le manioc a présenté la valeur la plus élevée ( $5,22 \pm 0,18$  %), l'épinard a enregistré, la plus faible ( $1,82 \pm 0,12$  %).

Par ailleurs, l'analyse statistique a révélé une différence significative ( $p \leq 0,05$ ) au niveau des teneurs en glucides des échantillons analysés. Ainsi, les feuilles de taro, épinard, patate et manioc avec des teneurs respectives

82,47 ± 0,46 % ; 90,85 ± 0,12 %; 82,45 ± 0,26 % et 71,26 ± 0,25 % sont statistiquement différents (Tableau III). De plus, les feuilles de taro et de patate de teneurs respectives 82,67 ± 0,46 % ; 82,45 ± 0,26 % sont statistiquement identiques. La teneur la plus élevée a été enregistrée au niveau de l'épinard (90,85 ± 0,12 %) pendant que la plus faible valeur a été obtenue au niveau des feuilles de manioc (71,26 ± 0,25 %).

La valeur énergétique des légumes-feuilles a varié entre 311,75 ± 0,52 (manioc) et 373,30 ± 0,43 Cal (épinard). Cette variation a été considérée significative par l'analyse statistique. Par ailleurs, la teneur en fibres varie significativement ( $p \leq 0,05$ ) d'un légume-feuille à un autre (Tableau III). Le manioc a présenté la valeur la plus élevée (10,00 ± 0,14 %) et l'épinard présente la plus faible (0,55 ± 0,07 %).

Tout comme les autres paramètres, l'analyse statistique a montré une différence significative ( $p \leq 0,05$ ) au niveau des minéraux (Calcium et Fer). Les feuilles de taro, épinard, patate et manioc de teneurs respectives en calcium 196,38 ± 1,30 mg/100 g ; 111,02 ± 0,29 mg/100 g ; 120,39 ± 0,60 mg/100 g et 246,28 ± 0,67 mg/100 g, en Fer 15,07 ± 0,24 mg/100 g ; 19,37 ± 0,65 mg/100 g ; 27,17 ± 0,48 mg/100 g et 40,06 ± 0,07 mg/100 g sont statistiquement différents (Tableau III). Le manioc a présenté la teneur la plus élevée en calcium et en fer pendant que l'épinard et le taro présentent respectivement les teneurs les plus faibles en calcium et en fer.

**Tableau III.** Paramètres biochimiques des légumes-feuilles

Légumes -feuilles	Paramètres biochimiques						
	Lipide s (%)	Protéine s (%)	Glucide s (%)	Fibre s (%)	Calcium m (mg/100 g)	Fer (mg/10 0 g)	V E (cal)
<b>Taro</b>	0,62 ± 0,04 <sup>c</sup>	3,35 ± 0,13 <sup>a</sup>	82,67 ± 0,46 <sup>a</sup>	6,50 ± 0,00 <sup>a</sup>	196,38 ± 1,30 <sup>a</sup>	15,07 ± 0,24 <sup>a</sup>	349,6 9 ± 2,65 <sup>a</sup>
<b>Epinard</b>	0,29 ± 0,02 <sup>b</sup>	1,82 ± 0,12 <sup>b</sup>	90,85 ± 0,12 <sup>c</sup>	0,55 ± 0,07 <sup>b</sup>	111,02 ± 0,29 <sup>b</sup>	19,37 ± 0,65 <sup>b</sup>	373,30 ± 0,43 <sup>b</sup>
<b>Patate</b>	0,46 ± 0,01 <sup>a</sup>	2,73 ± 0,11 <sup>c</sup>	82,45 ± 0,26 <sup>a</sup>	4,00 ± 0,14 <sup>c</sup>	120,39 ± 0,60 <sup>c</sup>	27,17 ± 0,48 <sup>c</sup>	344,8 4 ± 0,92 <sup>c</sup>
<b>Manioc</b>	0,69 ± 0,04 <sup>a</sup>	5,22 ± 0,18	71,16 ± 0,25 <sup>b</sup>	10,00 ± 0,14 <sup>d</sup>	246,28 ± 0,67 <sup>d</sup>	40,06 ± 0,07	311,75 ± 0,52 <sup>d</sup>

*Les valeurs avec les lettres alphabétiques dans la même colonne sont statistiquement identiques au seuil de 5 % selon le test HSD de Tukey*

#### 1.4. Paramètres antioxydants des légumes-feuilles

Les feuilles de taro, épinard, patate et manioc n'ont pas les mêmes taux de vitamine C (Tableau IV). Le taro et la patate avec des teneurs respectives de  $22,92 \pm 0,72$  mg/100 g et  $24,58 \pm 0,72$  mg/100 g sont statistiquement identiques. En outre, le manioc a présenté une teneur élevée en vitamine C ( $40,83 \pm 0,72$  mg/100 g) et le taro, la plus faible teneur ( $22,92 \pm 0,72$  mg/100 g) (Tableau IV).

De même que la teneur en vitamine C, l'analyse statistique a montré une différence significative ( $p \leq 0,05$ ) au niveau de la teneur en polyphénols des légumes-feuilles analysés (Tableau IV). Le manioc a présenté la teneur la plus élevée ( $195,34 \pm 0,96$  mg/100 g) pendant que l'épinard, la valeur la plus faible ( $107,28 \pm 0,74$  mg/100 g).

Au niveau de la teneur en flavonoïdes des légumes-feuilles, des teneurs de  $5,66 \pm 0,24$  mg/100 g ;  $2,38 \pm 0,32$  mg/100 g ;  $5,89 \pm 0,05$  mg/100 g et  $7,73 \pm 0,20$  mg/100 g ont été obtenues respectivement pour le taro, l'épinard, la patate et le manioc. L'analyse statistique a révélé une différence significative ( $p \leq 0,05$ ) entre ces teneurs. Ainsi, le manioc présente la teneur la plus élevée ( $7,73 \pm 0,20$  mg/100 g). Les feuilles de taro ( $5,66 \pm 0,24$  mg/100 g) et de patate ( $5,89 \pm 0,05$  mg/100 g) ont des teneurs statistiquement identiques pendant que l'épinard a la valeur la plus faible ( $2,38 \pm 0,32$  mg/100 g).

**Tableau IV** : Paramètres antioxydants des légumes-feuilles.

Paramètres antioxydants			
Légumes-feuilles	Vitamines C	Polyphénols	Flavonoïdes
Taro	$22,92 \pm 0,72^a$	$150,64 \pm 0,71^a$	$5,66 \pm 0,24^a$
Epinard	$24,58 \pm 0,72^a$	$107,28 \pm 0,74^b$	$2,38 \pm 0,32^b$
Patate	$30,00 \pm 1,25^b$	$167,59 \pm 1,11^c$	$5,89 \pm 0,05^a$
Manioc	$40,83 \pm 0,72^c$	$195,34 \pm 0,96^d$	$7,73 \pm 0,20^c$

*Les valeurs avec les lettres alphabétiques dans la même colonne sont statistiquement identiques au seuil de 5 % selon le test HSD de Tukey*

#### 1.5. Paramètres antinutritionnels des légumes-feuilles

L'analyse statistique a montré une différence significative ( $p \leq 0,05$ ) au niveau de la teneur en oxalate. Les légumes-feuilles (taro, épinard, patate et manioc) de teneurs respectives  $64,75 \pm 0,52$  mg/100 g ;  $44,20 \pm 1,27$  mg/100 g ;  $51,38 \pm 0,85$  mg/100 g et  $64,39 \pm 0,85$  mg/100 g sont statistiquement différents (Tableau V). Néanmoins, les légumes-feuilles (taro et manioc) de teneurs respectives  $64,75 \pm 0,52$  et  $64,39 \pm 0,85$  sont statistiquement

identiques. Le taro a présenté la teneur en oxalate la plus élevée ( $64,75 \pm 0,52$  mg/100 g) et l'épinard, la plus faible ( $44,20 \pm 1,27$  mg/100 g).

Concernant la teneur en phytates, des différences significatives ont été révélées entre les légumes-feuilles étudiés. Les teneurs pour le taro, l'épinard, la patate et le manioc sont respectivement  $61,57 \pm 0,89$  mg/100 g ;  $65,75 \pm 0,65$  mg/100 g ;  $48,65 \pm 0,87$  mg/100 g et  $53,87 \pm 0,43$  mg/100 g (Tableau V) sont statistiquement différents selon le test HSD de Tukey (Tableau V). L'épinard a enregistré la teneur la plus élevée ( $65,75 \pm 0,65$  mg/100 g) à l'opposé la patate ( $48,65 \pm 0,87$  mg/100 g) la teneur la plus faible.

Tout comme les teneurs en oxalates et les phytates, les rapports oxalates/calcium et phytates/fer varient significativement ( $p \leq 0,05$ ) d'un légume-feuille à un autre (Tableau V). Le rapport oxalates/calcium a oscillé entre  $0,26 \pm 0,00$  et ;  $0,43 \pm 0,01$  pendant que celui du phytates/fer a oscillé entre  $1,44 \pm 0,01$  et  $4,08 \pm 0,12$ . En outre, les rapports les plus élevés ont été enregistrés au niveau des feuilles de patate ( $0,43 \pm 0,01$ ) et de taro ( $4,08 \pm 0,12$ ) respectivement pour oxalates/calcium et phytates/fer. Les feuilles de manioc ont présenté les valeurs les plus faible pour les rapports oxalates/calcium ( $0,26 \pm 0,00$ ) et phytates/fer ( $1,44 \pm 0,01$ ).

Paramètres antinutritionnels				
Légumes- feuilles	Oxalates (mg/100 g)	Phytates (mg/100 g)	Oxalates / Calcium	Phytates / Fer
Taro	$64,75 \pm 0,52^a$	$61,57 \pm 0,89^a$	$0,33 \pm 0,00^a$	$4,08 \pm 0,12^a$
Epinard	$44,20 \pm 1,27^b$	$65,75 \pm 0,65^b$	$0,4 \pm 0,01^b$	$3,40 \pm 0,09^b$
Patate	$51,38 \pm 0,85^c$	$48,65 \pm 0,87^c$	$0,43 \pm 0,01^c$	$1,79 \pm 0,01^c$
Manioc	$64,39 \pm 0,85^a$	$53,87 \pm 0,43^d$	$0,26 \pm 0,00^d$	$1,44 \pm 0,01^d$

Tableau V. Paramètres antinutritionnels des légumes-feuilles

*Les valeurs avec les lettres alphabétiques dans la même colonne sont statistiquement identiques au seuil de 5 % selon le test HSD de Tukey*

## Discussion

En Afrique, diverses plantes sont connues tant pour leurs propriétés médicinales qu'alimentaires. Les résultats de nos enquêtes ont montré que 100 % des familles connaissent les légumes-feuilles. La diversité et la connaissance des légumes-feuilles sont liées à la demande des

consommateurs, et, en particulier, à la grande diversité des communautés culturelles (Dongmo et al., 2005).

La cueillette et le maraîchage sont les deux principales sources d'approvisionnement en légumes-feuilles, avec une prédominance pour le maraîchage. Plus de 64 % de familles enquêtées dans cette localité obtiennent les légumes-feuilles par culture. A Lomé (Togo) aussi, Kanda et al. (2009) ont observé que la source principale de légumes-feuilles est le maraîchage. Selon ces auteurs, ce type d'approvisionnement permet de maintenir la diversité des légumes-feuilles.

La fréquence de consommation moyenne des légumes-feuilles par mois par individu, dans cette zone d'étude, est de trois à quatre fois. Cette fréquence de consommation est inférieure à la fréquence de consommation observée par Konan et al. (2015) qui ont montré que la fréquence de consommation des légumes-feuilles par mois par individu à Abidjan et à Bouaké était de cinq fois contre 10 fois à Korhogo.

D'autres facteurs pouvant influencer la consommation des légumes-feuilles sont leur disponibilité, leur goût et la facilité de cuisson (Dansil et al., 2008). Toutes les familles enquêtées consomment ces légumes-feuilles préparés à l'état cuit sous forme de sauce et pâte. Au Bénin par contre, une étude de Agbankpé et al. (2014) a montré que les légumes-feuilles sont préparés à l'état frais ou séchés (poudres) puis consommés comme légume d'accompagnement (sauce) ou utilisés comme tisane.

Certains légumes-feuilles sauvages possèdent des propriétés médicinales et ne sont consommées que pour soigner diverses maladies telles que le paludisme, les parasites intestinaux, les infections (Chweya et Eyzaguire, 1999). Les résultats de nos enquêtes ont montré que 70 % de la population utilisent les légumes-feuilles à des fins médicinales.

L'analyse physico-chimique des différents légumes-feuilles a révélé une grande variabilité pour la plupart des paramètres étudiés. En ce qui concerne le pH, il détermine l'acidité. Ses valeurs obtenues varient de  $6,22 \pm 0,02$  à  $6,67 \pm 0,01$ . Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Suthep et al. (2016) dans la laitue (légume à feuilles vertes) ( $6,64 \pm 0,78$  à  $6,89 \pm 0,98$ ).

Au niveau du taux d'humidité, l'analyse statistique montre que les teneurs des légumes-feuilles varient entre  $78,02 \pm 0,25$  et  $93,75 \pm 0,12$  %. Dorosz (1999) a trouvé des valeurs qui variaient entre 70 à 90 % dans les légumes-feuilles. Ces valeurs correspondent à celles trouvées dans la présente étude. Le taux d'humidité élevé de ces produits indique que les quatre variétés de feuilles sont des denrées périssables.

Les cendres représentent environ 1 à 5 % de la masse d'un aliment sur une base humide. Les résultats de la présente étude ( $0,79 \pm 0,01$  à  $0,95 \pm 0,01$  %) sont inférieurs à ceux de Prisararu et al. (2017) qui ont trouvé comme teneur en cendre 2,82 % lors de l'estimation des niveaux de métaux lourds

dans les légumes à feuilles vertes. Ils sont également inférieurs à ceux de Gwarzo (2012) qui a trouvé une teneur en cendre de  $4,72 \pm 0,27$  % au Nigéria lors d'une étude sur la détermination de la teneur en iode de certaines substances couramment utilisées comme légumes-feuilles.

Les différents légumes-feuilles ont un degré Brix variant de  $2,16 \pm 0,47$  à  $7,00 \pm 0,00$  °Brix. Ces valeurs sont inférieures à celle du Codex Alimentarius (2005) ( $20$  à  $55$  °Brix) pour les légumes servant de sauce.

Par ailleurs, les légumes-feuilles de la ville de Daloa sont très pauvres en lipides ( $0,29 \pm 0,02$  à  $0,69 \pm 0,04$  %). Ces valeurs sont inférieures à celles rapportées par Moussa et al. (2007) dans les légumes-feuilles ( $0,2$  à  $1$  mg/100 g).

Les protéines sont des nutriments pouvant renouveler les cellules et sont nécessaires à la croissance des enfants. Les teneurs en protéine comprises entre  $1,82 \pm 0,12$  et  $5,22 \pm 0,18$  % sont inférieures à celles obtenues par Moussa et al. (2007) (*Manihot esculenta* Crantz = 7 % ; *Moringa oleifera* L. = 8,1 %) et Mbemba et al. (2013) (*Cuervea integrifolia* A. = 9,56 %).

Les teneurs en glucides des légumes-feuilles sont comprises entre  $71,16 \pm 0,25$  et  $90,85 \pm 0,12$  %. Ces glucides sont principalement concentrés sous forme d'amidon (FAO, 1997). Les feuilles riches en glucides et protéines, constituent des sources d'énergie.

Les minéraux sont des composants importants du régime alimentaire humain, car ils servent de cofacteurs à de nombreux processus physiologiques et métaboliques. Les analyses des paramètres ont montré que les teneurs en minéraux diffèrent les unes des autres dans cette étude. Le fer est nécessaire à la production d'hémoglobine et au transport de l'oxygène des poumons au travers des vaisseaux sanguins (Nelson & Cox, 2005). Les teneurs en fer des légumes-feuilles analysés comprises entre  $15,07 \pm 0,24$  et  $40,06 \pm 0,07$  mg/100 g sont similaires à celles trouvées dans les légumes-feuilles ( $09$  à  $56$  mg/100 g de MS) par Anin et al. (2012). Les légumes-feuilles constituent une bonne source de fer qui pourrait aider au recouvrement d'un problème nutritionnel comme l'anémie et d'autres déficiences en micronutriments (Nangula et al., 2010). Par ailleurs, le calcium a un effet sur la santé des os en termes de protection (Park & Weaver, 2012). Il est un facteur majeur

dans l'ossification, joue un rôle dans la contraction musculaire, et l'absorption de la vitamine B12 (Mensah et al., 2008). Les teneurs en calcium comprises entre  $111,02 \pm 0,29$  et  $246,28 \pm 0,67$  mg/100 g sont inférieures à celles trouvées dans les légumes-feuilles par Odhav et al. (2007) ( $2067$  à  $2363$  mg/100 g). Les légumes-feuilles de la ville de Daloa ont des teneurs faibles en calcium. Cela pourrait être lié à l'origine diverse (champs, autres sites maraîchers et jardins) des légumes-feuilles (Agbo et al., 2009).

Les légumes-feuilles renferment des fibres ( $0,55 \pm 0,07$  à  $10,00 \pm 0,14$  %). Il est admis que les fibres interviennent notablement dans le transit intestinal. La consommation des légumes-feuilles présente donc un intérêt.

Les valeurs énergétiques des différents légumes-feuilles comprises entre  $311,75 \pm 0,52$  et  $373,30 \pm 0,43$  Cal sont inférieures à celles de Moussa et al. (2007) ( $57$  à  $110,2$  kcal).

Dans les légumes-feuilles analysés, il a été noté la présence des polyphénols, des flavonoïdes, de vitamines C, des oxalates, des phytates. Les cinq groupes chimiques identifiés jouent des rôles importants dans l'organisme tant humain qu'animal et permettent d'expliquer certaines propriétés curatives que les tradipraticiens prêtent aux feuilles des légumes. Les teneurs en polyphénols des feuilles de taro, épinard, patate et manioc sont respectivement de  $150,64 \pm 0,71$  mg/100 g ;  $107,28 \pm 0,74$  mg/100 g ;  $167,59 \pm 1,11$  mg/100 g et  $195,34 \pm 0,96$  mg/100 g. La teneur en polyphénols des feuilles analysés est supérieure à celle trouvée par Jabbari et al. (2007) dans l'épinard ( $60,69$  à  $98,82$  mg/100 g). Ces polyphénols constituent une famille de molécules organiques largement présente dans le règne végétal. Ils prennent une importance croissante, notamment grâce à leurs effets bénéfiques sur la santé (Stanley et al., 2003). En effet, leur rôle d'antioxydants naturels suscite de plus en plus d'intérêt pour la prévention et le traitement du cancer (Chen et al., 2004), des maladies inflammatoires (Laughton et al., 1991), cardiovasculaires (Frankel et al., 1993) et neurodégénératives (Orgogozo et al., 1997).

Quant aux flavonoïdes, ils sont des diphenols possédant des propriétés vitaminiques et ayant une action antioxydante en captant les radicaux libres engendrés par exemple par l'inflammation, l'hypoxie et les irradiations (Harper et al., 1982). Leur teneur dans les légumes-feuilles varie significativement d'un type à un autre. Dans la présente étude, le manioc a enregistré la teneur la plus élevée ( $7,73 \pm 0,20$  mg/100 g) et l'épinard a présenté la plus faible ( $2,38 \pm 0,32$  mg/100 g). Selon Harbone & Williams (2000), les flavonoïdes ont des activités antivirales, antibactériennes, antifongiques, anti-inflammatoires, antiallergiques et antitumorales.

Les teneurs en vitamines C de nos légumes-feuilles sont de  $22,92 \pm 0,72$  à  $40,83 \pm 0,72$  mg/100 g. Ces valeurs se rapprochent de celles trouvées par Soro et al. (2012) ( $15,55$  à  $42,22$  mg/100 g). Les richesses des légumes-feuilles en vitamines C correspondent à des enjeux de santé particulièrement significatifs dans les pays où l'on constate de nombreux cas d'anémie causés par le paludisme, et de déficience immunitaire.

A l'exception de la patate ( $51,38 \pm 0,85$  mg/100 g) (même teneur en oxalate que la morelle), les valeurs en acide oxalique des feuilles de taro, épinard et manioc analysés ( $64,75 \pm 0,52$  mg/100 g ;  $44,20 \pm 1,27$  mg/100 g ; et  $64,39 \pm 0,85$  mg/100 g) sont supérieures à celles de Sheela et al. (2004)

(célésie = 24,33 mg/100 g, morelle = 50,62 mg/100 g). Sachant que l'acide oxalique est un antagoniste de l'utilisation du calcium, le rapport oxalate/calcium a été déterminé dans la présente étude. Dans les légumes-feuilles analysés, le rapport oxalates/calcium ( $0,26 \pm 0,00$  à  $0,43 \pm 0,01$ ) est inférieur à 2,25 (Tchiegang & Kitikil, 2004). Ce faible taux permet de limiter le risque d'absorption (Betsche & Fretzdorff, 2005).

Les teneurs en phytates que présentent les différentes feuilles analysées sont inférieures à celles de Elke & Zannini (2013) dans le sarrasin (*Fagopyrum esculentum* Moench) (1000 mg/100 g). Par ailleurs, la biodisponibilité du fer peut être estimée par son rapport molaire avec les phytates. En effet, des études ont montré que l'acide phytique est le principal agent chélateur réduisant la biodisponibilité des cations divalents (Weaver & Kannan, 2002). Les différents légumes-feuilles de taro, épinard, patate et manioc ont un ratio variant de  $1,44 \pm 0,01$  à  $4,08 \pm 0,12$ . Ces valeurs sont inférieures à celles déterminées par Saha et al. (1994) dans les régimes à base de farine de blé (10 à 14). La présence donc des phytates, chélateurs des minéraux divalents diminuent leur biodisponibilité.

## Conclusion

L'objectif du présent travail était de caractériser les légumes-feuilles les plus consommés dans le centre-ouest de la Côte d'Ivoire (Daloa). Les résultats des enquêtes ont montré que cette localité renferme une multitude de légumes-feuilles. Les plus consommés de ces légumes-feuilles ont été : le taro, l'épinard, la patate et le manioc. Quatre (04) groupes de paramètres ont été évalués dans ces feuilles. Il s'agit des paramètres physico-chimiques (pH, acidité, humidité et degré Brix), des composés biochimiques (fibres, lipides, protéines, glucides totaux, valeur énergétique, fer et calcium), des composés antioxydants (vitamine C, flavonoïde et polyphénols totaux) et des composés antinutritionnels (oxalates et phytates). L'exemple des quatre (4) espèces analysées montre l'importance des légumes dans l'alimentation humaine. La proportion des fibres justifie leur importance dans le transit intestinal. Dans ces légumes, la présence des antioxydants est capable de contrer l'action néfaste des oxydants comme les radicaux libres. Ces légumes-feuilles constituent également une source de Fer pour l'organisme. Pour les nombreux effets bénéfiques, il importe d'intégrer certains légumes-feuilles sauvages ou mi-sauvages dans des vrais systèmes agraires.

## References:

1. AFNOR (1986). Recueil de normes françaises. Contrôle de la qualité des produits laitiers. Afnor, Paris-la-Défense.
2. AFNOR (1984). Essais des eaux - Détermination de la concentration totale en calcium et

3. magnésium - Méthode titrimétrique à l'EDTA (NF T90-003).
4. AFNOR (1974). Produits dérivés des fruits et légumes - Détermination de l'acidité titrable. NF V05-101 ; 4 P.
5. Agbankpé A. J., Dougnon T. V., Bankole H. S., Yèhouéno B., Yedomonhan H., Legonou M. & Dougnon T. J. (2014). Etude ethnobotanique des légumes feuilles thérapeutiques utilisés dans le traitement des diarrhées au sud-Bénin (Afrique de l'Ouest). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(4) : 1784-1795
6. Agbo E., Kouamé C., Mahyao A., N'Zi J. C. & Fondio L. (2009). Nutritional importance of Indigenous Leafy Vegetables in Côte d'Ivoire. *Acta Hort.* 806, ISHS, 1 : 361-366.
7. Almekinders C. & Boef W. (2000). Encouraging diversity. The conservation and development of plant genetic resources. Intermediate Technology. Publication, London (UK), 14 P.
8. Anin L. O. A., Soro L. C., Kouamé C., Agbo E. A. & Kouadio K. K. A. (2012). Valeur nutritionnelle des légumes-feuilles consommés en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(1) : 128-135
9. AOAC (1990). Méthodes officielles d'analyse. 15<sup>ème</sup> édition. Association des chimistes analytiques officiels, Washington, DC, Etats-Unis, pp. 200-210.
10. Atwater W. & Rosa E. (1899). A new respiratory calorimeter and the conservation of energy in human body. *Physiological. Reviews*, 9 : 214-251.
11. Betsche T. & Fretzdorff B. (2005). Biodegradation of oxalic acid from spinach using cereal radicles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 53, n°25, p. 9751-8
12. Chen D., Kenyon G. D., Kuhn D. J., Kazi A., & Bhuivan M. (2004). Green tea and tea polyphenols in cancer prevention. *Frontiers in Bioscience*, vol. 9, n° 2618
13. Chweya J. A. & Eyzaguirre P. (eds.) (1999). The biodiversity of traditional leafy vegetables. IPGRI Rome (Italy), 182 p.
14. Codex Alimentarius (2005). Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Examen en vue de l'élaboration de normes, directives ou autres textes pour les aliments dérivés des biotechnologies. Groupe intergouvernemental spécial du codex sur les aliments dérivés des biotechnologies, 5<sup>ème</sup> session, 40 P.
15. Dansi A., Adjatin A., Adoukonou-Sagbadja H., Falade V., Yedomonhan H., Odou D. & Dossou B. (2008). Traditional leafy vegetables and their use in the Benin Republic. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55: 1239-1256.

16. Day R.A. & Underwood A.L. (1986). Quantitative analysis. In: Prentice-Hall. 701 P.
17. Dongmo T., Gockowski J., Hernandez S. & Mbang R. (2005). L'agriculture périurbaine à Yaoundé : ses rapports avec la réduction de la pauvreté, le développement économique, la conservation de la biodiversité et de l'environnement. *Tropicultura* 23, 130-135.
18. Dorosz P. (1999). Vitamins, sels minéraux, oligo-éléments Ed Maloine. Paris. 101P.
19. Elke K. A. & Zannini E. (2013). Cereal Grains for the Food and Beverage Industries . 512p
20. FAO (1997). Vitamin and mineral requirements in human nutrition. Report of a joint Expert consultation, 1ème edition, 341p
21. FAO (1978). La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture. Collection Agriculture N° 9, 199 P.
22. Frankel F. R., Allemand J. B., Kinsella J. E. & Kanner J. (1993). Inhibition of oxidation of human low-density lipoprotein by phenolic substances in red wine. *Lancet*, vol. 341, n° 454-457.
23. Gwarzo U. S. (2012). Determination of iodine content of some commonly utilized leafy vegetables: spinacea oleracea linn (spinach), brassica oleracea var (cabbage), hibiscussabdr1ffa linn and lactuca sativa l. (lettuce) found in kano metropolis vegetable markets. *Chemsearch Journal* 3(2): 11 – 13.
24. Harborne J. B. & Williams C. (2000). Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 55 (6) : 481-504.
25. Harper H. A., Rodwel V. W. & Mayes P. A. (1982). Précis de biochimie. Presses. Universitaires de Laval, Québec, Canada. 138p
26. Jabbari A., Barzegar M., Erfani F. & Hassandokht M-R., (2007). Effect of Cultivar on Chemical Composition of Some Iranian Spinach. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10 : 602-606.
27. Kanda M., Wala K., Batawila K., Djaneye-Boundjou G., Ahanchede A., Akpagana K., (2009). Le maraîchage périurbain à Lomé : pratiques culturelles, risques sanitaires et dynamiques spatiales. *Cahiers Agricultures*, 18(4) : 356-363.
28. Konan Y., Mamidou W. K., Kagoyire K. (2015). Contribution des Légumes Feuilles à la Nutrition des Populations en Zones Urbaines de la Côte D'ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 130 (4) : 338-351.
29. Latta M. & Eskin M. (1980). A simple method for phytate determination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28. 1313-1315pp.
30. Loughton M. J., Evans P. J., Moroney M. A., Houlst J. R., Halliwell B. (1991). Inhibition of mammalian 5-lipoxygenase and cyclo-oxygenase

- by flavonoids and phenolic dietary additives. Relationship to antioxidant activity and to iron ion-reducing ability. *Biochemical Pharmacology*, 42 (9) : 1673-1681.
31. Mbemba F., Moutsambote J. M., Nzikou J. M., Mvoula-Tsiery M., Itoua Okouango S. Y., Nganga I., Mboungou Z. & Silou T. (2013). Factures Nutritional Value of the traditional Picking Vegetable, *cuervea isangiensis* (De wild.) N. hallé in Congo-Brazzaville. *Advance Journal of Food Science and Technology* 5(1) : 72-76.
  32. Meda A., Lamien C. E., Romito M., Millogo J. & Nacoulma O. G. (2005). Determination of the total Phenolic, Flavonoid and Proline contents in Burkina Fasan Honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91(3) : 571-577.
  33. Mensah J. K., Okoli R. I., Ohaju-Obodo J. O. & Eifediyi K. (2008). Phytochemical, nutritional and medical properties of some leafy vegetables consumed by Edo people of Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 7(14) : 2304-2309.
  34. Mnzava, N. A. (1997). Comparing nutritional values of exotic and indigenous vegetables. In R. Schippers and L. Budd eds., *African Indigenous vegetables*, ODA, UK, pp. 70-75
  35. Moussa N., Wade S., Dossou N., Amadou T. & Rokhaya D. (2007). Valeur nutritionnelle du *Moringa oléifera*, étude de la biodisponibilité du fer, effet d'enrichissement de divers plats traditionnels Sénégalais avec la poudre des feuilles. *African journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, vol. 7, no.3, 2007.
  36. Nangula P. U., Oelofse A., Kwaku G. D., Megan J. B. & Mieke F. (2010). Nutritional value of leafy vegetables of sub-Saharan Africa and their potential contribution to human health : A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23 : 499-509.
  37. Nelson D. L. & Cox M. M. (2005). *Lehninger Principles of Biochemistry*. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 33(1) : 74-75.
  38. Odhav B., Beekrum S., Akula U. & Baijnath H. (2007). Preliminary assessment of nutritional value of traditional leafy vegetables in KwaZulu-Natal, South Africa. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20 : 430-435.
  39. Orgogozo J. M., Dartigues J. F., Lafont S., Letenneur L. & Commenges D. (1997). Wine consumption and dementia in the elderly: A prospective community study in the Bordeaux area. *Rev. Neurol.* vol. 153, p. 185-192

40. Park C. Y & Weaver C. M. (2012). Review Vitamin D Interactions with Soy Isoflavones on Bone after Menopause : A Review. *Nutrients.*, 4 : 1610-1621.
41. Pongracz G., Weiser H. & Matzinger D. (1971). Tocopherols Antioxydant. *Fat. Science Technology*, (97), 90-104.
42. Prisacaru A. E., Apostol L. C. & Ropciuc S. (2017). Estimation of heavy metal levels in green leafy vegetables purchased from suceava. *Journal of Faculty of Food Engineering, Stefan cel Mare University of Suceava, Romania Volume XVI*, pp 234 – 238.
43. Rubaihayo E. B. (1996). Contrition des légumes indigènes à la sécurité alimentaire des ménages. *African Crop Science Journal, African Crop Science Conference Proceedings (3)*, 1337-1340.
44. Saha P. R., Weaver C. M. & Mason A. C. (1994). Mineral bioavailability in rats from intrinsically labeled whole wheat flour of various phytate levels. *Journal of agricultural and food chemistry*, 42 : 2531-5.
45. Sheela K., Kamal N. G., Vijayalakshmi D., Geeta M. & Roopa B. P. (2004). Proximate Composition of Underutilized Green Leafy Vegetables in Southern Karnataka. *Journal of Human Ecology*, 15 (3) : 227-229.
46. Singleton V. L., Orthofer R. & Lamuela-Raventos R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidant substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
47. Stanley M. A. Beck J. G. & Swann A. C. (2003). Antioxidants and the free radical theory of degenerative Disease. *Journal consulting and clinic psychology*, 71(2). 309p.
48. Suthep S., Prat I., Pisit V. & Kraichat T. (2016). Uptake of Copper and Zinc in Lettuce (vegetable to green leaf) Planted in Sida Soil and Lignite Bottom Ash Mixtures. *Naresuan University Journal: Science and Technology ; (25)3*. Pp. 31-42
49. Tchiegang C. & Kitikil A. (2004). Données ethnonutritionnelles et caractéristiques physico-chimiques des légumes feuilles consommés dans la savane de l'Adamaoua (Cameroun). *Tropicicultura* 22 (1), 11-18.
50. Vaughan J. P. & Morrow R.H. (1991). *Manuel d'épidémiologie pour la gestion de la santé au niveau du district. Programme special PNUD/Banque mondiale/OMS de recherche et de formation concernant les maladies tropicales*, P.195.
51. Vodouhe S., Dovoedo A., Anihouvi V. B., Tossou R. C. & Soumanou M. M. (2012).

52. Influence du mode de cuisson sur la valeur nutritionnelle de *Solanum macrocarpum*, *Amaranthus hybridus* et *Ocimum gratissimum*, trois légumes-feuilles traditionnels acclimatés au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(5): 1926-1937.
53. Weaver C. M. & Kannan S. T. (2002). Phytate and mineral bioavailability. In: Reddy NR, Sathe SK, eds. *Food phytates*. Boca Raton, FL: CRC Press : 211-224.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### **Binyom Pierre R,**

Service de Chirurgie Générale et Cancérologie des  
Polycliniques Innova de Yaoundé, Université de  
Douala, Cameroun

### **Zaré Cyprien Belemilga G. L. Hermann,**

Institut Supérieur des Sciences de la Santé,  
Université Nazi Boni, Centre Hospitalier  
Universitaire Sourô Sanou, Bobo-Dioulasso,  
Burkina Faso

### **Fouelifack Ymele F,**

Service de Gynécologie Obstétrique de l'Hôpital  
Central de Yaoundé, Assistant à l'ISTM –  
Université de Douala

### **Bwélé Georges,**

Service de Chirurgie Générale de l'Hôpital Central  
de Yaoundé, Université de Yaoundé 1, Cameroun

### **Bang Aristide,**

Service de Chirurgie Viscérale du Centre  
Hospitalier Universitaire de Yaoundé, Université  
de Yaoundé 1 Cameroun

### **Ngowé Ngowé Sosso Maurice**

### **Aurélien,**

Service de Chirurgie Générale de l'Hôpital Général  
de Yaoundé, Université Yaoundé 1, Cameroun

Submitted: 03 November 2020

Accepted: 09 December 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*Zaré Cyprien G*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p285](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p285)

 Copyright 2020 Zaré Cyprien G,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCESS

Cite as:

Binyom Pierre R, Zaré Cyprien G. L.H, Fouelifack  
Ymele F., Georges B, Aristide B, Aurélien N.  
(2020). Cancer Du Sein Inflammatoire Chez La  
Femme Camerounaise. *European Scientific Journal*,  
*ESJ*, 16 (36).

1. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p285>

## **Cancer Du Sein Inflammatoire Chez La Femme Camerounaise**

### **Résumé**

**Introduction :** Le cancer du sein inflammatoire (CSI), est relativement fréquent chez la jeune femme camerounaise. L'objectif était de présenter les caractéristiques du CSI en milieu camerounais. **Patients et méthodes :** Il s'est agi d'une étude transversale descriptive, multicentrique à collecte rétrospective allant du 1er Janvier 2010 au 31 Décembre 2014. Ont été incluses toutes les femmes de nationalité camerounaise diagnostiquées pour un CSI histologiquement confirmé. **Résultats :** Vingt-et-un cas de CSI ont été colligés et représentaient 3% de l'ensemble des mastopathies dans quatre hôpitaux. L'âge moyen des patientes était de 37,7 ans. Quatorze (66,7%) femmes avaient consulté après un intervalle supérieur à six mois. La localisation de la tumeur était unilatérale dans tous les cas. Dix-huit (85,7%) des patientes avaient un statut ganglionnaire cliniquement positif. La taille tumorale médiane était de 5cm. Les patientes étaient classées respectivement PEV3 dans 52,4%, PEV2 dans 28,6% et PEV1 dans 19%. Huit patientes (38%) étaient métastatiques. Seize (76,2%) femmes avaient une négativité aux récepteurs œstrogènes et progestérones. Le carcinome canalaire infiltrant était le plus fréquent (66,6%). Treize (62%) patientes ont recouru au traitement traditionnel rituel. Une chimiothérapie néoadjuvante et adjuvante était systématiquement instituée. Dix-huit (85,7%) patientes étaient opérables et avaient bénéficié d'une mastectomie. Six cas de récurrence ont été notés au cours du suivi. La survie à cinq ans était de 42,9%.

**Conclusion :** L'utilisation systématique de la chimiothérapie neoadjuvante et adjuvante a amélioré le pronostic du CSI.

---

**Subject:** Chirurgie Générale

**Mots-clés:** Cancer Du Sein,  
Inflammatoire, Chimiothérapie,  
Cameroun

## Inflammatory Breast Cancer In Cameroonian Women

***Binyom Pierre R,***

Service de Chirurgie Générale et Cancérologie des Polycliniques Innova de Yaoundé, Université de Douala, Cameroun

***Zaré Cyprien Belemilga G. L. Hermann,***

Institut Supérieur des Sciences de la Santé, Université Nazi Boni, Centre Hospitalier Universitaire Sourô Sanou, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

***Fouelifack Ymele F,***

Service de Gynécologie Obstétrique de l'Hôpital Central de Yaoundé, Assistant à l'ISTM – Université de Douala

***Bwéllé Georges,***

Service de Chirurgie Générale de l'Hôpital Central de Yaoundé, Université de Yaoundé 1, Cameroun

***Bang Aristide,***

Service de Chirurgie Viscérale du Centre Hospitalier Universitaire de Yaoundé, Université de Yaoundé 1 Cameroun

***Ngowé Ngowé Sosso Maurice Aurélien,***

Service de Chirurgie Générale de l'Hôpital Général de Yaoundé, Université Yaoundé 1, Cameroun

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p285](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p285)

---

### Abstract

**Introduction:** Inflammatory breast cancer (IBC) is relatively common in young Cameroonian women. This paper aims to present the characteristics of the IBC in the Cameroonian environment. **Patients and Methods:** The paper uses a descriptive, multicentre cross-sectional study with retrospective collection from 1st of January 2010 to 31st of December 2014. All Cameroonian women affected by an IBC diagnosed and histologically confirmed were included in the study. **Results:** Twenty-one cases of IBC, which represented 3% of all treated mastopathies, was collected in four Church Hospitals. The mean age of the patients was 37.7 years. Fourteen (66.7%) consulted after an interval more than six months. The location of the tumour was unilateral in all of the cases. Eighteen (85.7%) of the patients had clinically positive lymph node status. The median tumour size was 5cm. The patients were classified into PEV3 52.4%, PEV2 28.6% and PEV1 19%,

respectively. Eight patients (38%) were metastatic. Sixteen (76.2%) women had negative oestrogen and progesterone receptors. The most common histologic type was invasive ductal carcinoma with 66.6% of cases. Thirteen (62%) patients used traditional ritual treatment. Neo-adjuvant and adjuvant chemotherapy were systematically instituted. Eighteen (85.7%) patients were operable and had undergone mastectomy. Six (33.3%) cases of recurrence were observed during the follow-up. The 5-years survival was 42.9%. **Conclusion:** Systematic use of neo-adjuvant and adjuvant chemotherapy improved the prognosis of IBC.

---

**Keywords:** Breast Cancer, Inflammatory, Chemotherapy, Cameroon

## **Introduction**

Le cancer du sein inflammatoire (CSI) selon l'American Joint Committee of Cancer (AJCC) est une entité clinicopathologique caractérisée par un érythème diffus associé à un œdème du sein, souvent sans masse palpable sous-jacente (Brahm & Ziani, 2016). Le CSI est une entité clinique relativement rare (Dia et al., 2018 ; Bouzbid et al., 2014), s'individualisant au sein des cancers mammaires par une épidémiologie, des critères diagnostiques et un pronostic spécifiques (Brahm & Ziani, 2016). Dans la littérature, les données sur le CSI sont généralement rares en Afrique et particulièrement au Cameroun ; ce qui a motivé cette étude dans le but de présenter les caractéristiques épidémiologiques, diagnostiques, thérapeutiques et pronostiques du CSI chez les femmes camerounaises.

## **Patients et méthodes**

Ce travail est une étude transversale descriptive, multicentrique à collecte rétrospective sur une période de cinq ans, allant du 1er Janvier 2010 au 31 Décembre 2014. La population de l'étude était constituée des dossiers des patientes de quatre hôpitaux de l'Eglise Presbytérienne Camerounaise (EPC) qui avaient consulté pour mastopathie bénigne ou maligne. Ont été incluses toutes les femmes de nationalité camerounaise traitées pour un cancer du sein inflammatoire histologiquement confirmé. Toutes les patientes avaient bénéficié d'un examen clinique, d'une mammographie, d'une échographie, d'un examen d'immunohistochimie, d'un test de la sérologie HIV. La scintigraphie osseuse et la tomодensitométrie cérébrale étaient demandées uniquement en cas de signe d'appel. Les paramètres suivants ont été étudiés : la fréquence, l'âge, le délai de consultation, la localisation du CSI, les signes de l'inflammation (rougeur, chaleur, œdème, peau d'orange), la présence de scarification, la taille de la tumeur, le stade selon la classification PEV de P. Denoix de l'Institut Gustave Roussy répertorié dans le tableau I (Serrazin et al., 1978), l'analyse des récepteurs hormonaux par étude immunohistochimie,

le type histologique, les moyens et méthodes thérapeutiques utilisés (chirurgie, chimiothérapie, traitement traditionnel), le suivi, le décès et la récurrence du CIS.

**Tableau 1.** Classification de l'Institut Gustave Roussy (PEV)

PEV 0	Pas de signes cliniques d'évolution
PEV 1	Doublement de signes cliniques de la tumeur en moins de 6 mois
PEV 2 (T4d)	Carcinome inflammatoire, avec inflammation limitée à une partie du sein
PEV 3 (T4d)	Carcinome inflammatoire avec inflammation diffuse à tout le sein (Mastite carcinomateuse)

## Résultats

### Aspects épidémiologiques

Durant la période de l'étude, 700 patientes atteintes de mastopathies dans quatre hôpitaux de l'E.P.C. ont été colligées. Vingt-et-une (21) patientes répondaient à nos critères. La prévalence était de 3%. L'âge moyen des patientes était de 37,7 ±6,5 ans avec des extrêmes de 27 ans et 47 ans. Les tranches d'âge de 37-41ans et 42-46 ans étaient les plus représentées avec 6 femmes chacune, soit un total de 12 (57,1%) patientes qui avaient un âge compris entre 37 et 42 ans. La répartition selon la tranche d'âge est répertoriée dans la Figure 1.

### Aspects cliniques et histologiques

Sept (33,3%) femmes avaient consulté dans un délai inférieur à six mois et les 14 (66,7%) autres dans un délai supérieur à six mois. La localisation de la tumeur était unilatérale dans 100% des cas. Chez 14 patientes, la tumeur était localisée au sein gauche et chez 7 patientes, elle était localisée au sein droit. Des lésions cutanées du sein, à type de scarification, étaient présentes chez huit (38,09%) des patientes. Chez toutes les patientes, des signes relatifs au caractère inflammatoire (rougeur, chaleur œdème, peau d'orange) ont été constatés (Photo 1). Chez 85,7% (18 patientes), le statut ganglionnaire était cliniquement positif classées respectivement N1 (10 patientes) et N2 (8 patientes). La taille tumorale médiane était de 5cm avec des extrêmes de 3 et 7 cm. Les patientes ont été classées respectivement PEV3 dans 52,4% (11 femmes), PEV2 dans 28,6% des cas (6 femmes) et PEV1 dans 19% des cas (4 femmes). Au moment du diagnostic huit patientes (soit 38%) étaient métastatiques avec respectivement une prédilection hépatique (5 cas), pulmonaire (2 cas) et osseuse (1 cas). A l'échographie on retrouvait un épaissement cutané, une dilatation des lymphatiques et des veines, un œdème interstitiel avec aspect hyperéchogène de graisse sous-cutanée. L'analyse des récepteurs hormonaux par étude immunohistochimie avait montré une négativité des récepteurs œstrogènes et progestérones chez 16 (76,2%) femmes et positivité chez 5 (23,8%). Aucune femme n'a pu bénéficier de la recherche des marqueurs Her2/neu ou ErbB2 par manque de réactif.

Trois types histologiques avaient été observés : le carcinome canalaire infiltrant était le type le plus retrouvé chez 14 patientes (soit 66,6%), suivi respectivement du carcinome lobulaire infiltrant chez 4 patientes (19%) et la forme atypique chez 3 patientes (soit 14,4%).

### Aspects thérapeutiques et pronostiques

Treize (62%) patientes avaient eu recours à un traitement traditionnel rituel. Parmi ces femmes, huit avaient pratiqué des scarifications et cinq des séances de massage mammaire.

Une chimiothérapie néoadjuvante à base de Ciclophosphamide 50mg à 600 mg/m<sup>2</sup>/J + Méthotrexate 50 mg à 30 mg/m<sup>2</sup>/J + Fluorouracil 500mg : à 400 mg/m<sup>2</sup> /J x 5 j à raison de six cures avec des cycles de 21 jours pendant 6 mois avait été instituée chez toutes les patientes. Elle n'avait pas permis d'obtenir l'effet recherché (une réduction de la tumeur) chez 3 patientes. Ces 3 (14,3%) patientes étaient inopérables (Photo 2). Les 18 (85,7%) autres patientes restantes ont toutes bénéficié d'une mastectomie selon Patey avec curage ganglionnaire axillaire. Une castration radicale (ablation des deux ovaires) avait été pratiquée chez 3 patientes parmi les 5 femmes qui avaient une positivité aux récepteurs œstrogènes et progestérones et qui étaient diagnostiquées séropositives au HIV. Une hormothérapie à base de tamoxifène 20mg/j pendant 6 mois a été appliquée chez les 5 femmes qui avaient une positivité aux récepteurs œstrogènes et progestérones. Toutes les patientes opérées de cette série avaient bénéficié d'une chimiothérapie adjuvante. Elle était à base de Paclitaxe 1100 mg : 175mg/m<sup>2</sup>/J + Epirubicine 50mg: 90 mg/m<sup>2</sup> /J à raison de six cures avec des cycles de 21 jours pendant 6 mois. La radiothérapie n'était pas disponible pour son application. Les suites opératoires immédiates ont été simples chez 17 patientes (94,4%). Une complication à type de suppuration pariétale avait été notée dans un cas et a été tarie favorablement par des soins locaux quotidiens. Le suivi médian était de 32 mois (5 – 60 mois). Dans cette étude il a été enregistré six cas de récurrence (Photo 3) soit 33,3%, douze cas de décès, soit une survie à cinq ans estimée à 42, 9%.

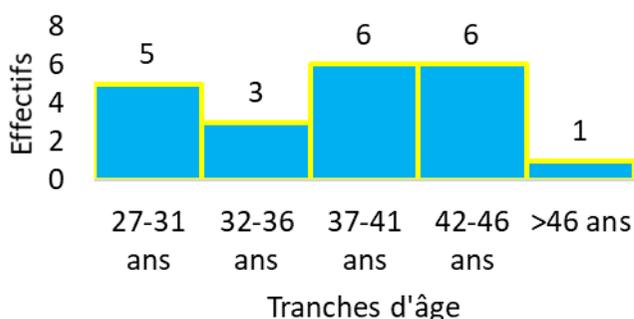
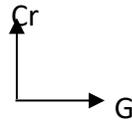
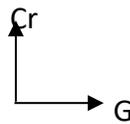


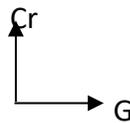
Figure 1. Répartition des patientes selon la tranche d'âge



**Photo 1.** Tumeur du sein avec signes de rougeur, œdème et peau d'orange évocatrice d'un CSI



**Photo 2.** Tumeur du sein après un traitement traditionnel



**Photo 3.** Tumeur du sein droit en phase de récidence

## **Discussion**

### **Aspects épidémiologiques**

Le CSI est une pathologie mammaire maligne rare qui est relativement rapportée dans le monde. En effet dans les pays occidentaux, il représente 1 à 6% des cancers du sein (Dawood et al., 2017 ; Jaysesimi et al., 1992). Mais dans les pays en développement, cette proportion est plus élevée en rapport avec celle de 9,4% dans la série de Bouzbid et al. (2014) en Algérie et celle de 17,9% de Dia et al. (2018) en Cote-d'ivoire. Ailleurs en Afrique au Congo, un taux de 15,2% a été retrouvé par N'Koua-Bon et al. (2013). Dans cette étude, la prévalence du CIS a été estimée à 3%. Elle ne diffère pas de celle observée dans les pays occidentaux, par contre elle est moins en dessous de celle des pays en développement. Cela pourrait s'expliquer par la population qui prenait en compte les mastopathies bénignes et malignes. Cette fréquence plus élevée en Afrique, pourrait s'expliquer par le fait que certains cancers non inflammatoires diagnostiqués tardivement aux stades localement avancés peuvent être pris pour CSI. Des investigations plus poussées seraient nécessaires pour mieux expliquer ces différences. Mais pour Wingo et al. (2004) aux Etats-Unis, l'incidence du cancer inflammatoire du sein varie selon l'ethnie et l'âge en rapporté une incidence élevée chez la race noire avec des patientes diagnostiquées avant l'âge de 50 ans. L'âge moyen des patientes était de  $37,7 \pm 6,5$  ans avec des extrêmes de 27 ans et 47 ans. Cela montre qu'au Cameroun, le CSI se voit surtout chez les femmes jeunes. Ce jeune âge des patientes a été également rapporté par Dia et al. (2018).

### **Aspects cliniques et histologiques**

Dans le CSI, des variables classiques sont unanimement reconnues comme histopronostiques : atteinte axillaire, tumeur supérieure à 5 cm, récepteurs hormonaux négatifs, histologie indifférenciée (Auclerc et al., 1999). Ces facteurs ont été retrouvés chez la majorité des patientes avec : statut ganglionnaire positif (85,7%), taille tumorale supérieur à 5 cm (52,4%), récepteurs hormonaux négatifs (76,2%), carcinome canalaire infiltrant (66,6%). Outre ces facteurs de mauvais pronostic unanimement reconnus, d'autres facteurs considérés spécifiques au milieu Camerounais ont été identifiés telle que le délai de consultation supérieur à six mois (66,7%) et le recours à un traitement traditionnel rituel (62%). Cela pourrait expliquer qu'au moment du diagnostic, 38% des patientes soient à un stade métastatique. Ce qui corrobore que le cancer du sein continue à être diagnostiqué à un stade avancé dans les pays en développement (Sando et al., 2014 ; Salim et al., 2009 ; Gueye et al., 2016).

### **Aspects thérapeutiques et pronostiques**

Dans ces conditions (diagnostic tardif avec un stade avancé), le recours à la mastectomie selon Patey avec curage axillaire reste la technique de choix si la chirurgie était indiquée. Comme dans la présente étude (avec un taux d'utilisation de 95% chez nos patientes), Dia et al., en Côte-D'Ivoire (2018), ont pratiqué la mastectomie selon Patey avec curage axillaire chez 22,7% de leurs patientes.

Aujourd'hui, grâce à la mise en place de programmes de dépistage et du partenariat avec les femmes atteintes, le diagnostic du cancer du sein est posé à un stade précoce chez la plupart des patientes (Vlastos et al., 2007). La mise en place de telles conditions dans notre environnement de travail pourrait permettre d'aboutir à l'utilisation de moyens chirurgicaux innovants telle que la chirurgie conservatrice du sein. Cela pourrait également participer à réduire le coût de la prise en charge en limitant l'utilisation de la chimiothérapie employée chez 100% des patientes opérées. Malgré une utilisation de la chimiothérapie néoadjuvante dans 100% des cas, 14,3% des patientes dans la présente étude sont restées inopérables par manque de gain de réduction de leur tumeur. Ce taux nous paraît être relativement élevé et serait probablement dû au caractère très avancé de la tumeur chez la majorité des patientes où l'efficacité de la chimiothérapie néoadjuvante peut devenir caduque. La radiothérapie n'est pas disponible dans notre pratique. Si elle avait été disponible et utilisée, cela aurait certainement amélioré le taux de récurrence (33,3%) de la présente étude. La survie de vie à cinq ans dans cette série était de 42,9 %. L'obtention de tel taux de survie face à un cancer du sein de mauvais pronostic, diagnostiqué tardivement et à un stade avancé, pourrait s'expliquer par l'administration à 100% de la chimiothérapie néoadjuvante et adjuvante après l'étude de Tankogme et al. (2010) qui rapportaient seulement une utilisation de 28,7 % des cas dans le milieu. En effet depuis les années 98, Chang et al (1998) avaient rapporté que l'utilisation des différents protocoles thérapeutiques a significativement amélioré le pronostic des cancers inflammatoires du sein, faisant passer la survie à cinq ans de 5% à des taux compris entre 32 et 42% (Chang et al., 1998).

### **Conclusion**

Le CSI est relativement fréquent dans la population féminine jeune du Cameroun. Le retard à la consultation et la pratique de traitement traditionnel rituel restent encore des facteurs de mauvais pronostic. Le recours à la chirurgie radicale est le moyen thérapeutique utilisé dans la prise en charge des CIS lorsqu'une chirurgie est encore possible dans les hôpitaux de l'EPC. L'utilisation systématique de la chimiothérapie néoadjuvante et adjuvante a permis d'améliorer la survie à cinq ans. La mise en place d'une politique de

dépistage précoce permettrait la réalisation d'un traitement conservateur d'emblée et améliorerait davantage le pronostic.

### References:

1. Auclerc, G., Buthiau, D., & Brunet, A. (1998-1999). Le cancer du sein inflammatoire. *Le cancer du sein inflammatoire. La Lettre du Sénologue*, 3, 16-20.
2. Bouzbid, S., & Aouras, H. (2014). Le cancer du sein inflammatoire au centre hospitalo-universitaire d'Annaba, Algérie. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, S5(62):S215-S216.
3. Brahm, S.A., & Ziani, F. Z. (2016). Imagine en médecine. *Cancer du sein inflammatoire. Pamj*, 23 (260), 1-2.
4. Chang, S., Parker, S.L., Pham, T., Budzar, AU., & Hursting, SD. (1998). Inflammatory breast carcinoma Incidence and survival: The surveillance, Epidemiology and End Results program of the National Cancer Institute, 1975 – 1992. *Cancer*, 82(12), 2366 – 72.
5. Dawood, S., & Cristofanilli, M. (2007). What progress have we made in managing inflammatory breast cancer? *Oncology (Williston Park)*, 21(6):673–9.
6. Dia, J.M., Djanhan, L.E., Saki, C., Oyéladé, M., Okon, G., Camara, A. et al. (2018). Management of Inflammatory Breast Cancers in Subsaharian Africa Context. *Open Journal of Obstetrics and Gynecology*, 20-30.
7. Gueye, S.M.K., Gueye, M., Coulbary, S.A., Diouf A., & Moreau, J.C. (2016). Problématique de la prise en charge des cancers du sein au Sénégal: une approche transversale. *Pan Afr Med J*, 25(3), 1-6.
8. Jaiyesimi, I.A., Buzdar, A.U., & Hortobagyi, G. (1992). Inflammatory breast cancer: a review. *J Clin Oncol*, 10(6), 1014–24.
9. N’Koua-M’Bon, J.B., Bambara, A.T., Moukassa, D., & Gombe-Mbalawa, C. (2013). Clinical and Outcome Characteristics of Inflammatory Breast Cancers in Brazzaville. *Bulletin du Cancer*, 100, 147-53.
10. Salim, E.I., Moore, M.A., Al-Lawati, J.A., Al-Sayyad, J., Bazawir, A., Bener, A., et al. (2009). Cancer epidemiology and control in the Arab world - past, present and future. *Asian Pac J Cancer Prev*, 10(1), 3-16.
11. Sando, Z., Fouogue, J.T., Fouelifack, F.Y., Fouedjio, J.H., Mboudou, E.T., & Oyono Essame, J.L. (2014). Profil des cancers gynécologiques et mammaires à Yaoundé – Camerou. *Pan Afr. Med*, 17, 1-10.
12. Serrazin, D., Arriagada, R., May-Levin, F., Petit, J.Y., & Contesso, G. (1978). Breast Cancer in the evolutive phase. *Revue du praticien*, 28(13), 999-1009.

13. Takongmo, S., Yomi, J., Guifo, M.L., Pisoh Tangnyin, C., Ndom, P., Mendimi Nkodo, J.M., & Essame-Oyono, L. (2011). Chimiothérapie néoadjuvante et cancers du sein avancés ou inflammatoires à Yaoundé (Cameroun). *J. Afr. Cancer*, 3, 175-9.
14. Vlastos, G.G., Berclaz, I., Langer, B., & Delaloye Pittet-Cuenod, J.F. (2007). Chirurgie du cancer du sein. *Rev Med Suisse*, 3:32663
15. Wingo, P.A., Jamison, P.M., Young, J.L., & Gargiullo, P. (2004) Population based statistics for women with inflammatory breast cancer (United States). *Cancer Cause Control*, 15(3), 321 – 8.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### **Akedrin Tetchi Nicaise,**

Enseignant-Chercheur, Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole, Côte d'Ivoire

### **Akotto Odi Faustin,**

Enseignant-Chercheur, Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Filière Pédologie et Agriculture Durable, Côte d'Ivoire

### **Kouadio Aka Niangoran Marie-Stéphanie,**

Enseignant-Chercheur, Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole, Côte d'Ivoire

Submitted: 20 February 2020

Accepted: 23 July 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*Akedrin Tetchi Nicaise*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p296](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p296)



Copyright 2020 Akedrin Tetchi Nicaise,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCESS

Cite as:

Tetchi Nicaise A, Odi Faustin A, Aka Niangoran Marie-Stéphanie K. (2020). Etude De La Valeur Indicatrice Des Adventices Et Diagnostic De La Fertilité Des Sols Des Friches Cacaoyères Au Sud-Est De La Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal, ESJ*, 16 (36), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p296>

## **Etude De La Valeur Indicatrice Des Adventices Et Diagnostic De La Fertilité Des Sols Des Friches Cacaoyères Au Sud-Est De La Côte d'Ivoire**

### **Résumé**

En vue de déterminer le niveau de fertilité des sols à partir d'indicateurs végétaux, les agroécosystèmes où la fertilité des sols est influencée par les pratiques agricoles ont été étudiés décrits. Les inventaires floristiques et les prélèvements de sols composites ont été réalisés dans trois friches cacaoyères abandonnées (T1, T2 et T3) et sur un témoin agricole (T0) de même âge, dans un sol limoneux. Le dispositif est constitué de quatre blocs avec quatre répétitions dans deux Sous-préfectures du Sud-Est de la Côte d'Ivoire. Il ressort de l'étude que le niveau de fertilité d'un sol peut s'évaluer par l'identification de deux groupes d'adventices : les espèces discriminantes ou non. Cependant, le diagnostic le plus important du bon indicateur de la fertilité du sol oriente vers les adventices indicateurs, dont la présence est discriminante. L'analyse d'ordination par la DCA a montré que les sites dominés par *C. odorata* (T1) sont riches en phosphore assimilable et en azote due à la présence de *C. pubescens* comme indicatrice. Les sols cacaocultivés abandonnés sont acides. L'un des principaux facteurs responsables de la séparation des deux Communautés était le pH qui a induit la structuration de la Communauté du sol témoin, avec *A. aspera*, *A. conyzoides* comme indicatrices. La texture limoneuse observée a permis de diagnostiquer certains problèmes liés au compactage des sols, qui peuvent être corrigés partiellement par une teneur suffisante en humus et en calcium et surtout par la pratique de l'agroforester.

---

**Subject:** Biology

**Mots-clés:** Adventices, Fertilité Des Sols,  
Valeurs Indicatrices, Friches Cacaoyères,  
Côte d'Ivoire

# **Study Of The Indicative Value Of Weeds And Diagnosis Of Soil Fertility In Cocoa Wasteland In The South-East Of Côte d'Ivoire**

***Akedrin Tetchi Nicaise,***

Enseignant-Chercheur, Université Jean Lorougnon Guédé, UFR  
Agroforesterie, Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole, Côte  
d'Ivoire

***Akotto Odi Faustin,***

Enseignant-Chercheur, Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des  
Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Filière Pédologie et  
Agriculture Durable, Côte d'Ivoire

***Kouadio Aka Niangoran Marie-Stéphanie,***

Enseignant-Chercheur, Université Jean Lorougnon Guédé, UFR  
Agroforesterie, Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole, Côte  
d'Ivoire

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p296](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p296)

---

## **Abstract**

In order to determine the level of soil fertility from plant indicators, agro-ecosystems where soil fertility is influenced by agricultural practices were described. Floristic inventories and composite soil samples were carried out in three abandoned cocoa fields (T1, T2 and T3) and on an agricultural control (T0) of the same age, in silty soil. The system is made up of four blocks with four replications in two sub-prefectures in the South-East of Côte d'Ivoire. The study shows that the fertility level of a soil can be assessed by identifying two groups of weeds: discriminating or non-discriminating species. However, the most important diagnosis of a good soil fertility indicator is directed towards indicator weeds, the presence of which is discriminating. Ordination analysis by DCA showed that sites dominated by *C. odorata* (T1) are rich in assimilable phosphorus and nitrogen due to the presence of *C. pubescens* as an indicator. Abandoned cocoa soils are acidic. One of the main factors responsible for the separation of the two Communities was the pH which induced the structuring of the Community from the control soil, with *A. aspera*, *A. conyzoides* as indicators. The silty texture observed made it possible to diagnose certain problems related to soil compaction, which can be partially corrected by a sufficient humus and calcium content

and, above all, by the practice of agroforestry.

---

**Keywords:** Weeds, Soil Fertility, Indicative Values, Cocoa Wasteland, Côte d'Ivoire

## **Introduction**

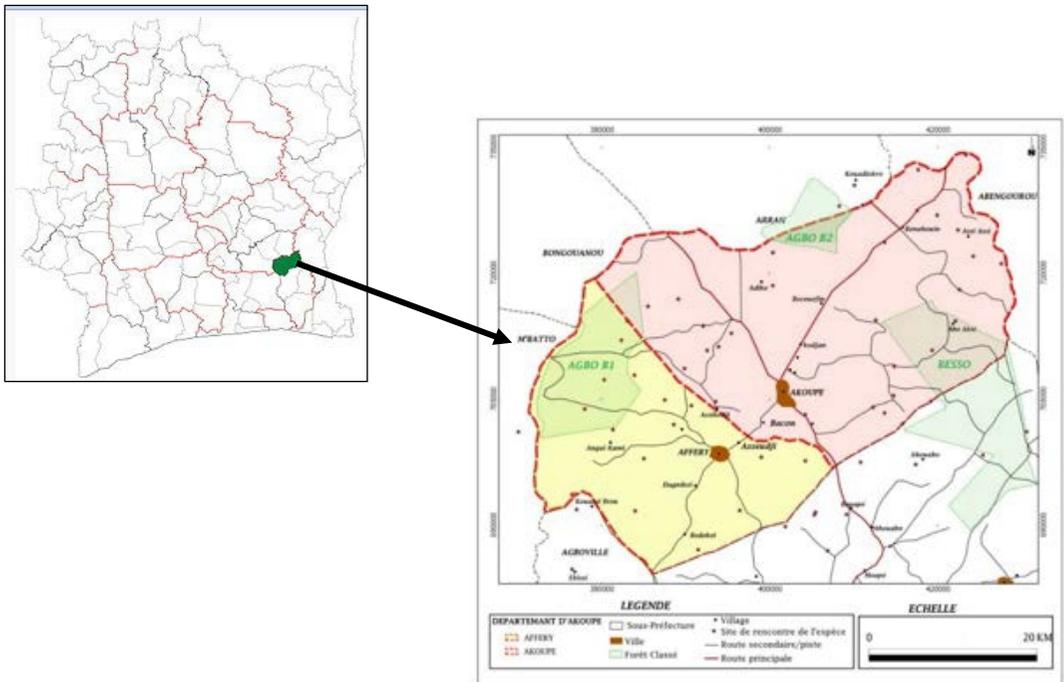
Le Sud-Est de la Côte d'Ivoire est la première boucle du cacao de Côte d'Ivoire et abrite beaucoup de cultures pérennes actuelles ou potentielles, et récemment l'hévéa. De ce fait, la zone est soumise à des défrichements successifs dont l'impact sur la dégradation des sols est bien connu en milieu agricole tropical (Roose, 1985 ; Clough et al. 2011). En effet, sous ces agroécosystèmes, la dynamique des matières organiques des sols est influencée par les pratiques agricoles (Duru et al., 2015a et b). Depuis une décennie, le déclin de la fertilité des sols et la baisse des rendements en cacao marchand préoccupent les cacaoculteurs. La cacaoculture est abandonnée et les terres sont couvertes d'une végétation herbacée dominée par les adventices dites « friches cacaoyères ». Ces dernières se caractérisent, par endroits, sous forme d'espèces d'adventices ou en association. Pourquoi ces végétaux sont ainsi implantés. Quels sont alors les facteurs déterminant cette répartition ? Quels sont les rapports entre le sol et la flore adventice qui y est installée.

Les travaux de Koné et al. (2013) ont montré que l'infestation du sol par des mauvaises herbes augmente avec la baisse de la fertilité et que, les éléments nutritifs du sol (N total, P total, K, Ca, Mg et pH) pourraient influencer la présence de la flore adventice. Pour y remédier, Il faut accompagner les paysans en regardant de façon simple, les sols sous ces sites qui n'ont pas la même manière de fonctionner. Leur diagnostic permettra de répondre à la pression foncière qui est par ailleurs très forte sur le territoire. Face à cette situation , les équipes de recherches universitaires regroupant la filière des Sciences du Sol (UFR des Sciences de la Terre des Ressources Minières, Université Félix Houphouët-Boigny) et le Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole (UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé), se sont proposées de déterminer le cortège des espèces adventices qui peuvent être utilisées comme indicatrices de certains sites afin de diagnostiquer le niveau de fertilité des sols des friches cacaoyères situées dans le département d'Akoupé. Il s'est agi, dans le cadre de la présente étude, de choisir un panel contrasté et complémentaire de sols de sites délaissés, sélectionnés en fonction de l'historique et des propriétés physico-chimiques.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Sites étudiés

Les parcelles étudiées, d'une superficie moyenne d'un hectare, sont localisées dans la partie australe du département d'Akoupé (Figure 1), Nord de la Région de La Mé (Sud-Est Côte-d'Ivoire). Le département appartient à la première boucle du cacao du pays qui en compte trois. Selon Akotto et al. (2014a et b), le sol est un Plinthic Cambisols (Gleyic, Eutric, Dystric). La forêt initiale correspond à l'association à *Celtis-Triplochiton* et à la variante à *Nesogordonia papaverifera* et *Khaya ivorensis*, qui est une forme de transition avec la forêt sempervirente (Kouamé et Zoro Bi, 2010 ; Kassi et al., 2017). Les différents sites, choisis pour leur homogénéité par rapport à la pédologie, sont des sols limoneux à charge schisteuse. La forêt initiale des sites est localement remplacée par des formations secondaires ou anthropisées pour constituer des friches qui ont été l'objet du présent travail.



**Figure 1.** Localisation de la zone de production cacaoyère en Côte d'Ivoire : Région de La Mé, Sud-Est de Côte d'Ivoire. Les deux sites d'étude (Akoupé et Afféry) sont situés à l'intérieur du Département.

### 2.2. Dispositifs d'échantillonnage

Deux dispositifs, caractérisés par une augmentation de l'échelle d'observation (diminution de l'intervalle d'échantillonnage), ont été utilisés. Sur le site d'étude, les parcelles élémentaires (P.E.) dispersées, avec les mêmes espèces d'adventices ou association d'espèces, ont été regroupées. Ces

blocs homogènes constitués ont permis de minimiser les différences observées entre les placeaux afin que celles-ci soient imputables aux traitements. Les dispositifs sont les suivants :

- Dispositif 1 : prélèvement des échantillons de végétaux selon 4 blocs ou traitements (T) en 4 répétitions, avec un quadrillage d'au moins 10 m. Le dispositif est appliqué à trois friches cacaoyères (T1, T2, T3) et une culture ou témoin agricole (T0 ou référence).

- Dispositif 2 : prélèvement des échantillons de sols selon un transect de 100 mètres de long et avec un intervalle d'échantillonnage de 1 m. Dispositif appliqué aux 4 traitements précédents.

Les traitements correspondent aux parcelles comportant : premièrement ou en un, une très forte dominance-abondance de *Chromolaena odorata* (T1), deuxièmement une abondance moyenne de *C. odorata* combinée à une très forte proportion de *Setaria barbata* (T2), troisièmement, une faible proportion de *C. odorata* et *S. barbata*, mais une forte dominance-abondance de *Euphorbia repens*, quatrièmement, une quasi absence de *C. odorata*, mais une forte dominance-abondance de *S. barbata* et de *E. repens* (T0).

Durant l'échantillonnage, un coefficient d'abondance-dominance est attribué à chaque espèce rencontrée dans l'aire-échantillon selon l'échelle d'indice variant de 1 à 5 (Kouakou et al., 2016).

1 = espèce à faible recouvrement de la surface du sol ;

2 = espèce couvrant 5 à 50 % de la surface du sol ;

3 = espèce couvrant 25 à 50 % de la surface du sol ;

4 = espèce couvrant 50 à 75 % de la surface du sol et ;

5 = espèce couvrant 75 à 100 % de la surface du sol ont été utilisés.

Les vingt premiers centimètres ont été échantillonnés. Les 4 traitements ont été répétés 4 fois selon, soient 32 (16 x 2) parcelles ont été échantillonnées.

### 2.3. Méthodes analytique

La valeur indicatrice (IndVal) a été utilisée, pour mesurer l'association entre une espèce et un groupement végétal (Dufrene et Legendre, 1997). La signification statistique a été testée à l'aide du test de permutation de Monte-Carlo (De Cáceres et al., 2012). Deux indices, la spécificité « A » et la Fidélité « B », ont été calculés, pour estimer la probabilité pour qu'une espèce appartienne à un groupement cible et celle de la trouver dans plusieurs groupements végétaux. A cet effet, le coefficient de corrélation bisériale a été calculé pour préciser les conditions prévalant dans le milieu (De Cáceres et Legendre, 2009). Au total, 32 composites (16 x 2 sites) ont été séchés à l'air, passés au tamis de 2 mm et analysés. La granulométrie du sol a été déterminée par la méthode de la pipette Robinson telle utilisée par Motsara et Roy (2008). N total (N), P disponible (P), K, Ca, Mg et Na ont été analysés comme décrit

par Page et al. (1996). Les mesures de pH sont effectuées sur une suspension de terre fine (rapport 1/2.5) avec un pH-mètre après 2 heures de contact. Le pH a été mesuré sur des échantillons de sol frais.

## 2.4. Analyse statistique

La normalité et l'homogénéité des variances des variables du sol ont été testées par le test de Shapiro-Wilk et par le test de Levène à 5%. Des tests de comparaison multiples ont été effectués entre les traitements, pour détecter des différences significatives. Une analyse canonique discriminante (DCA) des variables du sol a été effectuée sur les environnements, pour vérifier la ségrégation entre les sites d'étude et identifier les variables les plus fortement corrélées aux groupes de sites (Friendly et Fox, 2013). La valeur indicatrice des adventices a été conduite dans le package indicpecies (De Caceres & Legendre, 2009), du logiciel R 4.0.2 (R Core Team, 2019) et de l'environnement RStudio (RStudio Team, 2018).

## 3. Résultats et discussion

### 3.1. Résultats

#### Analyse des échantillons de végétaux

La valeur indicatrice (IndVal) des adventices ou des combinaisons d'adventices des groupements végétaux est présentée (Tableau I). Vingt espèces d'adventices ont été les plus fréquemment rencontrées parmi lesquelles 15 espèces d'adventices indicatrices ont été retenues. *Acacia nilotica* est fortement et significativement associé au groupe 1 (T1). *Achyranthes aspera* a son modèle d'abondance davantage associé à la combinaison des groupes 1 et témoin, alors que *Centrosema pubescens*, *Sida acuta*, *Dymaria cordata*, *Synedrella nodiflora* et *Digitaria sanguinalis* seraient de bons indicateurs associées à la combinaison des groupes 2 et 3.

**Tableau I.** Coefficient de corrélation bisériale entre les adventices et les milieux écologiques. Grt= Groupement ; Ref (témoin) = Référence ; Sig. = Niveau de significativité ; Codes de Significativité : 0 `\*\*\* 0,001 `\*\* 0,01 `

Groupements	Espèces	stat	p.value	Sig.
Groupement1	<i>Acacia nilotica</i>	0.781	0.001	***
Groupement1+Ref	<i>Achyranthes aspera</i>	0.894	2,00E-04	***
	<i>Centrosema pubescens</i>	0.935	0.0002	***
	<i>Sida acuta</i>	0.889	0.0002	***
Groupement2	<i>Dymaria cordata</i>	0.887	0.0002	***
Groupement3	<i>Synedrella nodiflora</i>	0.858	0.0004	***
	<i>Digitaria sanguinalis</i>	0.856	0.0004	***
	<i>Eragrostis pilosa</i>	0.848	0.0202	*
	<i>Setaria barbata</i>	0.812	0.0392	*
	<i>Torilis japonica</i>	0.812	0.0022	**
	<i>Prunella laciniata</i>	0.795	0.0020	**
	<i>Chromolaena odorata</i>	0.714	0.0468	*

Grt1+Grt2+ Ref	<i>Ageratum conyzoides</i>	0.883	0.0014	**
Grt2+Grt3+ Ref	<i>Euphorbia serpens</i>	0.845	0.0208	*
	<i>Mimosa pudica</i>	0.806	0.0226	*

*Acacia nilotica* peut être utilisée comme une bonne indicatrice de T1 car il est largement répandu dans des placeaux appartenant à ce groupe, bien que tous les placeaux appartenant au T1 n'incluent pas l'espèce (B = 0,75). 10 espèces entrent en combinaison de parcelles. C'est le cas avec *Achyranthes aspera* qui indique la paire T1 et T0 (A = 0,91), bien que tous les sites appartenant à la paire ne l'incluent pas (B = 0,88). En revanche, *C. pubescens* est une bonne indicatrice pour indiquer l'état de fertilité de la paire de parcelles T2 et T3. Cette espèce indique uniquement les placeaux appartenant à cette combinaison (A = 1,0000), bien que tous les sites appartenant à la combinaison ne l'incluent pas (B = 0,88). A l'inverse, *Ageratum conyzoides*, *Euphorbia serpens* et *Mimosa pudica* caractérisent en commun trois groupements de parcelles (Tableau II).

**Tableau II.** IndVal des adventices ou des combinaisons d'espèces des friches cacaoyères et des cultures. A=Spécificité, B=Fidélité, Prob =Probabilité, Grt= Groupement ; Sig. = Niveau de significativité ; Codes de significativité : 0 ` \*\*\*' 0,001 ` \*\*' 0,01 ` \* ' 0,05 `

Groupements	Espèces	A	B	IndVal	Prob.	Sig.
Groupement 1	<i>Acacia nilotica</i>	0,8125	0,7500	0,781	0,001	***
Groupement 1+Temoin	<i>Achyranthes aspera</i>	0,9138	0,8750	0,894	0,001	***
	<i>Centrosema pubescens</i>	1,0000	0,8750	0,935	0,001	***
	<i>Sida acuta</i>	0,9730	0,8125	0,889	0,001	***
	<i>Dymaria cordata</i>	0,9677	0,8125	0,887	0,001	***
	<i>Synedrella nodiflora</i>	0,9062	0,8125	0,858	0,002	***
	<i>Digitaria sanguinalis</i>	0,9020	0,8125	0,856	0,001	***
	<i>Eragrostis pilosa</i>	0,8214	0,8750	0,848	0,031	*
	<i>Setaria barbata</i>	0,8125	0,8125	0,812	0,045	*
	<i>Torilis japonica</i>	0,8800	0,7500	0,812	0,002	**
Groupement 2	<i>Prunella laciniata</i>	0,8438	0,7500	0,795	0,005	**
Groupement 3	<i>Chromolaena odorata</i>	0,7419	0,6875	0,714	0,031	*
Grt1+Grt2+Temoin	<i>Ageratum conyzoides</i>	0,9853	0,7917	0,883	0,004	**
Grt2+Grt3+Temoin	<i>Euphorbia serpens</i>	0,9524	0,7500	0,845	0,027	*
	<i>Mimosa pudica</i>	0,9750	0,6667	0,806	0,015	*

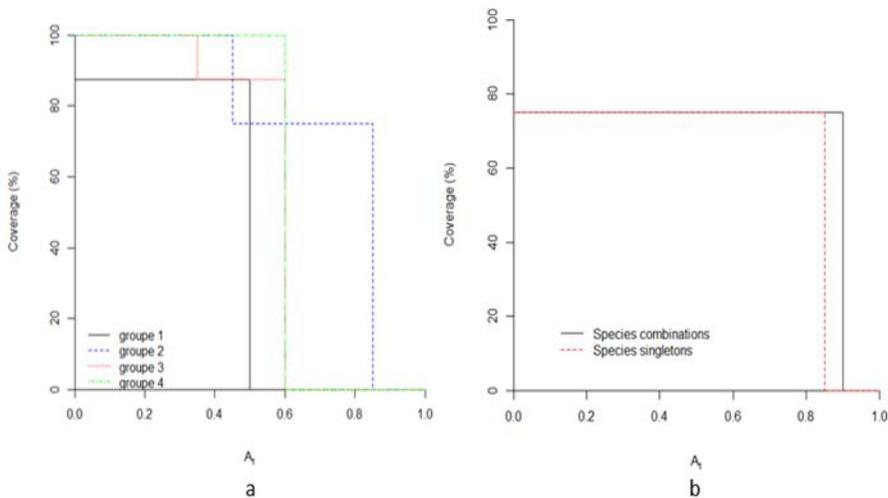
En considérant les communautés sans combinaisons de groupements végétaux, *A. nilotica* est fortement et significativement associée à T2, tandis que *T. japonica* est davantage associée à T0 (Tableau III).

La figure 2 montre comment la couverture change avec la spécificité utilisée pour sélectionner de bons indicateurs. En effet, la couverture des espèces au niveau de trois groupements végétaux 2, 3 et celle de la référence reste maximale (100 %) puis ne décroît qu'au-delà de 0,85 ; 0,4 et 0,6, respectivement (Figure 2a). En ce qui concerne la sélection des indicateurs valides, ces résultats mettent en évidence leur insuffisance pour couvrir toute

la zone par rapport au groupement végétal cible. Cette limitation est plus sévère si une seule espèce est considérée (Figure 2b). D'une façon générale et indépendamment, il y a eu dessèchement sur l'ensemble de la place dans la période considérée. Ce dessèchement est particulièrement marqué dans le faciès à *C. odorata*. En sommes, le sol, semble influencer la distribution spatiale des adventices.

**Tableau III.** Corrélation entre les adventices et les milieux écologiques non combinés  
 Sig. = Niveau de significativité ; Codes de Significativité : 0 ` \*\*\*' 0,001 ` \*\*' 0,01 `

Groupements	stat	p.value	Sig
Groupement 1 <i>Achyranthes aspera</i>	0.638	0.039	*
<i>Acacia nilotica</i>	0.781	0.001	***
Groupement 2 <i>Ageratum conyzoides</i>	0.664	0.010	**
<i>Calopogonium mucunoides</i>	0.628	0.036	*
Groupement 3 <i>Centrosema pubescens</i>	0.725	0.009	**
<i>Chromolaena odorata</i>	0.622	0.049	*
<i>Torilis japonica</i>	0.775	0.001	***
<i>Sida acuta</i>	0.721	0.005	**
Référence <i>Euphorbia serpens</i>	0.707	0.006	**
<i>Digitaria sanguinalis</i>	0.655	0.023	*
<i>Dymaria cordata</i>	0.651	0.032	*
<i>Synedrella nodiflora</i>	0.650	0.023	*
<i>Prunella laciniata</i>	0.650	0.028	*
<i>Setaria barbata</i>	0.648	0.021	*



**Figure 2.** Taux de couverture des friches cacaoyères et de la référence agricole en fonction du type d'analyse de taxons indicateurs. (Combinaisons = toutes les combinaisons possibles, Singletons = un taxon indicateur).

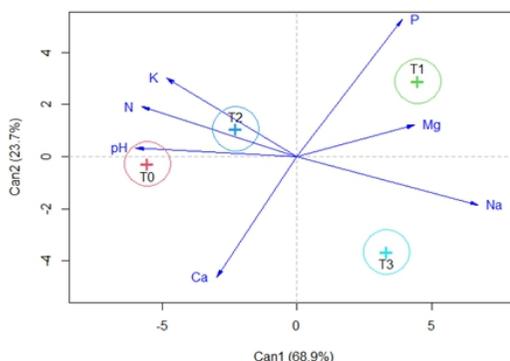
### 3.2. Analyse des échantillons composites et distribution spatiale des adventices

Le tableau IV montre la variance de ces relations selon les indices d'abondance des espèces d'adventices. En fait, les concentrations les plus élevées de N total (15,6%), de Ca (11,81 cmol kg<sup>-1</sup>) et de K (0,73 cmol kg<sup>-1</sup>) sont associées à l'abondance de *S. barbata* et de *E. repens* à T0 où *C. odorata* devient rare. Cependant, l'abondance de *C. odorata* (T1) est davantage liée à une concentration élevée de P total (244,88 ppm) dans le sol, de Mg (9,31 cmol kg<sup>-1</sup>) et de Na (7,79 cmol kg<sup>-1</sup>). Les concentrations de P total, N total, K, Ca, Mg et Na dans le sol sont significativement différentes suivant l'absence *C. odorata* (Tableau IV).

**Tableau IV:** Comparaison des valeurs moyennes de la teneur en éléments nutritifs (N total, P total, Mg, K, Ca et Na) des friches cacaoyères et témoin agricole à 0–20 cm.

	N total (%)	P total (ppm)	Ca	Mg	K	Na
T0	0,156a	109,75b	11,81a	6,87c	0,73a	1,95b
T1	0,069b	244,88a	5,94b	9,31a	0,49b	7,79a
T2	0,16a	134,5b	5,34b	8,11b	0,56b	3,46b
T3	0,052b	112,75b	10,88a	8,53ab	0,27c	8,74a
Pr (>F)	1,298e <sup>-07***</sup>	5,095e <sup>-11***</sup>	2,644e <sup>-08***</sup>	0,0013**	4,1e <sup>-05***</sup>	2,186e <sup>-12***</sup>

L'analyse canonique discriminante (DCA) a permis de visualiser les différentes relations ci-avant mises en évidence entre la végétation et les facteurs du sol (Figure 3). L'analyse d'ordination montre que les deux premiers axes expliquent 92,6% de la variance totale des corrélations entre les espèces et les variables du sol. Cela indique que les variables du sol avaient un impact important sur le modèle de distribution des adventices échantillonnés. Les variables du sol discriminant les indices d'abondance des espèces d'adventices sont bien séparés.

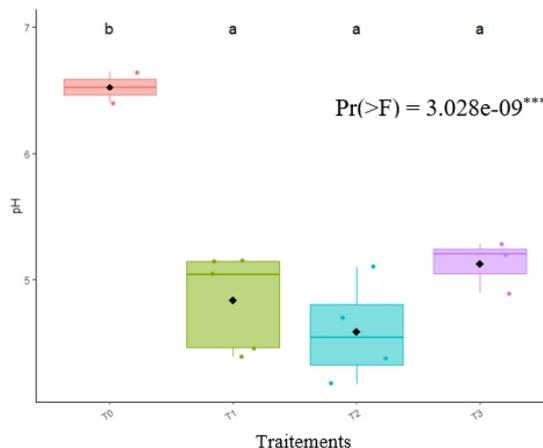


**Figure 3.** Diagramme d'ordination de l'analyse canonique discriminante (DCA) pour les groupements végétaux et caractéristiques du sol. (DCA avec les groupements végétaux (cercle) et variables du sol (flèches); le premier axe est horizontal et le second est vertical. Abréviations pour les groupements végétaux comme : Env1 = le premier traitement ; Env2 = le second traitement ; Env3 = le troisième traitement ; Référence = le témoin

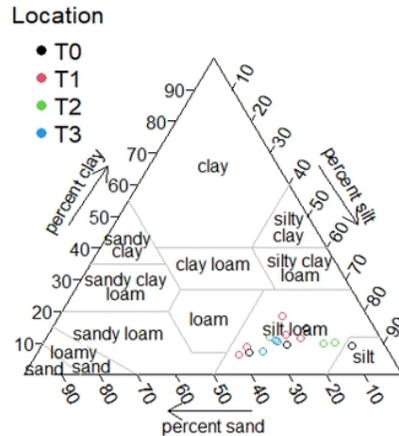
agricole. La longueur du vecteur (variables du sol) est proportionnelle à son importance et l'angle entre deux vecteurs reflète le degré de corrélation entre les variables. L'angle entre un vecteur et chaque axe est lié à sa corrélation avec les axes).

La figure 4 montre la variance de ces relations selon les milieux écologiques (traitements). L'analyse indique que l'un des principaux facteurs affectant la répartition de la végétation est le pH du sol (Figure 4). Les espèces indicatrices sont réparties suivant un gradient du pH. Les espèces indicatrices significatives sont retrouvées en majorité dans les parcelles sous T0 (pH >6). Ce sont *T. japonica*, *S. acuta*, *E. serpens*, *D. sanguinalis*, *D. cordata*, *S. nodiflora*, *P. laciniata* et *S. barbata*. A un pH < 6, les friches abandonnées caractérisées par des espèces indicatrices mais non significatives entre T1 (*A. aspera*), T2 (*A. nilotica*, *A. conyzoides* et *C. mucunoides*) et T3 (*C. pubescens* et *C. mucunoides*) étaient principalement affectées par les variables P, K, Mg et Na du sol. Sous ces deux groupements, P et K sont partiellement liés, tandis que Mg et Na en sont très étroitement liés. Sous ces sols acides (pH < 6), *A. nilotica* est un bon indicateur du groupement 1, alors que *C. pubescens* peut, dans une moindre mesure indiquer cet environnement où la dominance de *E. repens* (groupement 3) est évidente.

Lorsqu'on évalue des paramètres liés à la texture du sol, on a pu déterminer la capacité de drainage du sol sous la couche arable. On peut donc conclure que le maintien des adventices est lié au régime de l'eau, soit que l'approvisionnement en eau soit plus facile dans les parties à végétation appauvrie en *C. odorata* (témoin). Le triangle textural illustré à la figure 5 a montré que les sols échantillonnés sous les différentes communautés végétales sont limoneux : sols à limons très fins (silt) sous la jachère agricole (T0), tandis que sous friches cacaocultivées abandonnées, les sols sont à limons fins (silt-loam). En outre, des estimations de terrain ont permis de constater une baisse de la porosité sous T0 par rapport à T1, T2 et T3.



**Figure 4.** Variation du pH du sol en fonction des groupements végétaux.



**Figure 5.** Triangle de texture montrant les pourcentages d'argile, de limon et de sable dans les sols de friches cacaocultivées et d'une jachère agricole.

#### 4. Discussion

A l'instar des territoires agricoles, en général, le Sud-Est de la Côte d'Ivoire en particulier qui n'est plus la boucle de cacao, subit actuellement de fortes perturbations notamment liées aux cultures qui puisent les éléments nutritifs. Ces changements globaux comme l'ont rapporté Akodewou (2019) et Agbodan et al. (2019), interrompent le cycle des éléments nutritifs, tendant vers une diminution de la fertilité des sols agricoles. Dans les agroécosystèmes où la fertilité des sols est également influencée par les pratiques agricoles, les paysans utilisent un certain nombre d'indicateurs tels que les types de sol et les espèces végétales pour mener à bien la gestion de leur milieu (Souley et al., 2020). En effet, selon M'Biandoun et al. (2003a), les adventices interviennent d'une façon importante dans le processus de détermination du niveau de fertilité d'un sol. De ce fait, le maintien et l'amélioration de la fertilité des sols sur ce territoire sont indispensables pour garantir les performances économiques et environnementales des exploitations agricoles en ce sens que la forêt demeure au cœur d'intenses activités économiques à forte valeur ajoutée (Ikram et al., 2014)

20 espèces d'adventices différentes ont été trouvées dans l'ensemble des 32 parcelles échantillonnées. Les espèces indicatrices sont des espèces qui sont utilisées comme indicateurs écologiques des types de communauté ou d'habitat, des conditions ou des changements environnementaux (Zinsou et al., 2017). Cette étude sur l'analyse de la valeur indicatrice des espèces d'adventices des zones écologiques, apporte plus de connaissances sur la distribution spatiale et locale de ces végétaux dans l'écosystème. Les adventices font partie des plantes envahissantes dominantes dans la zone d'étude ; certaines espèces observées peuvent en être admises à la fois comme

indicatrices de fertilité et de dégradation des sols. Selon les indices d'abondance-dominance, les espèces d'adventices ont été regroupées en deux groupes.

L'analyse d'ordination montre la corrélation par la DCA entre la composition de la végétation des friches cacaocultivées, la distribution des espèces et l'environnement pédologique. Aussi, nos résultats ont-ils rapporté que les sites dominés par *C. odorata* (T1) ont une forte concentration en phosphore assimilable. Ces résultats s'expliquent par la production de litières aériennes et souterraines de *C. odorata* qui représentent le principal apport de matières organiques au sol et la ressource trophique majeure pour les organismes du sol (Bais et al., 2006). Ainsi, selon Wardle et al. (2004), dans des parcelles agricoles où *C. odorata* forme un fourré inextricable, la décomposition de la litière est un processus essentiel dans les transferts, transformations et flux des éléments des cycles du carbone (C), de l'azote (N) et du phosphore (P). Les gradients de phosphore seraient, également, dus aux inductions par les régimes de fertilisation contrastés appliqués pendant la culture cacaoyère. Le phosphore joue donc un rôle fondamental dans la distribution des adventices en ce sens que sa concentration et sa disponibilité ont déterminé dans une large mesure la fertilité du sol des sites. Nos résultats concordent avec ceux obtenus par Bigelow et Canham (2002) dans des travaux similaires qui ont rapporté que P est requis en quantités relativement importantes par les plantes. Ces auteurs ont observé une corrélation directe entre P et la distribution des espèces végétales dans le Nord-Est de l'Amérique. Pour Amorim et Batalha (2007), le phosphore (P) serait le principal facteur qui définit les communautés végétales au Brésil.

En outre, les résultats indiquent que dans les friches cacaoyères où *C. odorata* forme des fourrés inextricables, les sols sont limoneux fins (silt-loam) et relativement acides ( $\text{pH} < 6$ ). Les espèces pour indiquer ce groupement (T1) ou des combinaisons de parcelles avec T2 et T3 sont, principalement, caractérisés par *C. pubescens*, et, dans une moindre mesure par *A. nilotica*, *P. laciniata*, *T. japonica*, *S. barbata*, *E. pilosa*, *D. sanguinalis*, *S. nodiflora*, *D. cordata* et *S. acuta*. Au regard des résultats des travaux de Dawoe et al. (2012) et Assémien (2018) qui ont rapporté que *C. odorata* comme indicateur de fertilité du sol respectivement au Ghana et en Côte d'Ivoire, nous admettons que les sols couverts par cette espèce a contribué à la fertilité des sols des sites sous T1. Par ailleurs, la présence de *C. pubescens* qui est une légumineuse, met en évidence un gage de forte disponibilité d'azote du sol durant l'association. Dans ce cas, le développement des adventices est facilité par de bonnes conditions de nutrition azotée comme rapporté par Bergkvist et al. (2011). L'enrichissement naturel du système en azote par les légumineuses, pourtant recherché dans les conditions de faible disponibilité chronique, peut, ici, s'avérer néfaste en facilitant le développement des adventices. C'est la

raison invoquée par Sjurssen et al. (2011) pour expliquer un renforcement du salissement après plusieurs années de pratiques d'associations annuelles céréales-trèfle blanc en conditions biologiques. Par ailleurs, sur les sites témoin qui sont caractérisés par des gradients élevés de  $Ca^{2+}$ , on y recense les espèces structurantes telles que *A. aspera*, *A. conyzoides* et dans une moindre mesure, *E. serpens* et *M. pudica*. Sous ces adventices, les sols sont limoneux très fins (silt) et moins acides ( $pH > 6$ ). Contrairement aux sols des cacaoyères abandonnées, ceux de type jachères agricoles (T0), constituent une véritable réserve en ion  $Ca^{2+}$ . Les sols limoneux très fins de T0 (silt) sont en effet les moins acides comme le montrent les résultats expérimentaux. On constate donc que les sols les plus humides sont aussi les moins acides et inversement, montrant ainsi une variation des paramètres humidité et acidité en même temps. La répartition en fonction de l'acidité s'observant à une échelle plus locale, on constate qu'elle est en plus grande proportion sur les sols des fiches cacaoyères abandonnées. Le cation prédominant étant le calcium ; sa quantité est le principal facteur qui détermine le pH d'un sol (mesure de la teneur en  $H^+$  de la solution du sol).

Qu'il s'agisse des cacaoyères abandonnées ou des jachères agricoles de la zone d'étude, les sols sont limoneux avec des taux en argile compris entre 0 et 10%. Ces sols diffèrent des sols sableux en ayant une plus grande tendance à former une croûte souvent très dure. S'ils sont trop labourés, ils peuvent devenir compacts et cela diminue leur capacité à laisser infiltrer l'eau pendant les périodes humides comme l'on rapporté Girard et al. (2011). Ces auteurs signalent que dans des conditions sèches, elles peuvent devenir dures et difficiles à labourer. Cependant, ils sont généralement faciles à cultiver et peuvent stocker des quantités considérables d'eau. Ils nécessitent une bonne reconsolidation. Cependant le travail du sol dans des conditions humides doit être évité. Il semble donc que la grande proportion de particules fines (limons essentiellement) dans un sol augmente l'eau retenue, même si la porosité décroît. Ceci est dû au fait que la perméabilité décroît avec la quantité de limons qui freine l'infiltration en diminuant la porosité. Les matériaux des sols T0 sont certainement moins grossiers que ceux des sols T1, T2 et T3. En effet, les particules les plus fines seraient apportées par le vent. Cela expliquerait les différences des sols témoin et friches cacaoyères pour ce qui concerne l'eau. Il est alors intéressant de pouvoir corriger les propriétés défavorables de ces sols lessivés par l'humus de type mull.

## Conclusion

L'un des principaux facteurs responsables de la séparation des Communautés végétales des friches cacaoyères et de la jachère agricole est le phosphore assimilable. Ce dernier joue un rôle fondamental dans la structuration du cortège végétale dominée par *C. odorata*. Il en est de même du

pH dont l'importance dans la structuration des végétaux issus du témoin a été notée. Bien que les nutriments, en général jouent un rôle majeur dans la classification des groupes végétaux, le phosphore, en particulier était le principal facteur qui définissait la présence des espèces végétales rencontrées de la zone d'étude. Dans les systèmes sol-végétation, le sol et la végétation sont interdépendants l'un de l'autre. Le sol influence la végétation et la végétation restreint le sol. Les résultats ont non seulement montré que les facteurs du sol jouent un rôle important dans le processus de succession de la communauté végétale, mais ont également révélé que la communauté végétale jouait un rôle important dans la restauration et la reconstruction des sols. Outre les facteurs examinés dans cet article, de nombreux autres facteurs tels que la pluviométrie, le climat, etc., sont susceptibles d'affecter les communautés végétales des terres agricoles abandonnées. La répartition de ces facteurs n'est pas homogène dans l'environnement et leur abondance et le fonctionnement de l'écosystème peuvent varier selon les localités caractérisées par différents pH. Ainsi, l'étude des communautés végétales qui colonisent des sols abandonnés doit se faire en tenant compte de toutes les influences biotiques et abiotiques interdépendantes. Comprendre les relations entre la répartition de la végétation et ces variables environnementales, peut aider à améliorer la gestion, la remise en état et le développement des écosystèmes des zones humides. Dans cet article, nous n'avons pas analysé d'autres facteurs environnementaux, notamment l'atmosphère, le niveau d'eau, le climat, les précipitations ou autres, ce qui a entraîné une certaine incertitude dans cet article. Pour obtenir un meilleur support théorique, les études futures devraient viser à inclure davantage de facteurs environnementaux avec de multiples analyses. Il est de la connaissance de la texture du sol a permis de diagnostiquer certains problèmes liés à la déforestation aveugle, au compactage du sol. Cette tendance peut être corrigée partiellement par une teneur suffisante en humus et en calcium et surtout la pratique de l'agroforesterie.

### References:

1. Adou, M., Delor, C., Siméon, Y., Zamblé Z.B., Konan, G., Yao, B. D., Vidal, M., Diaby, I., Cautru, J.P., Chiron, J.C., Dommanget, A. & Cocherie A. (1995). Carte géologique de la Côte-d'Ivoire à 1/200000; feuille Abengourou. Mémoire de la Direction des Mines et de la Géologie, Abidjan, Côte-d'Ivoire; n°7. 19 p.
2. Agbodan, K.M.L., Akpavi, S., Amegnaglo, K.B., Akodewou, A., Diwediga, B., Koda, D.K., Agbodan, K.A., Batawila, K., Akpagana, K. (2019). Connaissances écologiques locales sur les indicateurs de dégradation des sols utilisées par les paysans dans la zone guinéenne

- du Togo (Afrique de l'ouest). Science de la vie, de la terre et agronomie. 7 (1) : 47-55.
3. Akodewou, A. (2019). "Trajectoires paysagères et biodiversité : effets de l'anthropisation sur les plantes envahissantes à l'échelle de l'Aire Protégée Togodo et sa périphérie dans le sud-est du Togo," Thèse, Département ES : Environnements et Sociétés, Unité Propre de Recherche Forêts et Sociétés, 301 p.
  4. Akotto, O.F., Alui, K.A., Malan, D.F., Kouakou, K.J., Yao-Kouamé, A. & Kagoyiré, K. (2014a). Soil landscape and stand conditions in *Cola attiensis* in Côte d'Ivoire. International Journal of Biosciences. 4(5):102-113. doi.org/10.12692/ijb/4.5.102-11.
  5. Akotto, O.F., Kouakou, K.J., Alui, K.A., Yao-Kouamé, A. & Kagoyiré, K. (2014b). Morphopedological features of soil landscape in *Cola attiensis* Aubrév & Pellegr. (Sterculiaceae) in Affery and Akoupé (Côte d'Ivoire). International Journal of Environmental Engineering Science and Technology Research. 2(3), 1 – 9.
  6. Assémien, E.F.L. (2018). Impact de pratiques agricoles conventionnelles et innovantes sur la fertilité des sols et les acteurs microbiens impliqués dans la zone de savanes humides de Côte d'Ivoire. Biochimie [q-bio.BM]. Université de Lyon, 2018. Français. ffNNT : 2018LYSE1103ff. fftel-01896147f. 203.
  7. Bergkvista, G., Stenbergb, M., Wetterlindb, J., Ta Bå tha, B. & Elfstrand, S. (2011). Clover cover crops under-sown in winter wheat increase yield of subsequent spring barley – effect of N dose and companion grass. Field Crops Research, 120(2): 292-298. DOI: 10.1016/j.fcr.2010.11.001
  8. Clough, Y., Barkmann, J., Jührbandt, J., Kessler, M., Wanger, T.C., Anshary, A., Buchori, D., Cicuzza D, Darras K, Putra D, Erasmi S, Pitopang R, Schmidt C, Schulze CH, Seidel D, Steffan-Dewenter, I., Stenchly, K., Vidal, S., Weist, M., Wielgoss, A.C. & Tschardtke, T. (2011). Combining high biodiversity with high yields in tropical agroforests. Proceedings of the National Academy of Sciences 108 (20): 8311-8316.
  9. De Caceres, M. & Legendre, P. (2009). Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. Ecology,
  10. URL.<http://sites.google.com/site/miqueldecaceres/>
  11. De Caceres, M., Legendre, P., Wiser, S.K. & Brotons, L. (2012). Using species combinations in indicator value analyses. Methods in Ecology and Evolution 2012, 3, 973–982.
  12. Dufrêne, M. & Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. Ecological Monographs 67: 345–366.

13. Duru, M., Therond, O. & Fares, M. (2015a). Designing agroecological transitions; A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 1237–1257. doi.org/10.1007/s13593-015-0318-x.
14. Duru, M., Therond, O., Martin, G., Martin-Clouaire, R., Magne, M.A., Justes, E., Journet, E.P., Aubertot, J.N., Savary, S., Bergez, J.E. Sarthou, J.P. (2015b). How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services: a review. *Agron Sustain Dev* 35:1259–1281. doi:10.1007/s13593-015-0306-1
15. Friendly, M. & Fox, J. (2013). Candisc: Visualizing generalized canonical discriminant and canonical correlation analysis (Version 1.0). Retrieved from <http://CRAN.R-project.org/package=candisc>
16. Girard, M.C., Walter, C., Berthelin J. & Rémy, J.C., 2011. Sols et environnement un cours complet des exercices des suppléments en ligne-master - écoles d'ingénieur - CAPES/AGREG. Dunod, 881 p., 2011, 978-2-10-054900-9. (hal-00729393). 32. Brady, N.C.; Weil, R.R. *The Nature and Properties of Soil*, 12th ed.; Print Ice Hall: Upper Saddle River, NJ, USA, 1999.
17. ELMzaiti, I., Zine, N.-E., & Boukil, A. (2014). Caractérisation de la flore de la forêt d'achemeche pour un aménagement intégré et un développement territorial durable de la commune rurale de Ras Jerry / Province D'El Hajeb /Maroc. *European Scientific Journal, ESJ*, 10(32). Retrieved from <http://eujournal.org/index.php/esj/article/view/4561>
18. Kassi, N., Tuo, Y & Zo-Bi, I.C. (2017). Diversité floristique et infiltration humaine de la forêt classée de la Besso (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 114 : 11299-11308.
19. Koné, B., Amadji, G.L., Toure, A., Togola, A., Mariko, M. & Huat, J (2013). A Case of *Cyperus* spp. and *Imperata cylindrica* Occurrences on Acrisol of the Dahomey Gap in South Benin as Affected by Soil Characteristics: A Strategy for Soil and Weed Management. *Applied and Environmental Soil Science*. Volume 2013, ID 601058, 7p .doi.org/10.1155/2013/601058.
20. Kouakou J.N., Kouamé F.K., Ipou I.J. & Gué A. (2016). Importance relative des mauvaises herbes de la culture du maïs dans le département de M'Bahiakro [Relative importance of weeds in maize cultivation in the M ' Bahiakro department]. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 17(3) :768–778
21. Kouamé, N.F. & Zoro Bi, I.A. (2010). Nouveau découpage de la zone de forêt dense humide de la Côte d'Ivoire. *Sciences & Nature*, (2) : 177 – 194.
22. M'Biandoun, M., Guibert, H. & Olina, J-P. (2003a). Caractérisation de la fertilité du sol en fonction des mauvaises herbes présentes. In : Jamin

- J. Y., Seiny Boukar L., Floret C. (éds), 2003. Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis. Actes du colloque, mai 2002, Garoua, Cameroun. Prasac, N'Djamena, Tchad – CIRAD, Montpellier, France. 115.
23. Motsara, M.R. & Roy, R.N. (2008). Guide to Laboratory establishment for plant nutrient analysis. Fertilizer and Plant nutrition bulletin. FAO, Rome. Chapitre 6: Mineral and organic fertilizer analysis. pp. 101-122. ISBN 978-92-5-105981-4.
24. Page, A.L., Miller, R.H. & Keeney, D.R. (1996). Methods of Soil Analysis, Chemical and Microbiological Properties. Part 2, vol. 9 of ASA Monograph, American Society of Agronomy, Madison, Wis, USA, 2nd edition.
25. R Core Team: R. (2019). A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, available at: <http://www.R-project.org>, 2019.
26. Roose, E. 1985. Impact du défrichement sur la dégradation des sols tropicaux, *Machinisme Agricole Tropical*, 87 : 24-36.
27. RStudio Team: RStudio. (2018). Integrated Development Environment for R, RStudio, Inc., Lewis, J.; Freitas, F. *Physical and Chemical Methods of Soil and Water Analysis; Food and Agriculture Organization (FAO): Rome, Italy, 1984; p. 275.*
28. Sjursen, T.T., Lygre, G.B., Dalen, K., Helland, V., Laegreid, T. & Svahn, J (2011). Changes in health complaints after removal of amalgam fillings. *Journal of Oral Rehabilitation*, 38(11), 835-848. doi: 10.1111/j.1365-2842.2011.02223.x.
29. Souley, S.M., Kiari, A.S., Morou, B., Synnevag, G. & Aune Jens, B. (2020). Perception paysanne du Sida cordifolia L. et facteurs socioéconomiques influençant l'adoption de son compost à l'ouest et au centre du Niger. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 35 : 345 – 369.
30. Zinsou, L.H., Agadjihouédé, H., Gnohossou, P & Lalèyè, P. (2017). Analyse et illustration de la valeur indicatrice des espèces macrobenthiques du delta de l'Ouémé au Bénin. *European Scientific Journal*. 13 (5) : 333-351.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### Serigne Abdou Khadir Fall,

Docteur, Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux Organométalliques, Moléculaires et Environnement, Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc

### Hassane Faraj, Professeur,

Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux Organométalliques, Moléculaires et Environnement, Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc

### Anouar Alami, Professeur,

Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux Organométalliques, Moléculaires et Environnement, Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc

### Saïd Achamlale, Professeur,

Laboratoire de Recherche Scientifique et de Développement Pédagogique, CRMEF Fès-Meknès et (LIMOME, FSDM-USMBA-Fès)

### Younas Aouine, Professeur,

Team of Organic Chemistry and Valorization of Natural Substances, Faculty of Sciences, Ibn Zohr University – Agadir, Morocco

Submitted: 01 October 2020

Accepted: 11 December 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

Anouar Alami

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p314](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p314)

 Copyright 2020 Anouar Alami,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCESS

Cite as:

Abdou Khadir Fall S, Faraj H, Alami A., Achamlale S, Aouine Y. (2020) Synthèse Et Caractérisation De La Structure Du  $[[4-[(1H\text{-}Benzo[D]Imidazol\text{-}1\text{-}Yl)Méthyl]\text{-}1H\text{-}1,2,3\text{-}Triazol\text{-}1\text{-}Yl](Benzamido)Méthyl]Phosphonate De Diéthyle Par La Spectroscopie RMN 1D Et 2D$ . *European Scientific Journal, ESJ*, 16 (36), 1.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p314>

## Synthèse Et Caractérisation De La Structure Du $[[4-[(1H\text{-}Benzo[D]Imidazol\text{-}1\text{-}Yl)Méthyl]\text{-}1H\text{-}1,2,3\text{-}Triazol\text{-}1\text{-}Yl](Benzamido)Méthyl]Phosphonate De Diéthyle Par La Spectroscopie RMN 1D Et 2D$

### Résumé

Le composé  $[[4-[(1H\text{-}benzo[d]imidazol\text{-}1\text{-}yl)méthyl]\text{-}1H\text{-}1,2,3\text{-}triazol\text{-}1\text{-}yl](benzamido)méthyl]phosphonate de diéthyle ester synthétisé de façon régiosélective, par une réaction de cycloaddition dipolaire -1,3 entre l' $\alpha$ -azidoamino méthylphosphonate de diéthyle et le 1-(prop-2-yn-1-yl)-1H-benzo[d]imidazole. La réaction de cyclisation par Chimie click est réalisée dans un mélange de solvant eau/éthanol (50/50) en présence de sulfate de cuivre pentahydraté et de l'ascorbate de sodium en quantité catalytique. Le dérivé bihétérocyclique de l'analogie phosphonique de la glycine est ainsi obtenu avec un excellent rendement (90%), sous forme de solide blanc après chromatographie sur colonne de gel de silice (acétate d'éthyle/hexane : 1/1) et recristallisation dans un mélange éther/hexane. La caractérisation de la structure attribuée de l'isomère -1,4, a été réalisée par le biais de la spectroscopie RMN 1D et 2D ainsi que sur la base des données de la littérature concernant la réaction de cycloaddition par Chimie Click. La 2D Spectroscopie RMN a joué un rôle fondamentale grâce aux différentes corrélations observées entre les hydrogènes et les carbonés adjacents et aussi entre les hydrogènes et les carbonés lointains.$

**Subject:** Organic Chemistry

**Mots-clés:** Alcyne, Triazole, Azide,  $\alpha$ -aminoesterphosphonique, Cycloaddition, Chimie Click

# Synthesis And Characterization Of The Structure Of Diethyl [{4-[(1H-Benzo[D]Imidazol-1-Yl)Methyl]-1H-1,2,3-Triazol-1-Yl}(Benzamido)Methyl]Phosphonate By 1D And 2D NMR Spectroscopy

*Serigne Abdou Khadir Fall, Doctorant,  
Hassane Faraj, Professeur,  
Anouar Alami, Professeur,*

Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux Organométalliques, Moléculaires et Environnement, Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc

*Saïd Achamlale, Professeur,*

Laboratoire de Recherche Scientifique et de Développement Pédagogique, CRMEF Fès-Meknès et (LIMOME, FSDM-USMBA-Fès)

*Younas Aouine, Professeur,*

Team of Organic Chemistry and Valorization of Natural Substances, Faculty of Sciences, Ibn Zohr University – Agadir, Morocco

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p314](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p314)

---

## Abstract

The compound, diethyl [{4-[(1H-benzo[d]imidazol-1-yl)methyl]-1H-1,2,3-triazol-1-yl} (benzamido)methyl]phosphonate, was prepared in a regioselective manner, through 1,3-dipolar cycloaddition reaction between  $\alpha$ -azidoaminomethyl phosphonate and 1-(prop-2-yn-1-yl)-1H-benzo[d]imidazole. The cyclization reaction by click chemistry was carried out in a water/ethanol solvent mixture (50/50), in the presence of copper sulfate pentahydrate and sodium ascorbate in catalytic quantities. The biheterocyclic derivative of the phosphonic analog of glycine was obtained with an excellent yield (90%), as a white solid after chromatography on a silica gel column (ethyl acetate/hexane: 1/1) and recrystallization in an ether/hexane mixture. The characterization of the structure of the resulting 1,4-isomer was performed by 1D and 2D NMR spectroscopy as well as on the basis of data from the literature concerning the cycloaddition reaction by Chemistry Click. The 2D NMR Spectroscopy played a fundamental role through different correlations observed between the hydrogens and adjacent carbons and also between hydrogens and distant carbons.

---

**Keywords:** Alkyne, Triazole, Azide, A-Aminophosphonic Ester, Cycloaddition, Click Chemistry

## 1. Introduction

Les  $\alpha$ -aminoacides phosphoniques et leurs dérivés occupent une place importante dans la conception de nouvelles formules de médicaments (Iwanejko et al., 2020). Ainsi, ces dérivés sont dotés d'un fort potentiel d'activité biologique intéressant et divers (Damiche et al., 2016), agissant comme agent inhibiteur de la protéase du virus Nil occidental (Skoreński et al., 2019), agents anticancéreux (Fang et al., 2016), antibactériens (Tripolszky et al., 2020) et antioxydants (Nayab et al., 2020). Leurs diverses applications s'orientent également dans l'utilisation inhibitrice de la résorption osseuse (Chiminazzo et al., 2019–Dormehl et al., 2011).

Cette large gamme d'activités thérapeutique et pharmacologique (Shaikh et al., 2020) encourage les chercheurs à développer de nouvelles méthodes de synthèse d' $\alpha$ -aminoacides phosphoniques (Orsini et al., 2010), dont les principales voies sont la réaction one-pot de Kabachnik-Fields (Cherkasov et al., 1998–Danne et al., 2018) et la synthèse asymétrique d' $\alpha$ -aminophosphonates (Li, W., Wang et al., 2018–Yan, Z., Wu, B., et al. 2016–Maestro et al., 2020). En l'occurrence, la synthèse de nouveaux  $\alpha$ -aminoesters phosphoniques hétérocycliques ne cesse de prospérer dans la littérature.

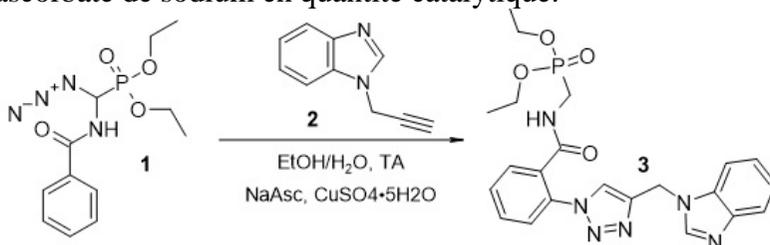
Par ailleurs, la Chimie Click constitue aujourd'hui un outil innovant et précieux en synthèse organique avec des applications dans divers domaines : la médecine (Farrer et al., 2020), la biologie (Saurty et al., 2016), le biomédical (Kim et al., 2019) et la nanotechnologie (Saric et al., 2019). Au vu de ces observations et dans la continuité de nos travaux antérieurs concernant la synthèse d' $\alpha$ -aminoacides phosphoniques hétérocycliques (Elachqar et al., 1994, Achamlale et al., 1998, Boukallaba et al., 2006 et 2007), nous avons synthétisé un nouvel aminoester phosphonique bihétérocyclique, le [4-[(1H-benzo[d]imidazol-1-yl)méthyl]-1H-1,2,3-triazol-1-yl](benzamido)méthyl]phosphonate de diéthyle. L'approche adoptée consiste à préparer dans un premier temps, le dipolarophile hétérocyclique (2) par substitution nucléophile d'un dérivé hétérocyclique azoté (Aouine et al., 2008) sur le bromure de propargyle. Ensuite nous avons réalisé une cycloaddition 1,3 par chimie Click (Tripolszky et al., 2019) entre l' $\alpha$ -azidoaminométhylphosphonate de diéthyle (1) et l'alcyne hétérocyclique correspondant. Le cycloadduit (3) est obtenu de façon régiosélective avec un rendement de 90%, et caractérisé par les différentes méthodes spectroscopiques, à savoir, la RMN du 1H et du 13C unidimensionnelle 1D et bidimensionnelle 2D (1H-1H, 1H-13C), la RMN 31P couplée et découplée.

## 2. Résultats et discussion

L'alcyne 1-(prop-2-ynyl)-1H-benzimidazole (2) utilisé comme dipolarophile, a été préparé selon l'approche décrite dans la littérature (Aouine et al., 2008), par substitution nucléophile entre le bromure de propargyle et le benzimidazole qui se caractérise par la présence d'un proton acide. Ainsi, ce protocole a permis d'obtenir et de caractériser l'alcyne dérivé du benzimidazole (2) avec un rendement de 78%.

Le dipôle azide (1) est obtenu avec un rendement global de 85% en adoptant une stratégie de synthèse<sup>16a</sup> constituée de six étapes (Elachqar et al., 1994), et nécessitant des conditions opératoires anhydre et inerte. La dernière étape permettant d'obtenir le dipôle azide (1) est l'action de l'azoture de sodium sur l' $\alpha$ -bromo- $\alpha$ -aminométhylphosphonate de diéthyle N-benzoylé.

La cyclisation par chimie Click est réalisée avec un rendement de 90%, par condensation du dipolarophile (2) et de dipôle azide (1) dans un mélange de solvant eau/éthanol (50/50), en présence du sulfate de cuivre pentahydraté et de l'ascorbate de sodium en quantité catalytique.

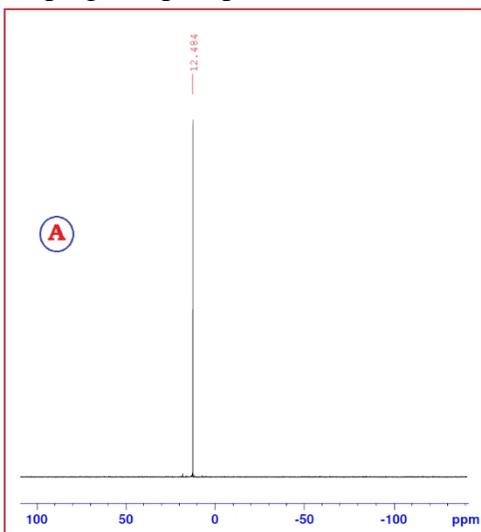


**Schéma 1.** Voie de synthèse du produit bihétérocyclique d' $\alpha$ -aminoester phosphonique

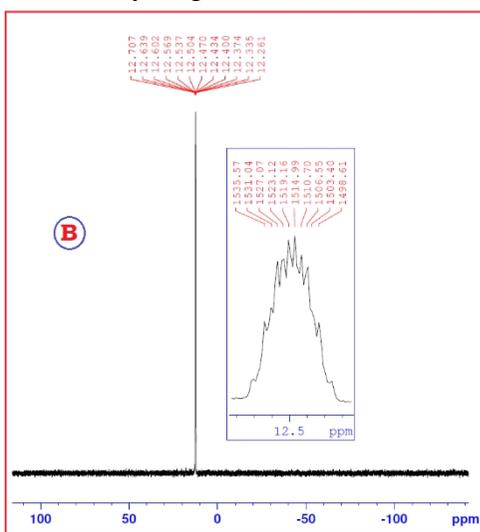
Selon la méthode d'Huisgen et les travaux précédents de notre laboratoire de recherche (Elachqar et al., 1994 – Achamlale et al., 1998), la réaction de cycloaddition dipolaire-1,3 conduit à la formation des deux régioisomères-1,4 et -1,5 avec une prévalence de l'isomère-1,4. Cependant, dans les conditions de la chimie Click (Tripolszky et al., 2019 – Song et al., 2018), la réaction de cycloaddition conduit sélectivement à un seul régioisomère -1,4 ou -1,5; selon la nature de l'ion métallique utilisé comme catalyseur. Ainsi, en présence des ions de cuivre II, seul l'isomère -1,4 est obtenu, alors qu'en présence du Rhodium I, seul le régioisomère-1,5 est obtenu. Pour notre part, lors de la réaction de cycloaddition utilisant le sulfate de cuivre II et l'ascorbate de sodium, nous avons obtenu un seul composé, le régioisomère-1,4, le [{4-[(1H-benzo[d]imidazol-1-yl)méthyl]-1H-1,2,3-triazol-1-yl}(benzamido)méthyl]phosphonate de diéthyle. Le dérivé bihétérocyclique de l'analogue phosphonique de la glycine N-protégé est obtenu avec un excellent rendement (90%), sous forme d'un solide blanc après chromatographie sur colonne de gel de silice (éluant : acétate d'éthyle/hexane : 1/1). Le produit pur est obtenu après recristallisation dans un mélange

éther/hexane et sa structure a été établie sur la base de de la RMN  $^{31}\text{P}$  couplée et découplée (Figures 1A et 1B), de la RMN 1D  $^1\text{H}$  et  $^{13}\text{C}$  (Figures 2 et 3) de la RMN 2D homonucléaire et hétéronucléaire  $^1\text{H}$ - $^1\text{H}$  et  $^1\text{H}$ - $^{13}\text{C}$  (Figures 4, 5 et 6).

Ainsi, Le cycloadduit (3) présente en RMN du phosphore 31 découplé un seul signal à 12,48 ppm (Figure 1A) alors que dans le spectre de RMN du  $^{31}\text{P}$  couplé (Figure 1B), on note également un seul signal centré à 12,48 ppm, mais l'étalement de ce signal montre qu'il s'agit d'un multiplet à cause du couplage du phosphore avec les carbones et les hydrogènes voisins.



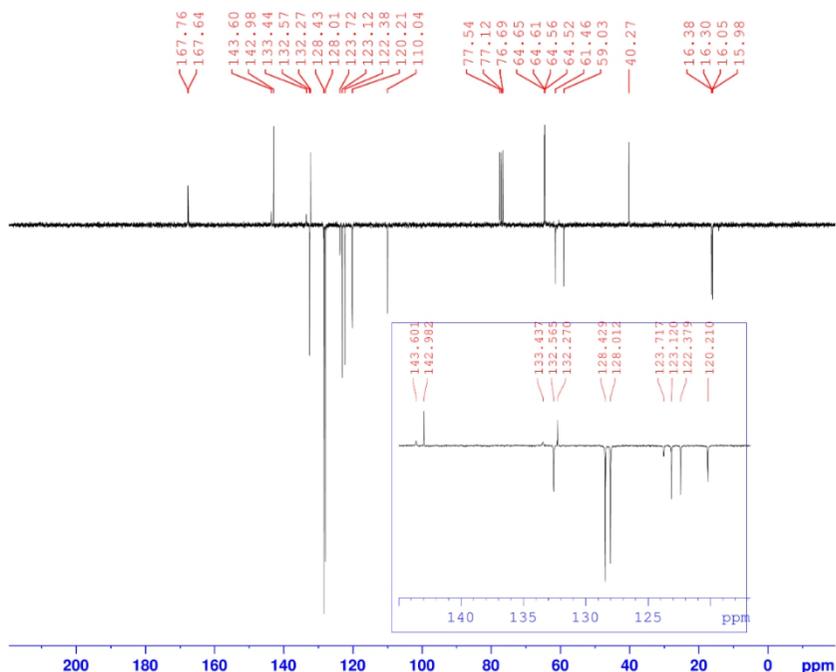
**Figure 1A.** Spectre RMN  $^{31}\text{P}$  découplé du composé (3)



**Figure 1B.** Spectre RMN  $^{31}\text{P}$  couplé du composé (3)

De plus, en RMN du  $^{13}\text{C}$  (Figure 2), on note le couplage de l'atome du phosphore avec :

- Le carbone en  $\alpha$  du phosphonate  $^1J_{\text{P-CH}} = 183,40$  Hz,
- Le carbone du carbonyle  $^3J_{\text{CO-P}} = 9$  Hz,
- Les carbones des deux groupes éthyloxy  $^2J_{\text{OCH}_2\text{-P}} = 6,8$  Hz et  $^3J_{\text{OCH}_2\text{CH}_3\text{-P}} = 6$  Hz.



**Figure2.** Spectre de RMN du  $^{13}\text{C}$  du cycloadduit (3)

Alors qu'en RMN du  $^1\text{H}$  (Figure 3), l'atome d'hydrogène porté par le carbone en  $\alpha$  du groupe phosphonate apparait sous forme d'un doublet dédoublé à cause du couplage à la fois avec les atomes d'hydrogène amidique NH et le phosphore  $^{31}\text{P}$ ,  $^2J_{\text{CH-P}} = 16.80$  Hz et  $^3J_{\text{CH-NH}} = 9.90$  Hz. Tandis que les deux protons du premier groupement éthyloxy  $\text{OCH}_2\text{CH}_3$  résonnent sous forme d'un quadruplet dédoublé dû au couplage à la fois avec les trois protons du groupement méthyle  $\text{CH}_3$  et le phosphore  $^{31}\text{P}$ , et avec des constantes de couplages  $^3J_{\text{OCH}_2\text{-CH}_3} = 7$  Hz et  $^3J_{\text{OCH}_2\text{-P}} = 1.5$  Hz. Finalement, les deux protons  $\text{OCH}_a\text{H}_b$  de l'autre groupement éthyloxy résonnent sous forme de deux quintuplets dédoublés car les deux protons  $\text{H}_a$  et  $\text{H}_b$  ne sont pas magnétiquement équivalents. Les constantes de couplages sont identiques aux précédentes.



Cette constatation se confirme aussi bien en RMN 2D hétéronucléaire (Figure 5). L'affectation définitive des déplacements chimiques des protons et des carbones sont ainsi présentés dans le tableau 1.

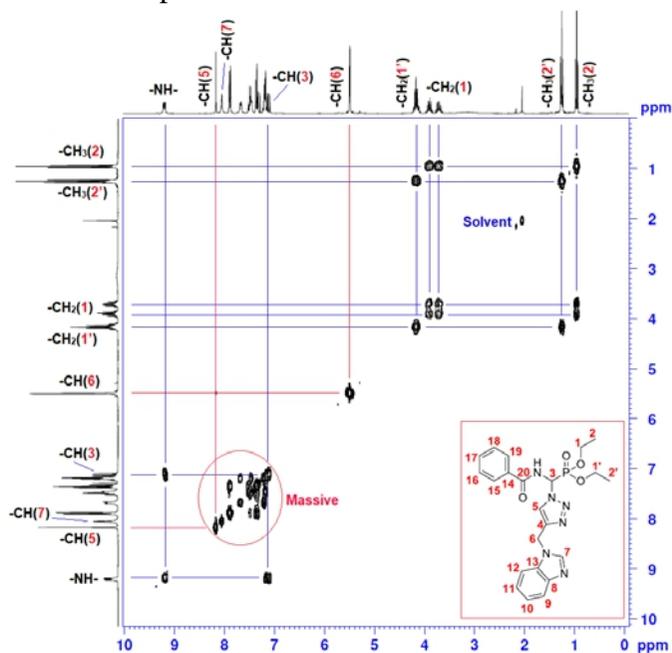


Figure 4. Spectre 2D homonucléaire  $^1\text{H}$ - $^1\text{H}$  du cycloadduit (3)

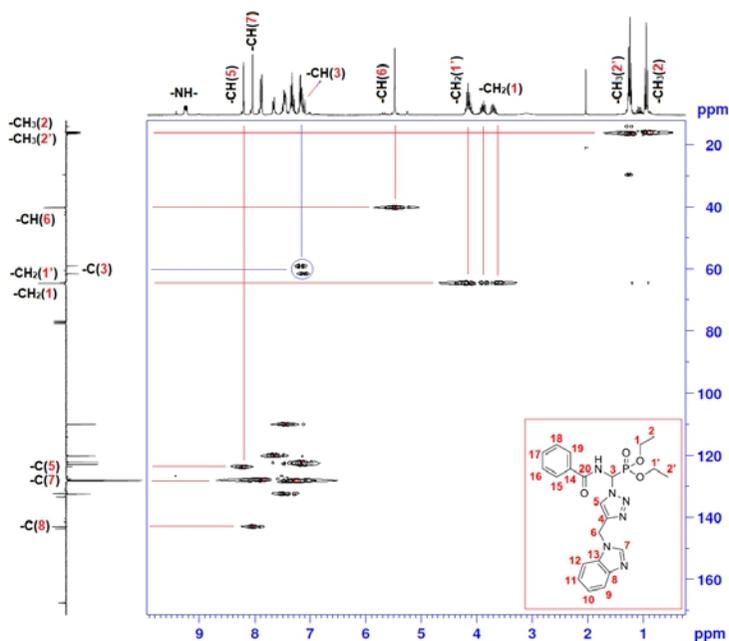


Figure 5. Spectre 2D hétéronucléaire  $^1\text{H}$ - $^{13}\text{C}$  du cycloadduit (3)

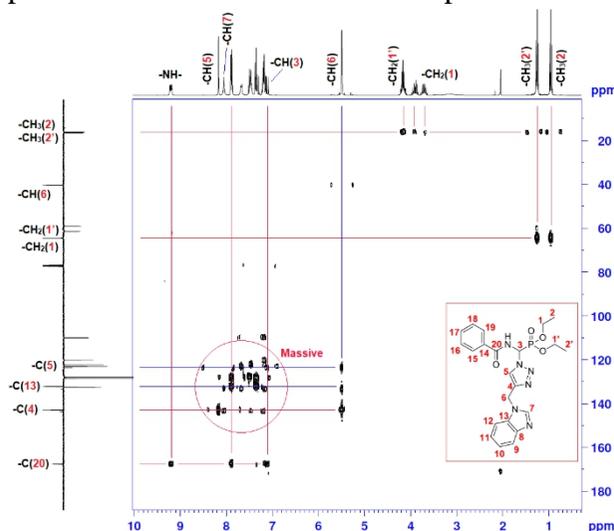
**Tableau 1.** Données spectrales en RMN du  $^1\text{H}$  (300.13 MHz) et en RMN du  $^{13}\text{C}$  (75.47 MHz) du composé (3) dans  $\text{CDCl}_3$ , y compris les résultats obtenus par HMBC de corrélation 2D homonucléaire et hétéronucléaire. Les déplacements chimiques sont en ppm et les constantes de couplage en Hertz (J en Hz).

Position	$\delta_{\text{H}}$	$\delta_{\text{C}}$	Corrélation H-H	Corrélation C-H
1	3.69-3.91 (m)	64.52-64.56	$2\text{H}^1\text{-}2\text{H}^1$ ; $2\text{H}^1\text{-}3\text{H}^2$	$\text{C}^1\text{-}2\text{H}^1$ ; $\text{C}^1\text{-}3\text{H}^2$
1'	4.13-4,19 (m)	64.61- 64.65	$2\text{H}^{1'}\text{-}2\text{H}^{1'}$ ; $2\text{H}^{1'}\text{-}3\text{H}^{2'}$	$\text{C}^{1'}\text{-}2\text{H}^{1'}$ ; $\text{C}^{1'}\text{-}3\text{H}^{2'}$
2	0.95 (t, $^3\text{J} = 7$ )	15.98-16.05	$3\text{H}^2\text{-}3\text{H}^2$ ; $3\text{H}^2\text{-}2\text{H}^1$	$\text{C}^2\text{-}3\text{H}^2$ ; $\text{C}^2\text{-}2\text{H}^1$
2'	1.25 (t, $^3\text{J} = 7$ )	16.30-16.38	$3\text{H}^{2'}\text{-}3\text{H}^{2'}$ ; $3\text{H}^{2'}\text{-}2\text{H}^{1'}$	$\text{C}^{2'}\text{-}3\text{H}^{2'}$ ; $\text{C}^{2'}\text{-}2\text{H}^{1'}$
3	7.09-7.17 (dd, $^3\text{J}_{\text{H-H}} = 9.6$ et $^2\text{J}_{\text{H-P}} = 18.6$ )	59.03-61.46 (d, $^1\text{J}_{\text{H-P}} = 183.4$ )	$1\text{H}^3\text{-}1\text{H}^3$ ; $1\text{H}^3\text{-HN}$	$\text{C}^3\text{-}1\text{H}^3$
4	-	142.98	-	$\text{C}^4\text{-}1\text{H}^5$ ; $\text{C}^4\text{-}2\text{H}^6$
5	8.17 (s)	123.71	$1\text{H}^5\text{-}1\text{H}^5$	$\text{C}^5\text{-}1\text{H}^5$ ; $\text{C}^5\text{-}2\text{H}^6$
6	5.5 (s)	40.27	$2\text{H}^6\text{-}2\text{H}^6$	$\text{C}^6\text{-}2\text{H}^6$
7	8.05 (s)	128.43	$1\text{H}^7\text{-}1\text{H}^7$	$\text{C}^7\text{-}1\text{H}^7$
NH	9,23 (dd, $^3\text{J}_{\text{H-H}} = 9,6$ et $^3\text{J}_{\text{H-P}} = 4,2$ )	-	HN - HN	-
20	-	164.7	-	-

L'analyse du spectre de RMN 2D hétéronucléaire du cycloadduit (3) (Figure 5) montre une parfaite corrélation, d'une part entre les protons et les carbones adjacents et d'autre part, entre les protons et les carbones voisins dans certains cas. Il faut noter également que la réalisation de ce spectre 2D hétéronucléaire nous a permis de constater que l'atome d'hydrogène porté par le carbone en  $\alpha$  du groupement phosphonate qui résonne sous forme d'un doublet entre 59,08 et 61,51 ppm, corrèle à la fois avec son carbone et avec le carbone 5 portant le proton triazolique en position 5 à 123,72 ppm. Ce résultat est en parfait accord avec les données de la littérature sur la chimie Click, ce qui nous permet d'attribuer la structure du produit (3) à l'isomère-1,4. Cette structure est également attribuée sur la base des données de la littérature concernant les déplacements chimiques des protons triazoliques (Achlalale et al., 2019 –Vorobyeva et al., 2010). Ceux en position 5 ( $\delta\text{H}_5$ ) (isomère-1,4) du cycle triazolique sont plus déblindés que leurs homologues en position 4 pour l'isomère -1,5 ( $\delta\text{H}_5 > \delta\text{H}_4$ ). Leurs signaux raisonnent généralement entre 8 et 8,5 ppm. Alors qu'en RMN du  $^{13}\text{C}$ , le carbone du cycle portant le proton triazolique en position 5 résonne aux alentours de 124 ppm

(isomère -1,4), et celui en position 4 (isomère -1,5) résonne entre 134 et 135 ppm. Ceci est dû probablement au fait que le  $\underline{\text{CH}}_5$  dans l'isomère -1,4 se trouve au voisinage d'un carbone hybridé  $\text{sp}^2$  et d'un azote hybridé  $\text{sp}^3$ , alors que dans le cas du  $\underline{\text{CH}}_4$  (isomère -1,5), l'atome de carbone est entouré par le carbone et l'azote dans un état d'hybridation  $\text{sp}^2$ . Ce dernier est l'origine du déblindage de ce carbone portant le proton triazolique en position 4 dans l'isomère -1,5.

Nous avons également réalisé le spectre de RMN 2D hétéronucléaire avec un couplage lointain entre les atomes d'hydrogènes et les carbones voisins lointains (Figure 6). L'affectation définitive des déplacements chimiques des protons et des carbones sont ainsi présentés dans le tableau 2.



**Figure 6.** Spectre 2D hétéronucléaire  $^1\text{H}$ - $^{13}\text{C}$  du cycloadduit (3) avec un couplage lointain

**Tableau 2.** Corrélations 2D homonucléaire et hétéronucléaire du cycloadduit (3)

position	$\delta_{\text{H}}$ (ppm)	$\delta_{\text{C}}$ (ppm)	Corrélation H-H	Corrélation C-H
6	5,5 (s, $\text{CH}_2$ ) entre les deux hétérocycles	123,72 ; 133,44 ; 142,97 - 143.76, ,	$\text{H}_6$ - $\text{H}_6$	$\text{C}_5$ - $\text{H}_6$ , $\text{C}_{13}$ - $\text{H}_6$ , $\text{C}_4$ - $\text{H}_6$ , $\text{C}_8$ - $\text{H}_6$
20	NH: 9,12 (dd), $\text{C}_3\text{H}$ 7,08(dd), 7.8 m	167,68	$\text{H}_\text{N}$ - $\text{H}_3$	$\text{C}_{20}$ - $\text{H}_\text{N}$ , $\text{C}_{20}$ - $\text{H}_3$ , $\text{C}_{20}$ - $\text{H}_{\text{Aromatique}}$

Ainsi, nous remarquons que les deux hydrogènes du carbone 6 reliant les deux hétérocycles ne corrélient pas avec le carbone adjacent mais corrélient à la fois avec :

- Les trois carbones quaternaires, 4, 8 et 13 des deux hétérocycles triazole et benzimidazole,
- Le carbone 5 portant le proton triazolique en position 5 ( $\text{CH}_5$ )

D'autre part, et contrairement à ce qui a été observé dans le spectre 2D hétéronucléaire (figure 6), nous avons repéré une unique corrélation des deux hydrogènes avec le carbone adjacent 6 reliant les deux hétérocycles.

De plus, nous avons noté une corrélation entre les hydrogènes et les carbones lointains des groupements éthoxy, qui apparaissent de part et d'autres de la diagonale, ainsi que l'absence des corrélations entre les hydrogènes et les carbones adjacents des groupes éthoxy (figure 6). Ceci à l'inverse de ce qui a été obtenu concernant la résonance magnétique nucléaire bidimensionnelle des carbones et des hydrogènes du groupement phosphonate d'éthyle (Figure 5).

Il est à noter finalement que les corrélations entre les hydrogènes et les carbones aromatiques en RMN 2D hétéronucléaire lointain sont beaucoup plus importantes qu'en RMN 2D hétéronucléaire normale.

Sur la base de cette étude physico-chimique, nous attribuons au cycloadduit (3), la structure de l'isomère-1,4, le [4-[(1H-benzo[d]imidazol-1-yl)méthyl]-1H-1,2,3-triazol-1-yl](benzamido) méthyl]phosphonate de diéthyle.

### 3. Matériels et méthodes

Les points de fusion ont été mesurés à l'aide d'un appareil électrothermique et ne sont pas corrigés. Les spectres de RMN ont été enregistrés sur un spectromètre Bruker AC-300 MHz dans le  $\text{CDCl}_3$  avec le TMS comme étalon interne. Les décalages chimiques ( $\delta$ ) et les constantes de couplage (J) sont donnés en parties par million (ppm) et en Hertz (Hz), respectivement. Les multiplicités ont été enregistrées sous la forme s (singulet), br.s (signal large), d (doublet), dd (doubletdédoublet), t (triplet), q (quadruplet) ou m (multiplet). Toutes les réactions ont été suivies par la CCM réalisée sur des plaques Merck à dos d'aluminium pré-revêtues de silice (0,2 mm, 60F254). Pour la chromatographie sur colonne, du gel de silice Merck (70-230 mesh) a été utilisé.

#### Réaction de cycloadditiondipolaire-1,3

Dans un ballon, on mélange 0.6g (1.9 mmol) d'azide (3) avec 0.4 g (2.2 mmol) d'alcyne dans 10 ml d'un mélange éthanol-eau (1/1). On utilise 0.05 équivalent de sulfate de cuivre pentahydraté ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) comme catalyseur avec 0,1 équivalent d'ascorbate de sodium (As-Na). Le mélange est abandonné sous agitation à température ambiante pendant 24h.

A la fin de la réaction, on filtre le précipité et on évapore sous vide le solvant, puis le brut obtenu est lavé avec de l'eau afin d'éliminer les traces de sel restantes. On extrait avec le dichlorométhane la phase organique qui est ensuite séchée avec le  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , puis on le solvant est évaporé et le résidu est chromatographié sur colonne à gel de silice (éluant : acétate d'éthyle/ hexane).

**((4-(1H-benzo[d]imidazol-1-yl)-1H-1,2,3-triazol-1-yl)(benzamido)méthyl)phosphonate de diéthyle (3)** : solide blanc ; Rdt. = 90% ; R<sub>f</sub> = 0.4 (éther/méthanol 5%) ; F = 226 – 228 °C.

**RMN <sup>1</sup>H** (300 MHz, CDCl<sub>3</sub>, δ en ppm) : 0.95 (t, 3H, <sup>3</sup>J = 7Hz, -CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>) ; 1.25 (t, 3H, <sup>3</sup>J = 7Hz, -CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>) ; 3.70-4.20 (3 m, 1H + 1H + 2H, 2 x (P-O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>)) ; 5.5 (s, 2H, triazo-CH<sub>2</sub>-Ht) ; 7.08-7.17 (dd, 1H, <sup>3</sup>J = 9.9 Hz, <sup>2</sup>J = 16,8 Hz, NH-CH-P) ; 7.28-7.37 (m, 2H, 2H<sub>arom(Ph)</sub>) ; 7.44-7.52 (m, 2H, 2H<sub>arom(Ph)</sub>) ; 7.66-7.68 (m, 1H, 1H<sub>arom(Ph)</sub>) ; 7.36 (d, 2H, <sup>1</sup>J = 8Hz, 2H<sub>arom(Benz)</sub>) ; 7.88 (d, 2H, J = 8Hz, 2H<sub>arom(Benz)</sub>) ; 8.05 (s, 1H, 1H<sub>arom(Benz)</sub>) ; 8.17 (s, 1H, 1H<sub>arom(Triaz)</sub>) ; 9.18-9.22 (dd, 1H, <sup>3</sup>J<sub>H-H</sub> = 9.6 Hz, <sup>3</sup>J<sub>H-P</sub> = 4.2 Hz, NH-CH-P).

**RMN <sup>13</sup>C** (75 MHz, CDCl<sub>3</sub>, δ en ppm) : 15.98-16.05 (1C, (-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>)) ; 16.30-16.38 (1C, (-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>)) ; 40.27 (1C, triaz-CH<sub>2</sub>-) ; 59.03-61.46 (1C, -CH-P, d, <sup>1</sup>J<sub>H-P</sub> = 183.4 Hz) ; 64.60 (2C, 2 x (O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>)) ; 110.04 ; 120.21 ; 123.12 ; 123.38 ; 128.01 ; 128.43 ; 132.27 ; 132.57 ; 133.44 ; 143.60 (13C<sub>arom</sub>) ; 123.72 (1C, C<sub>t(triaz)</sub>) ; 142.98 (1C, C<sub>q(triaz)</sub>) ; 167.68 (1C, CO).

## Conclusion

En résumé, la réaction de cycloaddition dipolaire-1,3 entre l'azide (1) et l'alcyne hétérocyclique (2) terminal permet d'accéder de façon régiosélective à l'isomère -1,4 (3) avec un excellent rendement. La caractérisation de la structure du [{4-[(1H-benzo[d]imidazol-1-yl)méthyl]-1H-1,2,3-triazol-1-yl}(benzamido)méthyl]phosphonate de diéthyle a été réalisée au moyen de la spectroscopie RMN 1D et 2D, et en se basant également sur les données de la littérature. L'évaluation des activités anticorrosion et biologique du produit synthétisé fait l'objet de travaux en cours.

## References:

1. Achamlale S., Alami A., Aouine Y. (2019). Structure assignment of N-protected 2-(1H-1,2,3-triazol-1-yl)-glycine derivatives by chemical and spectroscopic methods. Moroccan Journal of Heterocyclic Chemistry, 18, 61-69. <https://doi.org/10.48369/IMIST.PRSM/jmch-v18i3.18502>.
2. Achamlale S., Elachqar A., El Hallaoui A., El Hajji S., Alami A., Roumestant ML., Viallefont P. (1998). Synthesis of biheterocyclic α-amino phosphonic acid derivatives. Phosphorus, Sulfur, and Silicon, 140, 103-111. <https://doi.org/10.1080/10426509808035736>.
3. Albrand JP (1969). R.M.N. de composés organophosphorés : non équivalence de protons méthyléniques en α d'un phosphore asymétrique. Application à l'étude des constantes de couplage J<sub>P,H</sub>, J<sub>H,H</sub>. Rapport CEA-R-3733, pages 73-75.

[http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/35/094/35094997.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/35/094/35094997.pdf)

4. Aouine Y., Faraj H., Alami A., El Hallaoui A., Elachqar A., El Hajji S., Kerbal A., Labriti B., Martinez J., Rolland V. (2008). Synthesis of new triheterocyclic compounds, precursors of biheterocyclic amino acids. *Moroccan Journal of Heterocyclic Chemistry*, 7, 45-49. <https://doi.org/10.48369/IMIST.PRSM/jmch-v7i1.2881>.
5. Boukallaba K., Elachqar A., El Hallaoui A., Alami A., El Hajji S., Labriti B., Rolland V. (2006). Synthesis of new  $\alpha$ -heterocyclic  $\alpha$ -amino phosphonates. *Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements*, 181, 819-823 <https://doi:10.1080/10426500500272046>.
6. Boukallaba K., Elachqar A., El Hallaoui A., Alami A., El Hajji S., Labriti B., Rolland V. (2007). Synthesis of  $\alpha$ -heterocyclic  $\alpha$ -amino phosphonates, Part II: morpholine, piperidine, pyrrolidine, tetrahydrofurylmethylamine, N-benzyl-N-methylamine, and aniline derivatives. *Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements*, 182, 1045-1052. <https://doi:10.1080/10426500601093739>.
7. Cherkasov RA., Galkin VI. (1998). The Kabachnik–Fields reaction: synthetic potential and the problem of the mechanism. *Russian Chemical Reviews*, 67, 857-882. <https://doi:10.1070/RC1998v067n10ABEH0004>.
8. Chiminazzo A., Giuseppe B., Alessia F., Chiara F., McKenna C., Dalle carbonare LG., Scarso A. (2019). Diketopyrrolopyrrole bisphosphonate conjugate: a new fluorescent probe for in vitro bone imaging. *Chemistry - A European Journal*. <https://doi:10.1002/chem.201805436>.
9. Damiche R., Chafaa S. (2016). Synthesis of new bioactive aminophosphonates and study of their antioxidant, anti-inflammatory and antibacterial activities as well the assessment of their toxicological activity. *Journal of Molecular Structure*, 1130, 1009-1017. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2016.10.054>.
10. Danne AB., Satish VA., Tejshri RD., Madiha MS., Bapurao BS. (2018). One-pot facile synthesis of novel 1,2,3-triazole-appended  $\alpha$ -amino phosphonates. *Journal of the Iranian Chemical Society*, 16, 953-961. <https://doi.org/10.1007/s13738-018-1571-0>.
11. Dormehl I., Louw W., Milner R., Kilian E., Schneeweiss F. (2011). Biodistribution and pharmacokinetics of variously sized molecular radiolabelled polyethyleneiminomethyl phosphonic acid as a selective bone seeker for therapy in the normal primate model. *Arzneimittelforschung*, 51, 258-263. <https://doi:10.1055/s-0031-1300033>.

12. Elachqar A., El Hallaoui A., Roumestant ML., Viallefont P. (1994). Synthesis of heterocyclic  $\alpha$ -amino phosphonic acids. *Synthetic Communications*, 24, 1279-1286. <https://doi:10.1080/00397919408011729>.
13. Fang Y-L., Wu Z-L., Xiao M-W., Tang Y-T., Li K-M., Ye J., Xiang J-N., Hu, A-X. (2016). One-pot three-component synthesis of novel diethyl ((2-oxo-1,2-dihydroquinolin-3-yl)(arylamino)methyl)phosphonate as potential anticancer agents. *International Journal of Molecular Sciences*, 17, 653. <https://doi.org/10.3390/ijms17050653>.
14. Farrer NJ., Griffith DM. (2020). Exploiting azide-alkyne click chemistry in the synthesis, tracking and targeting of platinum anticancer complexes. *Current Opinion in Chemical Biology*, 55, 59-68. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2019.12.001>.
15. Hudson HR., Tajti Á., Bálint E., Czugler M., Karaghiosoff K., Keglevich G. (2020). Microwave-assisted synthesis of  $\alpha$ -amino phosphonates with sterically demanding  $\alpha$ -aryl substituents. *Synthetic Communications*, 55, 59-68 <https://doi:10.1080/00397911.2019.1679186>.
16. Huisgen R. In : A. Padwa, Ed., Wiley, New York, (1984). 1,3-Dipolar Cycloaddition Chemistry. <https://doi:10.1080/10426509908546206>.
17. Iwanejko J., Wojaczyńska E., Turlej E., Maciejewska M., Wietrzyk J. (2020). Octahydroquinoxalin-2(1H)-one-based aminophosphonic acids and their derivatives-Biological activity towards cancer cells. *Materials*, 13, 2393 <https://doi.org/10.3390/ma13102393>.
18. Kim E., Koo H. (2019). Biomedical applications of copper-free click chemistry: in vitro, in vivo, and ex vivo. *The Royal Society of Chemistry*, 10, 7835-7851. <https://doi.org/10.1039/c9sc03368h>.
19. Li W., Wang Y., Xu D. (2018). Asymmetric synthesis of  $\alpha$ -amino phosphonates by using cinchona alkaloid-based chiral phase transfer catalyst. *European Journal of Organic Chemistry*. <https://doi:10.1002/ejoc.201801013>.
20. Maestro A., Martinez de Marigorta E., Palacios F., Vicario J. (2020).  $\alpha$ -Imino phosphonates: useful intermediates for enantioselective synthesis of  $\alpha$ -amino phosphonates. *Asian Journal of Organic Chemistry*, 9, 538-548. <https://doi.org/10.1002/ajoc.202000039>.
21. Nayab RS., Maddila S., Krishna MP., Salam JJT., Thaslim BS., Chintha V., Wudayagiri R., Nagam V., Tartte V., Chinnam S. (2020). In silico molecular docking and in vitro antioxidant activity studies of novel  $\alpha$ -amino phosphonates bearing 6-amino-1,3-dimethyl uracil. *Journal of Receptors and Signal Transduction*, 40, 166-172. <https://doi.org/10.1080/10799893.2020.1722166>.

22. Orsini F., Sello G., Sisti M. (2010). Amino phosphonic acids and derivatives. Synthesis and biological applications. *Current Medicinal Chemistry*, 17, 264-289. <https://doi:10.2174/092986710790149729>.
23. Saric I., Peter R., Kolymjadi Markovic M., Jelovica Badovinac I., Rogero C., Ilyn M., Kenz M., Ambrožić G. (2019). Introducing the concept of pulsed vapor phase copper-free surface click-chemistry using the ALD technique. *Chemical Communications*, 55, 3109-3112. <https://doi.org/10.1039/C9CC00367C>.
24. Saurty M., Sanson R., Amrane R., Rubinstein E. (2016). La chimie-click débusque les substrats d'ADAM10. *Médecine/Sciences*, 32, 836-839 <https://doi.org/10.1051/medsci/20163210015>.
25. Shaikh S., Dhavan P., Pavale G., Ramana MMV., Jadhav, BL. (2020). Design, synthesis and evaluation of pyrazole bearing  $\alpha$ -aminophosphonate derivatives as potential acetylcholinesterase inhibitors against Alzheimer's disease. *Bioorganic Chemistry*, 103589. <https://doi:10.1016/j.bioorg.2020.103589>.
26. Skoreński M., Milewska A., Pyrc K., Sieńczyk M., Oleksyszyn J. (2019). Phosphonate inhibitors of West Nile Virus NS2B/NS3 protease. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 34, 8-14. <https://doi.org/10.1080/14756366.2018.1506772>.
27. Song W., Zheng N., Li M., Ullah K., Zheng Y. (2018). Rhodium(I)-catalyzed azide-alkyne cycloaddition (RhAAC) of internal alkynylphosphonates with high regioselectivities under mild conditions. *Advanced Synthesis & Catalysis*, 360, 2429-2434. <https://doi:10.1002/adsc.201800336>.
28. Tripolszky A., Németh K., Szabó PT., Bálint E. (2019). Synthesis of (1,2,3-triazol-4-yl)methyl phosphinates and (1,2,3-triazol-4-yl)methyl phosphates by copper-catalyzed azide-alkyne cycloaddition. *Molecules*, 24, 2085. <https://doi:10.3390/molecules24112085>.
29. Tripolszky A., Tóth E., Szabó PT., Hackler L., Kari B., Puskás LG., Bálint E. (2020). Synthesis and in vitro cytotoxicity and antibacterial activity of novel 1,2,3-triazol-5-yl-phosphonates. *Molecules*, 25, 2643. <https://doi.org/10.3390/molecules25112643>.
30. Vorobyeva DV., Karimova NM., Vasilyeva TP., Osipov SN., Shchetnikov GT., Odinets IL., Röschenhaler G-V. (2010). Synthesis of functionalized  $\alpha$ -CF<sub>3</sub>- $\alpha$ -aminophosphonates via Cu(I)-catalyzed 1,3-dipolar cycloaddition. *Journal of Fluorine Chemistry*, 131, 378-383. <https://doi:10.1016/j.jfluchem.2009.12.003>.
31. Yan Z., Wu B., Gao X., Chen M-W., Zhou Y-G. (2016). Palladium-catalyzed enantioselective synthesis of  $\alpha$ -amino phosphonates. *Synfacts*, 12, 0483-0483. <https://doi:10.1055/s-0035-1562070>.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### **Akaffou Tchimou Antoine,**

Unité de Formation et de Recherches en Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, Laboratoire de botanique, Côte d'Ivoire

### **Neuba Danho Fursy Rodelec,**

Unité de Formation et de Recherches en Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, Laboratoire de botanique, Côte d'Ivoire

### **Malan Djah François,**

Unité de Formation et de Recherches en Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, Laboratoire de botanique, Côte d'Ivoire

Submitted: 18 August 2020

Accepted: 23 December 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*Akaffou Tchimou Antoine*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p329](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p329)



Copyright 2020 Akaffou Tchimou A,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCES

Cite as:

Akaffou Tchimou A, Neuba Danho Fursy R, Malan Djah F. (2020). Diversité Floristique Et Valeur De Conservation De La Forêt Classée De N'ganda-N'ganda (Sud-Est De La Cote D'ivoire). *European Scientific Journal, ESJ, 16 (36)*, 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p329>

## **Diversité Floristique Et Valeur De Conservation De La Forêt Classée De N'ganda-N'ganda (Sud-Est De La Cote D'ivoire)**

### **Résumé**

L'étude a été entreprise en vue de contribuer à une meilleure connaissance de la flore de la forêt classée de N'ganda-N'ganda. Pour ce faire, la technique de relevés itinérants a été utilisée. Les inventaires itinérants ont permis d'obtenir une liste de 445 espèces de plantes réparties en 293 genres et 96 familles. Les familles les plus dominantes diffèrent d'un milieu à un autre. Les Rubiaceae sont parmi les familles prépondérantes, quel que soit le type de milieu. Les types biologiques sont dominés par les phanérophytes à plus de 60 %. Le spectre phytogéographique est marqué par une dominance des espèces Guinéo-Congolaises, dans les deux types de forêts. En savane, les hémicryptopytes sont les types biologiques les plus dominants. Le nombre élevé d'espèces endémiques de Haute Guinée (58) et ivoiriennes (09) couplé par la présence de 22 taxons classés de rares, devenus rares et en voie d'extinction pour la flore de la Côte d'Ivoire et de 20 taxons de la liste rouge de l'UICN (2015), représente sa caractéristique particulière. Les traits particuliers de cette flore doivent susciter plus d'attention de la part des gestionnaires de cette forêt.

**Subject:** Biologie

**Mots-clés:** Richesse, Diversité Floristique, Forêt Classée De N'ganda-N'ganda, Côte d'Ivoire

# Floristic Diversity And Conservation Value Of The N'ganda-N'ganda Classified Forest (South-East Cote D'ivoire)

*Akaffou Tchimou Antoine,  
Neuba Danho Fursy Rodelec,  
Malan Djah François,*

Unité de Formation et de Recherches en Sciences de la Nature, Université  
Nangui Abrogoua, Laboratoire de botanique, Côte d'Ivoire

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p329](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p329)

---

## Abstract

This study focuses on providing a better knowledge of the flora of N'ganda-N'ganda forest. The itinerant survey technique was used, and this made it possible to obtain a list of 445 species which was distributed between 293 genera and 96 families. The most dominant families differ by space. Rubiaceae was between dominated families and all types of spaces. The biological types are dominated more than 60% by the phanerophytes. Phytogeographic spectrum is marked by a strong dominance of species known as Guineo-Congolese in two types of forest. In Savanah, hemicryptophytes was the most dominated biological types. The high number of endemic species from Upper Guinea (58) and Ivorian (9), coupled with the presence of 22 taxa classified as rare and endangered for the flora of Côte d'Ivoire and 20 taxa of IUCN Red List (2015), represents its special character. Particular traits of this flora should attract more attention from managers of this forest.

---

**Keywords:** Richness, floristic diversity, N'ganda-N'ganda classified forest, Côte d'Ivoire

## Introduction

Dans le contexte des modifications environnementales globales, les écosystèmes littoraux et surtout certains écosystèmes hygrophiles sont considérés comme des écosystèmes sensibles au changement climatique de ces dernières décennies (Ben & Limam, 2010). Les zones de climat subéquatorial sont définies comme des hotspots (points chauds) de biodiversité. Ces hotspots se caractérisent, à la fois, par des niveaux exceptionnels d'endémisme végétal et par des niveaux critiques de pertes d'habitats (Myers *et al.*, 2000).

À l'instar des autres pays tropicaux, le secteur littoral ivoirien dominé par les forêts denses n'est pas épargné par la dégradation du paysage forestier de plus en plus croissante (Malan, 2009). Ce secteur présente une mosaïque de groupements végétaux liés aux conditions édaphiques et qui entretiennent de fortes relations d'interdépendance (Guillaumet & Adjanohoun, 1971; Gautier, 1990). À l'intérieur d'une telle mosaïque, chaque écosystème est organisé en unités fonctionnelles et structurelles (Piriou *et al.*, 2011).

Ces groupements édaphiques composés pour la plupart de groupements végétaux sur sable grossier, forêts marécageuses, mangroves, mares et lacs constituent un patrimoine naturel de grande valeur biologique et écologique (Missa *et al.*, 2015). Toutefois, la démographique galopante, l'expansion de l'agriculture, la déforestation, l'exploitation du charbon de bois sont autant d'actions posées par l'Homme qui ont entraîné la régression de cette végétation littorale (N'Guessan, 2010). L'impact anthropique sur les mosaïques d'occupation du sol se caractérise par la fragmentation des habitats naturels conduisant ainsi au renforcement des végétations d'origine anthropique (Bogaert *et al.*, 2008). La fragmentation est ainsi considérée comme un important indicateur de la dégradation du paysage (Groves, 1998).

De par leur particularité, leur importance biologique et culturelle, les écosystèmes littoraux sont parmi les régions qui suscitent autant d'intérêt du point de vue biodiversité (Malan, 2008). Selon (Kouamé, 2013), tout au long du littoral ivoirien, six sites ont été identifiés comme zones Ramsar (complexe Sassandra Dagbego, Forêt classée de N'ganda-N'ganda, Fresco, Grand-Bassam, Parc National d'Azagny, et le Parc National des îles Ehotilé) Des études ont été entreprises en vue de connaître la diversité floristique de quelques sites Ramsar de la Côte d'Ivoire à savoir le Parc national des îles Ehotilé-Essouman (Malan *et al.*, 2007; Malan, 2008), la zone de Grand-Bassam et ses environs (Kouamé *et al.*, 2009; Kouamé, 2013) et le Parc National d'Azagny (Koffi *et al.*, 2015; Koffi, 2016).

Pourtant, la Forêt classée de N'ganda-N'ganda, située à l'extrême Est du littoral ivoirien et qui fait partie de ce vaste réseau d'aires protégées ne dispose pas de catalogue floristique à jour. Or, la connaissance de la flore et de la végétation d'une localité donnée est un outil indispensable pour appuyer les politiques de développement durable (Melom, 2015). Ainsi, pour apporter notre contribution à la réalisation de la flore ivoirienne (qui reste une préoccupation majeure, malgré les travaux antérieurs), nous nous proposons de faire une interprétation floristique des inventaires botaniques de ce site Ramsar afin de mieux le valoriser et le conserver.

L'objectif général de la présente étude est de contribuer à une meilleure connaissance de la flore de la Forêt Classée de N'ganda-N'ganda. De façon spécifique, il s'agit (1) d'inventorier le potentiel floristique de cette forêt et (2) d'identifier les espèces à haute valeur de conservation.

## 2. Matériel et Méthodes

### 2.1 Site d'étude

La forêt classée de N'ganda-N'ganda (FCNN) est située dans la région du Sud-Comoé précisément dans le département d'Adiaké au sud-est de la Côte d'Ivoire (Figure 1). Elle est comprise entre 3° 20' et 3° 30' de longitude Ouest, et 5° 09' et 5° 14' de latitude Nord. Elle a été créée par l'arrêté n°2020 SE/F du 07 avril 1951. La FCNN couvre une superficie de 4813 ha. Le climat de la forêt classée est de type subéquatorial caractérisé par deux saisons sèches (décembre à février et en août) et deux saisons pluvieuses (mars à juillet et de septembre à novembre). La pluviométrie moyenne annuelle établie sur neuf ans (2009-2017) est de 1500 mm selon les données climatiques de la SODEXAM (2018) prises dans le département d'Adiaké. La température moyenne annuelle varie de 24 à 31°C avec une amplitude de 3,9°C (Ouattara, 2018). Située dans le secteur littoral du domaine guinéen (Guillaumet & Adjanohoum, 1971), la FCNN est une mosaïque de végétation parsemée de petites savanes herbeuses incluses, de prairies marécageuses, de quelques îlots de forêts sur terre ferme, de forêts marécageuses et de raphiales.

La population de cette localité est composite. Elle comprend les autochtones (Agni et N'zima autrefois appelés Essouma), les allochtones (Abourés, Malinké, Lobi Senoufo, etc). À côté des nationaux, il faut citer des allogènes issus à plus de 90 % de la zone de la CEDEAO (WACA, 2017).

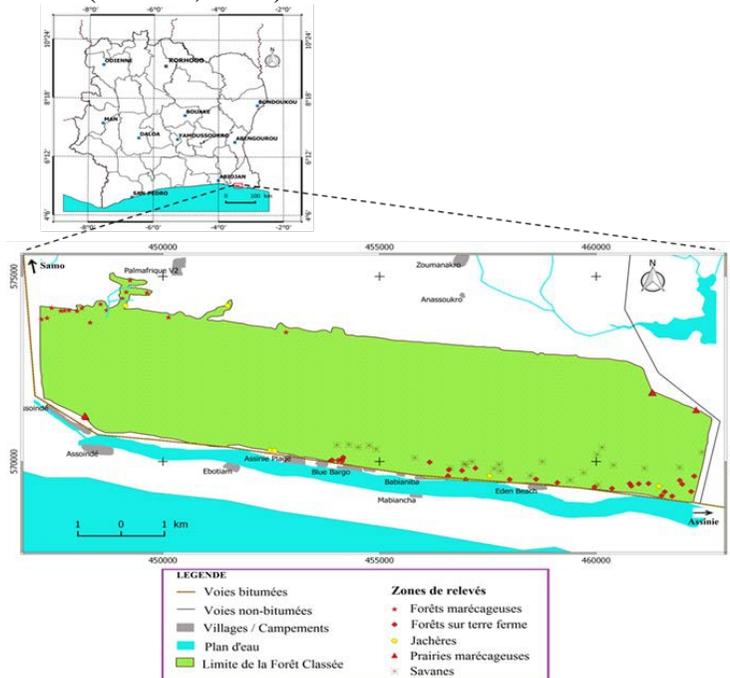


Figure 1. Carte de localisation et présentation du site d'étude

## 2.2 Méthodologie

Les campagnes d'inventaires itinérants ont été menées d'avril à juillet 2017 et de décembre à mars 2018 ; respectivement en saison pluvieuse et sèche dans tous les types de milieux à savoir les forêts sur terre ferme incluant les jachères, la savane englobant la prairie marécageuse et la forêt marécageuse à raphiales. La base de données IVOIR (Gauthier *et al.*, 1999; Chatelain *et al.*, 2001; Chatelain *et al.*, 2011) a fourni une partie de la liste des espèces. Dans la présente étude, les noms de famille suivent la classification (APG IV, 2016). Cette classification ne traitant malheureusement pas des Ptéridophytes ni des Lycophytes. La nomenclature proposée par Aké Assi (1984, 2001, 2002) a été utilisée pour ces catégories taxonomiques. L'identification des spécimens collectés s'est faite sur la base de Flora of West Tropical Africa de Hutchinson et Dalziel (1959-1972), Hawthorne et Jongking (2006). Les groupes fonctionnels des espèces proviennent de Hawthorne (1996). L'indice de valeur économique et genetic heat index (Hawthorne, 1996) ont été calculés pour déterminer l'importance pour la conservation et les risques liés à l'exploitation des ressources phylogénétiques. Les données sur les espèces commerciales proviennent des travaux de Louppe (2000). Les types biologiques des différentes espèces récoltées ont été définis selon le système de Raunkiaer (1934) modifié pour les zones tropicales par Aké-Assi (1984). Les abréviations sont celles de Aké-Assi (1984). Les types de distribution phytogéographique ou phytochories ont été établis suivant les grandes subdivisions chorologiques pour l'Afrique proposées par White (1986).

## 3. Résultats

### 3.1 Richesse spécifique

La compilation des listes d'espèces inventoriées à travers les différentes campagnes de relevés itinérants dans tous les types de milieux a permis d'établir une liste de 445 espèces réparties entre 293 genres et 96 familles. Cependant pris individuellement, la richesse spécifique la plus élevée a été obtenue dans les forêts sur terre ferme où 325 espèces de plantes appartenant à 214 genres et 80 familles y ont été recensées. Les familles les plus riches en espèces sont les Rubiaceae, les Fabaceae et les Apocynaceae avec respectivement 38 espèces pour 23 genres, soit 11,69 % du total, 22 espèces pour 17 genres soit 6,77 % du total et 21 espèces pour 14 genres soit 6,46 % du total. La plus faible richesse en espèces de plantes a été obtenue dans les formations savanicoles. À ce niveau, 86 espèces de plantes ont été recensées. Ces 86 espèces appartiennent à 73 genres et 31 familles. Les familles les plus importantes sont les Cyperaceae, les Poaceae et les Rubiaceae avec respectivement 21 espèces pour 12 genres soit 24,42 % du total, 19 espèces pour 17 genres soit 22,10 % du total et 8 espèces pour 7 genres soit 09,30 % du total (Tableau 1).

La répartition des genres de la forêt classée est présentée dans le Tableau 2. D'une manière générale, les genres les plus riches en espèces sont : *Ficus* (09), *Cola* (08) et *Psychotria* (08). Au niveau des forêts de terre ferme, les genres les plus représentés sont les *Psychotria* avec huit (08) espèces, *Ficus* avec sept (07) espèces, *Landolphia* et *Cola* avec six (06) espèces chacun et les *Combretum* et *Uvaria* avec cinq (05) espèces chacun. Concernant les forêts marécageuses, les genres ayant le plus grand nombre d'espèces sont les *Xylophia* (05), les *Cola* et *Cissus* avec respectivement quatre (04) espèces chacun. Les savanes sont dominées par le genre *Rhynchospora* avec cinq (05) espèces et les *Cyperus* et les *Panicum* avec trois (03) espèces.

**Tableau 1.** Richesse spécifique et familles prépondérantes des différents types de milieux

Type de milieu	Nombre total d'espèces	Nombre de familles	Familles prépondérantes
Forêt sur terre ferme (Ftf)	325	80	Rubiaceae (38) Fabaceae (22) Apocynaceae (21)
Forêt marécageuse (Fm)	158	60	Rubiaceae (13) Fabaceae (12) Anonnaceae (12)
Savane (Sav)	86	31	Cyperaceae (21) Poaceae (19) Rubiaceae (08)

**Tableau 2.** Richesse générique et genres prépondérants des différents types de milieux

Type de milieu	Nombre de genres	Genres prépondérants
Ftf	214	<i>Psychotria</i> (08), <i>Ficus</i> (07), <i>Cola</i> (06)
Fm	119	<i>Xylophia</i> (05), <i>Cissus</i> (04), <i>Cola</i> (04)
Sav	73	<i>Rhynchospora</i> (05) <i>Cyperus</i> (03) et <i>Panicum</i> (03)

**Légende:** Ftf: Forêt sur terre ferme ; Fm : Forêt marécageuse ; Sav : Savane

### 3.2 Composition floristique

#### 3.2.1 Spectres biologiques

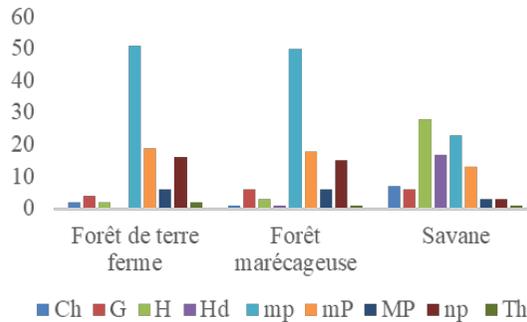
Les espèces recensées dans tous les milieux de la forêt classée de N'ganda-N'ganda appartiennent à neuf (09) groupes biologiques (Figure 2). D'une manière générale, la flore de la forêt classée de N'ganda-N'ganda est dominée par les microphanérophytes mais pris de manière individuelle, seules les forêts de terre ferme et marécageuses sont dominées par les microphanérophytes. Ceux-ci représentent 52,31 % dans les forêts de terres fermes et 50 % dans les forêts marécageuses. Les formations de savane quant à elles sont dominées par les hémicryptophytes avec 27,59 %. Les types biologiques les plus faiblement représentés sont les thérophytes (1 %), les

chaméphytes (0,63 %) et les hydrophytes (2,3 %) respectivement dans les forêts de terre ferme, les forêts marécageuses et dans les formations de savane.

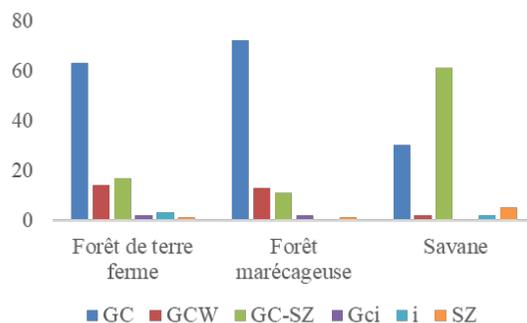
### 3.2.2 Spectres chorologiques

La flore de la forêt classée de N'ganda-N'ganda est constituée majoritairement d'espèces guinéo-congolaises (GC) soit 263 espèces (59,23 %). Dans les forêts de terres fermes, elles représentent 63,08 % des espèces contre 69,62 % des espèces dans les forêts marécageuses. En revanche, les formations savanicoles sont dominées par les espèces de transition guinéo-congolaises-soudano-zambéziennes (GC-SZ) avec 50 espèces soit 57,47 %. Dans ce même type de milieu, les espèces introduites et les espèces endémiques ouest-africaines sont les moins représentées avec respectivement deux espèces chacune soit 2,30 % de l'effectif total (Figure 3).

**Figure 2.** Spectres biologiques dans les différents types de milieux de la FC N'ganda- N'ganda



**Figure 3.** Spectres chorologiques dans les différents types de milieux de la FC N'ganda- N'ganda



### 3.2.4 Espèces à statut particulier

Parmi les 445 espèces recensées, neuf (09) espèces à savoir *Albertisia cordifolia* (Mangenot & Miege) Forman (Menispermaceae), *Cassipourea nialatou* Aubrév. & Pellegr. (Rhyzophoraceae), *Chytranthus verecundus* N.Hallé & Ake Assi (Sapindaceae), *Cissus polyantha* Gilg & M.Brandt

(Vitaceae), *Dracaena scabra* Bos (Asparagaceae), *Gymnostemon zaizou* Aubrév. & Pellegr. (Simaroubaceae), *Leptoderris mиеgei* Ake Assi & Mangenot (Fabaceae), *Psychotria brachyanthoides* De Wild (Rubiaceae) et *Tristemonanthus nigrisilvae* (N.Hallé) N.Hallé (Celastraceae) sont endémiques ivoiriennes (GCi).

Ces espèces sont plus représentées dans les forêts de terre ferme six (06) espèces. Cependant, elles sont absentes dans les formations savaniques (Tableau 3).

Concernant les espèces de Haute-Guinée (HG), elles sont plus abondantes (46 espèces) dans les forêts de terre ferme et dans les forêts marécageuses (26 espèces). Elles ne sont représentées que par une (01) espèce dans les formations de savane (Tableau 3).

De plus, 20 espèces de plantes figurent sur la liste rouge de l'UICN (2015), ce sont neuf (09) de la catégorie vulnérable (VU), trois (03) en danger (EN), cinq (05) espèces de la liste critique (LC), deux (02) de la catégorie de risque mineur (LR/nt) et une (01) de la catégorie peu menacée (NT). La forêt classée contient également en son sein 21 taxons considérés à l'échelle locale comme plantes rares, devenues rares et en voie d'extinction (AA) selon Aké-Assi (1998). Les espèces considérées comme plantes rares, devenues rares et en voie d'extinction selon Aké-Assi et les espèces vulnérables sont les plus représentées dans les forêts de terre ferme et dans les forêts marécageuses, tandis que dans les formations savaniques, les plus représentées sont les espèces de risque mineur (Tableau 4).

**Tableau 3.** Degré d'endémisme dans les différents milieux de la FCNN

	GCi	HG
Forêt de terre ferme	06	46
Forêt marécageuse	04	26
Savane	00	01

**Tableau 4.** Nombre total d'espèces rares et menacées selon UICN (2015) et Aké-Assi (1988) dans les différents milieux de la FCNN

	AA	EN	LC	Lr/nt	NT	VU
Forêt de terre ferme	17	02	01	02	01	05
Forêt marécageuse	08	01	00	00	01	06
Savane	01	00	04	00	00	00

### 3.2.5 Espèces ligneuses à valeur commerciale

La flore de la forêt classée de N'ganda-N'ganda présente également une importante valeur économique. En effet, 21 soit 4,72 % des espèces inventoriées sont des essences forestières exploitées ou exploitables comme matières premières dans l'industrie du bois (Tableau 5). Ces espèces sont

réparties en 21 genres regroupés au sein de 15 familles. Les familles les plus représentatives en nombre d'espèces sont celles des Fabaceae (3 espèces) et des Malvaceae (3 espèces). Ces espèces se retrouvent majoritairement en forêt sur terre ferme (14 espèces) et en forêt marécageuse (11). Ces essences forestières ont été subdivisées en trois catégories sur la base du critère de commercialisation en Côte d'Ivoire (Loupe, 2000). Ainsi, 11 essences principales sont couramment commercialisées (Catégorie 1), six (06) sont sporadiquement commercialisées (Catégorie 2) et quatre (04) sont à promouvoir (Catégorie 3).

**Tableau 5.** Espèces de plantes ligneuses à valeur commerciale de la FCNN.

Taxons	Nom forestier	Catégorie	Famille
<i>Afzelia bella</i> Harms	Azodau	1	Fabaceae
<i>Antiaris toxicaria</i> Lesch.	Ako	1	Moraceae
<i>Aubrevillea kerstingii</i> (Harms) Pellegr.	Kodabema	3	Fabaceae
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Fromager	1	Malvaceae
<i>Dacryodes Klaineana</i> (Pierre) Lam	Adjouaba	2	Burseraceae
<i>Entandrophragma angolense</i> (Welw.) C.DC.	Tiama	1	Meliaceae
<i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf	Pouo	2	Apocynaceae
<i>Gymnostemon zaizou</i> Aubrév. & Pellegr.	Zaizou	3	Simaroubaceae
<i>Hallea ledermannii</i> (K.Krause) Y.F.Deng	Bahia	1	Rubiaceae
<i>Klainedoxa gabonensis</i> Pierre	Kroma	2	Irvingiaceae
<i>Lannea welwitschii</i> (Hiern) Engl.	Loloti	3	Anacardiaceae
<i>Lophira alata</i> Banks ex C.F. Gaertn.	Azobé	1	Ochnaceae
<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) Berg	Iroko brun	1	Moraceae
<i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild.) Merr.	Badi	1	Rubiaceae
<i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook.f.) Brenan	Dabéma	2	Fabaceae
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb.	Ilongba	1	Myristicaceae
<i>Ricnodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	Eho	2	Euphorbiaceae
<i>Sterculia rhinopetala</i> K.Schum.	Lotofa	2	Malvaceae
<i>Tarrietia utilis</i> (Sprague) Sprague1	Niangon	1	Malvaceae
<i>Tectona grandis</i> L.f.	Teck	1	Lamiaceae
<i>Uapaca guineensis</i> Müll.Arg.	Rikio	3	Phyllanthaceae

#### 4. Discussion

La forêt classée de N'ganda-Nganda ne disposant pas de flore de référence, les inventaires floristiques ont permis d'établir une première

ébauche de catalogue floristique. Les résultats obtenus permettent de dénombrer 445 espèces sur une surface de 4 813 ha. Ces espèces sont réparties en 293 genres et 96 familles. La richesse floristique de cette forêt classée est due à l'association de biotopes naturels et anthropisés qui s'y trouve. En effet, il suffit que les biotopes naturels et anthropisés coexistent pour que leurs cortèges floristiques respectifs s'entremêlent et augmentent la richesse floristique locale (Kouamé, 2016). Outre les biotopes naturels auxquels on peut aisément rattacher les 263 espèces (soit 59,10 %) Guinéo-congolaises, les transformations de la végétation originelle par l'Homme, induisent l'apparition de nouveaux cortèges floristiques généralement pionniers ou adventifs et invasifs observés particulièrement dans les jachères (Kemadjou, 2011). C'est le cas des espèces comme, *Alchornea cordifolia* (Schumach. & Thonn.) Müll. Arg, *Ficus sur* Forssk, *Lantana camara* L., *Leea guineensis* G. Don, *Trema orientalis* (L.) Blume, etc. Ces espèces se substituent généralement aux espèces de forêts naturelles dont les niches ont été détruites par les activités humaines. De plus, l'être humain introduit le plus souvent pour ses propres besoins, plusieurs autres espèces dans le milieu naturel. C'est ainsi que la flore de la forêt classée de N'ganda-N'ganda dispose de plus de 12 espèces volontairement ou involontairement introduites par l'Homme dans les forêts secondaires, les plantations et les habitations incluses dans cette forêt. Le nombre d'espèces introduites rencontrées dans nos travaux est très inférieur aux 43 espèces introduites dans la forêt classée de Agbo 1 au cours des travaux de N'guessan (2018).

Les différents milieux de la forêt classée de N'ganda-Nganda ont des richesses floristiques qui diffèrent les unes des autres. Les formations boisées (forêts de terre ferme et forêts marécageuses) constituent les milieux les plus riches floristiquement, tandis que les formations savanicoles sont paucispécifiques. Mais pris de manière individuelle, les forêts de terre ferme avec 325 espèces observées sont les plus riches contrairement aux 158 espèces obtenues au sein des forêts marécageuses. Cette pauvreté en espèces au sein des portions marécageuses de la forêt classée de N'ganda-N'ganda serait liée à la nature du substratum (Dan, 2009) qui n'accueille que des espèces spécialisées. En effet, très peu d'espèces ont la capacité de se développer dans un milieu aussi contraignant (substrat vaseux et asphyxiant à engorgement permanent, etc.) comme mentionné dans les travaux de Adou Yao (2007). Selon cet auteur, l'incapacité de survivre en milieu d'inondation permanente serait la cause de la rareté des espèces en milieu marécageux. S'agissant de la flore des forêts de terre ferme, leur grande richesse spécifique pourrait s'expliquer par la présence en leur sein de jachères et d'une intense activité anthropique. Nos résultats sont en accord avec les travaux de Koffi *et al.* (2015) qui stipulent que le nombre d'espèces augmente en fonction de l'âge ou de la durée d'abandon de la culture dans les jachères d'âges différents.

Cette augmentation de la richesse spécifique dans les plantations longtemps abandonnées s'explique par le retour des espèces dans les formations de terre ferme. Ce phénomène est qualifié de *species turnover* par les écologistes (Van Gemerden *et al.*, 2003). De même, l'anthropisation des forêts de terre ferme a été suivie par l'introduction d'un cortège d'espèces par la population riveraine et qui ont pu se développer dans le milieu. Parmi elles, se retrouvent : *Anacardium occidentale*, *Ananas comosus*, *Casuarina equisetifolia*, *Cocos nucifera*, *Elaeis guineensis*, *Mangifera indica*, *Tectona grandis*, etc.

Également, les familles les plus dominantes diffèrent d'un milieu à un autre. Ainsi, dans les forêts de terre ferme et dans les forêts marécageuses, les Rubiaceae, les Fabaceae, les Apocynaceae et les Annonaceae sont les familles les plus dominantes. Ce même constat a été observé dans la plupart des forêts tropicales humides (Natta, 2003; Nschimba, 2008; Dan, 2009; Koffi *et al.*, 2015). Par ailleurs, la prépondérance de ces familles est selon Yongo (2002) un phénomène général dans la plupart des forêts tropicales africaines. De même, Malan *et al.* (2007) au cours de leurs travaux dans le Parc National des Îles Ehotilé, ont montré que les principales familles dominantes de cette aire protégée ont été les Rubiaceae et les Fabaceae. Au niveau des formations de savane par contre, les familles dominantes sont les Cyperaceae, les Poaceae et les Rubiaceae. La prééminence des Cyperaceae et des Poaceae serait liée à leur adaptation dans les zones herbacées humides (Hammada, 2007). Les espèces appartenant à ces familles abondent dans les prairies marécageuses, dans les jachères et dans la strate herbacée des forêts marécageuses. Aussi, les conditions de milieu humide sont favorables à un grand nombre d'espèces de Cyperaceae et de Poaceae comme l'ont indiqué les travaux de Sarr *et al.* (2001). Une telle observation est en accord avec les résultats de Kouamé (2013), selon cet auteur, les zones humides de la région du sud-est de la Côte d'Ivoire sont riches avec une plus grande dominance des Poaceae et des Cyperaceae. Le même constat a été fait par Hammada *et al.* (2004) pour les zones humides du Maroc.

Dans tous les types de milieux, les phanérophytes prédominent, excepté les savanes dans lesquelles les hémicryptophytes ont la plus forte proportion. Certains auteurs au cours de leurs travaux dans les zones hydromorphes du littoral ivoirien ont également mis en évidence la dominance des phanérophytes dans leur zone d'étude (Malan, 2008; Missa *et al.*, 2015; Koffi, 2016). Selon ces auteurs, il est probable qu'en forêt, les phanérophytes forment la majeure partie du cortège floristique et que les autres types biologiques soient minoritairement représentés. La faible représentativité des hémicryptophytes, des géophytes et des thérophytes n'est pas seulement spécifique aux zones boisées de la FCNN. Les faibles proportions de ces types biologiques, espèces héliophiles pour la plupart, seraient dues à la

prépondérance des phanérophytes qui réduisent leur installation (Bangirinama *et al.*, 2010).

Sur les 62 espèces endémiques ivoiriennes recensées par les travaux de Aké-Assi (1984), neuf (09) ont été retrouvées dans la FCNN à savoir : *Albertisia cordifolia*, *Cassipourea nialatou*, *Chytranthus verecundus*, *Cissus miegei*, *Dracaena scabra*, *Gymnostemon zaizou*, *Leptoderris miegei*, *Psychotria brachyanthoides* et *Tristemonanthus nigrisilvae*. Certaines de ces espèces sont présentes sur la liste rouge de l'UICN (2015), quand d'autres sont considérées comme plantes rares, devenues rares et en voie d'extinction selon Aké-Assi (1988). Ce qui fait de la FCNN, un élément important dans la conservation de la biodiversité. Cette richesse en espèces endémiques, rares et menacées d'extinction est la preuve que la FCNN appartient au « Guinean Forests of West Africa Hotspot ». En effet, la présence de ces espèces dans un milieu suffit à le classer dans la « Guinean Forests of West Africa Hotspot » (Adou Yao, 2005).

Également, la forêt classée de N'ganda-N'ganda possède en son sein 21 espèces commerciales soit 4,72 % de sa richesse floristique. Cette richesse de la flore de la forêt classée de N'ganda-N'ganda en essences exploitables représente une raison supplémentaire pour l'accroissement de sa surveillance afin d'éviter les exploitations forestières clandestines.

## Conclusion

Dans la présente étude, la flore de la FCNN telle que nous l'avons inventoriée est riche de 445 espèces qui se répartissent en 293 genres et 96 familles. Du point de vue du nombre d'espèces, cette forêt est floristiquement riche en Rubiaceae, Fabaceae et en Apocynaceae. Sa flore est essentiellement composée de phanérophytes avec une place non négligeable pour les hémicryptophytes. La diversité de la flore de cette forêt classée est par ailleurs traduite par la présence de plusieurs espèces à statut particulier telles que les espèces endémiques ivoiriennes (neuf espèces) et de Haute Guinée (58 espèces) et surtout celles de la liste rouge de l'UICN (20 espèces). De même, la forêt possède un lot de plantes rares, devenues rares et en voie d'extinction pour la flore de la Côte d'Ivoire. Ces espèces, au nombre de 21 représentent environ 4,72 % de tous les taxons recensés. La présence de l'ensemble de ces taxons confirme bien que la flore de la FCNN a une grande valeur écologique, d'où elle mérite plus d'attention pour sa conservation.

## References:

1. Adou Yao, C. Y. (2007). Inventaire préliminaire de la flore et description de la végétation de la Forêt des Marais Tanoé. Rapport pour RASAP-CI, Abidjan, Côte d'Ivoire.: 29 p.

2. Adou Yao, C. Y. (2005). Pratiques paysannes et dynamique de la biodiversité dans la forêt classée de Monogaga (Côte d'Ivoire). Thèse Doctorat unique, Département Hommes Natures et Société, Université MNHN, Paris, 233 p.
3. Aké-Assi, L. (2002). Flore de Côte d'Ivoire 2, catalogue systématique, biogéographie et écologie. Conservatoire et Jardin Botanique, Genève, Switzerland : 401 p.
4. Aké-Assi, L. (2001). Flore de Côte d'Ivoire 1, catalogue systématique, biogéographie et écologie. Conservatoire et Jardin Botanique, Genève, Switzerland, p. 396.
5. Aké-Assi, L. (1988). Espèces rares et en voie d'extinction de la flore de la Côte d'Ivoire. Missouri Botanic Garden 25 : 461-463.
6. Aké-Assi, L. (1984). Flore de la Côte d'Ivoire : étude descriptive et biogéographique, avec quelques notes ethnobotaniques. Thèse Doctorat, Université Nationale d'Abidjan, 1206 p.
7. APG IV (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for orders and families of flowering plants. Botanical Journal of the Linnean Society 161: 105-121.
8. Bangirinama, F., Bigendako, M. J., Lejoly, J., Noret, N., De Cannière, C., & Bogaert, J. (2010). Les indicateurs de la dynamique post-culturale de la végétation des jachères dans la partie savane de la réserve naturelle forestière de Kigwena (Burundi). Plant Ecology and Evolution 143: 138-147.
9. Ben, H. S. & Limam, A. (2010). Impacts des changements climatiques sur la biodiversité en Mer Méditerranée. PNUE-PAM- CAR/ASP Edit., Tunis : 1-28.
10. Bogaert, J., Bamba, I., Kabulu, J. P., Koffi, K. J., De Cannière, C., Visser, M., & Sibomana, S. (2008). Fragmentation of Forest Landscapes in central Africa: causes, consequences and management. In Patterns and Processes in Forest Landscapes: Multiple Use and Sustainable Management. (eds. Laforteza R., Chen J., Sanesi G. & Crow Th.R.), pp. 67-87.
11. Chatelain, C., Aké Assi, L., Spichiger, R., & Gautier, L. (2011). Cartes de distribution des plantes de Côte d'Ivoire. Boissiera, 64 p.
12. Chatelain, C., Gauthier, L., & Spigher, R. (2001). Application du SIG IVOIR à la distribution potentielle des espèces en fonction des facteurs écologiques In : Robbrecht E., Degreef J., et Friis I. (eds) Plant systematics and phytogeography for understanding of african biodiversity- Systematics and Geography of plants. Systematics and Geography of plants : 313-326.
13. Dan, C. (2009). Études écologique, floristique, phytosociologique et ethnobotanique de la forêt marécageuse de Lokoli (Zogbodomey-

- Bénin). Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique, 224 p.
14. Gautier, L., Aké Assi, C., Chatelain, & Spichiger, R. (1999). African Plants: Biodiversity Taxonomy and uses, chapter Ivoire : a geographic information system for biodiversity management in Ivory Coast, Royal Botanic Garden pages 183-194.
  15. Gautier, L. (1990). Contact forêt-savane en Côte d'Ivoire Centrale ; évolution du recouvrement ligneux des savanes de la réserve de Lamto (Sud du V-Baoulé). *Candollea*, 45: 628-629.
  16. Groves, R. H. (1998). Ecological indicators of landscape degradation. In: *Landscape disturbance and biodiversity in Mediterranean-type ecosystems*. (eds. Rundel PW, Montenegro G, Jaksic FM), pp 55-62.
  17. Guillaumet, J.L. & Adjanohoun, E. (1971). La végétation de la Côte d'Ivoire. In : Avenard JM, Eldin E., Girard G, Sircoulon J, Touchebeuf P, Guillaumet JL, Adjanohoun E et Perraud A (eds). *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. Mém. ORSTOM 50 : 157-263.
  18. Hammada, S. (2007). Études sur la végétation des zones humides du Maroc. Catalogue et Analyse de la Biodiversité Floristique et Identification des principaux Groupements Végétaux. Thèse de Doctorat D'État Ès-Sciences, Université MOHAMMED V – AGDAL Faculté des sciences, Rabat, Maroc, 187 p.
  19. Hammada, S., Dakki, M., Ibn Tattou, M., Ouyahya, A. & Fennane, M. (2004). Analyse de la biodiversité floristique des zones humides du Maroc. Flore rare, menacée et halophile. *Acta Botanica Malacitana*, 29 : 43-66.
  20. Hawthorne, W. D. & Jongkind, C. (2006). *Woody plants of western African forests. A guide to the forest trees, shrubs and lianes from Senegal to Ghana*. Kew Publishing, Royal Botanic Gardens, Kew, UK, 1023 p.
  21. Hawthorne, W. D. (1996). Holes and the sums of parts in Ghanaian Forest: regeneration, scale and sustainable use. *Proceedings of the Royal Soc. Edinburgh*, 104: 75-176.
  22. Hutchinson, J. & Dalziel, J. M. (1959 -1972). *Flora of West Tropical Africa*. (2 nd ed., revised by Keay, R.W.J. & Hepper, F.N.), Crown Agent, London, 3 volumes, 828 p., 544 p., 574 p.
  23. Kemadjou, M. D. (2011). Dynamique forestière post-exploitation industrielle: Cas de la forêt dense semi- décidue de Mbalmayo au sud Cameroun, Master II géographie Université de Yaoundé I, 125 p.
  24. Koffi, K. A. D. (2016). Dynamique de la végétation et valeurs de conservation des espaces anciennement cultivés du parc national d'Azagny (sud de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Felix Houphouet Boigny, Côte d'Ivoire, 185 p.

25. Koffi, K. A. D., Adou, Y. C. Y., Vroh, B. T. A., Gnabgo, A., & N'guessan, K. E. (2015). Diversités Floristique et Structurale des Espaces Anciennement Cultivés du Parc National D'Azagny (Sud de la Côte d'Ivoire) European Journal of Scientific Research Vol. 134 No 4, pp.415-427.
26. Kouamé, M. L. O. (2013). Typologie, végétation et flore des zones humides du sud-est de La Côte d'Ivoire. Thèse Doctorat Unique, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire), 225 p.
27. Kouamé, M. L. O., Egnankou, M.W., & Traore, D. (2009). Ordination et classification de la végétation des zones humides du sud-est de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 21 (1) : 1 - 13.
28. Kouamé, N. F. (2016). Structure de la végétation, flore et régénération des forêts classées de Duekoue et de Scio dans la zone de forêt dense humide de l'Ouest ivoirien. Thèse Doctorat Unique, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire), 282 p.
29. Louppe, D. (2000). Le secteur forestier en Côte d'Ivoire et relance de la recherche. Cirad forêt campus international de Baillarguet Montpellier (France), 121p.
30. Malan, D.F., Ake Assi, L., Tra Bi, F.H., & Neuba, D. (2007). Diversité floristique du Parc National des Îles Ehotilé (Littoral Est de la Côte d'Ivoire). *Bois For. Trop.* 292 (2) 49- 58.
31. Malan, D. F. (2008). Utilisations traditionnelles des plantes et perspective de cogestion des aires protégées de Côte d'Ivoire : cas du parc national des îles Ehotilé (littoral est de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université d'Abobo Adjamé, Côte d'Ivoire, 198 p.
32. Malan, D. F. (2009). Religion traditionnelle et gestion durable des ressources floristiques en Côte d'Ivoire : Le cas des Ehotilé, riverains du Parc National des Îles Ehotilé. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 9(2).
33. Melom, S., Mbayngone, E., Bechir, A. B., Ratnan, N., & Mapongmetsem, P. M. (2015). Caractéristiques floristique et écologique des formations végétales de Massenya au Tchad (Afrique centrale). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 25(1): 3799-381.
34. Missa, K., Ouattara, D. N., Koné, M., & Bakayoko, A. (2015). Étude floristique et diversité de la forêt des Marais Tanoé-Ehy (Sud- est de la Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 25 (3): 3917-3938.
35. Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.

36. Natta, A. K. (2003). Ecological assessment of riparian forest in Benin. Phytodiversity, Phytosociology and spatial distribution of tree species. PhD Thesis, Wageningen University, The Netherlands, 215 p.
37. N'Guessan, A. E. (2018). Dynamique de la végétation et facteurs de reconstitution de la biomasse dans les forêts secondaires : cas de la forêt classée d'Agbo 1 (Sud-est de la Côte d'Ivoire). Thèse Doctorat Unique, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire), 153 p.
38. N'guessan, K. E. (2010). Rapport d'études d'impact environnemental et social du projet de la raffinerie de la paix. Rapport d'études floristiques. Centre National de Floristique, Abidjan. 68p.
39. Nshimba, H. (2008). Étude écologique, floristique et phytosociologique des forêts de l'île de Mbiye à Kisangani, R D Congo. Thèse de doctorat, ULB. 271 p.
40. Ouattara, M. (2018). Flore, végétation aquatique et riveraine du canal artificiel d'Assinie et évaluation des services écosystémiques dans les terroirs connexes (région du sud Comoé, Côte d'Ivoire) Thèse de Doctorat, Université Felix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire, 166 p.
41. Piriou, J., Berghem, YP., Lempérière, G., & Gramond, D. (2011). Les mosaïques paysagères en forêt. Le cas des zones humides intraforestières du bois de Goult (forêt d'Écouves, Orne). *Revue Forestière Française, École nationale du génie rural*, 2011, LXII (5), pp. 555-574.
42. Saar, A., Thiam, A., & Bâ, A. T. (2001). Macrophytes et groupements végétaux aquatiques et amphibies de la basse vallée du Ferlo (Sénégal). *African Journal of Science and Technology*, 2 (1): 89-97.
43. UICN (2015). IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>
44. Van Germerden, B., Olf, H., Parren, M. P. E., & Bongers, F. (2003). Recovery of conservation values in Central Africa Rain Forest after logging in shifting cultivation. *Biodiversity and Conservation* 12, pp. 1553-1570.
45. WACA (2017). Programme d'investissement régional de résilience des zones côtières en Afrique de l'Ouest, Cadre de Gestion Environnement et Social (CGES), 171 p.
46. White, F. (1986). La végétation de l'Afrique. Mémoires accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. UNESCO/ AETFAT/ UNSO ORSTOM-UNESCO. Paris. 384 p.
47. Yongo, O .D. (2002). Contribution aux études floristique, phytogéographique et phytosociologique de la forêt de N'Gotto (République de Centrafrique) Université Libre de Bruxelles, Belgique. 346p.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

**Christiana Nyete Nyikob Mbogue,**

Department of Plant Biology, Faculty of Science  
University of Dschang, Cameroon

**Anjah Mendi Grace,**

Department of Plant Biology, Faculty of Science  
University of Dschang, Cameroon

**Woukoue Taffo Junior Baudoin,**

Department of Biological Sciences, Faculty of  
Science, University of Maroua, Cameroon

**Nkemnkeng Francoline Jong,**

Department of Plant Biology, Faculty of Science  
University of Dschang, Cameroon

Submitted: 23 October 2020

Accepted: 23 December 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*Christiana Nyete Nyikob Mbogue*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p345](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p345)

 Copyright 2020 Nyete Nyikob Mbogue C,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCES

Cite as:

Nyete Nyikob Mbogue C, Anjah Mendi G,  
Woukoue Taffo Junior B, Nkemnkeng Francoline  
J. (2020). Phytosociology Of Echinops Giganteus In  
The Western Highland Of Cameroon. *European  
Scientific Journal, ESJ, 16 (36)*, 1.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p345>

**Phytosociology Of Echinops  
Giganteus In The Western  
Highland Of Cameroon**

**Abstract**

*Echinops giganteus* (Asteraceae) is a shrub native to Cameroon, and it exists in the "wild" state in village territories. It is of potential interest to the perfume industry and is occasionally exploited for culinary (condiment) and medicinal uses. The poor management of the natural environment of *Echinops giganteus*, accompanied by uncontrolled intensive agriculture, has led to several consequences. The natural vegetation and soil has also been severely degraded. A field study was conducted to investigate the floristic composition and ecological spectrum of plants that live in association with *Echinops giganteus* using the phytosociology approach of Braun-Blanquet. Assessment of the floristic composition was done in 45 plots of 25 m<sup>2</sup> in a savannah vegetation system. Plant species identified were characterized by floristic diversity and functional traits (growth forms, life forms, diaspores types, dispersal syndromes and phytogeography). The flora consisted of 121 plant species belonging to 91 genera and 34 families. Asteraceae (24 species), Poaceae (23 species) and Fabaceae (22 species) were classified as the richest families. The species diversity indices were: Simpson (0.06), Shannon-Weaver (6.92), and Species evenness (0.70). The most frequent life forms were chamaephytes (38.93%) and the least were therophytes (12.61%). Microphylls (26.05%) was the most dominant leaf size. Anemochory (50.42%) was the dominated dispersal syndrome while the least was zoochory (13.88%). Investigation of the geographical distribution indicated that 29.41% belonged to pantropical species. Effective conservation cannot be obtained without a thorough knowledge of the ecosystems present in an area. Consistent

vegetation classifications and descriptions form the basis of conservation and monitoring exercises to maintain biodiversity.

---

**Subject:** Plant Biology

**Keywords:** Echinops Giganteus, Floristic Diversity, Ecological Spectrum, Phytosociology

## Introduction

The current destruction of biodiversity is a cause for alarm while disappearance, massive degradation, and alteration occur due to intense development oriented anthropogenic activities (Krishnamurthy *et al.*, 2010). Phytosociology is the study of the characteristics, classification, relationship, and distribution of plant communities. Therefore, such data can be collected and used to describe the population dynamics of each species studied and how they relate to the other species in the same community. Phytosociological studies are essential for protecting the natural plant communities and biodiversity, understanding the changes experienced in the past, and continuing into the future. Most of the developed countries have these basic studies (Hamzaoglu, 2005), which have been defined with the help of vegetation maps (Tel *et al.*, 2010). However, most forests are under immense anthropogenic disturbances and require careful management intervention to maintain overall biodiversity and sustainability (Kumar *et al.*, 2006). The genus *Echinops* is of the Asteraceae family and consist of about 120 species distributed world-wide (Garnatje, 2006). *Echinops giganteus* has been designated as a non-forest timber product (NTFP) in the Congo Basin, and the part exploited is the root (Tchatat, 1999). The roots have diverse uses spanning from medicinal, culinary to industrial (Noumi, 1984; Menut, 1997). The root of this plant is used to treat heart and gastric troubles (Tene, 2004). Also, the root has aromatic properties and has been collected and distilled to obtain essential oils which are used in synergy with those from other plants to eradicate weevils in stored grains (Ngamo, 2007; Pérez, 2010). This species is also of interest to the fragrance and flavour sectors (Menut, 1997).

The main problem with *E. giganteus* is that, despite all its importance and its conservation status as a nearly threatened species, no implementation of conservation, management, and sustainable use strategies have been put in place for it. This is due to the lack or insufficient scientific data on their biology. This general absence of information is particularly related to lack of experience in the Sub-Saharan zone of expertise and infrastructures to carry out inventories of biodiversity and mainly the characterization of the species.

In the current research, investigation studies were carried out to examine phytosociological and species diversity. The main purpose of the phytosociological analysis was to understand floristic vegetation characteristics and to estimate the species richness and diversity which already exists in the study area.

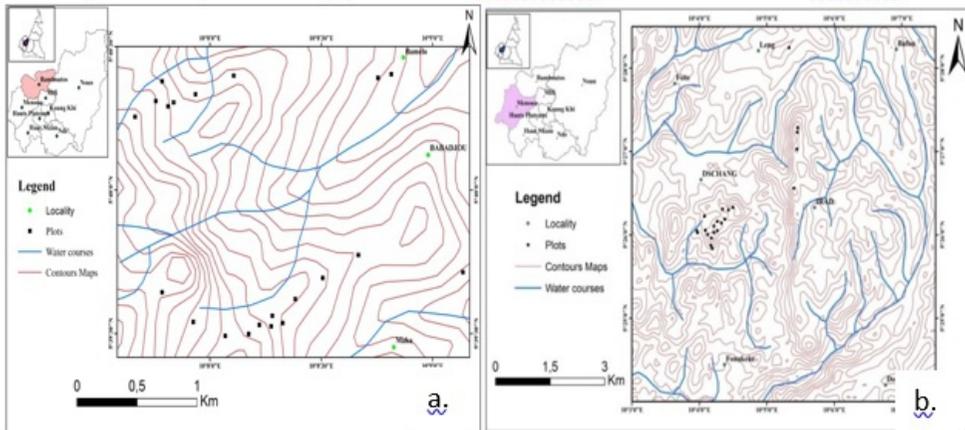
## Materials And Methods

This study was carried out in the Western Highlands of Cameroon, and part of the study was carried out in the Eastern slope of the Bamboutos Mountain located between 5°30' - 5°45' N and 10°03' - 10°15' E (Figure 1a). This mountain with its maximum height of 2740 m is one of the major volcanic mountains in Cameroon. The climate is defined as Cameroonian altitude type, with a long rainy season (March-November) and a short dry season (December-February). The annual average rainfall varies according to the relief from 1750 to 2500 mm yearly. The annual average temperature varies from 10-12 to 23.5 °C. The predominant soils are andosols, andic ferralitic soils, and battleship ferralitic soils (Tematio *et al.*, 2004). The herbaceous stratum is dominated by *Pennisetum purpureum* and *Imperata cylindrica*. The ligneous cover is strongly influenced by anthropogenic activities (agriculture and pasture) (Woukoue, 2017a and b), while the other part of the floristic inventory was carried out in Dschang situated in the Mefou Division in the Western Region of Cameroon (Figure 1b). It has geographic coordinates, latitude 5° 26'N, longitude 10° 26'E, and an altitude of 1,400 m. According to the data of the meteorological station of the IRAD of Dschang, there is an equatorial climate characterized by an average annual temperature of 20.1°C while annual rainfall is 2000 mm on average (Aghofack, Nguemezi and Tatchago, 2010).

The vegetation consists to a large extent of savannah grassland, with the Poaceae forming the main vegetation layer. It is also interspersed with a few other annuals, biennials, and perennials trees (Ngwa, 1979). According to Aswingnue (2003), the vegetation of this region is both natural and cultivated. The cultivated vegetation consists of planted trees such as *Cola accuminata*, *Eucalyptus globulus*, *Raphia hookeri* and other fruit trees. *Eucalyptus globulus* lies mostly in the low lying plains while woody valley and natural forest exist in the watershed area (Helvetas, 2001).

The soil texture is silt-clay-loam which makes it very fertile for agricultural activities in the area (Suh *et al.*, 2015). The soil fertility is as a result of humus, which is a dark volcanic soil from the uplands/hilly areas that has been washed down from the hills and deposited on river banks or beds of streams (Helvetas, 2001).

**Figure 1.** Map of the study plots on the Bamboutos Mountain (a) and in Dschang (b)



Source: Research geographic coordinates

## Methods

### Sampling

The vegetation sampling was done according to the method of Braun-Blanquet (1932) using mixed sampling. Floristic inventory was done in the months of October and November 2018 and in July 2020. Plant species were inventoried in plots of 5m x 5m within the savannah zone and a total of 45 plots were sampled. *Echinops giganteus* was the reference point for a quadrat to be made.

Plants species were identified with the help of flora of Cameroon (Aubreville, 1998; Van der Zon, 1992). The voucher specimen was placed in the national herbarium of Cameroon. The habitat of the plant's species was determined in the field by the observation of plants. Life form were determined and classified according to Raunkiaer (1934). Leaf size were also determined and classified according to Ohsawa (1995). The types and modes of diaspore dispersal were determined and classified according to morphological criteria of Dansereau and Lems (1957). The phytogeographical distribution types that were adopted correspond to the major chorological subdivisions accepted for Africa according to White (1986). The plant nomenclature system adopted was the APGIII. The Red List of threatened species in Cameroon was used to establish IUCN conservation status of species (Onana, 2011).

### Data Analysis

The data collected was entered in Excel 2010 tables and the following was calculated: taxonomic richness, species abundance, species frequency, and diversity indices.

- The taxonomic richness was expressed in number, gender, and families of the species

- Relative Frequency (%) =  $\frac{\text{Number of quadrates in which species occurs} \times 100}{\text{Total number of quadrates}}$
- The relative abundance is the ratio of the total number of individuals of this taxon to the total number of individuals in all surveys.
- **The Shannon-Weaver Diversity Index (H')**.

$$H' = -\sum_{i=1}^s \frac{N_i}{N} * \log_2 \left( \frac{N_i}{N} \right)$$

Where, Ni = number of individuals of species i

N = total number of all species

H' = Shannon diversity index in bits

- **Pielou evenness index**

EQ =  $H' / \log_2 S$

Where, H' = Shannon diversity index in bits

S = Number of species present in the survey

- **The Simpson diversity index** (Simpson, 1949).

$$D = \sum_{i=1}^s \frac{N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Where, Ni = number of species i

N = total number of all species

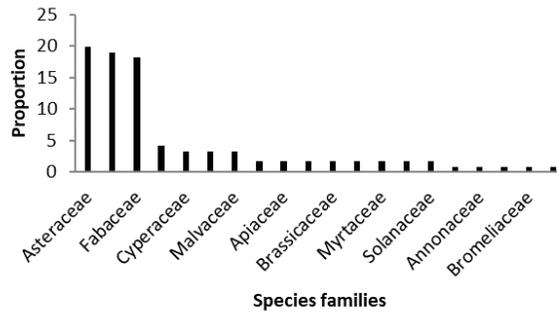
## Results

### Variety and Flora Composition

This study has enumerated 121 plant species that live in association with *E. giganteus*. These plants are shared out among 91 genera and 34 families (APG III), and the most important are Asteraceae (20%), Poaceae (19%), and Fabaceae (18%). The remaining families were of very low representation, since they had 5 or less than 5 number of species present (Figure 3).

These plant species were recorded in 45 plots from the study area, and the average value of the following diversity indices were calculated. The Shannon-Weaver diversity index was 6.92, Simpson index was 0.06, and the Evenness index was 0.70.

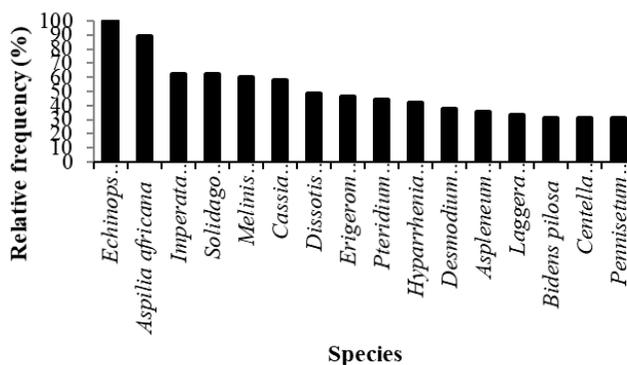
**Figure 3.** Diversity of the most represented families in the study plots.



**Relative Frequency of the Species Studied in the Plots**

Figure 4 below shows species with above 30% of relative frequency around *E. giganteus*. From the figure, it is obvious that *E. giganteus* has the highest value since the plots were made with reference points being *Echinops*. More so, it is important to know the plants that live in association with *E. giganteus*. Thus, *Aspilia Africana* had the highest frequency with a relative frequency of 89%, followed closely by *Imperata cylindrica*, *Solidago virgaurea*, and *Melinis minutiflora* with relative frequencies above 60%. *Cassia mimizoides* had a relative frequency value of 58%. This was followed by *Dissotis princeps*, *Erigerom floribundus*, *Pteridium aquilinum*, and *Hyparrhenia involucrata* with relative frequencies above 40%. Subsequently, *Desmodium repandum*, *Aspleneum abyssinicum*, *Laggera pterodonta*, *Bidens pilosa*, *Centella asiatica*, and *Pennisetum pupureum* had relative frequencies above 30% around *E. giganteus*.

**Figure 4.** Relative frequency of species greater than 30%



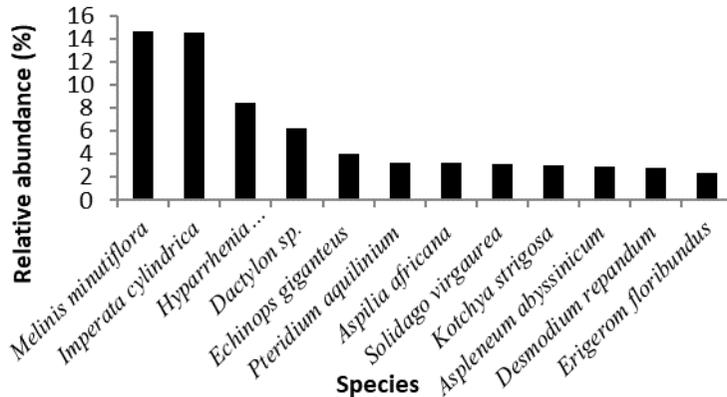
**Relative Abundance of Species in the Study Plots**

Figure 5 shows species with above 2% of relative abundance around *E. giganteus* plant. *Melinis minutiflora* and *Imperata cylindrica* had relative

abundance of above 14%. This was followed closely by *Hyparrhenia involucrata* with relative abundance of 8.5%, while *Dactylon sp* had relative abundance of 6.3%.

*Echinops giganteus*, *Pteridium aquilinum*, *Aspilia Africana*, *Solidago virgaurea*, and *Kotchya strigosa* had relative abundance of above 3%, while *Aspleneum abyssinicum*, *Desmodium repandum*, and *Erigerom floribundus* had relative abundance of above 2%.

**Figure 5.** Relative abundance of species more than 2%

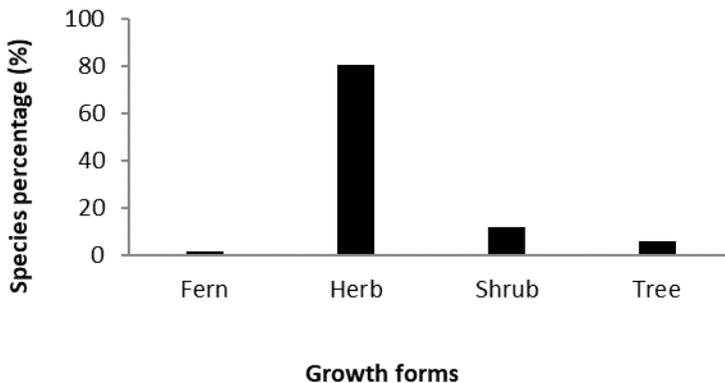


### Ecological Characteristics

#### Plant Growth Forms

In regard to plant growth forms, the most common species were herbs (81%), followed by shrubs (12%), trees (6%), and the least plant morphological type present were ferns (2%) (Figure 6).

**Figure 6.** Percentage of plant growth forms

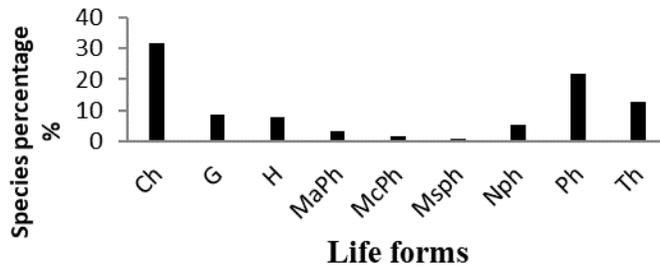


#### Life Forms

The most dominant life forms were the chamaephytes (38.93%), followed by phanerophytes (21.85%), and therophytes (12.61%) (Figure 7).

The least represented biological forms were the geophytes (8.40%) and hemicryptophytes (7.56%).

**Figure 7.** Percentage of plant life forms

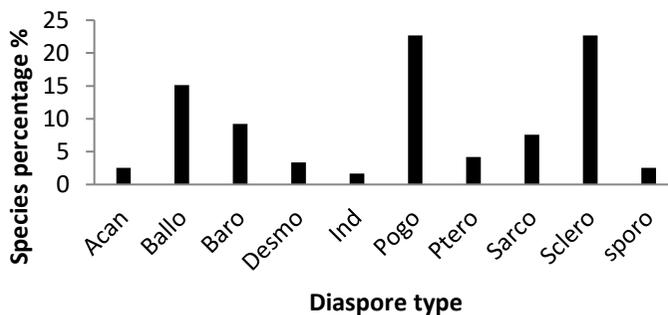


Chamaephytes: Ch, Goephytes: G, Therophytes: Th, Hemicryptophytes: H, Phanerophytes: Ph, Macrophanerophytes: MaPh, Mesophanerophytes: MsPh, Microphanerophytes: McPh, Nanophanerophytes: NPh, liscent phanerophytes: PhL

### Type of Diaspores

This information highlights the ability of species to colonize new sites, to regenerate, and persist locally. The pogonochores and sclerochores were the most dominant diaspores type because they both had the same values of 22.69%. This was followed by the acanthochores and sporochores that also had values of 2.52% (Figure 9).

**Figure 9.** Percentage type of diaspores

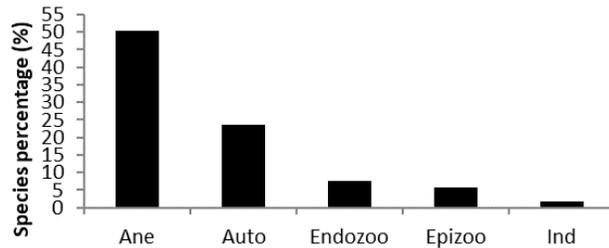


Sclerochores: Sclero, Pterochores: Ptero, Pogonochores: Pogo, Sporochores: Sporo, Acanthochores: Acan, Sarcochores: Sarco, Desmochores: Desmo, Ballochores: Ballo, Barochores: Baro

### Seed Dispersal Syndromes

The majority of the taxa in the study plots was dispersed by wind anemochory (50.42%), followed by autochory (23.52%), and the least was epizoochory (5.88%) (Figure 8).

**Figure 8.** Percentage seed dispersal modes



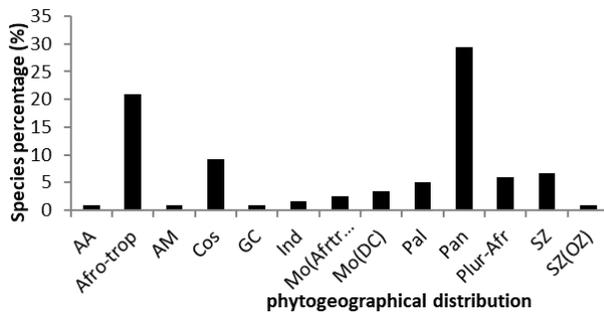
**Dispersal syndromes**

**Anemochory: Ane, Autochory: Auto, Endozoochory: Endozoo, Epizoochory: Epizoo, Not determined: Ind**

**Phytogeographical Distribution**

Studies on the geographical distribution of plants species indicated that the total flora was composed mostly of pantropical species (9.41%), followed by afro-tropical elements (25 species, 21.01%), Cosmopolitan (9.24%), and the rest of the species had representations less than 8 species (Figure 10).

**Figure 10.** Percentage of phytogeographic distribution

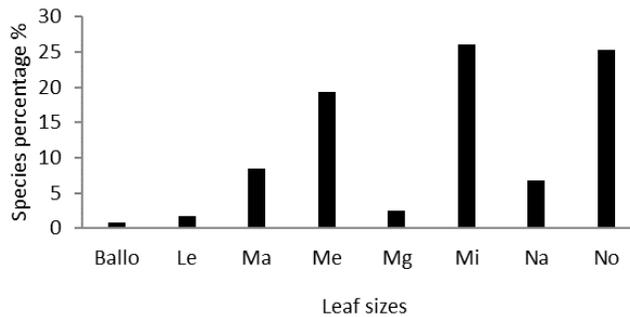


**Afro-American: AA, Afro-Tropical: Afro-trop, Afro-Magaches: AM, Cosmopolitan: Cos, Guineo-Congolian: GC, Paleotropical: Pal, Pantropical: Pan, Pluriregional African: Plur-Afr, Sudano-Guinean, Sudano-Zambezi: SZ(OZ), Species from the mountains of tropical Africa: Mo(Afrtrop), Only in Cameroonain mountain: Mo(DC), Not determined: Ind**

**Leaf Sizes**

Leaf sizes are a response to altitude, local weather conditions, and regional orographic gradient. The most common leaf sizes were microphylls (26.05%), followed by notophylls (25.21%), and mesophylls (19.33%) (Figure 11). However, the leptophylles (1.68%) had the least representation.

**Figure 11.** Percentage of leaf sizes



**Leptoophylls: Le, Macrophylls: Ma, Mesophylls: Me, Megaphylls: Mg, Microphylls: Mi, Nanophylls: Na, Notoophylls: No**

## Discussion

Asteraceae, Poaceae, and Fabaceae have emerged as the common families in the investigated area after a total of 121 plant species belonging to 91 genera and 34 families (APG III) were recorded. These findings are similar with the results of Ramirez (2007) in Venezuela, Akossoua and Kouassi (2010) in Abidjan in Ivory Coast, Masharabu (2010) in Burundi, Qureshi (2014) in Pakistan, Khalid *et al.* (2020) in Pakistan, and Helvetas (2001) in Cameroon. Helvetas (2001) stated that the high presence of species of the Gramineae family is explained by the fact that savannahs are grass-dominated ecosystems. Moreover, Poaceae taxa have a high tilling potential and a high regrowth rate after grazing if environmental conditions are favourable.

The abundance of Asteraceae can be attributed to their great range of ecological tolerance and great capacity of seed dispersion (Ramirez, 2007). The species of Poaceae and Asteraceae due to their wide ecological amplitude are diverse in their habitat occurrence. The high value of the Shannon-Weaver diversity index and the Pielou equitability index showed that this site was diversified. The diversity could be explained by the diversity of the observed biotope diversity (lowland, hilltop and slope zone).

Also, the domination of this study sites by herbs corresponds to the works carried out in such zones which show that savannas are ecosystems dominated by herbs (Eiten, 1986; Huntley & Walker, 1982; Inyat *et al.*, 2018; khansa *et al.*, 2019). Human beings and bush fires maintain this ecosystem.

Information on biological life forms makes it possible to appreciate the detail of phytoclimates and ecological evolution (Trochain, 1966). It also gives the indications on the structure, physiognomy, and adapting strategies of a community (Gillet, 2000). The high percentage of chamaephytes seen in this study is linked to their ability of stress tolerance. The low representation of microphanerophytes and nanophanerophytes observed in this study shows that

there are very minimal trees around *E. giganteus*. Geophytes are also present due to their biological form which is adapted to stress and perturbation environments (Julve, 1989). The proportions of chamaephytes and therophytes indicate the possibility of plant adaptation to environmental factors. The important consideration of phanerophytes (megaphanerophytes, mesophanerophytes, microphanerophytes, nanophanerophytes, liana phanerophytes) is their strategy of adaptation which corresponds to their strategy of competition. In the study area, bush fire is a high anthropogenic stress faced by plant vegetation. As a result, they have a series of adaptation strategies to assure their survival (Masharabu *et al.*, 2010) These strategies include the capacity to reject strains, the existence of underground organs (bulbs and rhizomes), thick backs to resist high temperatures, and liberation of grains after bush burning (Lepart & Escarre, 1983). This study is in line with that of Schmidt (2005) where biological forms represent both structural parameters and varied environmental condition.

From the different categories of diaspores, according to the classification of Molinier and Muller (1938) in conformity with the works of Habiyaemye (1997) and Bangirinama (2010), it is observed that savannas are dominated by anemochores (sclerochores, pterochores, pogonochores and sporochores). This is the reason for the trend around *E. giganteus*, and anemochory is the mode of dispersal in the study. Furthermore, anemochory is a principal strategy for diaspora dispersal in open canopy areas (Senterre, 2005; Bangirinama *et al.*, 2008). According to Charles-Dominique (1995), the efficiency of grain dispersal contributes to forest regeneration. The high percentage of species widely distributed indicates the openness of the flora to external influences. Thus, these species are mostly those of disturbed zones. A high percentage of phytogeographic distribution can be an indication of degradation since the flora is losing its specificity (Devineau & Fournier, 1997). The abundance of widely distributed species (pan-tropical) and continental distribution (Afro-tropical) indicates disturbed vegetation. This shows a certain degree of local flora changes and reflection history of global floristics effects of human occupation (Lubini, 1982). Concerning life sizes, Mesophylls, microphylls, and notophylls are the most frequent in this study. This is influenced by heat, humidity, light, and wind. According to Ohsawa (1995), in sub-tropical forests, intact zones are dominated by trees with notophylls and mesophylls leaves. On the other hand, in stress zones, there are plants with notoophylls and microphylls leaves.

## **Conclusion**

The current study provides an insight into the floristic diversity, composition, and ecological spectrum of the species that live in association with *E. giganteus*. Asteraceae, Poaceae, and Fabaceae were the dominant

families. Phanerophytes were the most frequent life form followed by chamaephytes and therophytes. The most dominant leaf sizes were mesophylls, microphylls and notophylls. Anemochory was the main strategy of dispersion followed by zoochory. Chorological analysis revealed that the afro-tropical species was the most dominant chorotype, followed by pantropical and paleotropical species. The harvesting of *E. giganteus* does not only threaten its sustainability, but the sustainability of other plant species as well. The exploitation method for *E. giganteus* is by digging. In the process of digging, all other species around it is being destroyed. Thus, it is of significant importance that *E. giganteus* should be regenerated at a large-scale and domesticated for a sustainable management plan.

### References:

1. Aghofack- Nguemezi, J. & Tatchago, V. (2010). Effects of Fertilizers Containing Calcium and/or Magnesium on the Growth, Development of Plants and the Quality of Tomato Fruits in the Western Highlands of Cameroon. *International Journal of Agricultural Research*. 5: 821-831.
2. Akossoua, F., Adou, Y., Ipou, J., & Kamanzi, K. (2010). Diversité floristique des zones côtières pâturées de la Côte d'Ivoire : cas du cordon littoral Port-Bouët-Grand-Bassam(Abidjan). *Science et Nature*. 7(1): 69 - 86.
3. APG III (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, Vol 161: 105 - 121.
4. Aswingue, L. (2003). Human adaptation to physical environment, case study: Tubah Subdivision. A DIPES research project. University of Yaounde I. 1-46.
5. Aubreville A. (éd.). coll. Multiples. (1963-1998) : Flore du Cameroun. Muséum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire de Phanérogamie, Paris, volume 1 (1963) to 34 (1998).
6. Bangirinama, F., Bigendako, M., & Lejoly, J. (2008). Ecologie du paysage et diversité végétale de la zone environnant la forêt de Mpotsa (Burundi). *Revue de l'Université du Burundi. Série Sciences Exactes*. 23: 71-89.
7. Braun-Blanquet (1932). Plant sociology. The study of plant communities. New-York, Conservation, Management and Sustainable Use. Occasional papers of the IUCN, Species Survival Commission N°6, 242 p.
8. Charles-Dominique, P. (1995). Interactions plantes-animaux frugivores, conséquences sur la dissémination des grains et la régénération forestière. *Revue Ecologique. (Terre Vie)*, 50: 223 - 235.

9. Dansereau, P. & Lems, K. (1957). The grading of dispersal types in plant communities. Contributions de l'Institut de Botanique de Montréal. 71 : 1 - 52.
10. Devineau, J. & Fournier, A. (1997). La flore et la végétation. In: Devineau J.L., Fournier A., Kaloga B (eds.), Les sols et la végétation de la région de Bondoukuy (Ouest burkinabé), présentation générale et cartographie préliminaire par télédétection satellitaire (SPOT), ORSTOM éditions. pp. 29 - 47.
11. Eiten, G. (1986). The use of the term "savanna". Tropical Ecology. 27:10–23.
12. Garnatje, T., Valle, J., Garcia, S., Hidalgo, O., Sanz, M., Canela, M., & Siljak-akovlev, S. (2004). Genome size in Echinops L. and related genera (Asteraceae Cardueae): karyological, ecological and phylogenetic implications. Biological Cell. 96 (2):117-24.
13. Gillet, F. (2000). La phytosociologie synusiale intégrée : Guide méthodologique. Documents du laboratoire d'écologie végétale. Université de Neuchâtel, 68p.
14. Habiyaremye, M. (1997). Etude phytocoenologique de la dorsale orientale du lac Kivu (Rwanda). Musée Royal de l'Afrique Centrale. Tervuren, Belgique. Annales Sciences Economiques. 24: 276 p.
15. Hamzaoglu, E. (2005). The steppe vegetation of Dinek Mountain(kirikkale) Gazi University Journal of Science. 17:1-13.
16. Helvetas Cameroon (2001). Tubah rural council monographic study.
17. Huntley, B.J. & Walker B.H. (1982). Ecology of tropical savannas. Ecological Studies 42. Springer Verlag, Berlin.
18. Inayat, U.R., Aftab, A., Zafar, I., Farhana, I., Niaz, A., Muhammad, A., Jan, A., Abdul, M., Robbie, H., & Rainer, B. (2018). First insights into the floristic diversity, biological spectra and phenology of manoor valley, Pakistan. Pakistan Journal of Botany. 50(3): 1113-1124.
19. Julve, P. (1989). Sur les relations entre les types biologiques et stratégies adaptatives chez les végétaux. Bulletin d'Ecologie. 20(1): 79-80.
20. Khalid, R., Muhammad, F., Abbas Hussain, S., Zafar. I., Jan, A., Manzoor, H., Ghulam, M., Azhar, M., & Nehafta, B. (2020). Floristic composition, community syntaxonomy and ordination of Guzara (unprotected) forests of Hilkot range, District Mansehra, KP, Pakistan. International Academy of Ecology and Environmental Sciences. 10(1): 8-21.
21. Khansa, A., Khalid, R., Abbas, H., Muhammad, F., Manzoor, H., & Ghulam, M. (2019). A comprehensive survey of floristic diversity evaluating the role of institutional gardening in conservation of plant biodiversity. International Journal of Biosciences. 14(3): 325-339.

22. Kouassi, A., Adou, Y., Ipou, I., & Kamanzi, K. (2010). Diversité floristique des zones côtières pâturées de la Côte d'Ivoire : cas du cordon littoral Port-Bouët-Grand-Bassam (Abidjan). *Sciences & Nature*. 7(1): 69-86.
23. Krishnamurthy, Prakash, Y., Nanda, H., Krishnappa, A., Dattaraja, H.S., & Suresh, H.S. (2010). Vegetation structure and floristic composition of a tropical forests in Bhadra Wildlife Sanctuary, Karnataka. *India Tropical Ecology*. 51(2): 235-246.
24. Kumar, A., Bruce, G., & Ajai, S. (2006). Tree species diversity and distribution patterns in tropical forests of Garo Hills. *Current Science*. 91:1370-81.
25. Lepart, J. & Escarre, J. (1983). La succession végétale, mécanismes et modèles : analyse bibliographique. *Bulletin Ecologique*. 14(3): 133 - 178.
26. Lubini, A. (1982). Végétation messicole et postculturale des sous-régions de Kisangani et de la Tshopo (Haut-Zaïre). Thèse de doctorat, Université de Kisangani, 489 pp.
27. Masharabu, T., Noret, N., Lejoly, J., Bigendako, M., & Bogaert, J. (2010). Etude comparative des paramètres floristiques du Parc National de la Ruvubu, Burundi. *Geography-Ecology-Tropic*. 34: 29 – 44.
28. Menut, G., Lamaty, P., Weyerstahl, H., Marschall S., & Amvam – Zollo, P. (1997). Aromatic plants of tropical Central Africa. Part XXXI. Tricyclic sesquiterpenes from the root essential oil of *Echinops giganteus* var. *lelyi* C. D. Adams. *Flavour Fragrance Journal*. 12(6): 1026-1099.
29. Molinier, R. & Muller, P. (1938). La dissémination des espèces végétales. *Revue Générale de Botanique*. 50: 53-72.
30. Ngamo, T., Ngatanko, I., Ngassou, M., Mapongmestem, P., & Hance, T. (2007). Insecticidal efficiency of essential oils of 5 aromatic plants tested both alone and in combination towards *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Research Journal of Biological Science*. 2 (1): 75-80.
31. Ngwa, J. (1979). *A new geography of Cameroon*. Longman group Ltd London. 1-200.
32. Noumi, E. (1984). Les plantes à épices, à condiments et à aromates du Cameroun. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, Université de Yaoundé. 22-24.
33. Ohsawa, M. (1995). Latitudinal comparison of altitudinal changes in forest structure, leaf-type, and species richness in humid monsoon Asia. *Vegetatio*. 121: 3 - 10.

34. Onana, J. (2011). The vascular plants of Cameroon. A taxonomic checklist with IUCN assessments. Compiled and edited by Jean Michel Onana, 195 p.
35. Pérez, S., Ramos-López, M., Zavala-Sánchez, M., & Cárdenas-Ortega, N. (2010). Activity of essential oils as a biorational alternative to control coleopteran insects in stored grains. *Journal of Medicinal Plants Research*. 4 (25): 2827-2835
36. Qureshi, R., Shaheen, H., Ilyas, M., Ahmed, W., & Munir, M. (2014). Phytodiversity and plant life of Khanpur Dam, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*. 46 (3): 841-849.
37. Ramirez, N., Nelda, Dezzio, N., & Chacon, N. (2007). Floristic composition, plant species abundance, and soil properties of montane savannas in the Gran Sabana, Venezuela. *Flora*. 202: 316–327.
38. Raunkiaer, C. (1934). The life forms of plants and statistical plant geography. Clarendon Press, Oxford, London, 632 p.
39. Schmidt, M., Kreft, H., Thiombiano, A., & Zizka, G. (2005). Herbarium collection and field data-based plant diversity maps for Burkina Faso. *Diversity and Distribution*. 11: 509 - 516.
40. Senterre, B. (2005). Recherches méthodologiques pour la typologie de la végétation et la phytogéographie des forêts denses d'Afrique tropicale. Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique, 345 p.
41. Simpson, E.H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, vol 163: 688
42. Suh, C., Meka, S., Ngome, A., Neba, D., Kemngwa, I., Sonkouat, A., & Njualement, D. (2015). Effects of organic and inorganic fertilizers on growth and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) in the western highlands of Cameroon. *International Journal of Development Research*. 5 (2): 3584-3588.
43. Tchatat, M. (1999). Produits Forestiers Autres que le Bois d'œuvre (PFAB): place dans l'aménagement durable des forêts denses humides d'Afrique Centrale. Projet regional de capitalisation et transfert des recherches sur les écosystèmes forestiers de l'Afrique humide. Série FORAFRI. Document 18. Yaoundé.
44. Tel, A., Tatli, A., & Varol, O. (2010). Phytosociological structure of Nemrut Mountain (Adiyaman/Turkey). *Turkish Journal of Botany*. 34: 417-434.
45. Tene, M., Tane, P., Sondengam, B.L., & Connolly, J. (2004). "Lignans from the roots of *Echinops giganteus*," *Phytochemistry*. 65 (14): 2101-2105.
46. Trochain, J. (1966). Types biologiques chez les végétaux intertropicaux (Angiospermes). *Mémoire Société Botanique de France* : 186 - 196.

47. Van der Zon, A. (1992). Graminées du Cameroun, volume I. Phytogéographie et pâturages. Wageningen Agric. Univ. Papers 92-1, 86 p.
48. White, F. (1986). La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. UNESCO/AETFAT/UNSO. ORSTOM & UNESCO, Paris, France, 384 p.
49. Woukoue, T., Anjah, G., Nguetsop, V., & Fonkou T. (2017a). Floristic diversity of the savannah ecosystems in three altitudinal zones of the Bambouto Mountains, West Cameroon. *Cameroon Journal of Biological and Biochemical Sciences*. 25: 52-59.
50. Woukoue, T., Nguetsop, V., & Fonkou, T. (2017b). Floristic diversity of Western Highlands savannas of Cameroon. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology*. 4: 7-13.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### **Akwasi Acheampong Aning,**

Geophysics Section, Department of Physics,  
Kwame Nkrumah University of Science and  
Technology, Kumasi, Ghana

### **Van-Dycke Sarpong Asare,**

Geophysics Section, Department of Physics,  
Kwame Nkrumah University of Science and  
Technology, Kumasi, Ghana

### **Reginald Mensah Noye,**

Geophysics Section, Department of Physics,  
Kwame Nkrumah University of Science and  
Technology, Kumasi, Ghana

---

Submitted: 17 October 2020  
Accepted: 23 November 2020  
Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*Akwasi Acheampong Aning*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p361](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p361)

 Copyright 2020 Akwasi Acheampong A ,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCESS

---

Cite as:

Akwasi Acheampong A, Van-Dycke Sarpong A,  
Reginald Mensah N. (2020). Electrical Resistivity  
And Induced Polarization Imaging For Refuse  
Dump Site. *European Scientific Journal, ESJ*, 16  
(36), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p361>

---

## **Electrical Resistivity And Induced Polarization Imaging For Refuse Dump Site**

---

### **Abstract**

Contamination from landfills as a result of leaching from organic and inorganic waste poses a threat to the environment because, subsoil and groundwater are affected. The contamination is more serious in developing countries where waste management is inefficient. The aim of this study was to determine the extent of pollution at this site. Three profiles were surveyed: two in North-South direction and the third in Northeast-Southwest. 2D electrical resistivity and Time Domain Induced Polarization (TDIP) data sets have been acquired along the three profiles in Boadi Community. Electrical resistivity and induced polarization together with excavations were successful in mapping the extent of the leachate plume. The study demarcated clearly three main zones: the first, second and third zones indicated chargeabilities  $> 12.8$  msec near the surface,  $> 6.4$  msec and  $> 12.8$  msec at the base respectively. Similarly, resistivities  $< 12 \Omega\text{m}$ ,  $12$  to  $24 \Omega\text{m}$  and  $> 192 \Omega\text{m}$  for the first, second and third zones respectively were delineated. The relatively lower electrical resistivity areas were thought to be due to the presence of the leachate plume and the comparatively higher chargeability zones were interpreted as duricrust. The relatively lower chargeability represents absence of polarizable materials. The study also delineated the weathered basement granodiorites showing relatively higher resistivities. These TDIP and ERT results show that the methods have been successful in mapping the landfill leachate plume. The results from the resistivity and chargeability compare very well with the excavations.

---

**Subject:** Science And Technology

**Keywords:** Electrical Resistivity, Induced Polarization, Refuse Dump, Mapping, Leachate

## Introduction

The geoenvironment is an integral part of human existence which calls for the need to obtain detailed information about it. This information will prove useful for town and country planning, infrastructural development, remediation and the exploration of the natural resources such as water, minerals and oil and gas. There is also an increasing demand for the reuse of abandoned dump sites, cemeteries, mines and even industries indulged in hazardous operations because of the inordinate desire to develop in order to cater for current and future generations.

Uncertain about what underlies the earth's surface, this information is best sought initially through a non-invasive and non-destructive means and the geo-electrical techniques stand out as one of the most suitable methods. The resistivity method has become very popular in electrical exploration because of its ability to produce subsurface images efficiently and effectively owing to available automated data-acquisition systems and efficient user-friendly inversion software (Dahlin and Zhou, 2006). It is based on assumptions that various subsurface earth materials like minerals, solid bedrock, sediments, air and water-filled structures have detectable electrical resistivity contrasts relative to the host medium (Panek et al., 2010). The electrical resistivity method has proven to be credible for site characterization for borehole development (Ogungbe et al., 2010), landfill leachate plume mapping (Maurya et al., 2017), leachate pathways for groundwater contamination (Abdullahi and Osazuwa, 2011) and the detection of groundwater pollutants (Uchegbulam and Ayolabi, 2014). Other studies also confirm its ability to map shallow anomalies (Kumar, 2012; Nero et al., 2016) and also of geological units (faults, fractures and quartzite veins) related to the formation of groundwater systems (Mendoza and Dahlin, 2008).

Engineering, environmental and shallow surface investigations have also emerge as some of the useful applications of the geophysical method (van Schoor, 2002; Aning et al., 2014; Andrews et al., 2013; Ugwu and Ezema, 2013; Obasi et al., 2015; Binley et al., 2015; Panek et al., 2010). The electrical resistivity method has been used prior to constructional projects in mining and abandoned mining areas (Martinez-Pagan et al., 2013; Martinez-Lopez et al., 2013); limestone or dolomite dominant zones which are susceptible to cavity formation due to natural processes (van Schoor, 2002; Metwaly and AlFouzan, 2013) to study the subsurface before the projects were embarked on. In time domain induced polarization (TDIP) surveys, the measured quantity is the chargeability and it is the ratio of the secondary potential to the primary

potential of the transmitted current. The ability of the subsurface to be polarized when electric field is applied is a measure of the induced polarization effect. IP has been used to differentiate between fine-grained and other cover materials in landfill site (Leroux et al., 2007), saltwater intrusion into fresh aquifer (Ranieri et al., 1996), mapping of potential conduit for leachate contamination of the groundwater system (Wemegah et al., 2017), delineating aquifer in sedimentary terrain (Aizebeokhai et al., 2016).

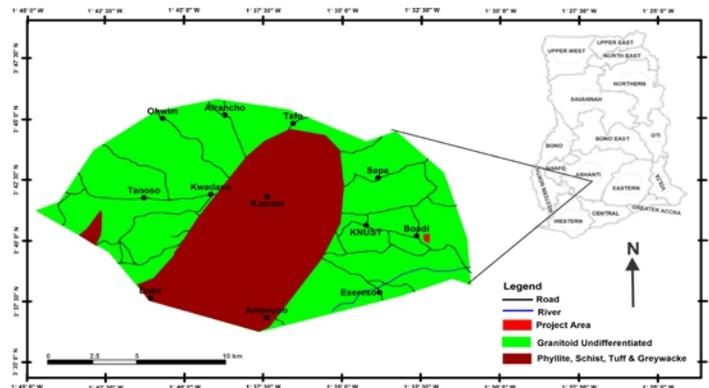
This study also relies on the TDIP and ERT to investigate a refuse dump site to assess the level of pollution and its suitability for future constructional purposes after carefully studying the geology and soils of the place. These methods were chosen as a result of their ability to map waste deposits due to their sensitivity to electrical conductivity and resistivity



**Figure 1.** Field photograph with stratigraphy of the study site

## 2. Geological Setting

The study area (Fig. 1) is located in Boadi, an old town in the eastern part of the Kumasi Metropolis. The area is dominated by the middle Precambrian rocks and forms part of Eburnean Plutonic Suite. These were formed approximately within the upper and lower ages of 2.172 and 2.116 million years ago. The Precambrian rocks and the Eburnean plutonic suite are also composed mainly of biotite (+/-hornblende), granite and minor granodiorite and K-feldspar porphyritic.



**Figure 2.** Geological map of the Kumasi Metropolis showing the study area in red (Ghana Geological Survey , 2009)

There are Birimian sequences in the area characterized by a transition in the sedimentary facies from the central part of the basin to the margins. Sediments deposited in the central part consist of a thick sequence of dark grey to black argillites that are interbedded with subordinate siliciclastic meta-sediments. The argillites grade laterally or horizontally away from the centre of the basin into a thick sequence of interbedded argillite/volcaniclastic units and to volcaniclastics interbedded with subordinate argillites, tuffs and volcanics. A narrow belt (up to 3 km wide) underlain by interbedded volcaniclastic and coarse arenaceous sediments such as greywackes, arkose, conglomerates, quartzite etc. also occur (Moon, 1962). These clastic and volcaniclastic units feature high radiometric potassium (K) levels and appear to be somewhat distinctive from most of the typical interbedded volcaniclastic and marine sedimentary units as well as the Tarkwaian clastic sediments (Griffis, 1998). According to Kesse (1969; 1972), the Kumasi granitoid complex dominates much of the basin area and contains large roof pendants of metasedimentary schists. This is a basin-type granitoid massive intrusive complex and ranges in composition from intermediate (granodiorite/tonalite) to more felsic (granite) phases. The construction industry in the metropolis has come to stay because of the existence of the Precambrian rocks. Specifically the study area is covered mainly by the granitoid undifferentiated geology (Fig. 2) and ochrosol soil (Obeng, 2000).

## 2. Methodology

The survey was performed using the multi-electrode ABEM Lund Imaging System (Dahlin, 1996) with the Wenner array. Three profiles of 60 m each were surveyed with electrode separation of 1.5

m. The 2D apparent resistivity and chargeability (time-domain IP effect) were measured concurrently in all the traverses. The chargeability (M) of the IP effect was determined by integrating the area under the IP decay curve and according to the relation

$$M = \frac{1}{V_0} \int_{t_1}^{t_2} V(t) dt \quad 1$$

where  $V_0$  is the observed voltage with the applied current,  $V(t)$  is the decaying voltage,  $t_1$  and  $t_2$

are the start and stop times respectively. Similarly, the apparent resistivity ( $\rho_a$ ) was calculated from the equation

$$\rho_a = 2\pi a (\Delta V / I) \quad 2$$

where  $\Delta V$  is the potential difference,  $I$  the applied current and  $a$  is electrode separation.

The data obtained from the field are apparent resistivity and chargeability values and must be converted to true resistivity and chargeability values, the variations we are looking for. This transformation from apparent resistivity and chargeability to true resistivity and chargeability is made possible with Res2DINV software. The data were imported into the Res2DInv for processing. The outliers due to poor electrode contact were removed. The algorithm proposed by Loke and Barker (1996) and based on regularized least-squared optimization method (deGroot Hedlin and Constable, 1990; Loke et al., 2003; Sasaki, 1989) for the automatic 2D inversion of apparent resistivity and chargeability data was used. The L1-norm (the robust) inversion technique was used in modelling the data. Model discretization followed by model refinement with the option of half electrode spacing was applied. The half electrode spacing option step produces better results by narrowing the model cells if there are large resistivity variations near the ground surface. For uniformity in the interpretation of the different true resistivity and chargeability sections along various profiles, a common colour code was adopted for presentation of the results.

Fig. 1 shows fresh excavated section of the Boadi refuse dump site that was leased out to a developer. The first two profiles run parallel to the face of the excavated section and the third oriented approximately 45° to it.

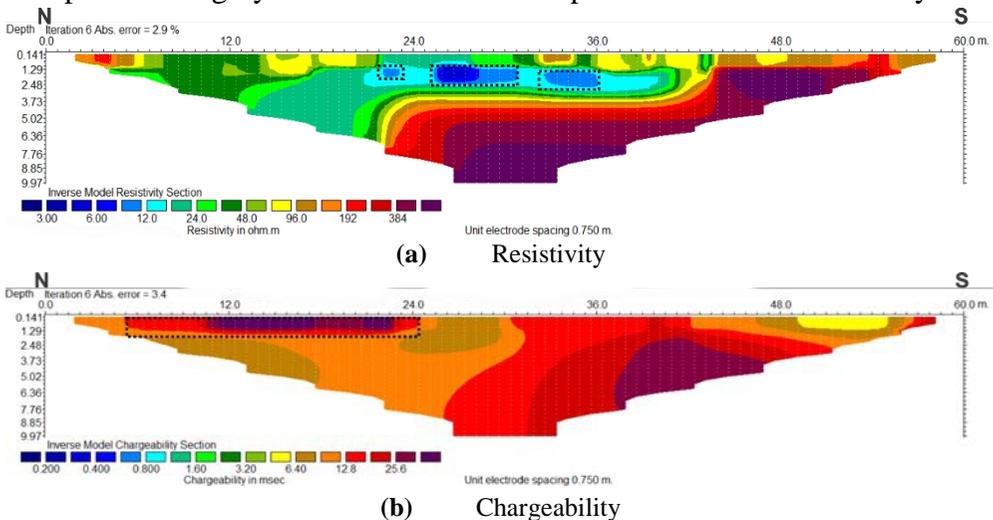
### 3. Results and Discussions

The exposure (Fig. 1) showing a four-section vertical zonation allowed detailed analysis of subsurface features of the site. The first or top layer is the refuse with an average thickness of about one metre, is made up of organic and inorganic matter of degradable material and it is dark in colour.

The leached (filtrate) and percolated portion formed the second zone that looks blackish (loamy). The reddish-brown lateritic earth material forms the third zone and the fourth layer is the saprolite, which is light brown and is clayey (shaley). The saprolite layer extends down into the granitic bedrock.

Figs. 3 - 5 show the models obtained from the 2D apparent resistivity and chargeability values of the three survey lines from the Boadi waste dump site after six iterations. The rms errors after the sixth iteration are between 1.2 - 2.9% and 2.0 - 3.6% for the resistivity and chargeability models respectively. The iteration was done to convert apparent resistivity/chargeability values to true resistivity/chargeability values.

Fig. 3 shows the resistivity and chargeability models for profile 1 which trends N-S direction. On this profile, the refuse dump extends from the beginning of the profile to about 43 m. The top 1.5 m from the surface has a heterogeneous nature with resistivity ranging from about 12 to over 200  $\Omega\text{m}$  (Fig. 3a) and chargeability from a value of 3.2 to above 30 msec (Fig. 3b). The unsorted nature of the resistivity reflects the heterogeneity of the garbage which has led to local changes in the amount of seepage as a result of the waste dump (Fig. 1). The zones marked by the broken black lines on Fig. 3a were interpreted as highly leachate concentration points as a result of the very low

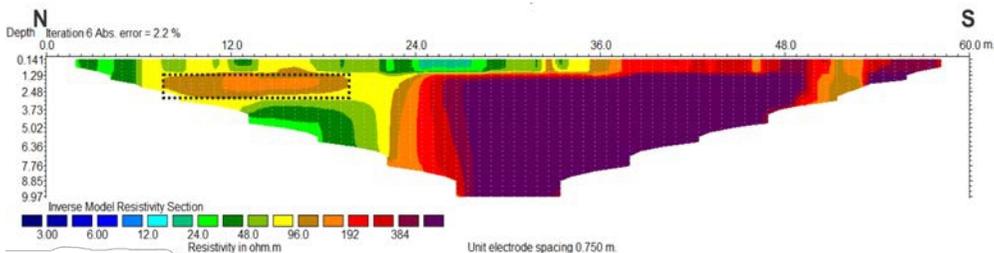


**Figure 3.** 2D resistivity and chargeability models for profile 1

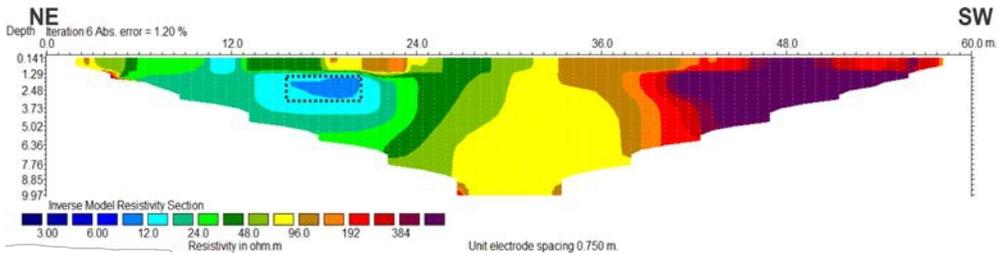
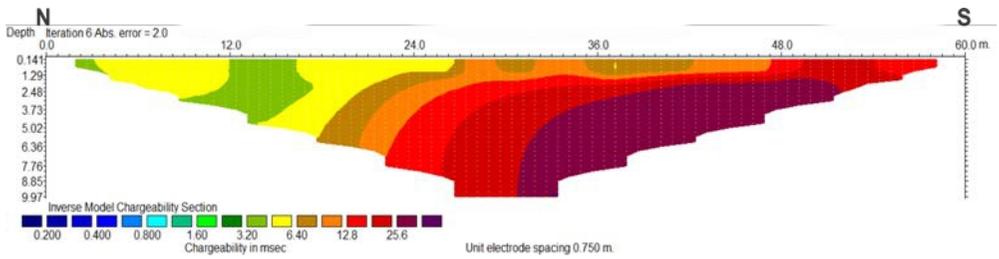
resistivities ( $< 12 \Omega\text{m}$ ) at these areas (Fig. 1). This compares well with works by (Guérin et al., 2004; Zume et al., 2006). The low resistive zone (between 12 and 24  $\Omega\text{m}$ ) is also contaminated areas of varying degrees. The south section of the model below 1.5 m and the base beneath 5 m show no evidence of contamination by the leachate plume as a result of the high resistivity ( $>$

192  $\Omega\text{m}$ ) and is interpreted to be the weathered bedrock. The relatively higher chargeability region with values greater than 12.8 msec is marked by the black broken lines near the surface (Fig. 3b). The region is about 1.5 m in thickness, and could be due to presence of metallic and polarizable materials that made up the waste. The relatively higher resistive area ( $> 200 \Omega\text{m}$ ) at the base which extends towards the south could be the saprolites.

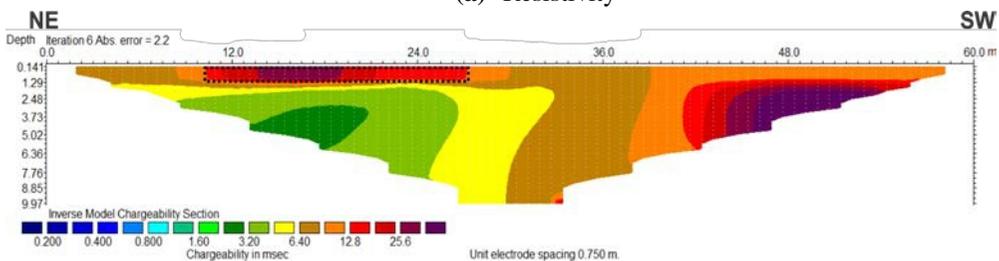
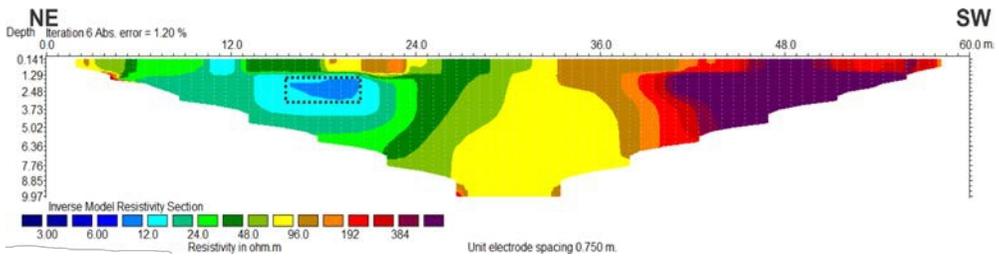
Fig. 4 shows the results for profile 2, which was laid out in N-S direction. The waste dump on this profile spread from 0 - 36 m. The resistivity model section (Fig. 4a) depicts a shallow near surface layer of about 1.3 m thick characterized by high heterogeneity with values ranging from about 20 to 400  $\Omega\text{m}$ . The differences in the resistivity values could be due to varying concentration of leachate emanating from the waste. The moderately high resistivity (96 to 192  $\Omega\text{m}$ ) area marked by the dotted black line from 7.5 m distance to 18 m and between the depth of 1 and 2.6 m in Fig. 4a could be due to a likely presence of dense duricrusts. The relatively low resistivity signature (48  $\Omega\text{m}$ ) beneath 5 m from 12 to 21 m is interpreted as zone of conductive leachate plume emanating from the waste (Abdullahi et al., 2011; Shemang et al., 2011). The middle portion of resistivity tomography with value  $> 192 \Omega\text{m}$  beneath 1.3 m distance to the end of the profile shows no evidence of leachate plume and this could represent the weathered bedrock. The chargeability model (Fig. 4b) depicts low values ( $< 6.4$  msec) from 0 to 27 m and this may result from lack of highly polarizable materials within the waste. The relatively higher chargeability portion from 27 m to the end of the survey line agrees very well with the resistivity model and is interpreted as the weathered bedrock.



(a) Resistivity



**Figure 4.** 2D resistivity and chargeability models for profile 2

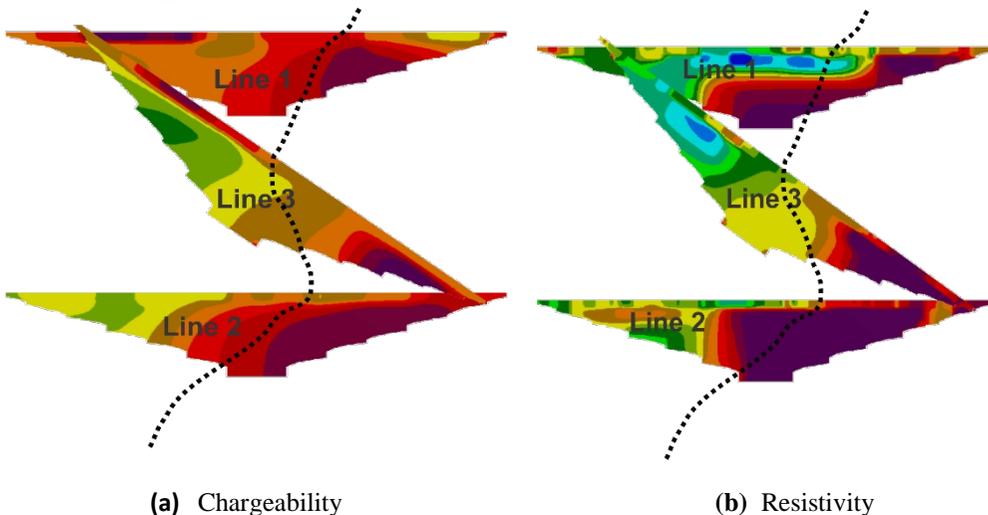


**Figure 5.** 2D resistivity and chargeability models for profile 3

Fig. 5 shows the 2D inversion results for the resistivity and IP tomography of profile 3 which trends NE-SW. The waste dump on this profile stretches from 0 to 32 m. The heterogeneity of the near surface resistivity model depicts the conglomeration of the waste and different concentration of the leachate plume. The relatively very low resistivity zone ( $< 12 \Omega\text{m}$ ) at a depth range of 1.5- 3.0 m and about 4.5 m in length (Fig. 5a)

is interpreted as highly concentrated leachate area. This compares very well with the exposures (Fig. 1). The second half of the resistivity model depicts a relatively high resistive zone ( $> 96 \Omega\text{m}$ ) is revealed as weathered bedrock. The relatively higher chargeability layer near the surface (Fig. 5b) beneath and between 10 and 26 m could be as a result of the presence of polarizable materials that may be present in the waste. The relatively low chargeability ( $< 6.4 \text{ msec}$ ) stretch beneath 1.3 m may emanate from decrease in ionic mobility as a result of increase concentration of the solution (Maurya et al., 2017). The relatively higher chargeability ( $> 6.4 \text{ msec}$ ) section from 33 m corroborate the results of the resistivity model and represents the weathered bedrock.

In all the time domain induced polarization fence diagram (Fig. 6a), three main zones were interpreted. The first zone with relatively higher near surface chargeabilities ( $> 12.8 \text{ msec}$ ) is as



a result of highly polarizable materials within the waste. The second zone shows a comparatively lower chargeability values ( $< 6.4 \text{ msec}$ ) than the first zone. This is possibly due to decrease in concentration of ionic charges. The third zone with chargeability ( $> 12.8 \text{ msec}$ ) from the mid portion to the end of the survey line is the saprolite layer. The resistivity fence diagram (Fig. 6b) also depicts three main zones. The first zone with relatively lower resistivity ( $< 12 \Omega\text{m}$ ) is the highly concentrated leachate plume zones. The second zone has a varied degree of pollution and has relatively higher resistivity than the first (between 12 and  $24 \Omega\text{m}$ ). The last zone is the weathered bedrock with resistivities  $> 192 \Omega\text{m}$ . The boundary of the landfill is marked by the black dotted line.

## Conclusion

The integrated use of non-destructive geophysical techniques; time domain induced polarization and resistivity methods have been successful in characterizing the Boadi waste site. The data from the 2D models were used for the fence diagram. The integration of geology from the excavations, geo-electrical and time domain induced polarization measurements yielded useful information for mapping the site. The results were able to delineate the spatial distribution of the leachate plume due to the fact that in general, for resistivity values  $< 24 \Omega\text{m}$  the area is expected to have high leachate content. Values greater than that were interpreted as weathered bedrock. The results of the study also indicate that higher chargeabilities result from either the weathered bedrock or highly polarizable material and lower values are due to insufficient ionic mobility.

The results show how indiscriminate dumping of refuse pollute the soil and groundwater thereby affecting the environment. For future development plans, the area should be excavated, refill and compacted from the beginning of the profile to the boundaries of the refuse dump up to a depth of about 4 m. This is to make the area more consolidated to support developmental projects in the area.

The overall TDIP and ERT results show that the methods have been successful in mapping the landfill leachate plume and a good correlation exists between the two methods.

## References:

1. Abdullahi, N. and Osazuwa, I. (2011). Geophysical imaging of municipal solid waste contaminant pathways. *Environmental Earth Sciences*, 62(6):1173–1181.
2. Abdullahi, N., Osazuwa, I., and Sule, P. (2011). Application of integrated geophysical techniques in the investigation of groundwater contamination: A case study of municipal solid waste leachate. *Ozean Journal of applied sciences*, 4(1):7–25.
3. Aizebeokhai, A. P., Oyeyemi, K. D., and Joel, E. S. (2016). Groundwater potential assessment in a sedimentary terrain, Southwestern Nigeria. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(7):496.
4. Andrews, N. D., Aning, A. A., Danuor, S. K., and Noye, R. M. (2013). Geophysical investigations at the proposed site of the KNUST Teaching Hospital Building using 2D and 3D resistivity imaging techniques. *International Research Journal of Geology and Mining (IRJGM)*, 3(3):113–123.

5. Aning, A. A., Sackey, N., Jakalia, I. S., Sedoawu, O., Tetteh, E. H., Hinson, G., Akorlie, R. K., Appiah, D., and Quaye, E. (2014). Electrical Resistivity as a Geophysical Mapping Tool; A Case Study of The New Art Department, KNUST-Ghana. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4: ISSN 2250–3153.
6. Binley, A., Hubbard, S. S., Huisman, J. A., Revil, A., Robinson, D. A., Singha, K., and Slater, L. D. (2015). The emergence of hydrogeophysics for improved understanding of subsurface processes over multiple scales. *Water Resources Research*, pages 3837–3866.
8. Dahlin, T. (1996). 2D resistivity surveying for environmental and engineering applications. *First Break*, 14:275–284.
9. Dahlin, T. and Zhou, B. (2006). Gradient array measurements for multi-channel 2D resistivity imaging. *Near Surface Geophysics*, pages 113–123.
10. deGroot Hedlin, C. and Constable, S. (1990). Occam's inversion to generate smooth two-dimensional models from magnetotelluric data. *Geophysics*, 55:1613–1624.
11. Ghana Geological Survey (2009). Geological map of Kumasi Metropolis.
12. Griffis, J. R. (1998). Explanatory notes - geological interpretation of geophysical data from South Western Ghana. Mineral Commission, Ghana, Accra., page 51.
13. Guérin, R., Munoz, M. L., Aran, C., Laperrelle, C., Hidra, M., Drouart, E., and Grellier, S. (2004). Leachate recirculation: moisture content assessment by means of a geophysical technique. *Waste Management*, 24(8):785–794.
14. Kesse, O. G. (1969). The geology of sheet 128, Kumasi, NE. *Ghana Geol. Surv. Bull*, 39. Kesse, O. G. (1972). The geology of sheet 165, Sekodumasi SW. *Ghana Geol. Surv. Bull.*, 41.
15. Kumar, D. (2012). Efficacy of Electrical Resistivity Tomography Technique in Mapping Shallow Subsurface Anomaly. *Journal Geological Society of India*, 80:304–307.
16. Leroux, V., Dahlin, T., and Svensson, M. (2007). Dense resistivity and induced polarization profiling for a landfill restoration project at Härlöv, Southern Sweden. *Waste Management & Research*, 25(1):49–60. PMID: 17346007.
17. Loke, M. H., Acworth, I., and Dahlin, T. (2003). A comparison of smooth and blocky inversion methods in 2-D electrical imaging

- surveys. *Exploration Geophysics*, 34:82–187.
18. Loke, M. H. and Barker, R. D. (1996). Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*, 44:131–152.
  19. Martinez-Lopez, J., Rey, J., Duenas, J., Hidalgo, C., and Benavente, J. (2013). Electrical tomography applied to the detection of subsurface cavities. *Journal of Cave and Karst Studies*, 75(1):28–37.
  20. Martinez-Pagan, P., Gomez-Ortiz, D., Martin-Crespo, T., Manteca, J., and Rosique, M. (2013). The electrical resistivity tomography method in the detection of shallow mining cavities. A case study on the Victoria Cave, Cartagena (SE Spain). *Engineering Geology*, 156:1–10.
  21. Maurya, P. K., Rønde, V., Fiandaca, G., Balbarini, N., Auken, E., Bjerg, P. L., and Christiansen, V. (2017). Detailed landfill leachate plume mapping using 2D and 3D electrical resistivity tomography-with correlation to ionic strength measured in screens. *Journal of Applied Geophysics*, 138:1–8.
  22. Mendoza, J. and Dahlin, T. (2008). Resistivity imaging in steep and weathered terrains. *Near Surface Geophysics*, pages 105–112.
  23. Metwaly, M. and AlFouzan, F. (2013). Application of 2-D geoelectrical resistivity tomography for subsurface cavity detection in the eastern part of Saudi Arabia. *Geoscience Frontiers*, 4:469–476.
  24. Moon, A. P. (1962). The geology of sheet 165, Sekodumasi nw. Ghana Geol. Survey. Bull.
  25. Nero, C., Aning, A. A., Danuor, S. K., and Noye, R. M. (2016). Delineation of graves using electrical resistivity tomography. *Journal of Applied Geophysics*, 126:138–147.
  26. Obasi, I. A., Onwe, I. M., and Igwe, E. O. (2015). Geoelectrical subsurface characterization for foundation purposes in the College of Agricultural Sciences (CAS) campus, Ebonyi State University, Abakaliki, Southeastern Nigeria. *Journal of Environment and Earth Science*, 5(18):42–52.
  27. Obeng, H. (2000). Soil classification in Ghana. CEPA 2000. Selected Economic Issues, 3. Ogungbe, A. S., Olowofela, J. A., Da-Silva, O. J., Alabi, A. A., and Onori, E. O. (2010). Subsurface Characterization using Electrical Resistivity (Dipole-Dipole) method at Lagos State University (LASU) Foundation school, Badagry. *Advances in Applied Science Research*, 1(1):174–181.

29. Panek, T., Margielewski, W., Taborik, P., Urban, J., Hradecky, J., and Szura, C. (2010). Gravitationally induced caves and other discontinuities detected by 2D electrical resistivity tomography: Case studies from the Polish Flysch Carpathians. *Geomorphology*, 123:165–180.
30. Ranieri, G., Ferrero, L., and Godio, A. (1996). A geophysical study of a coastal plane in Sardinia.
31. *Annals of Geophysics*, 39(1).
32. Sasaki, Y. (1989). Two-dimensional joint inversion of magnetotelluric and dipole-dipole resistivity data. *Geophysics*, 54(2):254–262.
33. Shemang, E., Mickus, K., and Same, M. (2011). Geophysical characterization of the abandoned Gaborone landfill, Botswana: implications for abandoned landfills in arid environments. *International Journal of Environmental Protection*, 1(1):1–12.
34. Uchegbulam, O. and Ayolabi, E. A. (2014). Application of Electrical Resistivity Imaging in Investigating Ground Water Pollution in Sapele Area, Nigeria. *Journal of Water Resource and Protection*, 6:1369–1379.
35. Ugwu, G. Z. and Ezema, P. O. (2013). 2D Electrical Resistivity Imaging for the Investigation of the Subsurface Structures at the Proposed Site for Kauridan Estate at Ibagwa–Nike, Southeastern Nigeria. *International Journal of Scientific Research in Knowledge (IJSRK)*, 1(12):528–535.
36. van Schoor, M. (2002). Detection of sinkholes using 2D electrical resistivity imaging. *Journal of Applied Geophysics*, 50:393–399.
37. Wemegah, D. D., Fiandaca, G., Auken, E., Menyeh, A., and Danuor, S. K. (2017). Spectral time-domain induced polarisation and magnetic surveying—an efficient tool for characterisation of solid waste deposits in developing countries. *Near Surface Geophysics*, 15(1):75–84.
38. Zume, J. T., Tarhule, A., and Christenson, S. (2006). Subsurface imaging of an abandoned solid waste landfill site in Norman, Oklahoma. *Groundwater Monitoring & Remediation*, 26(2):62–69.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

### **Salfo Ouédraogo,**

Chargé de recherche, Département Médecine  
Pharmacopée Traditionnelles et Pharmacie, Institut  
de Recherche en Sciences de la Santé  
(MEPHATRA-PH /IRSS), Burkina Faso.  
Laboratoire de Développement du Médicament,  
ED2S, Université Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso

### **Marius Lompo,**

Maitre de recherche, Département Médecine  
Pharmacopée Traditionnelles et Pharmacie, Institut  
de Recherche en Sciences de la Santé  
(MEPHATRA-PH /IRSS), Burkina Faso

### **Mohamadi Zeba,**

Doctorant, Institut des Sciences des Sociétés,  
Institut de Recherche en Sciences de la Santé

### **Janvier Kini,**

Chargé de recherche, Département Médecine  
Pharmacopée Traditionnelles et Pharmacie, Institut  
de Recherche en Sciences de la Santé  
(MEPHATRA-PH /IRSS), Burkina Faso.  
Gouvernance et Développement Inclusif, Institut de  
Recherche en Sciences Sociales d'Amsterdam  
(AISSR), Université d'Amsterdam, Pays-Bas

### **Ina Tata Traoré,**

Attaché de recherche, Département Médecine  
Pharmacopée Traditionnelles et Pharmacie, Institut  
de Recherche en Sciences de la Santé  
(MEPHATRA-PH /IRSS), Burkina Faso

### **Charles B. Sombié,**

Maitre-assistant, Laboratoire de Développement du  
Médicament, ED2S, Université Joseph KI-ZERBO,  
Burkina Faso; Centre d'excellence africain de  
formation, de recherche et d'expertises en Sciences  
du Médicament (CEA-CFOREM)

### **Sylvin Ouédraogo,**

Directeur de recherche, Département Médecine  
Pharmacopée Traditionnelles et Pharmacie, Institut  
de Recherche en Sciences de la Santé (MEPHATRA-  
PH /IRSS), Burkina Faso

### **Rasmané Semdé,**

Professeur Titulaire, Laboratoire de Développement  
du Médicament, ED2S, Université Joseph KI-

ZERBO, Burkina Faso; Centre d'excellence africain  
de formation, de recherche et d'expertises en  
Sciences du Médicament (CEA-CFOREM)

---

Submitted: 22 November 2020

Accepted: 28 December 2020

Published: 31 December 2020

Corresponding author:

*Salfo Ouédraogo*

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p374](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p374)

 Copyright 2020 Ouédraogo S,  
Distributed under Creative Commons  
BY-NC-ND 4.0 OPEN ACCES

---

Cite as:

Ouédraogo S, Lompo M, Zeba M., Kini J, Tata  
Traoré I, Sombié C.B, Ouédraogo S, Semdé R.  
(2020). Production Locale De Médicaments Issus  
De La Médecine Et Pharmacopée Traditionnelles :  
Analyse Des Déterminants De La Survie De L'unité  
De Production (U-PHARMA)). *European Scientific  
Journal, ESJ, 16 (36)*, 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p374>

---

## **Production Locale De Médicaments Issus De La Médecine Et Pharmacopée Traditionnelles : Analyse Des Déterminants De La Survie De L'unité De Production (U- PHARMA))**

---

### **Résumé**

**Introduction:** L'accès durable à des médicaments de qualité et abordables par la production locale contribue au développement sanitaire et socio-économique d'un pays. L'unité de production pharmaceutique (U-PHARMA) a été créée pour pallier à ce besoin au Burkina Faso. Cependant, elle rencontre d'énormes difficultés susceptibles d'entraîner sa fermeture.

**Objectif:** L'objectif de cette étude est d'analyser les déterminants de la survie de l'unité de production de médicaments (U-PHARMA).

**Méthodes:** La méthodologie utilisée a combiné la recherche bibliographique et l'enquête de terrain qui a consisté en une série d'entretiens. **Résultats/Discussion:** Les résultats obtenus indiquent que l'unité n'a pas de personnalité juridique lui permettant de jouir d'une autonomie dans la gestion de ses activités. L'encrage institutionnel ne la permet pas de mener ses activités dans une logique d'entreprise commerciale compétitive. Les activités de l'unité se trouvent piégées par la procédure de gestion des actes administratifs et financières de la fonction publique. Au regard de ce constat, elle doit être envisagée comme étant une société à capitaux publics avec une personnalité juridique ayant une autonomie financière et de gestion.

**Conclusion:** Au regard des analyses, il ressort que l'unité est soumise de façon caractéristique aux principes de l'administration publique marqué par la subordination, la dépendance et le contrôle qui reflètent le pouvoir de l'Etat. La création d'un nouveau statut juridique, celui d'entreprise publique autonome avec des modes de gestion et de financements adéquats favorisera la mobilisation de ressources pour booster les activités de recherche-développement de nouveaux phytomédicaments au sein de l'IRSS.

---

**Subject:** Pharmacy

**Mots-clés:** Contraintes, Succès, Médicament, Phytomédicaments, Unité de production

## **Local Production Of Drugs From Traditional Medicine And Pharmacopoeia: Analysis Of The Determinants Of The Survival Of The Production Unit (U-PHARMA)**

***Salfo Ouédraogo,***

Chargé de recherche, Département Médecine Pharmacopée Traditionnelles et Pharmacie, Institut de Recherche en Sciences de la Santé (MEPHATRA-PH /IRSS), Burkina Faso.

Laboratoire de Développement du Médicament, ED2S, Université Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso

***Marius Lompo,***

Maitre de recherche, Département Médecine Pharmacopée Traditionnelles et Pharmacie, Institut de Recherche en Sciences de la Santé (MEPHATRA-PH /IRSS), Burkina Faso

***Mohamadi Zeba,***

Doctorant, Institut des Sciences des Sociétés, Institut de Recherche en Sciences de la Santé

***Janvier Kini,***

Chargé de recherche, Département Médecine Pharmacopée Traditionnelles et Pharmacie, Institut de Recherche en Sciences de la Santé (MEPHATRA-PH /IRSS), Burkina Faso.

Gouvernance et Développement Inclusif, Institut de Recherche en Sciences Sociales d'Amsterdam (AISSR), Université d'Amsterdam, Pays-Bas

***Ina Tata Traoré,***

Attaché de recherche, Département Médecine Pharmacopée Traditionnelles et Pharmacie, Institut de Recherche en Sciences de la Santé (MEPHATRA-PH /IRSS), Burkina Faso

***Charles B. Sombié,***

Maitre-assistant, Laboratoire de Développement du Médicament, ED2S, Université Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso; Centre d'excellence africain de formation, de recherche et d'expertises en Sciences du Médicament (CEA-CFOREM)

***Sylvin Ouédraogo,***

Directeur de recherche, Département Médecine Pharmacopée Traditionnelles et Pharmacie, Institut de Recherche en Sciences de la Santé (MEPHATRA-PH /IRSS), Burkina Faso

## *Rasmané Semdé,*

Professeur Titulaire, Laboratoire de Développement du Médicament, ED2S, Université Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso; Centre d'excellence africain de formation, de recherche et d'expertises en Sciences du Médicament (CEA-CFOREM)

DOI: [10.19044/esj.2020.v16n36p374](https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p374)

---

### **Abstract**

**Introduction:** Sustainable access to quality and affordable medicines through local production contributes to health and socio-economic development of a country. The pharmaceutical production unit (U-PHARMA) was created to address this issue in Burkina Faso. However, it encounters serious difficulties which could lead to its closure.

**Objective:** The objective of this study is to analyze the determinants of the survival of this production unit.

**Methods:** The method combined a bibliographic review and field survey which consisted of a number of interviews. **Results/Discussion:** The results showed that the unit has no legal form enabling autonomy in management activities. Its institutional anchor does not allow it to perform its activities as a competitive commercial enterprise. The activities of the unit are trapped by the public procedures of administrative and financial management. In that line, the status of the unit should be revised as a public shareholding company with a legal form allowing financial and management autonomy.

**Conclusion:** Regarding the results, U-PHARMA is subject to the public administration's principles such as subordination, dependence and control. The new legal status will allow an autonomy of a public company with adequate management and financing mechanisms. This will encourage funds raising in order to mobilize resources for boosting research and development of new phytomedicines within the health sciences research institute.

---

**Keywords:** Constraints, Success, Medicine, Phytomedicine, Production Unit

### **Introduction**

Le médicament répond aux préoccupations humaines les plus intimes relatives à la qualité de la vie, au bien-être, mais aussi à la maladie, à la mort ou à la guérison (Buisson et al.,1997). En conséquence, il peut être assimilé à un quasi-bien public (ou sous tutelle), comme en témoigne la position des autorités publiques qui l'intègrent dans leur politique sanitaire (Richard et al.,1996) et mettent en place des organismes de contrôle de l'offre et de la

demande de médicaments. En effet, la mise à disposition de la population de médicaments sûrs, efficaces, de bonne qualité et à moindre coût est un défi majeur pour les politiques pharmaceutiques. De multiples innovations ont été menées pour faciliter l'accès aux médicaments essentiels. Cependant, la moitié de la population mondiale n'a pas accès régulièrement aux médicaments et cette proportion est estimée à plus de 60% dans les pays en développement. De plus, la dégradation de la situation socio-économique de ces pays rend tout progrès difficile (Dumoulin et al., 2001). En effet, les structures de production pharmaceutique y sont quasi-inexistantes. Environ 30 % de la consommation en médicaments de nos populations est fabriqué dans la région africaine, principalement au Nigeria, au Ghana et au Sénégal (OOAS, 2014). Au Burkina Faso, seulement 1% des médicaments consommés dans le pays sont fabriqués localement alors que le gouvernement dépense entre 6 et 8 % de son budget (soit €122 millions) pour les produits pharmaceutiques (Rapport Yolse, 2015). Les médicaments pour traiter les maladies tropicales négligées ne se procurent pas aisément (Vidoudez, 2005), étant donné que ces médicaments sont produits par des multinationales occidentales organisées autour d'un oligopole stable et dynamique (Tarabusi, 1993). La faiblesse de la production pharmaceutique locale est dommageable pour les économies car d'une part, elle ne permet pas de garantir la souveraineté nationale en produits de santé et d'autre part, elle représente un manque à gagner énorme pour les économies régionales. Cette situation s'empire avec le faible pouvoir d'achat de la population ainsi que l'insuffisance voire l'absence de l'assurance maladie. Face à ces enjeux énormes, une bonne promotion de la production locale de médicaments pourrait trouver un intérêt socio-économique sans précédent. La valorisation des médicaments issus de la pharmacopée traditionnelle a un intérêt économique, étant donné que les plantes médicinales apparaissent comme sources de matières premières et principes actifs pour l'industrie pharmaceutique nationale et internationale (Guimier et al., 2005). Une initiative s'inscrivant dans cette démarche est née au Burkina Faso en 1991 en collaboration avec la coopération Belge. Cette initiative s'est fondée sur une réflexion pratique du pays sur ce qui est nécessaire pour assurer un meilleur accès aux médicaments et encourager la production locale. En investissant dans le développement de médicaments, et avec l'aide de dons internationaux, le Burkina Faso a réussi à rendre accessible quelques médicaments génériques de la famille des antibiotiques, des antalgiques, anti-inflammatoires etc.

Dans les années 1991, l'engagement des décideurs et des acteurs scientifiques a permis la mise en place d'une unité de production qui a produit des résultats significatifs à travers la mise à disposition des populations de médicaments génériques et de médicaments issus de médecine traditionnelle. Cette unité a marqué sa contribution dans la résolution des problèmes de santé

au Burkina Faso. A l'heure actuelle, la production de l'unité n'arrive pas à satisfaire les besoins avec des ruptures fréquentes. Ce qui amène les premiers responsables de la structure à s'orienter vers la recherche de différentes solutions pour une production continue et compétitive de médicaments. D'où l'objectif de cette étude qui est d'analyser les déterminants de la survie de l'unité de production de médicaments (U-PHARMA) à travers les potentielles contraintes et les conditions de succès.

## **1.Méthodologie**

### **1.1. Présentation de l'Unité pharmaceutique U-PHARMA**

L'unité de Production et Commercialisation de produits Pharmaceutiques dénommée U-PHARMA est issue d'un projet visant à pallier le manque de moyens de lutte thérapeutique.

L'unité a commencé ses activités en octobre 1991 par la production de médicaments génériques (Acide acétyl salicylique 500 mg, Chloroquine 100 mg et Paracétamol 500 mg) puis en décembre 1994 par celle du phytomédicament FACA®. Elle fut inaugurée le mercredi 3 juin 1992 par la Coopération Belgique-Burkina-Faso et fonctionne jusqu'à nos jours. U-PHARMA a bénéficié de l'appui de l'Administration Générale de la Coopération au Développement (AGCD-Belgique) qui a financé les constructions, l'équipement de production, le laboratoire, le transfert de technologies et la formation. Elle a également bénéficié de l'assistance de la Faculté de Pharmacie de l'Université Libre de Bruxelles (ULB) qui a assuré la coordination scientifique et technique de sa réalisation. Elle est une structure du Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST) placée sous la tutelle de l'Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS). Elle a pour objet la production et la commercialisation des médicaments sous toutes formes à partir des acquis de la recherche sur les plantes médicinales ou de toute source naturelle, des produits génériques de synthèse ou d'hémi-synthèse et d'une manière générale, la promotion et le développement de toutes activités se rattachant directement et indirectement à son objet. De nos jours, l'unité U-PHARMA a pour activité principale la production et la commercialisation d'un phytomédicament sous forme gélules dénommé FACA®. Cependant l'unité a une importante capacité de diversification au regard des différents phytomédicaments en voie de développement. Elle est logée dans l'enceinte du siège de l'IRSS située à Ouagadougou, à l'arrondissement 5, au secteur 23, quartier Wemtenga, rue 29.30, porte 74, BP 7047 ; Tél: (226) 25 36 32 15 (Photo 1 et 2).



**Photo 1.** Vue satellitaire de U-PHARMA (google map) (site de l'IRSS en croix rouge) Consulté le 06/04/2020



**Photo 2.** Entrée de U-PHARMA (Ouillilia, 2020)

## 1.2. Type d'étude

Il s'agit d'une étude transversale descriptive visant à identifier les potentielles contraintes et les conditions de succès de l'unité de production et de commercialisation de produits pharmaceutiques (U- PHARMA) de l'Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS) au Burkina Faso.

## 1.3. Population d'étude et échantillonnage

Cette étude a porté sur un échantillon final de 23 personnes. Tout le personnel de l'unité était inclus dans cette étude. Pour mieux affiner les analyses, des entretiens ont été réalisées avec des personnes ressources des services techniques (technicien et chercheurs) et de la direction de l'institut (administratif, financier, ressources humaines, ...) selon un choix raisonné. Le souci majeur étant de trouver des sujets de l'Unité et de la Direction de l'Institut susceptibles de fournir le maximum d'informations aux questions.

#### **1.4. Collecte des données**

La méthodologie de collecte retenue pour cette étude se résume en deux étapes fondamentales que sont : la recherche documentaire et les entretiens. La recherche documentaire sur le sujet s'est faite dans la salle de documentation de l'unité servant de bibliothèque et quelquefois sur des sites web à la recherche de documents susceptibles d'apporter des informations essentielles. Les documents consultés sont les rapports de réunions, les plans et programmes d'activités, les rapports d'activités, les rapports d'audits internes et externes, des ouvrages généraux et des thèses, des mémoires et articles scientifiques. Cette documentation a offert un regard global et théorique sur le sujet. Les entretiens ont été menés l'aide des questions du guide d'entretien. Les données ont été recueillies à travers des entretiens semi-directifs et des entretiens centrés réalisés auprès des participants de l'étude. L'entretien semi-directif s'est réalisé avec le personnel technique et administratif de l'unité et de la direction de l'Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS). Quant à l'entretien centré, il s'est tenu avec le personnel de soutien de l'unité uniquement (manœuvres, manutentionnaires) pour obtenir des réponses claires et directes. Les entretiens ont été enregistrés sur dictaphone, couplés à une prise de notes. La durée des entretiens était de 30 min à 45 min et la langue française a été utilisée.

#### **1.5. Analyse des données**

Le traitement des données enregistrées a consisté dans un premier temps, à lister les informations recueillies et une transcription complète en les mettant sous forme de texte écrit représentant les données brutes. Les textes ont été conservés individuellement dans des fichiers. Ces informations ont permis d'expliquer les causes réelles des ruptures, les facteurs d'échecs ainsi que les conditions de succès.

L'analyse et la synthèse des informations collectées ont été réalisées par dépouillement des fiches. La revue des textes se rapportant à l'organisation et au fonctionnement de l'IRSS et de U-PHARMA a permis de réaliser l'analyse sur la situation organisationnelle et institutionnelle de l'unité. L'organigramme/répartition des tâches, les procédures de gestion et les outils de gestion ont permis l'analyse du système de gestion de l'unité. Ces informations ont permis de décrire et évaluer en détail le fonctionnement réel de l'unité.

#### **1.6. Considérations déontologiques**

Le protocole d'étude a reçu l'approbation du Directeur de l'IRSS. Une note d'information a été élaborée afin d'informer les responsables de services. Les entretiens ont été réalisés après l'obtention d'un consentement libre, éclairé et signé.

## **2. Résultats**

### **2.1. Situation organisationnelle et institutionnelle de U-PHARMA**

**Au plan organisationnel**, U-PHARMA est tributaire d'une organisation administrative et scientifique dont la hiérarchisation est celle de l'IRSS. Pour gérer ses flux d'informations, elle doit s'en remettre à la gestion administrative du secrétariat de l'IRSS. Aussi, elle n'a pas de comptabilité ni de trésorerie allégée lui conférant une certaine autonomie de gestion financière. La gestion comptable et financière est traitée suivant les procédures de comptabilité publique par le service administratif et financier de l'IRSS. Une telle organisation plonge l'unité dans un environnement où la lourdeur administrative constitue une entrave à son autonomie de gestion. L'analyse du rapport d'audit fait ressortir que l'insuffisance majeure de U PHARMA reste son statut juridique. En effet, tous les acteurs ont été unanimes pour dire que l'unité, en tant que structure de l'IRSS, lui-même rattaché au CNRST, ne saurait être propice à l'accomplissement de sa mission de production et de commercialisation des produits pharmaceutiques.

Toutes les demandes de régimes dérogatoires aux procédures de la dépense publique, bien que légitimes, se soldent par des échecs. Au regard de ce constat, ce rapport a proposé trois (03) possibilités de transformation de l'unité. Il s'agit de transformer l'unité en un établissement public de l'Etat ou de réaliser un partenariat public-privé ou de transformer l'unité en une société à capitaux publics.

**Au plan institutionnel**, U-PHARMA fait partie intégrante des structures de l'IRSS qui est une structure spécialisée du CNRST. Elle n'a pas de personnalité juridique lui permettant de jouir d'une autonomie dans la gestion des activités. L'encrage institutionnel constitue un boulet qui l'empêche de mener ses activités dans une logique d'entreprise commerciale compétitive à même de satisfaire la demande de la clientèle. Tant qu'il se contentait d'être le dernier maillon de la recherche en matière de phytomédicaments, son statut actuel lui convenait. Mais, dès lors qu'il lui a été assigné une mission de production et de commercialisation des produits pharmaceutiques, ce statut devenait du coup désuet et inadapté.

Au regard de ce constat fait, il est impératif d'explorer des possibilités de transformation de U-PHARMA et la proposition qui semble la plus pertinente est d'appuyer l'unité d'un texte juridique consacrant l'ancrage de la structure.

### **2.2. Situation de la gestion l'unité de production U-Pharma**

Pour accomplir des actes d'acquisition des biens et services notamment l'achat des matières premières, U-PHARMA s'adresse au directeur de l'Institut qui à son tour s'adresse au Délégué Général du CNRST. Cependant, ces acquisitions sont faites sur la base d'expression de besoins formulées par

l'Unité et portée à la connaissance de l'IRSS, notamment au service administratif et financier qui est chargé d'établir les bons de commandes et de régler les fournisseurs. La procédure appliquée doit être conforme à celle en vigueur en matière de passation des marchés publics. Au niveau de l'IRSS, seuls les achats sur bons de commandes sont effectués. Les achats sur lettre de commande et les marchés sont traités par le CNRST. Ce qui ne permet pas à l'Unité de disposer de ce dont elle a besoin à temps pour produire et répondre aux exigences du marché.

- **La gestion des stocks**

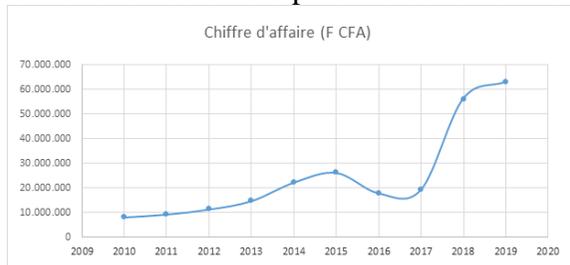
Trois types de stocks sont identifiés au niveau de l'unité à savoir les stocks de matières premières destinées à la fabrication, les stocks de consommables et les stocks de produits finis. L'absence d'autonomie de gestion entraîne des mises à disposition tardives des biens et services. Bien que l'unité dispose d'un manuel de procédure de gestion de stocks, il existe une hétérogénéité du circuit portant à la fois sur les flux physiques et les flux d'informations occasionnant des ruptures chroniques et affaiblissant sa performance globale.

- **La gestion des ventes et des clients**

Les ventes sont effectuées par la régie de recettes de l'IRSS et le personnel du magasin qui, en plus de gérer les stocks, procèdent également aux livraisons.

Les ventes des produits commercialisés par l'unité sont présentées dans la figure 1.

Cette figure dégage une certaine aptitude de l'unité à générer des recettes avec une croissance annuelle remarquable. Ce qui signifie qu'il y'a un bon potentiel qui peut être mieux exploité. Cependant on note une inexistence de circuit de distribution officiel et fiable avec une absence de politique globale de gestion des clients. L'unicité de caisse ne permettant pas en retour un accès direct aux recettes issues des produits de la vente des médicaments.



**Figure 1.** Evolution du chiffre d'affaire de U-PHARMA de 2010 à 2019

- **La gestion des ressources humaines**

La gestion des ressources humaines de l'unité est assurée par le service des ressources humaines de l'IRSS. Le personnel technique est qualifié et dispose d'un savoir-faire important pour le développement de la production.

Le personnel de U-PHARMA est composé de 11 agents dont 60% sont proches de la retraite. Cette situation, exacerbée par la grande mobilité du personnel qualifié entraîne une insuffisance de professionnels compétents pour la réalisation des activités. Aussi, l'Unité ne dispose pas de personnel administratif et comptable. Les formations continues en faveur du personnel demeurent insuffisantes.

- **La gestion technique de U-PHARMA : méthodes de production et de contrôle**

Les activités de U-PHARMA sont coordonnées par un pharmacien chef d'unité secondé par deux chefs de section et appuyées par six personnels techniques. La production est assurée selon les recommandations des Bonnes Pratiques de fabrication (B.P.F) et de Laboratoire (B.P.L) émises par l'Organisation Mondiale de la Santé. Elle est soumise à l'inspection du Ministère de la santé.

Le système d'assurance qualité est acceptable par rapport aux exigences des BPF/UEMOA. Il y a un engagement qualité de la Direction et un manuel qualité intégrant principalement les principes règlementaire et normative. Il existe également des procédures ou des instructions écrites et validées pour les différentes opérations ou tâches réalisées. Cependant, le système d'enregistrement existant n'est pas performant car ne comporte pas toutes les informations pertinentes nécessaires pour permettre une revue appropriée de la production.

### **3. Discussion**

L'Unité de production pharmaceutique (UPHARMA) de l'IRSS est le maillon terminal de la recherche en phytomédicament. Elle constitue l'entité de valorisation des produits de la recherche et une source potentielle de motivation des acteurs de la recherche et de la médecine traditionnelle.

Il ressort que les activités de production de U-PHARMA sont en croissance sur les dix (10) dernières années (figure 1). Le personnel technique est qualifié et dispose d'un savoir-faire important dans la production. En effet, la capacité technologique d'une entreprise dépend en partie du personnel technique. Car l'innovation est favorisée par l'implication des employés compétents (Yacoub & Laperche, 2010). Ces compétences techniques permettent de diriger les opérations de production, d'absorber les connaissances et de maîtriser les nouvelles technologies pour soutenir le processus d'innovation. Un des grands avantages de cette unité est qu'elle est située en aval du processus de recherche-développement mis en œuvre par son institution hôte, l'IRSS. En effet, les entreprises de petite taille ont des ressources financières limitées pour soutenir l'effort des activités de recherche et développement (R-D), et se caractérisent souvent par de faibles capacités d'innovation (Berger et al., 2010). Cependant, l'unité doit réaliser une

réorganisation et une sécurisation de tous les circuits des médicaments fabriqués (Laborie & Woynar, 2008), car la description de la situation technique, économique et managériale de l'unité U-PHARMA, fait ressortir de sérieuses difficultés rencontrées.

En effet, le statut d'institution publique de l'IRSS, et par ricochet de l'unité U-PHARMA fait d'elle une entreprise publique, tributaire des contraintes liées au fonctionnement de l'administration publique. La subvention de l'Etat via la loi de finances, fait que le fonctionnement de cette entreprise est régulé par les pouvoirs publics, influençant ainsi son efficacité technique et allocative. Ces caractéristiques des entreprises publiques affaiblissent leurs leviers de performance globale (Bouallegui, 2013).

En outre, les performances de l'unité en termes de gains d'efficacité restent à questionner dans la mesure où son système de gestion ne permet pas d'avoir des données nécessaires pour évaluer les indicateurs. C'est le cas de la gestion des stocks, de la gestion des ressources humaines, de la gestion de la clientèle et des fournisseurs multiples de l'unité. Par ailleurs, cet état de fait empêche d'évaluer la compétitivité réelle de l'unité vis-à-vis de la concurrence des autres produits sur le marché. Ce qui rend difficile une connaissance parfaite de la rentabilité financière et économique de l'unité. Ces données financières et économiques sont capitales à une survie à longs termes de l'unité.

L'analyse des transformations proposées dans le rapport de l'audit technique, organisationnel, économique, financier de l'Unité s'est focalisée par leur faisabilité. La première proposition concerne la transformation de l'unité en un établissement public de l'Etat. Alors que les établissements publics de l'Etat (EPE) sont placés sous la tutelle technique du ministère dont relève leur domaine d'activité et sous la tutelle financière du ministère chargé des finances avec des ancrages similaires. Ils ont un personnel comprenant les agents contractuels recrutés par l'établissement, les agents de l'Etat ou les agents des collectivités territoriales détachés auprès de l'établissement, les agents mis à la disposition de l'établissement dans le cadre d'une coopération. Ce statut juridique ne semble pas indiqué dans la mesure où l'unité évoluera dans la production et la commercialisation de produits pharmaceutiques. La deuxième proposition concerne un partenariat public-privé. Selon le dispositif législatif et réglementaire en vigueur au Burkina Faso, le partenariat public-privé est une forme de collaboration qui associe l'autorité publique et une personne physique ou morale de droit privé dans le but de fournir des biens ou des services au public, en optimisant les performances respectives des secteurs public et privé afin de réaliser dans les meilleurs délais et conditions, des projets à vocation sociale ou de développement d'infrastructures et de services publics, dans le respect des principes d'équité, de transparence, de partage de risques et de viabilité à long terme. Cette forme présuppose alors qu'il existe

une structure publique à même de s'associer au privé pour l'exploitation. Elle ne paraît pas indiquer dans la mesure où U-PHARMA, dans sa situation actuelle ne saurait intéresser un partenaire privé pour la production et la commercialisation des produits pharmaceutiques.

La troisième proposition concerne la transformation de l'unité en une société à capitaux publics. Au regard de la mission de production et de commercialisation des produits pharmaceutiques assignée actuellement à l'unité, cette structure doit être envisagée comme étant une société à capitaux publics ayant la personnalité juridique et l'autonomie financière et de gestion. Pour un début, l'entité à créer doit être sous la forme d'une société d'Etat. En effet, s'agissant d'une activité de production et de commercialisation de produits pharmaceutiques, il importe que l'Etat, jouissant de prérogatives de puissance publique et investi d'une mission d'intérêt général, détienne la totalité des actions. Le capital pourra être ouvert progressivement au privé.

Cette modalité de gestion pourrait servir de phase transitoire de réorganisation de l'unité en vue de préparer la structure à entreprendre à terme le partenariat public privé (PPP). Le PPP favorisera la mobilisation de ressources pour booster les activités de recherche et de développement de nouveaux phytomédicaments au sein de l'IRSS.

## **Conclusion**

Bien qu'elle soit encore en phase d'émergence. U-PHARMA reste toujours dans le cercle vicieux de la dépendance vis-à-vis de l'Etat, lequel d'ailleurs a une contribution faible dans les activités de l'unité et qui portant l'asphyxie de la lourdeur de ses procédures d'exécution budgétaires.

Ces handicaps comptent parmi les facteurs qui expliquent pourquoi il est si difficile de transformer l'effort de recherche en innovation technologique, malgré que U-PHARMA soit située en aval du processus de recherche-développement mis en œuvre par son institution hôte.

L'amélioration des capacités de production et de commercialisation de l'unité ainsi que sa capacité à générer des ressources propres devrait guider les stratégies à mettre en œuvre afin d'obtenir une politique financière adéquate. La problématique d'entreprise publique et sa lourdeur administrative constituent également des préoccupations à prendre en compte.

C'est dans ce sens que les conclusions du récent audit technique et organisationnel doivent être envisagées en transformant l'unité comme une société à capitaux publics ayant la personnalité juridique et l'autonomie financière et de gestion.

## **References:**

1. Buisson, J.-P. and Giorgi, D. (1997). La politique du médicament. Montchrestien. p160.

2. Richard, D. and J.-L. Senon, (1996). Le médicament : un exposé pour comprendre : un essai pour réfléchir. Flammarion. p127.
3. Dumoulin J, Kaddar M, Velásquez G, World Health Organization. (2001). Guide d'analyse économique du circuit du médicament. p. 70.
4. OOAS, (2014). Plan Pharmaceutique Régional de la CEDEAO (PPRC). p 62.
5. Rapport yolse, (2015). Accès aux médicaments abordables en Afrique Subsaharienne. Rapport de la réunion d'experts sur L'Accord sur les aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce (ADPIC) et l'Accord de Bangui de l'Organisation Africaine de la Propriété Intellectuelle (OAPI), le transfert de technologie et la production locale des médicaments génériques dans les pays francophones de l'Afrique de l'Ouest et de l'Afrique Centrale. Genève le 23 Novembre 2015, ONUSIDA., Y.s.p. innovation, Editor. p. 22.
6. Vidoudez M., (2005). Médicaments orphelins: un statut particulier? IEMS Institute of health economics and management UNIL. p33.
7. Tarabusi, V., (1993). L'industrie pharmaceutique et la mondialisation. L'observateur de l'OCDE, (185): p. 139-180.
8. Guimier J M, Candau D, Garenne M, Teulières L. (2005). Pourquoi le prix des médicaments est élevé dans les pays d'Afrique subsaharienne. Analyse de la structure des prix: l'exemple du Sénégal. Cahiers d'études et de recherches francophones/Santé, **15**(1): p. 41-52.
9. Yacoub, N. and Laperche B., (2010). Stratégies des grandes firmes pharmaceutiques face aux médicaments génériques. Innovations, (2): p. 81-107.
10. Berger M, Murugi J, Buch E, IJsselmuiden C, Moran M, Guzman J, et al (2010). Renforcer l'innovation pharmaceutique en Afrique. Conseil de la recherche en santé pour le développement (COHRED) ; Nouveau Partenariat pour le développement de l'Afrique (NEPAD). p. 122.
11. Laborie, H., Woynar S., (2008). MeaH, Organisation et sécurisation du circuit du médicament Approfondissement. Rapport final MeaH juillet, p. 35.
12. Bouallegui, A., (2013). Les leviers de la performance globale des entreprises publiques: cas de la SONEDE., Université Virtuelle de Tunis. p. 76.