

European Scientific Journal, *ESJ*

November 2021

European Scientific Institute, ESI

The content is peer reviewed

ESJ Natural/Life/Medical Sciences

November 2021 edition vol. 17, No. 40

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

ISSN: 1857-7431 (Online)

ISSN: 1857-7881 (Print)

About the Journal

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

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

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

Sincerely,

Jovan Shopovski, PhD

European Scientific Journal (ESJ)

Managing Editor

International Editorial Board

Jose Noronha Rodrigues,
University of the Azores, Portugal

Nino Kemertelidze,
Grigol Robakidze University, Georgia

Jacques de Vos Malan,
University of Melbourne, Australia

Franz-Rudolf Herber,
University of Saarland, Germany

Annalisa Zanola,
University of Brescia, Italy

Vayia Karaiskou,
Open University of Cyprus

Robert Szucs,
Szolnok University College, Hungary

Dragica Vujadinovic,
University of Belgrade, Serbia

Pawel Rozga,
Technical University of Lodz, Poland

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

Rashmirekha Sahoo,
Melaka-Manipal Medical College, Malaysia

Daniel Barredo,
University Laica Eloy Alfaro de Manabi, Ecuador

Georgios Vousinas,
University of Athens, Greece

Asif Jamil,
Gomal University DIKhan, KPK, Pakistan

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

Faranak Seyyedi,
Azad University of Arak, Iran

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

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

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

Chaudhry Zahid Javid,
Taif University, Saudi Arabia

Dejan Marolov,
European Scientific Institute, ESI

Gloria Esteban de la Rosa,
University of Jaen, Spain

Noor Alam,
Universiti Sains Malaysia, Malaysia

Rashad A. Al-Jawfi,
Ibb University, Yemen

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

Hans W. Giessen,
Saarland University, Saarbrucken, Germany

Naheed Vaida,
University of Kashmir, India

Frank Bezzina,
University of Malta, Malta

Monika Bolek,
University of Lodz, Poland

Michele Minor-Corriveau,
Laurantian University, Canada

Robert N. Diotalevi,
Florida Gulf Coast University, USA

Daiva Jureviciene,
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

Mariangela Giusti,
University of Milan - Bicocca, Italy

Anita Lidaka,
Liepaja University, Latvia

Rania Zayed,
Cairo University, Egypt

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

Ziad Said,
College of the North Atlantic, Qatar

Lydia Ferrara,
University of Naples, Italy

Byron A Brown,
Botswana Accountancy College, Botswana

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

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

Mona Kassem,
National Research Centre, Egypt

Cinaria Tarik Albadri,
Trinity College Dublin University, Ireland

Mahammad A. Nurmamedov,
State Pedagogical University, Azerbaijan

Thomas Fenzl,
Alps-Adria University of Klagenfurt, Austria

Henryk J. Barton,
Jagiellonian University, Poland

Stefanos Spaneas,
University of Nicosia, Cyprus

Assem El-Shazly,
Zagazig University, Egypt

Wei Hao,
Beijing Normal University, China

Saltanat Meiramova,
S.Seifullin AgroTechnical University, Kazakhstan

Rajasekhar Kali Venkata,
University of Hyderabad, India

Nishan Rafi Havandjian,
California Polytechnic State University, USA

Ruzica Loncaric,
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

Stefan Vladutescu,
University of Craiova, Romania

Anna Zelenkova,
Matej Bel University, Slovakia

Kevin B. O'Connor,
McGill University, Canada

Billy Adamsen,
University of Southern Denmark, Denmark

Nawab Ali Khan,
Aligarh Muslim University, India

Marinella Lorinzi,
University of Cagliari, Italy

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

Bianca Gioia Marino,
University of Naples Federico II, Italy

Franko Milost,
Faculty of Management, Koper, Slovenia

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

Daniel Velasco,
Chicago School of Professional Psychology, USA

N. K. Rathee,
Delaware State University, USA

Michael Ba Banutu-Gomez,
Rowan University, USA

Adil Jamil,
Amman University, Jordan

Habib Kazzi,
Lebanese University, Lebanon

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

Henry J. Grubb,
University of Dubuque, USA

Daniela Brevenikova,
University of Economics, Slovakia

Genute Gedviliene,
Vytautas Magnus University, Lithuania

Vasilika Kume,
University of Tirana, Albania

Mohammed Kerbouche,
University of Mascara, Algeria

Adriana Gherbon,
University of Medicine and Pharmacy Timisoara, Romania

Pablo Alejandro Olavegogeochea,
National University of Comahue, Argentina

Raul Rocha Romero,
Autonomous National University of Mexico, Mexico

Oihab Allal-Cherif,
KEDGE Business School, France

Izabela Dembinska,
University of Szczecin, Poland

Driss Bouyahya,
University Moulay Ismail, Morocco

William P. Fox,
Naval Postgraduate School, USA

Rania Mohamed Hassan,
University of Montreal, Canada

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

Alicia Marchant Rivera,
University of Malaga, Spain

Lucia D'Ambrosi,
University of Macerata, Italy

Tilahun Achaw Messaria,
Addis Ababa University, Ethiopia

George Chiladze,
University of Georgia, Georgia

Elisa Rancati,
University of Milano-Bicocca, Italy

Alessandro Merendino,
University of Ferrara, Italy

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

Anastassios Gentzoglani,
University of Sherbrooke, Canada

Awoniyi Samuel Adebayo,
Solusi University, Zimbabwe

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

Berenyi Laszlo,
University of Miskolc, Hungary

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

Omar Arturo Dominguez Ramirez,
Hidalgo State University, Mexico

Francesco Lenci,
Institute of Biophysics, Italy

Hafiz Muhammad Iqbal,
University of the Punjab, Pakistan

Bupinder Zutshi,
Jawaharlal Nehru University, India

Pavel Krpalek,
University of Economics in Prague, Czech Republic

Mondira Dutta,
Jawaharlal Nehru University, India

Evelio Velis,
Barry University, USA

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

Mahbubul Haque,
Daffodil International University, Bangladesh

Diego Enrique Baez Zarabanda,
Autonomous University of Bucaramanga, Colombia

Juan Antonio Lopez Nunez,
University of Granada, Spain

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

Ashgar Ali Ali Mohamed,
International Islamic University, Malaysia

A. Zahoor Khan,
International Islamic University Islamabad, Pakistan

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

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

Andrzej Palinski,
AGH University of Science and Technology, Poland

Jose Carlos Teixeira,
University of British Columbia Okanagan, Canada

Horst Hanke,
Technical University Darmstadt, Germany

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

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

Irina Matijosaitiene,
Kaunas University of Technology, Lithuania

Anita Auzina,
Latvia University of Agriculture, Latvia

Martin Gomez-Ullate,
University of Extremadura, Spain

Nicholas Samaras,
Technological Educational Institute of Larissa, Greece

Emrah Cengiz,
Istanbul University, Turkey

Andre Ozer,
University of Liege, Belgium

Francisco Raso Sanchez,
University of Granada, Spain

Simone T. Hashiguti,
Federal University of Uberlandia, Brazil

Tayeb Boutbouqalt,
University, Abdelmalek Essaadi, Morocco

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

Ismail Ipek,
Istanbul Aydin University, Turkey

Olena Kovalchuk,
National Technical University of Ukraine, Ukraine

Oscar Garcia Gaitero,
University of La Rioja, Spain

Alfonso Conde,
University of Granada, Spain

Mohsen Hanif,
Kharazmi University, Iran

Jose Antonio Pineda-Alfonso,
University of Sevilla, Spain

Jingshun Zhang,
Florida Gulf Coast University, USA

Rodrigue V. Cao Diogo,
University of Parakou, Benin

Salem Marzougui,
ElKef, Tunisia

Tunjica Petrusevic,
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

Olena Ivanova,
Kharkiv National University, Ukraine

Marco Mele,
Unint University, Italy

Okyay Ucan,
Omer Halisdemir University, Turkey

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

Matti Raudjarv,
University of Tartu, Estonia

Cosimo Magazzino,
Roma Tre University, Italy

Susana Sousa Machado,
Polytechnic Institute of Porto, Portugal

Jelena Zascerinska,
University of Latvia, Latvia

Umman Tugba Simsek Gursoy,
Istanbul University, Turkey

Zoltan Veres,
University of Pannonia, Hungary

Vera Komarova,
Daugavpils University, Latvia

Cosmin Stefan Dogaru,
University of Bucharest, Romania

Tiffany T. Boury,
Franciscan University of Steubenville, USA

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

Stephane Zingue,
University of Maroua, Cameroon

Jawed Iqbal,
National University of Sciences & Technology, Pakistan

Tanzer Celikturk,
Pamukkale University, Turkey

Ruth Erika Lerchster,
Alpen-Adria University Klagenfurt, Austria

Pierluigi Passaro,
University of Bari Aldo Moro, Italy

Georges Kpazai,
Laurentian University, Canada

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

Natalia Sizochenko,
Dartmouth College, USA

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

Nikolett Deutsch,
Corvinus University of Budapest, Hungary

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

Brian Sloboda,
University of Maryland, USA

Murtaz Kvirkvaia,
Grigol Robakidze University, Georgia

Enrique Jerez Abajo,
University of Zaragoza, Spain

Yassen Al Foteih,
Canadian University Dubai, UAE

Marisa Cecilia Tumino,
Adventista del Plata University, Argentina

Luca Scaini,
Al Akhawayn University, Morocco

Aelita Skarbaliene,
Klaipeda University, Lithuania

Efthymios Papatzikis,
Canadian University, Dubai, UAE

Oxana Bayer,
Dnipropetrovsk Oles Honchar University, Ukraine

Onyeka Uche Ofili,
International School of Management, France

Aurela Saliaj,
University of Vlora, Albania

Maria Garbelli,
Milano Bicocca University, Italy

Josephus van der Maesen,
Wageningen University, Netherlands

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

Francisco Gonzalez Garcia,
University of Granada, Spain

Mahgoub El-Tigani Mahmoud,
Tennessee State University, USA

Hilal YIildirir Keser,
Bursa Technical University, Turkey

Miriam Agreda Montoro,
University of La Rioja, Spain

Daniel Federico Morla,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Valeria Autran,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Muhammad Hasmi Abu Hassan Asaari,
Universiti Sains, Malaysia

Angelo Viglianisi Ferraro,
Mediterranean University of Reggio Calabria, Italy

Roberto Di Maria,
University of Palermo, Italy

Delia Magherescu,
State University of Moldova, Moldova

Sayeeduzzafar Qazi,
University of Science and Technology, Saudi Arabia

Paul Waithaka Mahinge,
Kenyatta University, Kenya

Aicha El Alaoui,
Sultan My Slimane University, Morocco

Marija 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

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 Amevoïn,
University of Lome, Togo

Veronica Flores Sanchez,
Technological University of Veracruz, Mexico

Camille Habib,
Lebanese University, Lebanon

Larisa Topka,
Irkutsk State University, Russia

Paul M. Lipowski,
Creighton University, USA

Marie Line Karam,
Lebanese University, Lebanon

Jorge Wozniak,
National University of Tres de Febrero, Argentina

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

Mohamed Berradi,
Ibn Tofail University, Morocco

Visnja Lachner,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Sangne Yao Charles,
University Jean Lorougnon Guede, Ivory Coast

Omar Boubker,
University Ibn Zohr, Morocco

Judit Sole Resina,
Autonomous University of Barcelona, Spain

Kouame Atta,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Patience Mpanzu,
University of Kinshasa, Congo

Angeles Aguilera Velasco,
University of Guadalajara, Mexico

Rachid Hsissou,
Ibn Tofail University, Morocco

Svetlana Melentijevic,
Complutense University of Madrid, Spain

Devang Upadhyay,
University of North Carolina at Pembroke, USA

Nyamador Wolali Seth,
University of Lome, Togo

Akmele Meless Simeon,
Ouattara University, Ivory Coast

Mohamed Sadiki,
IBN Tofail University, Morocco

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

Gamal Elgezeery,
Suez University, Egypt

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

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

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

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

Alla Manga,
University Cheikh Anta Diop, Senegal

Lalla Aicha Lrhorfi,
University Ibn Tofail, Morocco

Ruth Adunola Aderanti,
Babcock University, Nigeria

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

Aka Koffi Sosthene,
Research Center for Oceanology, Ivory Coast

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

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

Sophia Barinova,
University of Haifa, Israel

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

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

Aderewa Amontcha,
Université d'Abomey-Calavi, Benin

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

Rene Mesias Villacres Borja,
Universidad Estatal De Bolívar, Ecuador

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

Qamil Dika,
Tirana Medical University, Albania

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

Hariti Hakim,
University Alger 3, Algeria

Emel Ceyhun Sabir,
University of Cukurova, Turkey

Salomon Barrezueta Unda,
Universidad Tecnica de Machala, Ecuador

Belkis Zervent Unal,
Cukurova University, Turkey

Elena Krupa,
Kazakh Agency of Applied Ecology, Kazakhstan

Carlos Angel Mendez Peon,
Universidad de Sonora, Mexico

Antonio Solis Lima,
Apizaco Institute Technological, Mexico

Roxana Matefi,
Transilvania University of Brasov, Romania

Bouharati Saddek,
UFAS Setif1 University, Algeria

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

Serigne Modou Sarr,
Universite Alioune DIOP de Bambey, Senegal

Nina Stankous,
National University, USA

Lovergine Saverio,
Tor Vergata University of Rome, Italy

Fekadu Yehuwalashet Maru,
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 Houphouët-Boigny University of Abidjan, Côte d'Ivoire

Bertin Desire Soh Fotsing,
University of Dschang, Cameroon

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

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

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

Abdelfettah Maouni,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Alina Stela Resceanu,
University of Craiova, Romania

Alilouch Redouan,
University Abdelmalek Saadi, Morocco

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

Sufi Amin,
International Islamic University, Islamabad Pakistan

Sanja Milosevic Govedarovic,
University of Belgrade, Serbia

Elham Mohammadi,
Curtin University, Australia

Andrianarizaka Marc Tiana,
University of Antananarivo, Madagascar

Ngakan Ketut Acwin Dwijendra,
Udayana University, Indonesia

Yue Cao,
Southeast University, China

Nishant Agrawal,
Nirma University, India

Audrey Tolouian,
University of Texas, USA

Alaa Abdulhady Jaber,
University of Technology, Iraq

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

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

Tabou Talahatou,
University of Abomey-Calavi, Benin

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

Hamidreza Izadi,
Chabahar Maritime University, Iran

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

Elsa Kristo,
University of Tirana, Albania

Hanaa Ouda Khadri Ahmed Ouda,
Ain Shams University, Egypt

Rachid Ismaili,
Hassan 1 University, Morocco

Bashar H. Malkawi,
University of Sharjah, UAE

Tamar Ghutidze,
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

Emine Koca,
Ankara Haci Bayram Veli University, Turkey

David Perez Jorge,
University of La Laguna, Spain

Ousmane Tanor Dieng,
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Irma Guga,
European University of Tirana, Albania

Ozgun Muhittin Esen,
Istanbul University, Turkey

Saif Ur Rehman,
PMAS-Arid Agriculture University, Pakistan

Jesus Gerardo Martínez del Castillo,
University of Almeria, Spain

Mohammed Mouradi,
Sultan Moulay Slimane University, Morocco

Marco Tulio Ceron Lopez,
Institute of University Studies, Mexico

Mangambu Mokoso Jean De Dieu,
University of Bukavu, Congo

Hadi Sutopo,
Kalbis Institute, Indonesia

Priyantha W. Mudalige,
University of Kelaniya, Sri Lanka

Emmanouil N. Choustoulakis,
University of Peloponnese, Greece

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

Pinnawala Sangasumana,
University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka

Abdelali Kaaouachi,
Mohammed I University, Morocco

Dimitrios Belias,
University of Thessaly, Greece

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

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

Amaya Epelde Larranaga,
University of Granada, Spain

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

Youssef Babakhouya,
Inje University, South Korea

Saly Sambou,
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Daniela Di Berardino,
University of Chieti-Pescara, Italy

Dorjana Klosi,
University of Vlore “Ismail Qemali, Albania

Abu Hamja,
Aalborg University, Denmark

Stankovska Gordana,
University of Tetova, Republic of Macedonia

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

Maria Leticia Bautista Diaz,
National Autonomous University, Mexico

Bruno Augusto Sampaio Fuga,
North Parana University, Brazil

Anouar Alami,
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

Vincenzo Riso,
University of Ferrara, Italy

Janhavi Nagwekar,
St. Michael’s Hospital, Canada

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

Xi Chen,
University of Kentucky, USA

Nawaz Ahmad,
Institute of Business Management, Pakistan

Varij Nayan,
Central Institute for Research on Buffaloes, India

Fateh Mebarek-Oudina,
Skikda University, Algeria

Nadia Mansour,
University of Sousse, Tunisia

Jestoni Dulva Maniago,
Majmaah University, Saudi Arabia

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

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

Enriko Ceko,
Wisdom University, Albania

Laura Fischer,
National Autonomous University of Mexico, Mexico

Mauro Berumen,
Caribbean University, Mexico

Jonida Lesha,
University of Tirana, Albania

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

Hanif Qureshi,
University of Cincinnati, USA

Maria Carlota,
Autonomous University of Queretaro, Mexico

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

Bhupendra Karki,
University of Louisville, Louisville, USA

Evens Emmanuel,
University of Quisqueya, Haiti

Iresha Madhavi Lakshman,
University of Colombo, Sri Lanka

Francesco Scotognella,
Polytechnic University of Milan, Italy

Zayde Ayvaz,
Canakkale Onsekiz Mart University, Turkey

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

Rawaa Qasha,
University of Mosul, Iraq

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

Hani Nasser Abdelhamid,
Assiut University, Egypt

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

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

Ilenia Farina,
University of Naples "Parthenope, Italy

Luisa Zanolla,
Azienda Ospedaliera Universitaria Verona, Italy

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

Adriana Burlea-Schiopoiu,
University of Craiova, Romania

Alejandro Palafox-Munoz,
University of Quintana Roo, Mexico

Fernando Espinoza Lopez,
Hofstra University, USA

Ammar B. Altemimi,
University of Basrah, Iraq

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

Davide Calandra,
University of Turin, Italy

Nicola Varrone,
University of Campania Luigi Vanvitelli, Italy

Luis Angel Medina Juarez,
University of Sonora, Mexico

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

Sameer Algburi,
Al-Kitab University, Iraq

Braione Pietro,
University of Milano-Bicocca, Italy

Mounia Bendari,
Mohammed VI University, Morocco

Stamatios Papadakis,
University of Crete, Greece

Aleksey Khlopytskyi,
Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine

Sung-Kun Kim,
Northeastern State University, USA

Nemanja Berber,
University of Novi Sad, Serbia

Krejsa Martin,
Technical University of Ostrava, Czech Republic

Magdalena Vaverkova,
Mendel University in Brno, Czech Republic

Jeewaka Kumara,
University of Peradeniya, Sri Lanka

Antonella Giacosa,
University of Torino, Italy

Paola Clara Leotta,
University of Catania, Italy

Francesco G. Patania,
University of Catania, Italy

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

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

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

Usama Konbr,
Tanta University, Egypt

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

Branislav Radeljic,
Necmettin Erbakan University, Turkey

Anita Mandaric Vukusic,
University of Split, Croatia

Barbara Cappuzzo,
University of Palermo, Italy

Roman Jimenez Vera,
Juarez Autonomous University of Tabasco, Mexico

Lucia P. Romero Mariscal,
University of Almeria, Spain

Pedro Antonio Martin-Cervantes,
University of Almeria, Spain

Hasan Abd Ali Khudhair,
Southern Technical University, Iraq

Table of Contents:

**Richesse Floristique Et Stockage De Carbone De La Zone Agricole De La
Forêt De Kissila Dans Le Mayombe Congolais.....1**

Luc Kimpolo

Saint Fédriche Ndzai

Félix Koubouana

**Agromorphological Evaluation of 44 lines of Mung Bean (*Vigna radiata*
(L.) Wilczek) Introduced in Burkina Faso.....20**

Wend-Pagnagde Félicien Marie Serge Zida

Teyoure Benoit Joseph Batiemo

Tinga Jeremy Ouedraogo

Mahamadou Sawadogo

**Vulnérabilité De La Commune Urbaine De Mopti Aux
Inondations.....37**

Abdoulkadri Oumarou Toure

Mostafia Boughalem

Fatoumata Maiga

Issa Ouattara

**Processus De Creation D'une Zone De Conservation De La Biodiversite
Sur Le Barrage Hydroelectrique De Soubre, Sud-Ouest De La Côte
D'ivoire.....56**

Yao Jean-Clovis Kouadio

Abdoulaye Cissé

Kouassi Bruno Kpangui

Marie-Solange Tiébré

Kouakou Edouard N'Guessan

**Etude Comparative des Toxicités Cellulaires et Aigües de Ageratum
conyzoides L. et de Acanthospermum hispidum DC.....74**

Camara Djeneb

Yapi Adon Basile

Fofié N'guessan Bra Yvette

Ouattara Katinan Etienne

Zirihi Guédé Noël

**Modelling and Optimizing the Removal of Methylene Blue by a Mixture
of Titaniferous Sand and Attapulgite Using Complete Factorial
Design.....88**

Kalidou Ba

Alpha Ousmane Toure

El Hadji Moussa Diop

Falilou Mbacke Sambe

Codou Guéye Mar Diop

**Etude De La Contribution Des Forages Dans L'amélioration De L'accès
À L'eau Potable Dans Le Quartier De N'Tabacoro Cité Extension À
Bamako.....106**

Hamidou Diawara

Sarata Ahimir

Tadjouko Berthé

Allaye Guindo

**Evaluation of the Sustainability of Urban Market Gardens in the City of
Meknes (Morocco).....121**

Ibrahim El Ghazi

Janvier Egah

Claude Ahouangninou

Imane Berni

Aziza Menouni

Soumia Sadik

Mohammed Amane

Marie-Paule Kestemont

Samir El Jaafari

**Characterization of the Ichthyological Population of Hydrosystèmes in
the Lagoon Area of the Azagny National Park (Ivory Coast).....138**

Sibiri Touplé Koné

Marius Tanoh Kamelan

N'doua Raphaël Etilé

Aristide Yao Konan

Paul Esséchi Kouamelan

**Déterminants Sociotechniques De L'élevage De La Volaille Au Sein Des
Concessions Dans La Commune De Bambey, Sénégal.....158**

Abdou Khadre Fall

Thierry Daniel Tamsir Nesseim

Sokhna Diarra Ndour

**Acute and Subacute Toxic Aqueous Extract of the Leaves of Petroselinum
Crispum Mill. in Male and Female Wistar Rats.....178**

Kablan Kassi Jean Jacques

Blahi Adelaïde Nadia

Kouakou Koffi Roger

Diby Yao Seraphin

Siapo Yao Martin

Tahiri Annick

**Contribution A L'amélioration De L'accès A L'eau, L'hygiène Et
L'assainissement Dans La Commune Rurale De Zan Coulibaly Au
Mali.....196**

Fodé Traoré

Mamadou Abdoulaye Konaré

Seyram Sossou

Harinaivo Anderson Andrianisa

Youssouf Samaké

Identification Des Lésions Hépatiques D'origine Parasitaire Chez Les Bovins De L'abattoir De Daloa (Centre-Ouest De La Côte d'Ivoire).....215

Sylla Idrissa

Kone Mamadou

N'go Kouadio Pacôme

Koffi N'goran Mathurin

Toure Alassane

Konan Kouakou Kan Aristide

Coexistence D'un Lymphome Lymphocytaire Et D'une Leucémie Myéloïde Chronique: A Propos De Deux Observations Au Togo.....228

Padaro Essohana

Magnang Hèzouwè

Layibo Yao

Kueviakoe Irénée

Mawussi Koffi

Vovor Ahoefa

**Caracteristiques Du Système D'exploitation Des Poulets Locaux Dans
Deux Zones Agro-Ecologiques (Sud Forestier Et Centre Savanicole) De
La Côte D'Ivoire.....240**

Loukou N'Goran Etienne

Soro Kouhana

Soro Brahim

Rognon Xavier

Kayang B. Boniface

Youssao Abdou Karim Issaka

Yapi-Gnaoré Chia Valentine Valentine

**Overview of the Effectiveness of Aspirin, Ibuprofen, Acetaminophen On
Teeth.....263**

Mehrasa Nikandish

Melika Alyari

Mohammadreza Javaheri

Tamar Goderidze

**Impact Des Aménagements Hydroélectriques Sur Le Peuplement Des
Poissons Du Lac De Barrage De Buyo Et De La Zone Périphérique (Côte
d'Ivoire).....273**

Yao Kouassi Anderson

Konan Yao Aristide

Bamba Mamadou

N'Zi Konan Gervais

Koné Tidiani

Evaluation Des Polluants Emergents (Parabènes, Triclosan Et Triclocarban) Dans Les Baies D’Azito, Du Banco Et De Marcory (Abidjan, Côte D’Ivoire).....297

Kouakou Kouamé

Etchian Assoi Olivier

Seka Yapoga Jean

Yapo Ossey Bernard



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Richesse Floristique Et Stockage De Carbone De La Zone Agricole De La Forêt De Kissila Dans Le Mayombe Congolais

Luc Kimpolo, Doctorant
Saint Fédriche Ndzai, Doctorant
Félix Koubouana, PhD

Maître de Conférences CAMES

Laboratoire de Géomatique et d'Ecologie Tropicale Appliquée (LGETA),
Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie (ENSAF),
Université Marien N'gouabi, Brazzaville, Congo

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n40p1](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p1)

Submitted: 21 May 2021

Accepted: 12 October 2021

Published: 30 November 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Kimpolo L., Ndzai F.S., & Koubouana F. (2021). *Richesse Floristique Et Stockage De Carbone De La Zone Agricole De La Forêt De Kissila Dans Le Mayombe Congolais*. European Scientific Journal, ESJ, 17(40), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p1>

Résumé

La gestion durable des forêts reste un problème majeur que doit faire face la communauté internationale et locale dans la lutte contre la déforestation et la dégradation des forêts. Ces forêts connaissent de nos jours une dégradation très accentuée principalement causée par les pratiques agricoles. Cette étude a pour objectif d'évaluer la richesse floristique et d'estimer le stock de carbone aérien afin de contribuer à une meilleure connaissance des ressources naturelles de cette forêt du Mayombe en général et celle du village Kissila en particulier. Cinq parcelles de 50 m de côté chacune ont été installées avec une superficie totale de 12.500 m² soit 1,25 ha. Tous les arbres de Diamètre à Hauteur de la Poitrine (DHP) ≥ 10 cm ont été inventoriés à 1,30 m du sol dans chaque parcelle. La richesse spécifique, le spectre écologique, les indices de diversité floristique, ainsi que les paramètres structuraux ont été étudiés. La biomasse aérienne a été calculée à partir de l'équation allométrique de Djomo et l'estimation du carbone par la biomasse aérienne $\times 0,47$. L'inventaire floristique a permis d'identifier 309 arbres répartis en 79 espèces, 63 genres et 32 familles. La famille des Annonaceae (11,39 %) est la plus représentée qualitativement et celle des Olacaceae quantitativement (11,65

%). Les indices de diversité de Shannon tendent vers 5, la densité à l'hectare et la surface terrière moyenne sont de 247 arbres et 10,71 m²/ha. La biomasse aérienne moyenne calculée est de 311,76tC/ha et le stock de carbone aérien moyen est de 89,5 tC/ha. Cette étude montre que la forêt de cette zone peut être classée comme une forêt secondaire fortement perturbée.

Mots clés: Biodiversité, Carbone, Dégradation, Forêt, Congo

Floral Wealth and Carbon Stock of the Agricultural Zone of the Kissila Forest in the Congolese Mayombe

Luc Kimpolo, Doctorant

Saint Fédriche Ndzai, Doctorant

Félix Koubouana, PhD

Maître de Conférences CAMES

Laboratoire de Géomatique et d'Ecologie Tropicale Appliquée (LGETA),
Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie (ENSAF),
Université Marien N'gouabi, Brazzaville, Congo

Abstract

Sustainable forest management remains a major challenge for the international and local community in addressing deforestation and forest degradation. These forests are now experiencing a very marked degradation, mainly caused by agricultural practices. This study assessed the floristic richness and the stock of aerial carbon in order to contribute to a better knowledge of the natural resources of this forest. Five plots of 50m each have been installed with a total area of 12,500m² or 1,25ha. All trees of Diameter to Chest Height (DHP) \geq 10cm were surveyed at 1.30m from the soil in each plot. Species richness, ecological spectrum, floristic diversity indices, and structural parameters were studied. Above-ground biomass was calculated using Djomo's allometric equation and carbon estimation by above-ground biomass x 0.47. The floristic inventory helped to identify 309 trees that were inventoried, comprising 79 species, 63 genera, and 32 families. The family of Annonaceae (11.39 %) is the most qualitatively represented while that of Olacaceae (11.65%) is the most quantitatively represented. Diversity indices tend to be 5, while density per hectare and average basal area are 247 trees and 10.71 m²/ha. The average calculated aboveground biomass is 311.76tC/ha and the average carbon stock is 89.5tC/ha. This study shows that the forest in this area can be classified as a highly disturbed secondary forest.

Keywords: Biodiversity, Carbon, Degradation, Forest, Congo

Introduction

Évaluées à près de 268 millions d'hectares, les forêts du bassin du Congo constituent le deuxième plus grand massif de forêts tropicales denses et humides de la planète après l'Amazonie (Mayaux *et al.*, 1998). Ces forêts fournissent de nombreux services environnementaux dont l'un des plus importants et vitaux est le maintien de la vie en séquestrant le carbone atmosphérique (Nowak & De Crane, 2006). Elles subissent cependant, des pressions humaines non seulement pour les besoins agricoles mais aussi pour l'exploitation industrielle des bois d'œuvre. Les pressions anthropiques sur les ressources naturelles, peuvent conduire progressivement à l'appauvrissement et la disparition de la biodiversité pendant que les données précises sur la dynamique de la végétation, font souvent défaut (Tankoano *et al.*, 2016). Elles induisent la dégradation de l'environnement en termes d'émission de gaz à effet de serre, de l'amincissement de la couche d'ozone, de la dégradation des terres, de la rareté de l'eau et d'autres calamités, peuvent être considérées comme une menace pour le bien-être de la population (Alamgir Al-Amin, 2008).

Les forêts tropicales humides de la République du Congo regorgent une diversité floristique exceptionnelle. Cependant celle du village Kissila subit de nos jours, une dégradation et une déforestation remarquable du fait de sa situation le long de la route nationale numéro 1, reliant Pointe Noire et Brazzaville. En effet, la construction de la route Pointe-Noire–Brazzaville qui traverse le Mayombe, a entraîné l'arrivée massive des migrants. Les mouvements de la population des villes vers les villages, ont fortement augmenté le nombre d'actifs agricoles qui, et pourtant, dans un passé récent, n'étaient constitués que de la population locale. Les pratiques agricoles essentiellement dominées par l'itinérance des cultures sur brûlis et l'association des cultures, dégradent beaucoup la forêt (Tchatchou *et al.*, 2015). En dépit des études sur la dynamique de la reconstitution de la forêt de Mayombe (Moutsamboté, 1985 ; Cusset, 1989 ; Koubouana *et al.*, 2016), les informations scientifiques de base sur la structure et l'estimation de la biomasse aérienne et du carbone aérien demeurent encore fragmentaires. En dehors des travaux de Tsoumou *et al.* (2016) sur l'estimation de la quantité de Carbone séquestré par la Forêt Modèle de Dimonika, dans le Mayombe, aucune étude n'a été menée sur l'estimation du stock de carbone dans la forêt de Kissila, alors que, cette zone connaît de nos jours une déforestation et une dégradation très avancée dues aux activités anthropiques. Ces limites peuvent entraver l'élaboration des stratégies de préservation et d'utilisation durable, des plans d'aménagement et de gestion durable des écosystèmes forestiers (Bellefontaine *et al.*, 2000). L'exploitation artisanale du bois d'œuvre, l'agriculture itinérante sur brûlis et la coupe du bois de chauffe étant au cœur de cette déforestation, il est donc urgent de faire une caractérisation

floristique, structurale et l'estimation du stock de carbone de la forêt de Kissila.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la richesse floristique et le stock du carbone aérien afin de contribuer à une meilleure connaissance des ressources naturelles dans les zones de forêt du Mayombe non encore défrichées. Spécifiquement, il s'agit de :1)- déterminer la richesse floristique ; 2)- identifier les paramètres structuraux et 3)- estimer la biomasse et le stock de carbone aérien.

Matériel et méthodes

Présentation du site d'étude

Le village Kissila est situé en plein cœur de la forêt du Mayombe (District de Mvouti), Département du Kouilou (Figure 1). Ce département s'étend sur une superficie de 19.401 km² avec une couverture forestière de 8.620 km² particulièrement favorable au développement de l'agriculture d'autoconsommation.

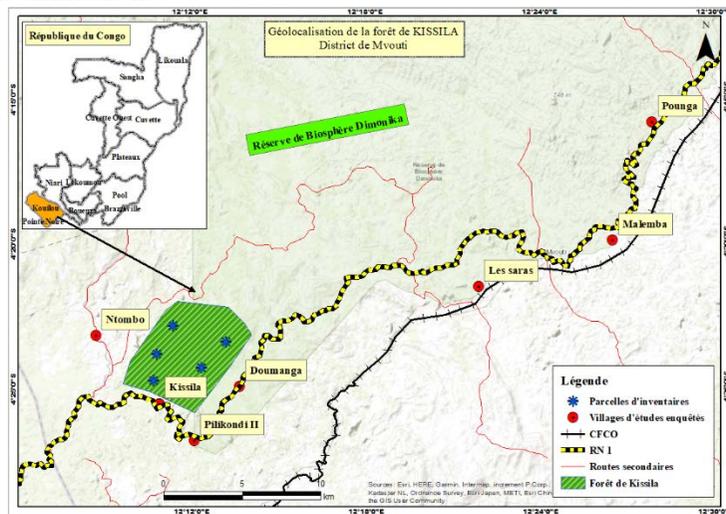


Figure 1. Carte de la présentation du village Kissila et des parcelles d'inventaire

Le climat du Mayombe est de type bas-congolais caractérisé par une pluviométrie moyenne de 1425 mm avec une saison sèche de 4 mois et des températures moyennes de 25,8°C (Figure 2).

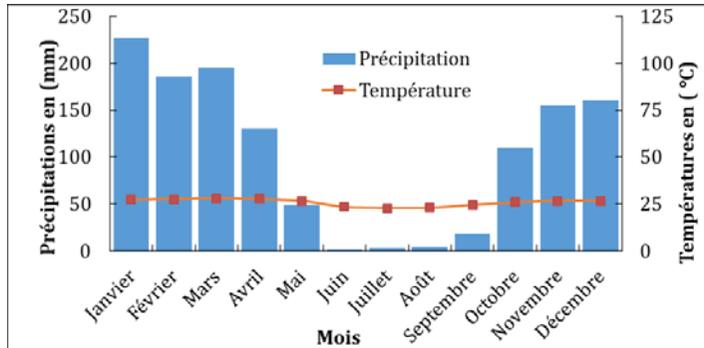


Figure 2. Diagramme ombrothermique (ANAC Pointe-Noire de 2019)

Selon Jamet et Rieffel (1976), les sols du village Kissila sont issus des roches schisteuses et sont généralement satisfaisantes du point de vue agricole. Le relief du Mayombe est représenté par une succession de montagnes, d'altitude maximale de 950 m séparé par un système de vallons d'importance variable (Nzila, 1996).

Le village Kissila concentre une population évaluée à 250 habitants pour 100 ménages. Il sied de relever que les trois quart des effectifs du village ne sont arrivés qu'à partir de 2008, attirés par la construction de la route nationale n°1 Pointe Noire-Brazzaville. C'est un village essentiellement agricole. On y cultive en forêt, prioritairement le manioc et la banane et accessoirement les patates, le maïs, les ananas et les légumes en plein champs. Le maraichage connaît un développement encore timide. Les étendues de forêt disparaissent progressivement au détriment des plantations puis des savanes.

Méthode de collecte des données

Installation des parcelles et collecte des données

Le choix des parcelles a été fait sur la base de la physionomie du paysage et du point de vue de leur situation géomorphologique. Pour un meilleur comptage des espèces floristiques, il a été installé à l'aide d'une boussole, des parcelles de 50 m de côté soit une surface de 2.500 m² par parcelle. Chaque parcelle a été subdivisée en quatre (4) placettes de 25 m x 25 m pour éviter les doubles comptages. Au total, cinq (5) parcelles ont été installées dans la zone d'étude avec une superficie totale de 12.500 m² soit 1,25 ha. Dans chaque parcelle tous les arbres de Diamètre à Hauteur de Poitrine (DHP) ≥ 10 cm ont été inventoriés à 1,30 m du sol. Pour le cas des arbres à contreforts ou à racines échasses cette mesure a été effectuée à 30 cm au-dessus de ceux-ci.

Les arbres répertoriés ont été marqués par une petite entaille effectuée sur son tronc afin d'éviter les doubles comptages.

Méthodes de traitement de données

Le traitement des données a été fait à partir d'une base de données élaborée sur le tableur Excel. Toutes les espèces inventoriées (nom local et scientifique) par parcelle avec leurs diamètres ainsi que les familles ont été inscrites. Cette base de données a permis le calcul des paramètres nécessaires à la compréhension de la richesse floristique de la forêt de Kissila (richesse floristique, spectres biologiques, indice de valeur d'importance, indice de Shannon et d'équitabilité) et le calcul du stock de carbone.

Analyse floristique

L'analyse des données floristiques a été faite à partir des paramètres :

- Richesse floristique : Il s'agit du nombre d'espèces rencontrées dans une surface donnée (Pascal, 2003) ;
- Les spectres biologiques

Deux spectres de nature biologique ont été calculés pour déterminer le nombre des individus ou des espèces par famille: le spectre brut (Sb) et le spectre pondéré (Sp) :

$$Sb = \frac{\text{nombre d'espèces par famille}}{\text{nombre total d'espèces de la famille}} \times 100$$
$$Sp = \frac{\text{nombre d'individus par famille}}{\text{nombre total d'individus de la famille}} \times 100$$

Sb = Spectre brut ; Sp = Spectre pondéré.

- Indice de Valeur d'Importance (IVI) : L'IVI se détermine à partir de la densité relative, de la dominance relative et de la fréquence relative pour chaque espèce (Gillet et *al.*, 2003), Il se calcule à partir de la formule suivante :

$$IVI = FR + DR + DoR$$

Avec : FR= Fréquence Relative ; DR= Densité Relative et DoR= Dominance Relative

Selon Rakotomalaza et Mcknight. (2003), la Fréquence Relative (FR) détermine la nature floristique. Elle est calculée à partir de la formule :

$$FR = \frac{nef}{N} \times 100$$

La densité relative se détermine par la formule : $DR = \frac{nif}{N} \times 100$

Avec : nef = Nombre total d'individus d'une espèce ; nif = nombre d'individus de l'espèce considérée ; N = nombre total d'individus du relevé.

- Diversité floristique

Il a été retenu l'indice de Shannon, calculé à partir des données quantitatives pour tenir compte de l'uniformité et de la distribution des espèces au sein de l'habitat. Selon Rakotomalaza et Mcknight (2003), cet indice varie de 0 à 5 et peut dépasser la valeur de 5 quand la diversité floristique étudiée est forte. L'indice de diversité de Shannon (H') est faible lorsque les individus

rencontrés appartiennent tous à une même espèce ou bien quand chaque espèce est représentée par un seul individu (Modou et al., 2021) et forte quand les espèces sont réparties de façon équitable (Boudelal, 2014). L'indice de Shannon est déterminé par la formule ci-dessous.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Avec H' = indice de Shannon ; $p_i = n_i/N$: n_i = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon et N = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon ;

S = nombre total d'espèces dans l'échantillon.

L'indice d'Équitabilité (E) varie entre 0 à 1. Plus cet indice tend vers un (1), plus la dispersion des éléments de la biodiversité est équitable, plus il tend vers zéro (0), plus il y a une dominance d'une espèce par rapport aux autres (Boudelal, 2014). Cet indice est calculé par la formule suivante :

$$E = \frac{H'}{H'_{max}}$$

H'_{max} = logarithme du nombre total d'espèces (S), avec $H'_{max} = \log S$
Analyse structurale

- Densité du peuplement : Selon Tayo Gamo (2014), la densité (D) est le nombre d'arbres/hectare dans une parcelle. Elle se calcule par la formule suivante :

$$D = \frac{n}{S}$$

n = nombre total d'arbres dans la parcelle échantillonnée et S = superficie de la parcelle échantillonnée (ha).

- Surface terrière : La surface terrière d'un arbre est la surface de la section transversale prise par convention à 1,30 m au-dessus du sol (Rondeux, 1993). Elle est calculée par la relation suivante :

$$G = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\pi D_i^2}{4} \times \frac{d}{n} \right)$$

$\pi = 3,14$; D = Diamètre du ligneux i ; g = Surface terrière du ligneux i (m^2/ha) ; G = Surface terrière ; d = densité à l'hectare ; n = Effectif d'arbre dans la parcelle d'échantillonnage.

- **Distribution des classes de diamètre** : La distribution en classes de diamètre permet de répartir tous les individus dans les différentes classes de diamètre ; elle est souvent appelée "structure totale" (Pascal, 2003). Les individus sont rangés dans un système de

classe : la classe I [10-19,9cm[, classe II]20-29,9 cm[, classe III] 30-39,9[etc.

Estimation du stock de carbone

L'équation allométrique de Djomo *et al.* (2016) a été utilisée pour l'estimation de la biomasse aérienne :

$$AGB = \exp(-3.315 + 0.923 \ln(DHP) - 0.156 (\ln DHP)^2 + 0.871 \ln(DHP)^2 * H + 0.646 \ln(\rho))$$

La hauteur (H) des arbres a été estimée à partir de la formule suivante:

$$H = \exp(1.321 + 0.482 \ln(DHP) + 0.027 \ln(\rho))$$

Avec : AGB = Biomasse Aérienne ; ρ = Densité spécifique ; DHP = Diamètre à Hauteur de la Poitrine

Le facteur d'échelle a été utilisé, afin d'extrapoler cette biomasse à l'hectare. Il s'agit de 10.000 m² sur la superficie de la parcelle inventoriée (10.000 m²/2500 m²).

Le stock de carbone est obtenu à partir des recommandations des lignes directrices du (GIEC, 2006) en multipliant, la biomasse aérienne obtenue par la valeur par défaut qui est 0,47.

Résultats

Composition floristique et analyse des spectres biologiques

L'inventaire floristique réalisé dans les cinq (5) parcelles de la forêt de Kissila, a permis de dénombrer 309 individus de DHP \geq 10 cm répartis en 79 espèces, 63 genres et 32 familles.

Les valeurs des spectres biologiques de notre zone d'étude varient de 0,32 % à 11,65% pour le spectre pondéré et de 1,28 % à 11,54% pour le spectre brut (Figure 3).

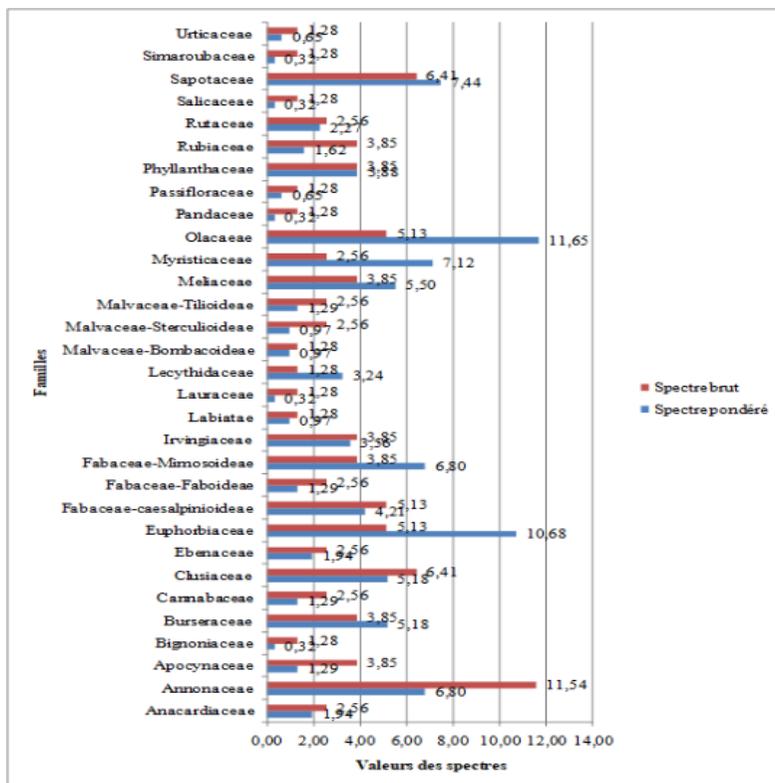


Figure 3. Valeurs des fréquences brute et pondérée par famille recensées

Du point de vue qualitatif (spectre brut), les familles des Annonaceae (11,54%), Clusiaceae (6,41%) et des Sapotaceae (6,41%) sont les plus abondantes. En revanche, sur le plan quantitatif (spectre pondéré) les Olacaceae (11,65%), les Euphorbiaceae (10,68%), les Sapotaceae (7,44%) et les Myristicaceae (7,12%) sont les familles les plus représentées. Les autres familles sont faiblement représentées.

Indice des valeurs d'importance des familles

Parmi les 32 familles inventoriées, 15 sont les mieux représentées. La dominance relative indique que la famille des Irvingiaceae est plus représentée avec 34,12%, suivie de la famille des Fabaceae-Mimosoideae avec 11,36 % (Tableau I). Par contre, la densité relative révèle que la famille des Olacaceae (11,65 %) est la plus représentée, suivie des Euphorbiaceae (10,68 %). Le Tableau I montre que la famille des Fabaceae-Mimosoideae (118,15) est la plus importante, suivie de la famille des Irvingiaceae (117,68). Par contre, les familles les moins importantes parmi les 15 premières sont celles des Anacardiaceae (84,35%) et les Cannabaceae (82,84%).

Tableau I. Valeurs de l'IVI des familles identifiées

Famille	Dominance relative	Densité relative	Fréquence relative	IVI
Fabaceae-Mimosoideae	11,36	6,80	100	118,15
Irvingiaceae	34,12	3,56	80	117,68
Euphorbiaceae	4,31	10,68	100	114,99
Olacaceae	1,15	11,65	100	112,80
Sapotaceae	4,88	7,44	100	112,32
Myristicaceae	5,17	7,12	100	112,29
Lecythidaceae	8,68	3,24	100	111,92
Burseraceae	6,07	5,18	100	111,25
Annonaceae	3,24	6,80	100	110,04
Clusiaceae	2,78	5,18	100	107,96
Phyllanthaceae	3,28	3,88	100	107,16
Fabaceae-Caesalpinioideae	2,76	4,21	100	106,96
Meliaceae	0,90	5,50	100	106,40
Anacardiaceae	2,41	1,94	80	84,35
Cannabaceae	1,54	1,29	80	82,84

Indice des valeurs d'importance des espèces

Parmi les 79 espèces inventoriées, 15 sont les plus dominantes (Tableau II). L'analyse de ce tableau montre que la dominance relative, la densité relative, la fréquence relative et l'Indice des Valeurs d'Importance varient d'une espèce à une autre. Les valeurs de la dominance relative et de la densité relative les plus élevées sont obtenues au niveau de l'espèce *Klainedoxa gabonensis* Pierre ex Engl. avec 4,25 % et 33,11 % respectivement. Par contre, l'espèce *Petersianthus macrocarpus* (P.Beauv.) Liben présente la valeur de l'IVI la plus élevée 109,80 suivie de *Pentaclethra eetveldeana* De Will. & Th. dur. (104,62), *Plagiostyles africana* (Müll. Arg.) Prain (103,79), *Uapaca guineensis* (103,53), *Coelocaryon preusii* (102,09), *Chrysophyllum africana* (101,05), *Santiria trimera* (101,05), *Trichilia gillettii* (100,74) et *Strombosia grandifolia* (100,71).

Tableau II. Valeurs d'IVI des 15 espèces les plus représentatives

Espèces	Dominance relative	Densité relative	Fréquence relative	IVI
<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P.Beauv.) Liben	1,12	8,68	100	109,80
<i>Pentaclethra eetveldeana</i> De Will. & Th. dur.	0,53	4,09	100	104,62
<i>Plagiostyles africana</i> (Müll. Arg.) Prain.	0,43	3,36	100	103,79
<i>Uapaca guineensis</i> Müll.Arg.	0,40	3,13	100	103,53
<i>Coelocaryon preusii</i> Warb.	0,24	1,85	100	102,09
<i>Chrysophyllum africanum</i> A. DC.	0,12	0,93	100	101,05

<i>Santira trimera</i> (Oliv.) Aubrév.	0,12	0,93	100	101,05
<i>Trichilia gillettii</i> De Wild.	0,08	0,66	100	100,74
<i>Strombosia grandifolia</i> Hook.f. ex Benth.	0,08	0,63	100	100,71
<i>Klainedoxa gabonensis</i> Pierre ex Engl.	4,25	33,11	60	97,36
<i>Tridesmostemon omphalocarpoides</i> Engl.	0,47	3,65	80	84,12
<i>Staudtia Kamerunensis</i> Warb. Var <i>gabonensis</i> fouilloy	0,43	3,32	80	83,75
<i>Zantoxylum heitzii</i> (Aubrév. & Pellegr.) P.G.Waterman	0,04	0,35	80	80,39
<i>Polyalthia suaveolens</i> Engl. & Diels	0,04	0,28	80	80,31
<i>Strombosia pustulata</i> Oliv. Var. <i>pustulata</i>	0,02	0,19	80	80,21

Diversité floristique

Les valeurs de l'indice de Shannon et de l'indice d'Équitabilité varient d'une parcelle à une autre. Elles sont de l'ordre de 4,14 à 5,05 pour l'indice de Shannon et de 0,70 à 0,90 pour l'indice d'Équitabilité de Pielou (Figure 4).

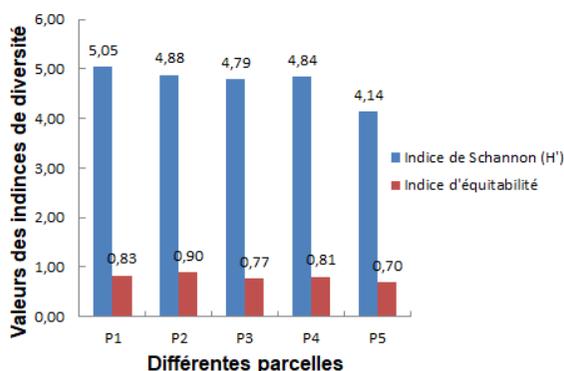


Figure 4. Indices de Shannon et d'équitabilité par parcelle

Les valeurs de l'indice de Shannon tendent vers 5 et celles de Pielou vers 1 dans toutes les parcelles échantillonnées, ce qui exprime une grande diversité floristique des forêts étudiées et une répartition équitable des individus.

Paramètres structuraux

Densité à l'hectare et la Surface terrière du peuplement

Le Tableau III présente les effectifs par parcelle, les valeurs de la densité à l'hectare et la surface terrière de toute l'étude. Il montre que la densité moyenne est de 247 arbres par hectare et 10,28 m²/ha de la surface terrière moyenne.

Tableau III. Valeurs de la densité à l'hectare et de la surface terrière

Parcelle	Effectif	Densité à l'hectare	Surface terrière (G=m ² /ha)
----------	----------	---------------------	---

P1	67	268	11,24
P2	43	172	4,84
P3	74	296	14,80
P4	64	256	9,81
P5	61	244	10,71
Moyenne		247	10,28

Répartition des individus dans les différentes classes de diamètre

Au total 10 classes de diamètre ont été identifiées pour cette étude. Ces classes de diamètre montrent une allure décroissante c'est-à-dire en forme de « L » (Figure 5).

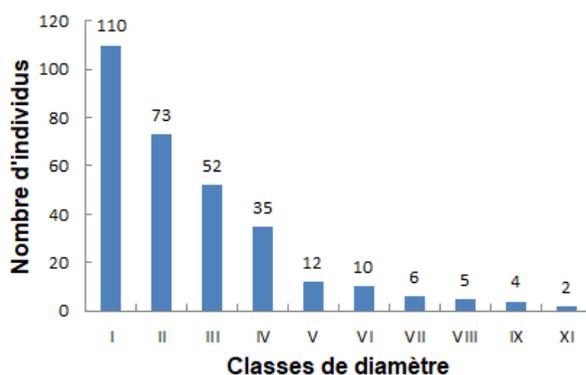


Figure 5. Répartition des individus par classe de diamètre

Il apparaît nettement que la majorité des individus sont pointés dans la classe I soit 110 arbres suivi de la classe II (73 arbres), la classe III (52). La classe XI avec 2 arbres est la plus faible en nombre d'individus. Dans l'ensemble, avec l'exploitation régulière du bois, cette forêt ne dispose plus de tiges de gros diamètre, comme, particulièrement dans la parcelle P2.

Biomasse aérienne

La biomasse aérienne (Figure 10) connaît de grande modification dans les différentes parcelles. Elle varie de 145,17 tC/ha à 448,70 tC/ha.

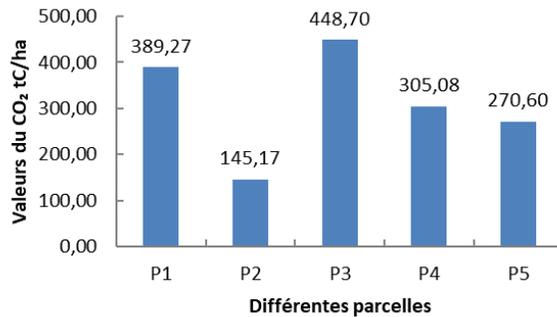


Figure 10. La biomasse aérienne par parcelle

Les valeurs de biomasse aérienne les plus élevées sont observées dans les parcelles 3 (448,70 tC/ha) et 1 (389,27 tC/ha), suivies des parcelles 4 et 5 où la biomasse aérienne est respectivement 305,08 tC/ha et 270,60 tC/ha. La plus faible valeur est notée dans la parcelle 2 (145,17 tC/ha).

Estimation du stock de carbone dans toute la zone d'étude

La Figure 11, présente le stock de carbone dans les différentes parcelles. Ce stock varie de 39,56 tC/ha à 122,26 tC/ha avec un stock moyen de 89,5 tC/ha.

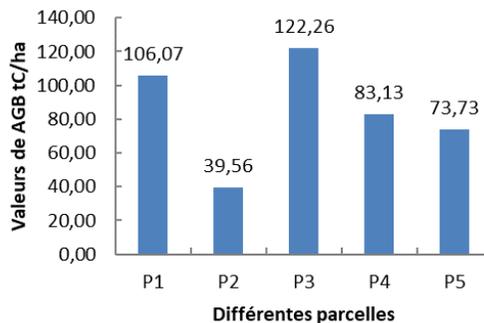


Figure 11. Stock de carbone par parcelle

Les valeurs du stock de carbone les plus élevées sont obtenues dans la parcelle 3 (122,26 tC/ha) suivies de la parcelle 1 (106,07 tC/ha). La plus faible valeur est obtenue dans la parcelle 2 (39,56 tC/ha).

Discussion

Composition floristique et spectres biologiques

Cette étude a montré que la forêt de Kissila est dominée en grande partie par les espèces appartenant à la famille des Olacaceae et Euphorbiaceae avec comme espèces principales : *Strombosia grandifolia* Hook.f. ex Benth., *Strombosia pustulata* Oliv. Var. *pustulata* pour la première et *Plagiostyles africana* (Müll. Arg.) Prain, pour la seconde. Cependant, au nord-est de cette

forêt, dans la Forêt Modèle de Dimonika , les familles les plus représentées sont celles des Moraceae, des Myristicaceae et des Fabaceae (Tsoumou et *al.*, 2016). Dans les forêts du nord Congo, les familles des Rubiaceae et Euphorbiaceae sont les plus représentées (Koubouana et *al.*, 2019). Amani et *al.* (2013) dans les forêts de terre ferme de l'Ile Kongolo en RDC ont fait également le constat sur une bonne représentation des familles : Fabaceae, Rubiaceae, Annonaceae et Malvaceae. Par contre, Hakizimana et *al.* (2011) rapportent pour les forêts de Kigwena et de Rumonge du Burundi, les familles les plus représentées sont les Rubiaceae, les Euphorbiaceae, les Fabaceae et les Asteraceae. La composition floristique de nos parcelles contient bien la plupart des familles recensées par les autres auteurs, ce qui confirme leur appartenance à la forêt du Mayombe.

Indice de valeur d'importance (IVI)

Les indices de valeurs d'importance calculés à partir des familles montrent que les familles les plus importantes sont celles des Fabaceae-Mimosoideae suivies des Irvingiaceae. Sur le plan spécifique c'est *Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben, qui a l'indice le plus élevée (109,80) suivi de *Pentaclethra eetveldeana* De Will. & Th. Dur. (104,62), *Plagiostyles africana* (Müll. Arg.) Prain. (103,79) et *Uapaca guineensis* Müll.Arg. (103,53). Cette dominance est due probablement à une forte présence des espèces d'arbres résiduels non concernés par l'exploitation forestière. Koubouana et *al.* (2019) notent que plus l'IVI d'une espèce est élevé plus son abondance-dominance est importante dans une zone donnée.

Analyse de la diversité

L'indice de diversité de Shannon et d'Equitabilité révèle une grande diversité floristique dans la forêt de Kissila. C'est-à-dire toutes les espèces ont pratiquement la même abondance car l'indice de Shannon oscille autour de 5 et celui de l'Equitabilité autour de 1. Nos résultats correspondent à ceux observés par Kengne et *al.* (2018) dans deux forêts du Cameroun où l'indice de Shannon varie entre 3,63 et 5,99 et celui d'Equitabilité entre 0,65 et 0,93. Plus ces indices de diversité sont élevés plus la répartition des espèces dans le milieu est équitable. Elles sont faibles si aucune espèce ne domine dans l'écosystème étudié (Boudelal, 2014).

Analyse structurale

L'inventaire floristique effectué dans la forêt de Kissila a montré que la densité des arbres varie de 172 tiges/ha à 296 tiges/ha soit en moyenne 247 tiges/ha. Ce chiffre est en deçà des valeurs calculées par Pascal (2003) qui indiquent que les densités varient beaucoup selon les forêts denses tropicales humides entre 450 et 750 arbres/ha (pour un diamètre minimal de 10 cm). Elles

sont aussi inférieures à celles obtenues par Koubouana et *al.* (2019) qui relèvent que la densité des arbres est en moyenne 420 tiges/ha en forêt primaire. Cette différence peut s'expliquer par la surexploitation de la forêt du Mayombe par les sociétés forestières ainsi que l'exploitation illégale du bois et l'agriculture itinérante sur brûlis. Ces facteurs contribuent fortement à une réduction de la ressource floristique.

Le caractère secondaire de la forêt du Mayombe est confirmé par les valeurs de la surface terrière plus faible. La valeur moyenne de la surface terrière est de 10,28 m²/ha, ce qui correspond à un peuplement plus jeune ou plus clair (Tsoumou, 2016).

La structure diamétrique de la forêt de Kissila est en forme de « L » présentant ainsi une bonne régénération de la forêt. Plusieurs auteurs (Amani et *al.*, 2013 ; Koubouana et *al.*, 2016) confirment cette allure.

La moyenne de stock de carbone calculée dans cette forêt est de 84,95 tC/ha avec une variation de 39,56 tC/ha à 122,26 tC/ha. Cette variation de stock de carbone est très en deçà du constat fait par Ifo et Binsangou (2019) qui relèvent que le stock de carbone dans la zone urbaine vers la forêt tropicale congolaise, varie de 162 tC/ha à 198,9 tC/ha. Cette différence pourrait s'expliquer par le niveau de dégradation de la forêt étudiée. Par contre dans la forêt modèle de Dimonika, Tsoumou et *al.* (2016) rapportent un niveau assez proche en stock de carbone à l'hectare (129 tC/ha). Dans l'ensemble, avec l'exploitation régulière du bois, cette forêt ne dispose plus des tiges de gros diamètre d'où le stock de carbone paraît très faible. En effet, Panzou Loubota et *al.* (2016) ont noté de façon générale, qu'il existe une forte variation spatiale de la biomasse et donc de stockage de carbone, au sein des forêts tropicales et notamment entre les trois bassins forestiers tropicaux avec des valeurs plus élevées en Afrique tropicale et en Asie. Ces variations s'expliqueraient par la fréquence plus élevée d'arbres de plus de 70 cm de diamètre dans les forêts paléotropicales (Afrique et Asie). Au sein du continent africain, il existe aussi d'importantes variations spatiales de biomasse. Lewis et *al.* (2013) indiquent des estimations de biomasse en Afrique Centrale nettement supérieures à celles d'Afrique de l'Ouest et de l'Est. Ces différences de biomasse s'expliqueraient par la présence élevée d'espèces hyperdominantes en Afrique Centrale, qui contribuent à plus de 50 % des stocks de biomasse (Bastin et *al.*, 2015). Enfin au niveau local plusieurs auteurs ont également montré des variations significatives de la biomasse entre les différents types de forêts tropicales africaines. Day et *al.* (2013) indiquent des variations de la biomasse aérienne entre les différents types de forêts denses humides d'Afrique Centrale et Kuyah et *al.* (2014) entre les types de forêts de Miombo d'Afrique de l'Est. Ces variations sont essentiellement expliquées par des différences structurales liées à des perturbations anthropiques et/ou des gradients édaphiques et altitudinaux. De même, au sein d'un même massif forestier, on note des

différences de production de la biomasse aérienne. C'est le cas de la forêt de Dimonika et de la forêt étudiée de Kissila appartenant au massif forestier du Mayombe avec des valeurs respectives de séquestration de carbone de 129 tC/ha et 84,95 tC/ha. Cette différence est due à l'intensité de la pression anthropique locale.

Conclusion Et Perspectives De Recherche

Cette étude a eu pour objectif de déterminer la richesse floristique et estimer la biomasse aérienne ainsi que la séquestration du carbone aérien dans la forêt de Kissila. L'inventaire floristique effectué dans les zones forestières relativement stables a permis de dénombrer 309 individus de DHP ≥ 10 cm répartis en 79 espèces, 32 familles et 63 genres. Les familles des Olacaceae et des Euphorbiaceae sont les plus représentées en termes de nombre d'arbres. Cependant, en termes de composition en espèces les Annonaceae, les Sapotaceae et les Myristicaceae sont les plus abondamment représentées. La composition floristique des parcelles contient bien la plupart des familles recensées par les autres auteurs, ce qui confirme leur appartenance à la forêt du Mayombe. La densité des arbres varie de 172 tiges/ha à 296 tiges/ha soit en moyenne 247 tiges/ha. La valeur moyenne de la surface terrière de 10,28 m²/ha et la moyenne du stock de carbone séquestré dans cette forêt est de 84,95 tC/ha. Ces résultats correspondent à ceux d'une forêt perturbée. Avec la forte pression de la population sur la forêt, cette richesse floristique risque de disparaître si des mesures pour sédentariser les populations sur leur site actuel ne sont pas prises. Il serait nécessaire de poursuivre ce travail en effectuant une étude diachronique de la séquestration de carbone pendant la dynamique de reconstitution de cette forêt afin de monter l'impact de la pression anthropique dans cette forêt. De plus, la forêt du Mayombe est installée sur une succession de montagnes basses dont l'altitude varie de 600 à 950 m qui s'étalent entre le littoral et la Vallée du Niari. Si les flancs Ouest (vers le littoral) et Est (vers la Vallée du Niari) sont peuplés majoritairement d'espèces différentes des Fabaceae, la composition floristique des flancs et vallées des différentes montagnes sont relativement connues. Les quelques travaux effectués notent la présence des Burseraceae, des Clusiaceae, des Irvingiaceae, des Olacaceae et des Myristicaceae. Une intensification d'inventaires floristiques permettrait de mieux connaître le Mayombe congolais.

Intérêt concurrent

Il n'existe aucun intérêt concurrent entre eux, déclarent les auteurs.

Contributions des auteurs

Luc KIMPOLO et Saint Fédriche NDZAI ont participé à la collecte des données sur le terrain, traitement des données. Félix KOUBOUANA a

assuré la supervision scientifique. Tous les auteurs ont participé à la rédaction du manuscrit.

Remerciements

Nos remerciements vont à l'endroit du chef de village de Kissila et des deux guides de terrain notamment : Messieurs Mabiala Sandra et Mavoungou.

References :

1. Alamgir, M. & Al-Amin, M. (2008). Allometric models to estimate biomass organic carbon stock in forest vegetation. *Journal of Forestry Research*, 19: 101 - 106.
2. Amani, A. C., Milenge, K. H., Lisingo, J. & Nshimba, H. (2013). Analyse et impacts du déterminisme édaphique sur l'organisation de la végétation dans les forêts de l'Ile Kongolo en RDC. *Geo-Eco-Trop.*, 2013, 37, 2 : 255-272.
3. Bastin, J.F. et al. (2014). Aboveground biomass mapping of African forest mosaics using canopy texture analysis: towards a regional approach. *Ecol. Appl.*, **24**(8), 1984-2001.
4. Boudelal, M. A. B. (2014). Relations structure des peuplements forestiers, biodiversité au niveau du Parc National de Tlemcen. Mémoire de Master. Université Abou Bekr Belbkaid, Algérie 120p
5. Cusset, G. (1989). La Flore et la végétation du Mayombe congolais Etat des connaissances. Revue des connaissances sur le Mayombe. *UNESCO*, Paris pp 103-136.
6. Day, M. et al. (2013). Relationships between tree species diversity and above-ground biomass in Central African rainforests: implications for REDD. *Environ. Conserv.*, **41**, 64-72.
7. Djomo, N. A., Nicolas, P., Fayolle, A., Henry, M., Ngomanda, A., Ploton, P., McLellan, J., Saborowski, J., Adamou, I. & Lejeune, P. (2016). Tree allometry for estimation of carbon stocks in African tropical forests. *Forestry An International Journal of Forest Research*, 1 - GIEC (2006). Les lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre. Chapitre 4 : Terres forestières, 93p.
8. Gillet, J. F., Augiron, K., Doucet, J. L., Dethier, M., Ntchandi-Otimbo, P. A. & Boubady, AG. (2003). Evolution des zones d'intérêt biologique et délimitation du secteur de conservation. Nature plus, IRET, 45 p.
9. Hakizimana, P., Bangirinama, F., Masharabu, T., Habonimana, B., De Cannière & Bogaert, C. J. (2011). Caractérisation de la végétation de la forêt dense de Kigwena et de la forêt claire de Rumonge au Burundi. *Bois et Forêts des Tropiques*, 2012, N° 312. PP. 41-50

10. Ifo, S. A. & Binsangou, S. (2019). Variabilité spatiale du stock de carbone de la biomasse aérienne de la zone urbaine vers la forêt tropicale dense dans cinq localités de la république du Congo. *HAL Id: hal-02189395* <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02189395>
Submitted on 19 Jul (2019).
11. Jamet, R. & Rieffel, J. M. (1976). Carte pédologique du Congo à 1/200.000. Feuille Pointe-Noire. Feuille Dolisie. ORSTOM. 177p.
12. Kengne, O.C., Zapfack, L., Garcia, C., Noiha Noumi, V. & Nkongmeneck, B.A. (2018). Diversité floristique et structurale de deux forêts Communautaires Sous Exploitation Au Cameroun: Cas
13. Koubouana, F., Ifo, S. A., Moutsamboté, J.M., & Mondzali-Lenguiya, R. (2016). Floristic Diversity of Forests of the Northwest Republic of the Congo. *Open Journal of Forestry* 06 (05): PP : 386-403.
14. Koubouana, F., Ifo, S. A., Ndzai, S. F., Stoffenne, B., & Mondzali-Lénguya, R. (2019). Étude comparative d'une forêt primaire et d'une forêt dégradée au Nord de la République du Congo par référence à la structure des forêts tropicales humides. *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, Volume 11. PP. 11-25.
15. Kuyah, S. et al. (2014). Estimating aboveground tree biomass in three different miombo woodlands and associated land use systems in Malawi. *Biomass Bioenergy*, **66**, 214-222.
16. Lewis, S.L. et al. (2013). Aboveground biomass and structure of 260 African tropical forests. *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. B*, **368**(1625), 20120295.
17. Mayaux, P., Achard, F. & Malingreau, J. P. (1998). Global tropical forest area measurements derived from coarse resolution satellite imagery: a comparison with other approaches. *Environmental Conservation*, **25**, 37-52.
18. Modou, S., Ndiaye, M., Thiam, A. & Mane, F. (2021). Étude comparative des peuplements ichtyologiques de l'Aire Marine Protégée de Joal-Fadiouth et des pêcheries des zones du pourtour non protégées à l'exploitation halieutique. *European Scientific Journal*, ESJ, Vol. 17, N° 17 : 133-161.
19. Moutsamboté, JM. (1985). Dynamique de la reconstituions de forêt Yombé (Dimonoka, R.P. Congo. Thèse pour obtenir le grade de Doctorat de Spécialité. Université de Bordeaux III, Paris Pp 48-109
20. Nowak, D. J. & De Crane, S. J. C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United. *Urban forestry & urban greening* 4 (3-4), 115-123
21. Nzila, J. D. (1996). Principales caractéristiques des sols des reboisements dans la région de Pointe-Noire. UR2PI. 15p.

22. *Pascal, J. P.* (2003). Notions sur les structures et dynamique des forêts tropicales humides. CNRS BP 316 F-97379 KOUROU CEDEX. : PP.118-130.
23. *Panzou Loubota, G. P., Doucet, J-L, Louméto, J-J, Biwolé, A., Bauwens, S. & Fayolle, A.* (2016). Biomasse et stocks de carbone des forêts tropicales africaines (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement/Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* ; 1370-6233 1780-4507
24. nts. Presses agronomiques de Gembloux, 521p.
25. *Tankoano, B., Hien, M., Dibi, N. H., Sanon, Z., Akpa, Y. L., Jofack Sokeng, V.C. & Somda, I.* (2016). Cartographie de la dynamique du couvert végétal du Parc National des Deux Balé à l'ouest du Burkina Faso. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 16, 4, pp. 837-846.
26. *Tayo Gamo, K. Y.* (2014). Dynamique de la biodiversité ligneuse et des stocks de carbone dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyer au centre Cameroun : Cas de Ngomedzap. Mémoire de Master, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun, 106 p.
27. *Tchatchou, B., Sonwa, D. J., Ifo, S. A. & Tiani, A. M.* (2015). Déforestation et dégradation des forêts dans le Bassin du Congo : État des lieux, causes actuelles et perspectives. Papier occasionnel 120. Bogor, Indonésie : CIFOR. 47p.
28. *Tsoumou, B. R., Lumandé, K. J., Kampé, J. P. & Nhziila, J. D.* (2016). Estimation de la quantité de Carbone séquestré par la Forêt Modèle de Dimonika (Sud-Ouest de la République du Congo). *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, 6: 39-45.



Agromorphological Evaluation of 44 lines of Mung Bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) Introduced in Burkina Faso

Wend-Pagnagde Félicien Marie Serge Zida, Msc

Université Joseph KI-ZERBO, Ecole Doctorale Sciences et Technologies,
Laboratoire Biosciences, Equipe Génétique et Amélioration des Plantes
(EGAP), Ouagadougou, Burkina Faso

Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), CREAM de
Kamboinsé Département Productions Végétales, Laboratoire de Génétique
et de Biotechnologies Végétales, Ouagadougou, Burkina Faso

Teyoure Benoit Joseph Batiemo, PhD

Tinga Jeremy Ouedraogo, PhD

Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), CREAM de
Kamboinsé Département Productions Végétales, Laboratoire de Génétique
et de Biotechnologies Végétales, Ouagadougou, Burkina Faso

Mahamadou Sawadogo, Professor.,

Université Joseph KI-ZERBO, Ecole Doctorale Sciences et Technologies,
Laboratoire Biosciences, Equipe Génétique et Amélioration des Plantes
(EGAP), Ouagadougou, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n40p20](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p20)

Submitted: 18 August 2021
Accepted: 15 October 2021
Published: 30 November 2021

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

Cite As:

*Zida W-P. F. M. S., Batiemo T. B. J., Ouedraogo T. J. & Sawadogo M. (2021). Agromorphological evaluation of 44 lines of Mung Bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) introduced in Burkina Faso. European Scientific Journal, ESJ, 17(40), 20.*

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p20>

Abstract

Mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek) is an important annual legume which is well suited to dry areas, like Burkina Faso where it is still an orphan legume. The present study was conducted to evaluate 44 mung bean genotypes introduced in Burkina Faso and to determine genetic diversity in this collection using both quantitative and qualitative traits. A field experiment was conducted in an augmented bloc design with three blocks and an extra

early maturing cowpea variety as check. Data were recorded on six (06) quantitative traits and seven (07) qualitative traits. For qualitative traits, diversity was revealed in four parameters including hypocotyl's color, seed coat color, pods and stem pubescence. Significant genetic variability was revealed among genotypes for all the quantitative characters. Phenotypic coefficient of variation (PCV) was higher than Genotypic coefficient of variation (GCV) for all characters studied indicating the influence of environmental effect on the characters. The GCV and PCV estimates were high for number of pods per plant followed by plant height and hundred seeds weigh. The high heritability coupled with high genetic advanced as percent of mean observed for these traits suggest an important genetic gain in genetic improvement for these characters. The genetic diversity observed was grouped into five clusters. Mungbean lines were grouped into four clusters and the cowpea variety used as check crop in this trial was clustered apart. This genetic diversity, both qualitatively and quantitatively, will help enrich local biodiversity in terms of legumes in general and mung bean in particular and constitutes an important basis for a future mungbean breeding program

Keywords: Mung Bean, Genetic Diversity, Heritability, Genetic Advance

Introduction

Mung bean also known as green gram [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] belongs to the family of *Leguminosae*, subfamily of *Papilionoideae* and genus *Vigna*. It is a diploïde crop with a number of chromosomes $2n = 22$ (Karpechenko, 1925 ; Krishnan and De, 1965). This grain legume is native of Asia and mainly cultivated in India where it is of vital importance in terms of nutrition, ecology and economy. Mungbean seeds are rich in proteins (~24% easily digestible protein), fiber, antioxidants, and phytonutrients (Itoh et al., 2006). This crop is rich in lysine that is predominantly deficient amino acid in cereals (Baskaran et al., 2009). It is also a legume of major importance due to its short maturing cycle. Moreover, according to Shil and Bandopadhyya (2007), mung bean is highly digestible and produces low flatulence factor. Though it is produced in many African countries, mung bean is not a major crop in this area (Mogotsi, 2006). Thus, in Burkina Faso, this legume is still a minor crop as compared to cowpea (*Vigna unguiculata*), groundnut (*Arachis hypogaea*) and Bambara-groundnut (*Vigna subteranea*) despite its remarkable ecological and nutritional importance in a context of climate change. Also, only one variety of Mung bean exists in Burkina Faso and is being promoted. In order to enhance local biodiversity regarding legume family and enrich

nutrition of most undernourished people that live on a mono carbohydrate diet (e.g.maize or rice), fifty (50) accessions of mung bean was introduced in Burkina Faso from Australia in 2016. The objective of this study is to assess the genetic diversity within this collection of mung bean accessions in the ecological context of Burkina Faso. This study also aims to compare mung bean to cowpea, the major legume grown in the country.

Material and methods

The plant material used in this study was composed of forty-four (44) accessions of mung bean imported from the Australian gene bank collection (table 1) and an extra-early maturing cowpea variety (Sanzi) used as check. Initially, 50 accessions were introduced in 2016, assessed for their adaptability and multiplied to increase seed stock. Out of the 50 accessions, 44 showed adaptability to the local climate conditions and were therefore used in this genetic diversity study. The experiment was carried out in 2018 during the rainy season, from July to September, at INERA (*Institut de l'Environnement et de RecherchesAgricoles*) research station in Kamboinsé, located at 12 ° 27 North latitude and 1° 32 West longitude, 296 m above sea level. The annual rainfall was 723.8 mm.

Table 1: Entries name of mung bean accessions with country of origin

COUNTRY OF ORIGIN	ENTRY NAME
INDIA	PLM 944; IBS 3317; 13674; 13644; CPI 29755; V 2709; CO 1; 13584; M 9; 9154
INDONESIA	VC 1481A/VC 1560A
TAIWAN	CES 1d-21/PHLV 18; VC 1168D/VC1560A; Shanhua 1/VC1163A; NM 92; VC6372 (45-8-1); KPS1; VC 1131A/VC 1163B; KPS2; VC 1560 C /VC 1628 A; VC 1177B/VC 1647 A; VC 1301 /PHLV 18
PAKISTAN	22
PHILIPINE	V 2802
COLOMBIA	CPI 32968
SOUTH KOREA	Kyungkijaerae 16; Chunbukjaerae 7; Chunbukjaerae 2
VIETNAM	DAU XANH; EWN (Commercial variety)
AUSTRALIA	Shantung; Emerald; Satin; King; White gold; Q14730; Q14731; Q14732; Q14726; Q14729; Q14724; Q14728; Q14723; Q14725

Experimental design and data analysis

In this study, the experimental design used was an “augmented block design” as described by Federer (1956). Each accession was sown on a 3-meter row with 60 cm within rows and 80 cm between rows. The trial consisted of three (03) blocks including two blocks of fifteen (15) entries and one bloc of fourteen (14) entries, and only the check crop (cowpea variety Sanzi) was repeated in each block. As mung bean is an orphan crop in Burkina Faso, the early maturing cowpea variety Sanzi was used as a control, in order to compare

at the same time, the agronomic performances of the new accessions of mung bean with a variety of the local major legume. All the agronomic were done as required. Qualitative and quantitative data were collected on five plants chosen randomly on each plot and the average was analyzed so following parameters were evaluated for quantitative traits: Day to 50% flowering (50%Flw), day to 95% maturity (95%Mat), plant height (PH), number of pods per plant (PP) and hundred seed weight (HPW). For quantitative traits, analysis of variance (ANOVA) was performed using SPAD (Statistical package for augmented design) and XLstat 2016 software was used for cluster analysis. The mean squares of the genotype and error for each trait who shows significant difference were used to calculate the genotypic variance (δ^2g), phenotypic variance (δ^2ph). Broad sense heritability (H^2), Genotypic Coefficient of Variability (GCV), Phenotypic Coefficient of Variability (PCV) and Genetic Advance (GA) were calculated according to Jalata *et al.* (2011) procedure (Table 2).

Table 2. Mung bean calculated genetic parameters information and formulas

Parameters	Formula	terms Significance
Genotypic variance (δ^2g)	$\delta^2g = \frac{(MSG - MSE)}{r}$	- MSG: Mean Square of Genotype
Phenotypic variance (δ^2p)	$\delta^2p = \delta^2g + \frac{MSE}{r} = \frac{MSG}{r}$	- MSE: Mean Square of error - r: Number of replications
Genotypic Coefficient of Variability (GCV)	$GCV (\%) = \frac{\delta_g}{X} * 100$	- X: Mean of the character - δ_g : Genotypic standard deviations
Phenotypic Coefficient of Variability (PCV)	$PCV (\%) = \frac{\delta_p}{X} * 100$	- δ_p : Phenotypic standard deviations
Heritability (Broad sense) (H^2)	$H^2 (\%) = \frac{\delta_g^2}{\delta_p^2} * 100$	- δ_g^2 : Genotypic variance - δ_p^2 : Phenotypic variance
Genetic Advance (GA)	$GA = H^2 * \delta_p * K$	K = 2,06 (Selection coefficient)

Results

Genetic diversity revealed by qualitative traits

Qualitative traits recorded in this trial showed different variants within the collection except plant growth habit, flower color and pod curvature (Table 3). This mung bean collection was characterized by yellow flowers, erect growth habit and slightly curved pods. For the other traits, existence of purple color was observed on the hypocotyl of 64% of the accessions. Presence of pubescence of varying density have also been observed on stems and pods. Thus, 57% of accessions have a strong pubescence while 36% have a light pubescence. On the other hand, pubescence was almost absent (glabrous) on 7% of accessions under study.

Table 3. Distribution frequency for qualitative traits of mung bean

Trait	Type	Frequency (%)
growth habit	Erect	100(44)
flower color	Yellow	100 (44)
pod curvature	Slightly curved	100 (44)
Hypocotyl color	Green	63.64 (28)
	Purple	36.36 (16)
Seed Coat Color	Green	93.18 (41)
	Black	4.54 (2)
	Yellow	2.27 (1)
Pod Pubescence	Densely pubescent	45.45 (20)
	Moderately pubescent	54.54 (24)
Stem Pubescence	Densely pubescent	56.81 (25)
	Glabrous	6.81 (03)
	Moderately pubescent	36.36 (16)

For seed coat color, three (03) types were observed within this collection: majority of the accessions (93.18%) have green seed coat color, while 4.54% showed black seeds and only one (2.27%) accession produced yellow seeds (Figure 1).



Fig. 1: Different seeds coat color observed on mung bean genotypes

Genetic diversity revealed by quantitative traits

Genetic diversity revealed by quantitative traits' results presented in Table 4 shows that days to 50% flowering of tested mung bean accessions ranged from 29 to 48 days with an average of 36.46 days after planting. Number of days to 95% maturity varied between 44 and 67 days after sowing with an average of 54.43 days. With an average of 10.26 cm, the pod length varied between 6.5 and 12.66 cm whilst number of pods per plant value ranged from 17 to 145 with a mean value of 55.33 pods. Plant height ranged from 22 cm to 72 cm with an average of 66.33 cm. Hundred seed weight (HSW) varied between 2.4 and 7.1 g with an average of 4.5 gr. High values of coefficient of variation ($CV > 30\%$) were recorded for plant height, while traits such as 50% flowering (2.89 %), 95% maturity (5.54), pod length (10.63%), and hundred seeds weight (13.03%) have low coefficient of variation.

Table 4. Descriptive statistics for quantitative traits of 44 mung bean lines

Statistics	Mean	Range	CV (%)
50%F	36.46	29 – 48	2.89
95%M	54.43	44 – 67	5.54
PL (cm)	10.26	6.5 – 12.66	10.63
NPP	55.33	17 – 145	9.54
PH (cm)	66.33	22 – 72	31.48
HSW (gm)	4.5	2.4 – 7.1	13.03

Legend: Days to 50% flowering (50%Flw). Days to 95% maturity (95%Mat). pod length (PL) plant height (PH). number of pods per plant (NPP). and hundred seed weight (HSW). Coefficient of Variation (CV)

ANOVA

Analysis of variance revealed highly significant differences as shown in Table 5 among the accessions for all the characters under investigation: day to 50% flowering, day to 95% maturity (95%M) plant height (PH), pod length (PL), number of pods per plant (PP) and hundred seed weight (HSW). This significant variation for all the studied traits in this collection of mung bean suggests a large genetic variability within this germplasm.

Table 5: Mean squares values for different characters of mung bean

Sources of variation	MEANS SQUARES					
	50%F	95%M	PL (cm)	NPP	PH (cm)	HSW (gm)
Treatment	16.12**	27.07**	9.43**	1087.64**	2350.81**	5.19**
Error	1.11	9.19	1.18	29.5	396.83	0.49

*Legend:**: highly significant*

Days to 50% flowering (50%Flw). Days to 95% maturity (95%Mat). pod length (PL) plant height (PH). number of pods per plant (NPP). and hundred seed weight (HSW).

Estimates of genetic parameters like phenotypic and genotypic coefficient of variation in addition to heritability and genetic advance are presented in Table 6.

Genetic variability (PCV and GCV)

The phenotypic coefficient of variation (PCV) was slightly higher than the genotypic coefficient of variation (GCV) for all the traits (Table 6). The magnitude of PCV and GCV was the highest for plant height (42.83; 39.05), number of pods per plant (33.47; 33.02), and hundred seeds weight (24.35; 23.06). Moderate PCV and GCV values were observed for pod length (17.3; 16.23) and Low estimates of PCV and GCV was observed for 50% flowering (6.38; 6.16) and 95% maturity (5.49; 4.46)

Heritability and genetic advance

The heritability estimates were considered as low (5-10%), medium (10-30%) and high (> 30%) as per the classification of Dabholkar, 1992 . In this study, estimates of heritability for all six traits ranged between 66.00 and 97.29 per cent. The highest magnitude of heritability was observed for number of pods per plant (97.29), followed by 50% flowering (93.11), hundred seeds weight (90.75), Pod length (87.58), plant height (83.12) and then 95% maturity (66). According to Johnson et al. (1955), heritability values in addition with estimates of genetic advance were more useful than heritability alone in predicting study effect of selection. In consequence, the estimate of genetic advance has shown its highest value with plant height (73.34) followed by number of pods per plant (67.09), hundred seeds weight (45.57), pod length (31.18), 50% flowering (12.23) and 95% maturity (7.46). High heritability coupled with high genetic advance as per cent of mean was observed for number of pods per plant (97.29; 67.09), hundred seeds weights (90.75; 45.57), Pod length (87.58; 31.18), and Plant height (83.12; 73.34). High heritability with low genetic advance were observed for 50% flowering (93.11; 12.23). Medium heritability coupled with low genetic advance were observed for 95% maturity (66; 7.46).

Table 6. Estimates of heritability and genetic advance parameters of 44 mung bean lines

Statistics	δ^2g	δ^2p	GCV	PCV	H2	GA	Gam
50%F	5	5.37	6.16	6.38	93.11	4.45	12.23
95%M	5.96	9.03	4.46	5.49	66	4.08	7.46
PL (cm)	2.75	3.14	16.23	17.3	87.58	3.19	31.18
NPP	352.71	362.55	33.02	33.47	97.29	38.16	67.09
PH (cm)	651.33	783.61	39.05	42.83	83.12	47.93	73.34
HSW(gm)	1.57	1.73	23.06	24.35	90.75	2.47	45.57

Legend: Days to 50%flowering (50%Flw).Days to 95%amaturity (95%Mat). pod length (PL) plant height (PH). number of pods per plant (NPP). and hundred seed weight (HSW). Genotypic Coefficient of Variation (GCV).Phenotypic Coefficient of Variation (PCV).H2: Heritability, GA: Genetic Advance (GA), Genetic Advance by mean (Gam).Genotypic variance (δ^2g). Phenotypic variance (δ^2p)

Cluster analysis

Based on the six quantitative traits recorded, all tested genotypes were grouped into five (05) clusters including cowpea (*Vigna unguiculata*) variety Sanzi used as check crop, at 0.90 similarity threshold (Figure 2). Cluster I was the largest group which consisted of 20 accessions followed by cluster II with 12 accessions (Table 7) and Cluster IV consisted of 07 accessions. Cluster III was composed of 04 accessions and the check crop Sanzi felt in the Cluster V with the highest hundred seeds weight.

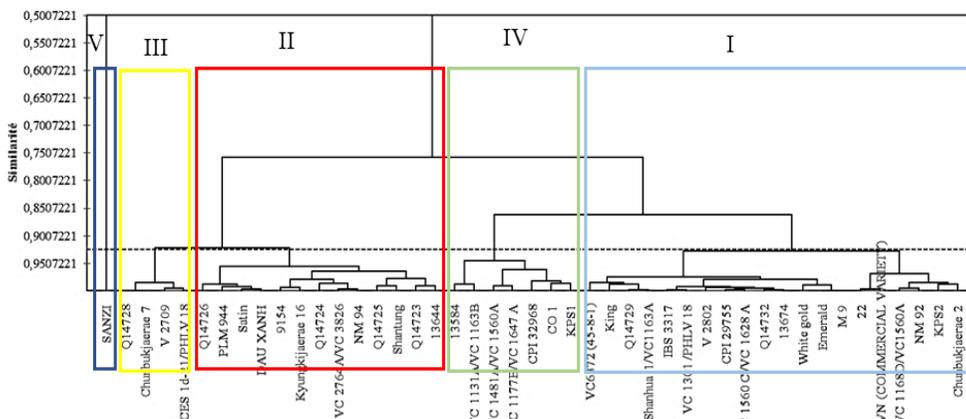


Fig. 2: Dendrogram of cluster analysis of 44 Mung bean accessions with check crop(Sanzi)

Table 7. Mungbean genotypes grouping with check crop (cowpea) according to dendrogram into five clusters

Cluster	I	II	III	IV	V	
Lines names	Q14732; 22; Q14729; Emerald; CPI 29755; M 9; V 2802; White gold; King; 13674; VC 1168D/VC1560A;Shanhua 1/VC1163A; NM 92; VC6372 (45-8-1); KPS2;VC 1560 C /VC 1628 A;VC 1301 /PHLV 18; EWVN (COMMERCIAL VARIETY); Chunbukjaerae 2	Q14726; Q14724; Q14723; Q14725; Shantung; 944, 13644; VC 2764A/VC 3826; NM 94; DAU XANH;9154; Kyungkijaerae 16; 16;	Q14728; V 2709; CES 1d-21/PHLV 18; Chunbukjaerae7	CPI 32968; CO 1; 13584; 1481A/VC 1560A; 1131A/VC 1163B; VC 1168D/VC1560A; 1177B/VC 1647A	VC 1560 C/VC 1628 A; 13674; White gold; Emerald; M 9; 22	SANZI (cowpea)

Mean value of quantitative traits by cluster is presented in Table 8 which presents the characteristics of each group of genotypes. Cluster I was composed of late maturing mung bean accessions with medium pod length and high seed weight. This cluster gathered the larger number of accessions of mung bean reflecting the diversity of origin for these accessions. These accessions come from seven different countries including Taiwan (most represented with 7 accessions) from where comes the accession 1177B/VC 1647 A with the highest hundred seeds weight (6.98gm). Taiwan is followed by Australia with 5 accessions, India with 4 accessions, then Pakistan, South Korea, Philippine and Vietnam represented by one accession each. In addition to this diversity of origin, this cluster is characterized by the third longer pods (with a mean value of 9.65 cm) and the third higher mean value of hundred seeds weight (5.04 gm). In cluster II, genotypes were tall, medium maturing with high number of pods per plant and low hundred seeds weight. Cluster II is also rich in terms of country of origin as his accessions come from five countries among which Australia is mostly represented with six (06)

accessions out of thirteen (13). The Cluster III is the smallest cluster with four accessions and is characterized by late maturing genotypes with highest average number of pods per plant (134.76), and the lowest hundred seeds weight in average (3.11gm). This cluster is composed of one accession originating from each of the following countries: Australia, India, Taiwan and South Korea. Cluster IV grouped accessions that are early matured (average of 50.51 days to reach 95% maturity) with the average longest pods (10.02 cm) and the average higher hundred seeds weight (5.93 gm)

Table 8: Mean value of the different traits of mung bean and check crop by cluster

Cluster	50%F	95%Mat	PL (cm)	NPP	PH (cm)	HSW (gm)
1	36.47	56.20	9.65	46.88	43.87	5.04
2	34.97	53.29	8.15	78.06	47.77	3.49
3	38.54	56.39	7.09	134.76	46.48	3.11
4	33.74	50.51	10.02	22.11	34.02	5.93
5	38.67	55.58	14.63	44.83	145.17	8.48

Legend: Days to 50% flowering (50%Flw). Days to 95% maturity (95%Mat). pod length (PL). number of pods per plant (NPP). plant height (PH) and hundred seed weight (HSW)

Discussion

Genetic diversity among the assessed germplasm was revealed through both qualitative and quantitative traits. However, any variability was observed for plants growth habit, flower color and pods shape. This characterizes cultivated forms of mung bean, the wild relatives tending to be prostrate (Lambrides and Godwin, 2006).

The erect growth habit of our germplasm confirms their cultivated nature as it is stated by GenBank of origin (Australian Grains GeneBank). Hypocotyl were purple for 36.64% of the accessions and green (no pigmentation) for 63.36%. Poehlman (1990) has reported that the purple coloration in hypocotyl and various parts of the mungbean plant is due to the presence of a class of water-soluble pigments or anthocyanins. In mungbean, hypocotyl color is either purple or green (no pigmentation) and may be used as a genetic marker at the seedling stage. Stem and pods pubescence could be used as morphological marker. It can be dense or moderate, with the existence of accessions presenting a glabrous stem. Khattak *et al.*, (2000) have reported that presence or absence of pubescence on mung bean plant can easily be detected at the late seedling. For these authors, this trait is dominantly inherited. In addition, Murty and Patel (1973) asserted that dense pubescence is conferred by a single gene over moderate pubescence. Genetic variability was also observed among accessions for seed color. According to Trustinah *et al.* (2014), in Indonesia, each region has a typical preference for utilizing

mungbean based on qualitative traits such as seed coat color. Seed colors in addition to presence or absence of a rough layer are used to distinguish different types of mung bean (Lambrides and Godwin, 2006; Mogotsi, 2006). Cultivated types are generally green or golden and can be shiny or dull depending on the presence of a texture layer (Lambrides and Godwin, 2006). Same authors have reported that golden gram which has yellow seeds seems to have low seed yield and pods that shatter at maturity, and is often grown for forage or green manure, point that should be taken into account in breeding process. Diversity of seed coat color is also linked to a variability of phytic acid (PA) content, an anti-nutritional factor that strongly inhibits trypsin and absorption of nutrients including iron, zinc, calcium and magnesium in monogastric animals according to Singh *et al.* (1982). Dhole *et al.* (2015) has reported that there are no significant differences in PA content between yellow and green seed coat genotypes, and in the meantime the author reported significantly greater PA content in black genotypes than yellow and green seed coat genotypes. Genotypes with low phytic acid (lpa) in seed as found in yellow and green seed may show increased assimilation of nutrients and be useful in breeding lpa cultivars. In addition to the genetic variability observed through qualitative traits, important genetic diversity was revealed by quantitative traits for which highly significant differences were observed. Important genetic variability among mung bean genotypes was also reported by Hemavathy *et al.* (2015), Dhoot *et al.* (2017) and Garg *et al.* (2017). Bhist *et al.* (1998) and Pandiyan *et al.* (2012) mentioned that pod length, number of pods per plant and hundred seeds weight have a maximum contribution to the genetic diversity as it was the case in the present study. Moreover, the mean values of the different observations of the present study are in concordance with those reported in previous works (Shyamalee *et al.*, 2016; Garg *et al.*, 2017; Muthuswamy *et al.*, 2019).

Estimates of phenotypic and genotypic coefficient of variation (PCV and GCV), broad sense heritability (H²) and genetic advance (GA) revealed that all the six measured traits are mostly controlled by genotypes as reported by Venkateswarlu (2001) and Muthuswamy *et al.* (2019). In addition, the high values of PCV and GCV for number of pods per plant (33.47; 33.02), plant height (42.83; 39.05) and hundred seeds weight (24.35; 23.06) suggested that best genotypes for these traits could be determined based on the observed diversity. Similar assertion was made by Natarajan *et al.* (1988) and Muthuswamy *et al.* (2019). Srivastava and Singh (2012) and Khajudparn and Tantasawat (2011) reported that good breeding progress can be achieved for pod length even though moderate magnitude of PCV and GCV was observed. In contrast, 50% flowering and 95% maturity which exhibited low estimate of PCV and GCV will be more influenced by environmental factors according to Venkateswarlu (2001) and Gadakh *et al.* (2013)

Heritability and genetic advance

High broad sense heritability (H^2) coupled with high genetic advance (Gam) was observed for all traits under study (except for 50% flowering and 95% Maturity where the magnitude of genetic advance was low). Hence the high magnitude of heritability and genetic advance for Pod length (87.58; 31.18), number of pods per plant (97.29; 67.09), Plant height (83.12; 73.34) and hundred seed weight (90.75; 45.57) suggest preponderance of additive and fixable gene governing these traits expression with low influence of environment and could be exploited in breeding for early generation. Similar observation was previously reported by Venkateswarlu, (2001b) and Hemavathy et al., (2015) for plant height and number of pods per plant. Heritability of character number of days to 50% flowering was high (93.11) and similar to the one reported by Nair et al. (2004) and Sriphadet et al. (2014), but the low genetic advance recorded for this trait as well as for 95 % maturity were similar to Shah and Patel (1981) report. So, the low heritability with low genetic advance we observed for 95% flowering indicating probable effect of non-additive gene action as suggested by Singh (2009). Heritability estimates which provide the amount or ratio of transmissible genetic variation from parents to offspring, appear to be the most important basic factor that determines genetic improvement or response to selection. The estimate of genetic advance as percentage of mean provides more reliable information on selection effectiveness because it is determined from heritability, phenotypic standard deviation and selection intensity. Therefore, heritability and genetic advance are very important to plant breeders for developing suitable selection strategy.

The forty-four (44) mungbean accessions and the cowpea variety used as check in this study were grouped into five clusters suggesting the existence of high level of genetic diversity. Larger genetic diversity was obtained by Bisht et al., (1998); this could be explained by the relatively high number (111) of accession used by these authors. In current study, cluster V consisted exclusively of the cowpea variety is completely distinct from the rest of mung bean accessions. The difference between the mung bean accessions and the cowpea line was mainly related to traits such as plant height and hundred seeds weight that was higher for the cowpea line as compared to mung beans. Seed's weight is certainly one of the most important yield components and large seeds usually command consumer preference. However, similarities exist between the lines of these two species for maturity cycle and also for pod length (especially with the accessions of cluster IV).

More similarities were found between *Vigna radiata* (mung bean) genotypes and other species including *Vigna unguiculata* (cowpea) that

clustered together when more morphological markers were used (Pandiyan et al., 2012). In addition, Fatokun et al., (1992) reported that a QTL identified in cowpea is orthologous to QTL governing seed weight in mung bean suggesting that this genomic region has remained conserved through evolution between these two species. This information on cowpea genome represent an opportunity that can help improve mung beans traits especially seed size. Waldia et al., (1993) and Khattak et al., (2001) mentioned that large seed size is a major component of grain yield due to its importance in breeding as seed size is reported to be stable and highly heritable in comparison with other quantitative traits.

According to Prasanna, 2012 and Tripathy et al., 2016 n mung bean, seed size in terms of test weight i.e. 100 or 1000 grain-weight is very important character as it directly influences productivity and, as reported by Santha and Veluswamy 1997 and Misiak, et al., 2017, seed weight along with seed colors determine grain quality for marketing. This cluster is dominated by accession from Taiwan with three accessions out of seven (07), the other accessions comes from Indonesia, Colombia and India. Collection of India possess the greater diversity, since it has a representative in every cluster, confirming with Rishi (2009) and also Singh et al., (2013) that India is the leading green gram cultivator, with up to 55% of the total world acreage and 45% of total production. In addition, in this study, accessions from India, Taiwan and Australia are the most represented. Indeed, as an example, according to Shyamalee et al. (2016), Sri Lanka imports about 33% of domestic requirement from Australia, Myanmar, Thailand and India.

Cluster analysis of these 44 lines shows that genotypes from different countries of origin grouped together in several clusters rise the fact that a close genetic relationship may exist, which might be due to their narrow genetic bases. This could also be related to the movement of genetic material between these countries inferring that the different genetic cluster do not reflect the geographical origin of the accessions as reported by Lestari et al. in 2014 . Similar conclusion was drawn by Hapsari et al., (2018). Earlier investigations reported that there is no association between variations in geographical areas with genetic diversity of mung bean (Bisht et al., 1998). However, Zhang et al., (1999) asserted that collections of diverse germplasm from different centers of diversity and other sources may broaden the genetic basis of a plant collection. Therefore, the relatively high genetic diversity observed in this study may be exploited for breeding activities in Burkina Faso whilst broadening local mung bean collection.

Conclusion:

This study revealed genetic diversity both in terms of qualitative and quantitative traits for this collection of mung bean introduced in Burkina Faso. Despite the very diverse origins of the accessions of this collection of mung bean, they have been shown to be adapted to the ecological conditions of Burkina Faso and therefore suitable for introduction into the agricultural systems of the country. In addition, genetic parameters such as heritability and genetic advance (GA) open up prospects for improving this legume for further breeding program. Cluster's analysis revealed groups of accessions with agronomic performance similar or sometime superior to the main grain legume specie grown in the country which is cowpea. Also, this clustering pattern can be used for the selection of parental materials with interesting characteristics useful in the development of new varieties of mung bean. These results, as first investigation on mung bean agromorphological characterization and evaluation in Burkina Faso will contribute to the popularization of this legume in the country, while mung bean accessions used in this study will serve to enrich the local genetic diversity in terms of pulses and thus contribute to resilience of population in a context of climate change.

Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge the Kirkhouse Trust SCIO (STOL-program) for the financial and technical support provided. Thanks to Australian Grains GeneBank who kindly shared with us mung bean seeds.

References:

1. Baskaran, L., Sundaramoorthy, P., Chidambaram, A., Ganesh, K.S. (2009): Growth and physiological activity of Greengram (*Vigna radiata* L.) under effluent stress. *International Journal of Botany*, 2(2): 107-114.
2. Bisht I. S., Mahajan R. K. and Kawalkar T. G. (1998): Diversity in mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) germplasm collection and its potential use in crop improvement. *Ann. Appl. Biol.* 132, 301– 312.
3. Dabholkar, A.R., 1992. Elements of Biomtrical Genetics. Concepts publishing Company, New Delhi, India, pp: 138-140.
4. Dhoot, R., Modha, K.G., Kumar, D. and Dhoot, M.(2017):Correlations and Path Analysis Studies on Yield and its Components in Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.*, 6(5): 370-378.

5. Dhole, V. J. and Reddy K. S., (2015): Genetic variation for phytic acid content in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). The Crop Journal, Volume 3, Issue 2, April 2015, Pages 157-162
6. Fatokun, C.A., Menancio-Hautea D.I., Danesh D. and Young N.D. (1992): Evidence for orthologous seed weight genes in cowpea and mung bean based on RFLP mapping. Genetics. 132 (3): 841–846.
7. Federer, W. T. (1956): Augmented (or hoonuiaku) designs. Hawaiian Planters' Record LV (2):191-208.
8. Gadakh, S. S., Dethé, A. M. and Kathale, M. N. (2013): Genetic variability, correlations and path analysis studies on yield and its components in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) Bioinfolet, 10 (2a), 441-447.
9. Garg G. K., P.K. Verma and Hari Kesh. (2017):“ Genetic Variability, Correlation and Path Analysis in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]”Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci ISSN: 2319-7706 Volume 6 Number 11 (2017) pp. 2166-2173
10. Hapsari, R. T., Trustinah and Iswanto R. (2018): Diversity of Local Indonesian Mungbean Germplasm Based on Morphological Quantitative and Qualitative Traits. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 197 012036 doi :10.1088/1755-1315/197/1/012036
11. Hemavathy T. A., Shunmugavalli N. and Anand G. (2015): Genetic variability, correlation and path co-efficient studies on yield and its components in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. Legume Research.38:442-446.
12. Itoh, T., Garcia, R. N., Adachi, M., Maruyama, Y., Tecson-Mendoza, E. M., Mikami, B.,(2006): Structure of 8S α globulin, the major seed storage protein of mung bean. Acta Crystallogr. D. Biol. Crystallogr. 62, 824–832. doi: 10.1107/S090744490601804X
13. Jalata, Z., A. Ayana and Zeleke H. (2011): Variability, heritability and genetic advance for some yield and yield related traits in Ethiopian barley (*Hordeum vulgare* L.) mandrake and crosses. International Journal of Plant Breeding and Genetics, 5 (1):44-52.
14. Johnson, H.W., H.F. Robinson and Comstock, R.E. (1955). Estimates of genetic and environmental variability in Soybeans. Agronomy Journal,47 (7): 314-318.
15. Karpechenko G.D. (1925): Chromosomes of Phaseolinae Bull. Appl Bot Leningrad 14: 143-148

16. Khajudparn, P and Tantasawat, P. (2011): Relationships and variability of agronomic and physiological characters in mungbean. *Afr. J. Biotechnol.*, 10(49): 9992-10000.
17. Khattak G. S. S. ,Haq M. A., Ashraf M. and Saleem M. (2000): Inheritance of hypocotyl colour and pubescence in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *J. Sci. I. R. Iran.* Vol. 11, No. 2, 79-81
18. Khattak GSS, Haq MA, Ashraf M, Jabbar A, Zamir R. (2001): Inheritance of some important agronomic traits in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. *Breed. Sci.* 51:157-16
19. Krishnan, R. and De, D.N. (1965): Studies on pitchstone and somatic chromosomes of *Phaseolus aureus*. *Nucleus.* 8 : 7-16.
20. Lambrides, C. J. and Godwin, I.D., (2006): Mungbean. In: Chittarajan, K., *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants*, 3: 69-90
21. Lestari, P., Kim, S.K., Reflinur, Y.J., Kang, N. and Dewi, S. (2014): Lee, Genetic diversity of mung bean (*Vigna radiata* L.) germplasm in Indonesia, *Plant Genet. Resour.* 12. S91–S94.
22. Mogotsi, K. K. (2006): *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek. In: Brink, M. & Belay, G. (Editors). *PROTA 1:Cereals and pulses/Céréales et légumes secs.* [CD-Rom]. PROTA, Wageningen, Netherlands.
23. Murty, B. K. and Patel, G. J. (1973): Inheritance of some morphological characters in mung bean. *BansilalAmrital College of Agriculture Magazine (Anand, Gujarat)*, 25, 1-9.
24. Muthuswamy A. Jamunarani M. and Ramakrishnan P.(2019): “Genetic Variability, Character Association and Path Analysis Studies in Green Gram (*Vigna radiata* (L.) Wilczek)” *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* ISSN: 2319-7706Volume 8 Number 04
25. Nair R.M., Craig A.D., Rowe T.D., Biggins S.R., and Hunt C.H. (2004): Genetic variability and heritability estimates for hard seededness and flowering in balansa clover (*Trifolium michelianum*) populations. *Euphytica* 138: 197-203
26. Natarajan C., ThiagarajanK. and RathnaswamyR. (1988): Association and genetic diversity studies in green gram (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *The Madras Agricultural Journal*, 75, 238-245.
27. Pandiyan M., Senthil N.; Anitha M., Raveendran M., Sudha M., Latha M., Nagarajan P. Toomoka N. and Balasubramanian P.(September 2012): “Diversity analysis of *Vigna* sp through morphological markers” *Wudpecker Journal of Agricultural Research* Vol. 1(8), pp. 335 - 340, ISSN 2315-7259.
28. Poehlman, J. M. (1990): *The mungbean.* Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi.

29. Prasanna B. Laxmi. (2012): Genetic studies in mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). M. Sc. Thesis submitted to the Acharya N. G. Ranga Agriculture University, Hyderabad, India. pp 157.
30. Rishi, N. (2009): Significant plant virus diseases in India and a glimpse of modern disease management technology. *J. Gen. Pl. Path.*, 75: 1–18.
31. Santha, S., and Veluswamy P., (1997): Character association and path analysis in black gram. *Madras Agric. J.*, 84, 678-681.
32. Shah, R. M. and Patel, J. D. (1981). Heritability and correlation of grain yield and its components in greengram (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *Pulse Crop News Letter*, 1: 26.
33. Shil, S. and Bandopadhyay, P.K. (2007): Retaining seed vigour and viability of mungbean by dry dressing treatments. *J. Food Legumes*, 20: 173-175
34. Shyamalee H.A.P.A., Chandika J.K.J. and Suranjika P.A. P. (2016): “Morphological variation and characterization of local mungbean germplasm” *Sri Lanka Journal of Food and Agriculture* ISSN 2424-6913
35. Singh, M. Krikorian, A.D. (1982): Inhibition of trypsin activity in vitro by phytate, *J. Agric. Food Chem.* 30 799–800
36. Singh, N., Singh, H., and Nagarajan, P. (2013): Development of SSR markers in mung bean, (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) using in silico methods. *J Crop Weed* 9: 69–74
37. Singh S. K., Singh I. P., Singh B. B., and Singh O. (2009): “Correlation and path coefficient studies for yield and its components in mung bean,” *Legume Research*, vol. 32, no. 3, pp. 180–185
38. SPAD: Statistical package for augmented design. Version 1.0. C(copyright) IASRI, 2003
39. Srivastava R.L. and Singh G.(2012): Genetic variability, correlation and path analysis in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *Indian J. Life Sci.*, 2(1): 61-65.
40. Sriphadet, S., Lambrides, C.J. and Srinives, P. (2014): Inheritance of Agronomic Traits and Their Interrelationship in Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *J. Crop Sci. Biotech.* 10 (4) : 249 ~ 256
41. Tripathy, S. K., Nayak, P. K., Lenka, D., Swain, D., Baisakh, B., Mohanty, P., Senapati, N., Dash, G. B., Dash, S., Mohapatra, P.M., Pradhan, K., Mishra, D.R. and Ranjan, R., (2016): Morphological diversity of local land races and wild forms of mungbean. *Legume Research*, 2016. 9p. DOI: 10.18805/lr.v0iOF.8408.
42. Trustinah, Radjit, B. S., Prasetiaswati, N. and Harnowo, D. (2014): *IptekTanamanPangan*9 (1) 24-38 [Indonesian]

43. Venkateswarlu, O. (2001): Genetic variability in green gram (*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. *Legume Res.* 24(1): 69-70.
44. Waldia, R.S., Singh, V., Sood, D.R., Sardana, P., & Mehla, I.S. (1996): Association and variation among cooking quality traits in Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Food Science and Technology-mysore*, 33, 397-402.
45. Zhang, L.H., Akins, P.O., Kochert, G., Kresovich, S., Dean ,R., and Hanna, W. (1999): Differentiation of bermudagrass (*Cyanodon* spp.) genotypes by AFLP analysis. *Theor. Appl. Genet.* 98: 895-902.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Vulnérabilité De La Commune Urbaine De Mopti Aux Inondations

Abdoulkadri Oumarou Toure, PhD

Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako - Faculté
d'Histoire et Géographie, Département de Géographie, Mali

Mostafia Boughalem, Professeur

Université Ain Temouchent - Institut des sciences et Technologie -
Département SNV-Labo Hydrologie Appliquée et environnement, Algérie

Fatoumata Maiga, PhD

Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako- Faculté
d'Histoire et Géographie, Département de Géographie, Mali

Issa Ouattara, PhD

Institut de Développement Economique et Social de Bamako, Mali

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n40p37](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p37)

Submitted: 05 August 2021
Accepted: 29 August 2021
Published: 30 November 2021

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

Cite As:

Toure O.A., Boughalem M., Maiga F., & Ouattara I., (2021). *Vulnérabilité De La Commune Urbaine De Mopti Aux Inondations*. European Scientific Journal, ESJ, 17(40), 37.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p37>

Résumé

La commune urbaine de Mopti, particulièrement la ville du même nom, du fait de son positionnement géographique (à la confluence du fleuve Niger et de son principal affluent, le Bani) est exposée aux épisodes d'inondation. L'objectif de cette recherche est de montrer la vulnérabilité de la commune aux évènements pluviométriques et hydriques extrêmes et de proposer des pistes de solutions en vue de prévenir les risques d'inondation. La démarche méthodologique a consisté à analyser les données pluviométriques et hydriques (données de crues et de hauteurs d'eau) journalières de la station de Mopti à l'aide des logiciels Excel et XLSTAT. Les analyses portent sur le calcul des indices de précipitations et hydriques extrêmes et la détermination de leur période de retour. Les résultats font ressortir que la fréquence des évènements pluviométriques et hydriques dans la commune a augmenté depuis la moitié des années 2000, occasionnant des inondations faisant de plus en plus de victimes et d'importants dégâts en raison

notamment des problèmes d'aménagement de la commune. Face à ce défi, faudra-t-il la prise en compte des risques climatiques dans les documents de planification locale, une large sensibilisation des populations et le strict respect de la réglementation en vigueur.

Mots clés: Inondation, Vulnérabilité, Débits Extrêmes, Précipitations Extrêmes, Mopti

The Populations' Vulnerability of Mopti's Urban Municipality to Extreme Rainfall and Water

Abdoulkadri Oumarou Toure, PhD

Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako - Faculté d'Histoire et Géographie, Département de Géographie, Mali

Mostafia Boughalem, Professeur

Université Ain Temouchent - Institut des sciences et Technologie - Département SNV-Labo Hydrologie Appliquée et environnement, Algérie

Fatoumata Maiga, Phd

Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako- Faculté d'Histoire et Géographie, Département de Géographie, Mali

Issa Ouattara, PhD

Institut de Développement Economique et Social de Bamako, Mali

Abstract

The urban commune of Mopti, particularly the city of the same name, due to its geographical location (at the confluence of the Niger River and its main tributary, the Bani) is exposed to flooding episodes. The objective of this research is to show the vulnerability of the town to extreme rainfall and water events and to propose possible solutions to prevent flood risks. The methodological approach consisted in analysing daily rainfall and water data (flood and water level data) from the Mopti station using Excel and XLSTAT software. The analyses focus on the calculation of extreme rainfall and water indices and the determination of their return period. The results show that the frequency of rainfall and water events in the commune has increased since the mid-2000s, causing floods with an increasing number of victims and significant damage, due in particular to the commune's development problems. Faced with this challenge, one should take in to consideration of climate risks in local planning documents, a broad awareness of the population and strict compliance with the regulations in force.

Keywords: Flooding, Vulnerability, Extreme Precipitation, Extreme Flows, Niger River Central Delta

1. Introduction

Avec les derniers rapports du Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat (GIEC), notamment celui sur les événements extrêmes, et la série ininterrompue de sécheresses, de cyclones, de feux catastrophiques et d'inondations massives intervenue depuis, les désastres climatiques et les débats qui les accompagnent sont au cœur de l'actualité (Grünwald F, 2020, p.86). L'une des conséquences immédiates du changement climatique est l'intensification et la fréquence accrue des événements climatiques extrêmes à travers le monde entier et en Afrique de l'Ouest en particulier (GIEC 2013 ; Giorgi et al. 2014; Sylla et al. 2016 cités par Sylla M. B, 2020, p. 11).

Les événements climatiques extrêmes se caractérisent de plus en plus par leur fréquence au Mali. Le pays a subi près d'une vingtaine d'inondations majeures en 30 ans (1980-2010), affectant généralement entre 10 000 et plus de 45 000 personnes à chaque événement (DNPC, 2013, p.20). Pour les années 2002, 2003, 2007, 2008, les dégâts ont été évalués à près de 9 570 202 375 FCFA (ILWAC, DNPC, AEDD, OSS, 2019, p.19). Les inondations d'une seule journée (15-16 Mai 2019 où l'agglomération de Bamako a enregistré en une seule nuit 138 mm !) ont pu causer la mort de 16 personnes, des pertes et des dommages estimés à presque 5 milliards FCFA et des besoins de relèvement à presque 20 milliards FCFA (Programme ACP-UE PRCN, 2019, préface).

Au cours des 30 dernières années, les zones les plus touchées par les catastrophes au Mali sont situées dans le district de Bamako, la région de Kayes, de Koulikoro, de Mopti et de Gao entre autres (GIEC, 2013 ; Giorgi et al. 2014 ; Sylla et al. 2016 cités par Sylla M. B, 2020, p. 12). Au Mali, le nombre de communes exposées au risque d'inondations et/ ou de sécheresse est estimé à plus de 200 (Programme ACP-UE PRCN, 2019, préface, p. 9). Les inondations sont dues à la fois à l'occupation des zones inondables par les populations et par une perturbation des régimes des cours d'eau et des régimes pluviométriques, provoqués par la variabilité du climat (Dembélé et Ouattara, 2019, p.274).

Le Delta central du Niger est une vaste plaine inondable s'étirant au long de 300 km sur une superficie de 41 195 km². C'est une zone d'intérêt écologique classée site Ramsar depuis le 1^{er} février 2004 (site RAMSAR), en grande partie dans la région de Mopti au Mali. Elle constitue la plus vaste zone humide continentale d'Afrique de l'Ouest.

La commune urbaine de Mopti est située dans la partie Sud-est du delta, qui est soumise depuis les années 1970 à des aléas climatiques sans précédent. Cette situation s'est manifestée par une succession de vagues de sécheresses (1973, 1984, 1993, 2002, 2011) et d'inondations en 1979, 1994,

2010, 2012 (Touré, A, 2014, p.14). Face à une telle réalité, il est impératif de mener des études pour mieux comprendre le phénomène des risques climatiques et ses impacts sur les populations surtout dans un contexte d'urbanisation croissante. En effet, sur une période de 33 ans, la population de la commune urbaine de Mopti a doublé. Elle est passée de 53 885 habitants en 1976 à 114 296 habitants en 2009 (Recensement Général de la Population et de l'Habitat du Mali 1976 et 2009). Cette croissance pousse les populations à occuper les zones inondables surtout dans la ville de Mopti ; ce qui n'est pas sans conséquences surtout ces dernières décennies avec la fréquence des événements pluviométriques et hydriques extrêmes, conséquence des changements climatiques.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Zone d'étude

La commune urbaine de Mopti est située au centre du Mali dans le cercle et la région du même nom (Fig.1).



Figure 1 : Carte de la commune urbaine de Mopti

Source : PDSU 2007 (enquête de terrain) ; **Réalisation** : Cécilia Meynet, Avril 2009.

La commune de Mopti couvre une superficie de 125 km². Les limites de la commune de Mopti sont celles relatives à la loi n°61-36/AN-RM du 20 janvier 1961 portant rattachement des villages de Sévaré, Tiaboly et Banguetaba consécutivement à la délibération n°11/60 du 28 décembre 1960 du conseil municipal de Mopti (PDSEC Mopti 2021-2025). Sur la base des résultats du Recensement de la population de 2018 de la Direction Régionale de la Planification, de la Statistique et de l'Informatique, de l'Aménagement du Territoire et de la Population (DRPSIAP) de Mopti, la commune compte 168.980 habitants dont 80.112 hommes et 88 868 femmes. Le taux de

croissance est de 3,3 %. La ville constitue le chef-lieu de la cinquième région administrative du Mali (Fig. 2). Elle est l'une des premières attractions touristiques du pays. Sa position géographique à la confluence de deux cours d'eau importants (le Niger et son affluent principal qui est le Bani) fait qu'elle abrite le port de pêche le plus important du pays. En plus, la commune est entourée par une vaste plaine rizicole qui fait que la ville est enclavée en période de crue car n'ayant qu'une seule voie bitumée qui la relie à l'extérieur.), ce qui fait qu'on l'appelle la « Venise du Mali ». Ce positionnement rend du coup la commune vulnérable aux risques d'inondation.

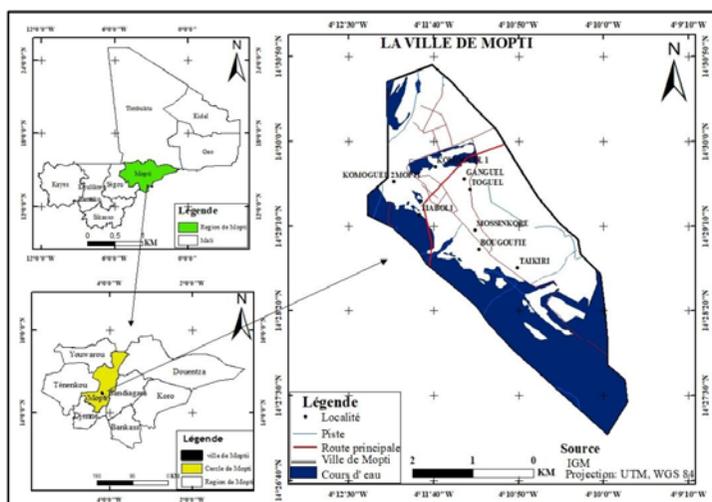


Figure 2 : Carte de la ville de Mopti, commune urbaine de Mopti

2.2. Données et méthodes

2.2.1. Données

Les données utilisées dans le cadre de ce travail sont celles pluviométriques et hydrométriques journalières (débits et hauteurs de crues) enregistrées au niveau de la station de Mopti. Les données ont été recueillies auprès de l'Agence Mali-Météo et la Direction Nationale de l'Hydraulique. Le traitement des données a été effectué par les logiciels Excel et XL STAT. Le traitement a porté sur les données pluviométriques journalières de la station de Mopti de 1971 à 2013 ; les données de crue journalières de 1960 à 2011 et les données de hauteur d'eau de 1960 à 2013. A travers une image Google Earth, l'une des zones les plus à risque de la commune a été visualisée en fonction des différents niveaux de risque (faible, moyen, élevé). Des images photographiques ont été prises pour illustrer certains facteurs de vulnérabilité. La tuile de la couche SRTM 90 m d'altitude pour la zone de Mopti a été traitée sous le logiciel Arc GIS 10.1 pour élaborer la carte de pente de Mopti.

2.2.2. Méthodes

Les méthodes de traitement des données climatiques (pluviométrie) et hydriques (crue et hauteur d'eau) ont porté sur la caractérisation des indices d'anomalie, l'étude de stationnarité, la détermination des périodes de retour.

- i) la caractérisation des années pluviométriques par le calcul de l'Indice d'Anomalie Pluviométrique (IAP) qui a permis de définir les années sèches et les années humides (Paturel et al, 1995 ; Servat et al, 1998).

$$IAP = (X_j - X) / S$$

Où :

X_j : hauteur de pluie annuelle pour une année j ;

X : moyenne annuelle de pluie à la station i pendant la durée de l'étude ;

S : écart-type de la pluviométrie annuelle pour la série chronologique.

Ainsi, les années sèches ont été définies comme celles dont les IAP sont ≤ -1 et années humides celles dont les IAP sont $\geq +1$.

- ii) Calcul des indices de précipitations extrêmes

L'analyse des précipitations a exigé de calculer annuellement neuf indices pluviométriques proposés par Donat et al, 2013 ; Omondi et al, 2013 et Ozer et al, 2014 (voir tableau 1).

Tableau 1 : Tableau des indices pluviométriques à étudier

Indices	Définition	unité
PTOT	Pluviométrie totale annuelle	mm
JP>1	Nombre de jours humides dans l'année (précipitations quotidiennes ≥ 1 mm)	jour
SDII	Lame d'eau moyenne précipitée par jour	mm/jour
P*1J	maximum annuel enregistré en 1 jour	mm
JP>10	Le nombre total de jours caractérisés par des précipitations ≥ 10 mm	jour
JP>20	Le nombre total de jours caractérisés par des précipitations ≥ 20 mm	jour
NJ90P	Total annuel de jours de pluies $\geq 90^{\text{ème}}$ percentile de 1971-2013	jour
NJ95P	Total annuel de jours de pluies $\geq 95^{\text{ème}}$ percentile de 1971-2013	jour
NJ99P	Total annuel de jours de pluies $\geq 99^{\text{ème}}$ percentile de 1971-2013	jour

iii) l'étude de stationnarité des données pluviométriques par le test de Pettit (1979), dont le but est d'analyser les données pour la détection d'une rupture éventuelle constitutive dans les séries. En Afrique, l'application de ce test sur des variables pluviométriques et hydrométriques a donné des résultats intéressants (Gautier et al., 1998; Morel, 1998 ; Paturel et al., 1998 ; Ozer, 2000 ; Sene et Ozer, 2002 ; Hountondji et al., 2003).

iv) l'application de la loi de Gumbel (1958) permettant d'estimer la récurrence des événements jugés exceptionnels (Sène et Ozer, 2002). La détermination de la période de retour d'un phénomène peut se faire à partir de certaines lois statistiques lorsque l'on est en possession de séries d'observations s'étendant sur une période suffisamment longue.

Calcul de la période de retour des événements pluvieux et de crue

La loi de Gumbel (1958) permet d'estimer la récurrence des événements jugés exceptionnels (Sène et Ozer, 2002).

En se basant sur la terminologie de l'Institut Royal de Météorologie de Belgique (Vandiepenbeeck, 1997), les événements pluvieux sont classés selon la manière suivante :

- Inférieur à 6 ans (normal),
- De 6 à 10 ans (anormal) ;
- 10 à 30 ans (très anormal) ;
- 30 à 100 ans (exceptionnel) ;
- Plus de 100 ans (très exceptionnel).

3. Résultats

3.1. Retour des événements pluvieux au milieu des années 2000

Le calcul de l'Indice d'Anomalie Pluviométrique (IAP), a permis de définir les années sèches et les années humides. A la station de Mopti, sur une période de 43 ans, l'IAP a permis d'identifier les années à pluviométrie excédentaire ($IAP > 1$) qui sont 1980, 2008, 2009, 2010, 2012. Les années 1973, 1982, 1984, 1997 et 2002 ont été identifiées comme celles de déficits pluviométriques ($IAP < -1$). D'une manière générale, la moyenne lissée sur cinq ans démontre un déficit pluviométrique jusqu'en 2007, date à partir de laquelle les années humides se sont succédé (Fig. 3).

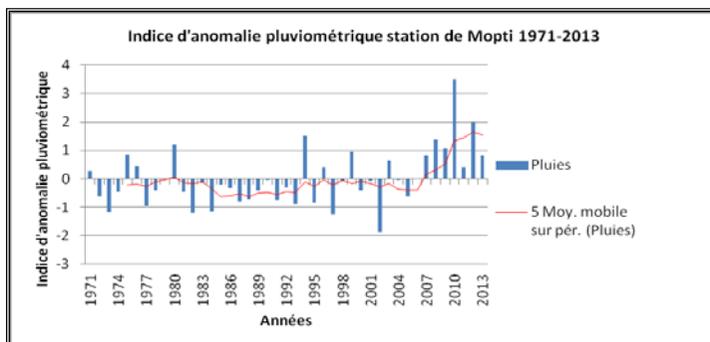


Figure 3 : Indice d'anomalie pluviométrique à la station de Mopti.

Par rapport à l'indice des précipitations extrêmes, sur les 1627 jours de pluie > à 1 mm enregistrés à la station de Mopti sur la période 1971-2013, les pluies au 90^{ème} percentile (162 jours) représentent 10% des précipitations, les pluies au 95^{ème} percentile (81 jours) représentent 5% des précipitations et celles au 99^{ème} percentile (16 jours) représentent 1% des précipitations. Quant aux pluies ordinaires (1368), elles représentent 84% des jours de pluies enregistrés. Les valeurs des précipitations journalières sont de 29 mm pour les précipitations intenses (P 90), 37 mm pour les précipitations très intenses (P 95) et 51 mm pour les précipitations extrêmes (P 99). En somme, les pluies extraordinaires représentent 16% du total avec cependant des dégâts importants du fait de leur caractère imprévisible et leur intensité.

En ce qui concerne les tendances pluviométriques sur la série 1971-2013, certains indices sont stables (JP>1, JP>20 et JP99), d'autres connaissent une rupture significative à la hausse (PTOT, SDII, JP>10, P*1J, P90). Seul l'indice P 95 connaît une rupture très significative à la hausse.

3.2. Retour des pluies exceptionnelles

Pour l'ajustement de Gumbel, l'analyse des totaux maximaux journaliers annuels et des totaux pluviométriques annuels sur la période allant de janvier 1971 à décembre 2013 a été faite (fig. 4).

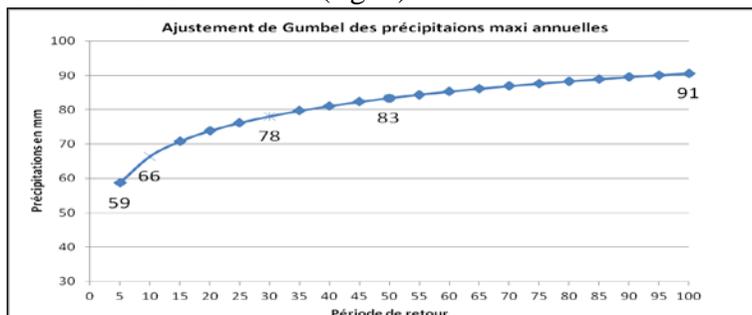


Figure 4 : Période de retour des précipitations maximales annuelles à Mopti

Les données maximales ont été prises en compte en vue de déterminer leur période de retour. Le maximum pluviométrique journalier de même que les totaux pluviométriques annuels de la série ont été observés en 2010 avec respectivement 80 mm et 868 mm. Après l'analyse des données pluviométriques journalières sur la période suivant le modèle de Gumbel sur les périodes de retour, on remarque que la pluie journalière de 80 mm qui a eu lieu le lundi 7 juillet 2010 est exceptionnelle avec une période de retour de 35 ans. Un évènement extrême est jugé exceptionnel sur le graphe de Gumbel si sa période de retour est située entre 30 et 100 ans. Quant au total pluviométrique de 868 mm enregistré durant l'année 2010, il constitue un évènement extrême sur la période 1971-2013. Sa période de retour est de 157 ans alors que la période de retour de 100 ans correspond à un total pluviométrique de 826 mm. Un évènement extrême est jugé très exceptionnel si sa période de retour dépasse 100 ans.

En considérant les maximas journaliers sur la période 1971-2013, les pluies anormales sont de 61 mm et celles exceptionnelles de 91 mm. De même pour les totaux pluviométriques annuels, les totaux anormaux sont de 564 mm et exceptionnels 826 mm (tableau 2).

Tableau 2 : Période de retour des évènements pluviométriques à Mopti (Touré A, 2014)

Période de retour des totaux pluviométriques annuels				
Période de retour PTOT	6 ans	10 ans	30 ans	100 ans
Pluviométrie correspondante	564 mm	613,5 mm	716 mm	826 mm
Période de retour des maxi pluviométriques annuels				
période de retour T	6 ans	10 ans	30 ans	100 ans
Pluie pour période de retour T	61 mm	66 mm	78 mm	91 mm

L'analyse sur une période de 30 ans de 1983 à 2013 démontre une montée en force des évènements pluviométriques extrêmes, 08 en 30 ans dont 02 anormaux (1983 et 1989), 05 très anormaux (1985, 1988, 1996, 2007, 2009) et un évènement très exceptionnel (dont la période de retour se situe entre 30 et 100 ans) en 2010.

3.3. Reprise des débits depuis la fin des années 1990

Les modules moyens allant de 1960 à 2011 donnent une moyenne de 866 m³/s avec un minimum de 426 m³/s en 1984 et un maximum de 1402 m³/s en 1964. Une analyse des débits moyens de 1960 à 2007 au test de Pettitt montre une rupture de tendance à la baisse à partir de 1970. Cette baisse est très significative (P-value 0.000). Les sous séries 1960-1970 et 1971-2011 présentent des moyennes différentes avec respectivement 1239 et 764 m³/s (Fig. 5).

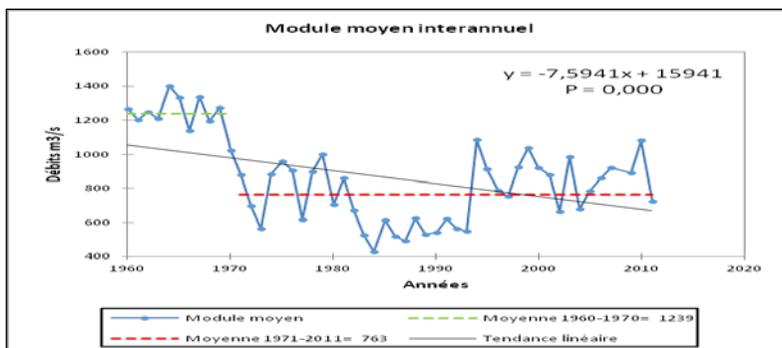


Figure 5 : Evolution interannuelle des modules moyens de débits à la station de Mopti

En calculant le coefficient moyen interannuel de débit, l'étude a pu différencier les années humides des années sèches. Nous constatons sur une période de 51 ans, des variations interannuelles fortes entre années très humides et années très sèches. Sur la figure 6, nous pouvons faire la différence entre les années très humides (de 1960 à 1969) avec un coefficient interannuel de débits supérieur à 1 et les années très sèches (1973, 1983, 1986, 1987, 1989, 1990, 1992, 1993) avec un coefficient interannuel de débit inférieur à -1. Depuis 1993, on a une variation entre années sèches (2004, 2005) et humides (2009, 2010) avec des coefficients variants entre -1 et 1.

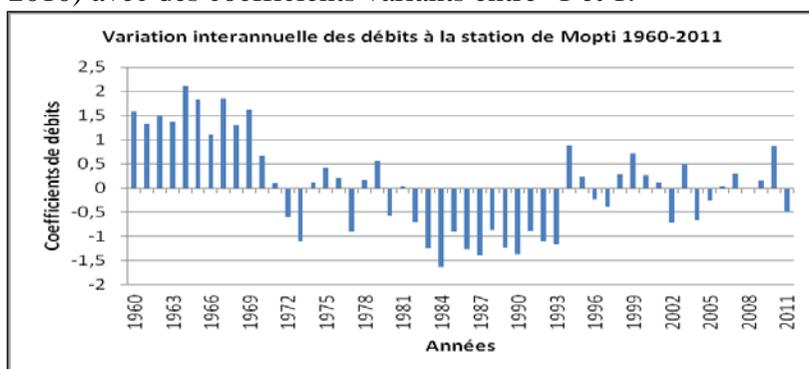


Figure 6 : Variation des coefficients de débits à la station de Mopti

3.4. Période de retour des débits

En procédant à l'ajustement de Gumbel des données de débits à la station de Mopti de 1960 à 2011, on se rend compte que les crues de 1994 (3027 m³/s) et 2010 (2946 m³/s) n'ont rien d'exceptionnel, elles sont tout à fait normales (tableau 3).

Tableau 3 : Période de retour et débits correspondants 1960-2011

Période de retour T	6	10	30	50	100
Débits correspondants	3117	3352	3840	4062	4363

Seule la crue de 1967 (3681 m³/s) est considérée comme un évènement très anormal qui ne s'est plus reproduit (fig. 7).

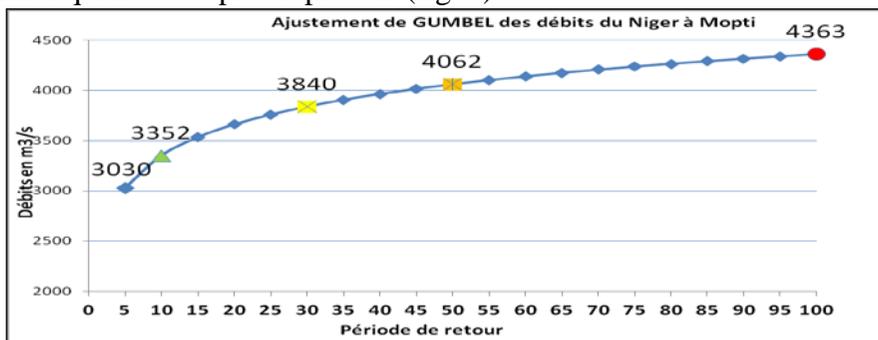


Figure 7 : Ajustement de Gumbel débits période 1960-2011

Nous pouvons en conclure que le barrage de Sélingué, depuis sa mise à eau en 1982, joue réellement son rôle d'écrêteur des crues et que les problèmes d'inondations sont surtout liés à un problème d'aménagement du territoire.

3.5. Un milieu physique favorable aux inondations

Mopti est une zone située à basse altitude, dans la partie inondable du Sud-est du Delta, une grande partie de la superficie a une pente inférieure à 6% (fig. 8).

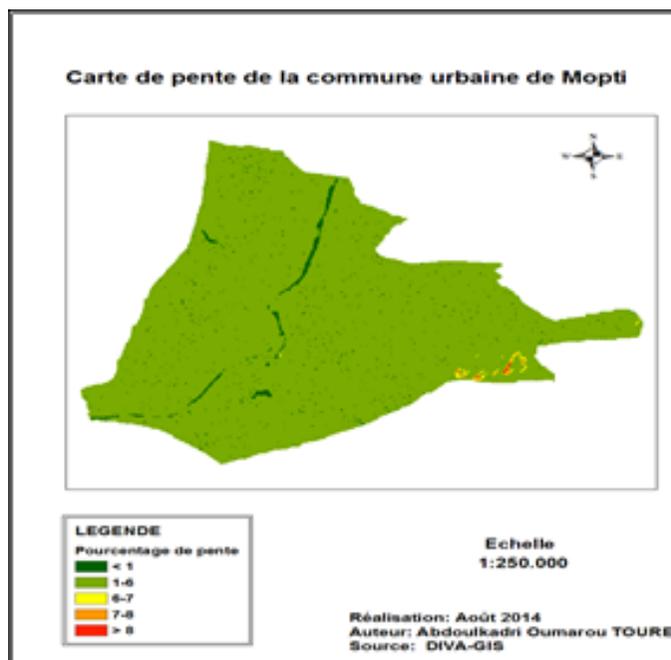


Figure 8 : Carte de pente de la commune urbaine de Mopti

Cette faible pente a pour conséquence de ralentir la force d'écoulement surtout des eaux pluviales lors des précipitations. Cela peut constituer un risque important dans une zone où la majorité des constructions sont faites en banco (80% à Mopti et 77,9% à Sévaré). L'eau, avec une certaine durée sous les maisons, peut les fragiliser. Elles finiront par s'écrouler. Par ailleurs, on rencontre dans la zone inondée et/ou inondable (ville de Mopti et alentours) des sols argileux, argilo-limoneux qui s'imbibent rapidement d'eau et rend l'infiltration de l'eau difficile surtout pendant l'hivernage. La nappe phréatique est presque affleurante et son niveau est fonction de celui du Bani. A Sévaré, en zone exondée, on rencontre des sols légers à textures sableuse, argilo-sableuse ou sablo-limoneuse, des plaines exondées. Avec l'extension urbaine qu'a connue Mopti, des habitants plus nantis s'achètent des parcelles à Sévaré pour s'y installer. Une manière de décongestionner le centre qui est Mopti.

3.6. Extension urbaine et vulnérabilité

L'urbanisation de Mopti s'est faite à une vitesse croissante depuis 1930 des zones d'altitude moyennes (Mopti centre, Komogel 1 et Taïkiri) aux zones inondées (zones de bas-fonds) qui se trouvent en deçà du seuil d'inondation 268,2 m. Depuis les sécheresses successives des décennies 1970 et 1980, les populations en milieu rural ont entrepris des déplacements de plus en plus massifs à l'intérieur, vers les centres urbains et à l'extérieur du Mali. La ville de Mopti, du fait de son dynamisme économique des années 1950 et 1960 a continué à attirer un nombre important de ruraux qui viennent y chercher du travail.

De nos jours, le niveau d'extension de la ville est saisissant. La ville s'est étendue à des zones de faible altitude très vulnérables aux inondations. La conséquence est que les constructions sont faites dans des zones inondables et même inondées (Photo 1 Google Earth avec images correspondantes).



Photo 1 : Progression des zones à risque en fonction de l'urbanisation
Source : Google Earth 2013 ; Interprétation : Touré, A.O, 2013

En analysant l'image Google Earth et les photos de la zone d'étude, on peut constater l'augmentation du niveau de vulnérabilité à travers la construction dans les zones à risque. La zone A correspond à la limite de la ville dans les années 1980. Progressivement, des zones ont été conquises sur le fleuve (Zone B) pour y ériger des constructions. Dans la zone C, on voit que les constructions sont faites expressément dans la plaine d'inondation derrière la digue. Ce qui constitue un risque énorme même si des pilotis y sont implantés. D'autre part, des zones qui constituaient des dépotoirs d'ordures ont été progressivement remblayées, donc des zones conquises sur le fleuve, qu'un retour à la normale pluviométrique ou des crues des années 1960 peut facilement inonder. L'effet serait alors catastrophique si avec une crue exceptionnelle ou une pluie exceptionnelle comparable aux niveaux de crue ou de pluie des années 1950 et 1960 devrait se reproduire.

En termes d'aménagement, le réseau d'évacuation des eaux de ruissellement se raréfie au fur et à mesure qu'on quitte les centres villes. Des quartiers non tramés comme Mopti hindé, Djenedaga, Barigondaga, Bigna ville et Taïkiri ne disposent d'aucun système moderne d'évacuation des eaux. Les digues de protection de Médina-Coura et Banguétaba n'ont pas été réalisées, ce qui rend les populations vulnérables aux inondations. En plus de l'insuffisance du réseau à assurer l'évacuation des eaux de ruissellement particulièrement les eaux pluviales, on note le sous dimensionnement de certains ouvrages indispensables à l'évacuation des eaux, c'est-à-dire que dans certains cas la dimension des ouvrages est petite par rapport à la quantité d'eau qui ruisselle (Photo 2). A cela s'ajoute l'incapacité des services de voirie à

pouvoir curer les caniveaux tous les ans, ce qui accentue l'inondation des zones les plus basses. Il en est de même lorsqu'une « pluie normale » tombe car les caniveaux se trouvent souvent bouchés. Les effets cumulés de ces facteurs font qu'une moindre pluie provoque une stagnation des eaux dans certains quartiers de la ville. Ainsi, il n'est pas rare de voir des saignées creusées par les populations pour évacuer les eaux (Photo 3).



Photo 2 : Caniveau à petite dimension au centre-ville

Photo 3 : Evacuation des eaux de ruissellement dans les zones dépourvues de réseau d'évacuation

Source : Clichés, Touré, A.O., 2014

4. Discussion

La moyenne pluviométrique de la période 1971-2013 est de 461 mm avec, cependant une variation entre les différentes sous-séries. En effet, la moyenne de la sous-série 1971-2002 est de 426 mm contre 566 mm pour la seconde sous-série qui va de 2003 à 2013, soit une augmentation de 32% par rapport aux années de sécheresse.

Ces résultats complètent ceux de Sanogo publiés en 2012 au niveau de la même station. L'horizon de temps sur lequel s'étendait l'étude de Sanogo va de 1936 à 2003. Avec une moyenne interannuelle de 498,9 mm pour la période, tous les indicateurs ont une tendance à la baisse. Le total pluviométrique de même que le nombre de jours de pluies ont une tendance significative à la diminution. Cependant, l'année 2003 à laquelle se sont limitées les études constitue un point de rupture significative à la hausse de totaux pluviométriques selon nos analyses.

Les observations de la reprise des événements pluvieux ces dernières décennies, après la sécheresse, ont été faites par Faïhum (2006) dans le bassin du fleuve Ouémé au Bénin, par Sanogo (2012) au Mali, Ozer et al, (2014) en Mauritanie, Mohammed et al, (2016) en Algérie Occidentale, Bouba et al (2017) dans le Nord du Cameroun.

Dans une étude des données pluviométriques journalières de la station de Gouré au Niger de 1936 à 2003, Ozer et al (2005) ont mis en évidence 03 périodes d'anomalies pluviométriques par l'application du test non paramétrique de Pettitt : une période « humide » allant de 1936 à 1967, une

période de sécheresse allant de 1968 à 1987 et la période « actuelle » caractérisée par la reprise des précipitations depuis 1988 mais qui sont en deçà de la moyenne des années dites humides. Il en est de même pour Sanogo (2012), qui a mis en évidence 03 périodes différentes à travers l'analyse des données pluviométriques sur le Mali notamment à la station de Mopti.

La période « actuelle » caractérisée par la reprise des événements pluvieux s'accompagne d'évènements intenses, voire extrêmes dans certains cas. A Mopti, ces événements pluvieux ont connu un départ à partir de 1990 pour atteindre leur plus haut niveau observé en 2010. L'année 2010 a été marquée par un total pluviométrique exceptionnel de 868 mm, une quantité que la commune de Mopti n'a enregistré depuis 1952 où il avait plu 963 mm. Cette même année (2010) a enregistré la valeur la plus élevée du maximum journalier (80 mm) depuis 1969 où elle avait atteint 9,8 mm. En 1952, la ville a enregistré en une seule journée 127,7 mm de pluie (Sanogo, 2012). L'analyse de la reprise pluviométrique depuis 20 ans (1994) montre que les cumuls pluviométriques deviennent de plus en plus importants, en ce sens que 10 des 20 années de pluies enregistrées à la station cumulent plus de 500 mm dépassant donc largement la moyenne de la période 1971-2013 et dont les plus importants ont provoqué des inondations (1994, 1999, 2008, 2010, 2012). Ce constat est confirmé par plusieurs auteurs qui ont observé une augmentation importante du nombre d'inondations depuis la fin des années 1980 (Sène et Ozer, 2002 ; Omondi et al, 2013).

Cette reprise même si son intensité n'atteint pas celles des années dites «humides», pourrait avoir des répercussions préjudiciables sur l'environnement et sur le patrimoine foncier. Cela se traduira non seulement par des inondations, étant donné la fragilité des sols pour l'agriculture, mais aussi la destruction des habitats fragiles et des routes. Les épisodes d'inondation qui se sont succédé à Ouagadougou en 2009, à Cotonou en 2010, à Dakar en 2012 et à Bamako en 2013 en sont les témoignages éloquents. Les inondations en Afrique de 2007 qui se sont étendues de la Mauritanie à l'Ouest jusqu'au Kenya à l'Est sont considérées comme les pires des dernières décennies. Plus d'un million et demi de personnes ont été touchés dont plus de 600.000 en Afrique de l'Ouest. La sous-région a connu en 2007, 2008 et 2009 les pires inondations depuis plus de 30 ans.

Par rapport aux crues, il a été constaté après les années de sécheresse 1970 et 1980 une certaine reprise des niveaux de débits. L'analyse des données de débits (modules moyens annuels) de 1960 à 2011 au test de Pettitt montre une tendance significative à la baisse à partir de 1971. Cependant, cette analyse cache une autre réalité qui est une rupture à la hausse des crues depuis 1993 quand on analyse les données de 1971 à 2011. Le même constat a été fait au niveau de l'analyse des données des hauteurs d'eau. Depuis la reprise de crues dont la rupture significative à la hausse date de 1993, nous avons

enregistré sur 20 ans (1994-2013) 11 années où la côte d'alerte des crues (620 cm) est dépassée avec des pics en 1994 (655 cm), 2003 (649 cm), 2007 (644 cm), 2010 (646 cm) et 2012 (652 cm). Ce rapprochement de la population des zones à risque peut s'expliquer par le fait qu'à la faveur de la sécheresse des années 1970 et 1980, la baisse des précipitations et les crues ont favorisé la libération des espaces qui étaient inondés.

A la faveur des années de sécheresse, les habitants avaient peu à peu occupé des zones jusque-là impraticables car souvent inondées. Donc, en se rapprochant du lit majeur, ou même en le colonisant, leur vulnérabilité ne baisse pas, malgré la baisse des débits de crue. C'est exactement ce qui s'est passé en 1994, année où la crue, à peine supérieure à la moyenne du siècle mais qui n'était plus apparue depuis 20 ans, a inondé et détruit de nombreux champs, troupeaux, villages, faisant de nombreuses victimes (Tarhule, 2005). Le même constat est fait par Diawara et al (2016) qui ont constaté une augmentation considérable des populations sur les superficies inondables à Bamako passant de 14 ha en 1972 à 307.2 ha en 2016 pour la côte d'alerte de 513 cm et de 13.8 ha en 1972 à 205.6 ha en 2016. En plus, de récentes études en Afrique de l'Ouest (Ozer et al, 2014 ; Roudier P., Mahé G, 2010 ; Ould Sidi Cheikh et al, 2007) confirment cet état de fait dans les zones urbaines où les zones à risque font de plus en plus l'objet d'occupation très souvent anarchique.

Conclusion

Au plan pluviométrique, après la grande sécheresse des années 1980, les événements pluvieux reprennent, surtout cette dernière décennie dans la zone de Mopti. Du coup, les inondations par ruissellement deviennent de plus en plus fréquentes et plus intenses depuis presque 10 ans. Par leur caractère imprévisible, elles causent plus de dégâts.

Les inondations par la remontée du niveau des crues deviennent de plus en plus importantes et préoccupantes. Les années les plus marquantes depuis 1990 sont celles de 1993 et celle de 2010. Il se trouve que ces crues sont tout à fait normales. Cependant, l'étalement urbain opéré depuis fait que les populations s'installent progressivement dans les zones inondables et deviennent des victimes en cas de remontée d'eau. Cela dénote le problème d'aménagement du territoire que les autorités locales se doivent de résoudre. Pour prévenir les inondations dans la commune urbaine de Mopti, il faut une application des textes en matière de prévention des risques d'inondation, le dimensionnement adapté des ouvrages contre les inondations, comme les digues de protection ou encore le réseau d'évacuation des eaux de ruissellement. En plus, une large campagne de sensibilisation doit être effectuée en vue d'inculquer dans les esprits la culture du risque et les mesures de prévention.

En complément à cette étude qui s'est focalisée sur les paramètres physiques, il sera nécessaire de faire celle relative à la vulnérabilité des populations afin de pouvoir faire le lien vulnérabilité physique d'avec celle socio-économique. Ce qui fera l'objet d'un prochain article.

References :

1. Bouba L., Sauvagnargues S., Gonne B., Ayrat P A et Auguste Ombolo A. (2017). Tendances pluviométriques et aléa inondation à l'Extrême-Nord Cameroun. *Geo-Eco-Trop*, 41, 3, n.s. 339-358
2. Dembélé, O ; Ouattara, I. (2019). Contribution du SIG à la prévention et à la gestion des risques d'inondation dans le District de Bamako au Mali, *European Scientific Journal (ESJ)*, vol.15, n°30, Octobre 2019, pp.256-277
3. Diawara, H; Maïga, F; Ballo, A; Mallé, K. S. (2019). Evaluation des zones à risque d'inondation sur les berges du fleuve niger dans le district de
4. Bamako, *Rev. Sc. Env. Univ.*, Lomé (Togo), 2019, n° 16, vol. 1, pp 193-208
5. Direction Nationale de la Protection Civile. (2013). *Stratégie Nationale pour la Réduction des Risques de Catastrophes au Mali*,
6. Donat M.G., Peterson T.C., Brunet M., et al., (2013). Changes in extreme temperature and precipitation in the Arab region: long-term trends and variability related to ENSO and NAO, *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.3707.
7. Faïhum, S. F. (2006). *Dynamique environnementale au niveau du bassin supérieur du fleuve Ouémé au Bénin : risques climatiques et modifications spatiales*. Mémoire de fin d'études de Master complémentaire en gestion des risques naturels, Université de Liège, (Belgique), 47p.
8. GIEC. (2007): *Bilan 2007 des changements climatiques: Rapport de synthèse*. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (publié sous la direction de)]. GIEC, Genève, Suisse, 104 pages.
9. Grünewald, F. (2020). Catastrophes : qu'ont à dire les humanitaires ? *Annales des Mines*, n°98, PP 86-91
10. Gumbel E.J. (1958). *Statistics of extremes*. NY, États-Unis : Columbia University Press, 375p.
11. ILWAC, DNPC, AEDD, OSS. (2019). Gestion intégrée de la terre et de l'eau pour l'adaptation à la variabilité climatique et au changement

- climatique : Guide méthodologique de cartographie de la vulnérabilité face aux risques climatiques, 37 p
12. Mohammed A., Benchaben. (2016). Réflexions sur les variations pluviométriques de la région de Tiaret (Algérie Occidentale) durant La Période 1984 – 2015, *European Scientific Journal*, Edition vol.12, No.11. PP 498-508
 13. Omondi P.A., Awange J.L., Forootan E. (2013). Changes in temperature and precipitation extremes over the Great Horn of Africa region from 1961 to 2010, *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.3763.
 14. Ould Sidi Cheikh, M.A., Ozer, P., Ozer A. (2007). Risques d'inondation dans la ville de Nouakchott (Mauritanie). *Geo-Eco-Trop*, 31: 19-42.
 15. Ozer P., Bodart, C., Tychon, B. (2005). Analyse climatique de la région de Gouré, Niger oriental : récentes modifications et impacts environnementaux. *Cybergeo. Revue Européenne de Géographie*, 308
 16. Ozer P., Hountondji Y.C., Gassani J., Djaby B. & De Longueville F. (2014). Evolution récente des extrêmes pluviométriques en Mauritanie (1933-2010), In: *CAMBERLIN P. & RICHARD Y. (Eds.)*, Actes du 27e Colloque International de l'Association Internationale de Climatologie. Dijon, France : Université de Bourgogne, 394-400.
 17. Patuere J.E., Servat E., Kouamé B., Boyer J.F., Lubès H., Masson J.M. (1995). Manifestations de la sécheresse en Afrique de l'ouest non sahélienne. Cas de la Côte d'Ivoire, du Togo et du Bénin, *Sécheresse*, 6 (1)14-23.
 18. Programme ACP-UE de prévention des risques liés aux catastrophes naturelles. (2019). *Evaluation rapide des dommages, pertes et besoins post-inondation à Bamako (Rapid PDNA)*, Gouvernement du Mali, Rapport final
 19. Roudier, P., Mahé G. (2010). Calcul des pluies et débits classés sur le bassin du Bani (Mali) : une approche de la vulnérabilité des ouvrages et de la population depuis la sécheresse. *Hydrological Sciences Journal des Sciences Hydrologiques*, 55 (3), 351-363.
 20. Sanogo, Y.B. (2007). *Analyse de la variabilité pluviométrique, aux pas de temps quotidiens au Mali de 1936 à 2003*. Mémoire de DES Gestion des risques naturels, Université de Liège, (Belgique), 51p.
 21. Sene S., Ozer P. (2002). Evolution pluviométrique et relation inondations événements pluvieux au Sénégal, *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 42: 27-33

22. Servat E., Paturel J.E., Kouame B., Travaglio M., Ouedraogo M., Boyer J.F., Lubes-Niel H., Fritsch J.M., Masson F.J. et Marieu B. (1998). Identification, caractérisation et conséquences d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'ouest et centrale in: *Water Resources Variability in Africa during the XXth Century (Proceedings of the Abidjan'98 Conference held at Abidjan, Côte d'Ivoire, November 1998), IAHS Publ. no. 252.*
23. Sylla, M.B (2020). *Identification des risques climatiques rencontrés au Mali à court, moyen et long terme dans le cadre du Projet de Gestion des Risques Climatiques et d'Inondations (PGRCI) au Mali*, Agence de l'Environnement et du Développement Durable (AEDD), Rapport final
24. Tarhule, A. (2005). Damaging rainfall and flooding: the other sahel hazards. *Climatic Change*, 72: 355-377.
25. Touré, A. (2014). *Prévention et gestion des risques climatiques dans le delta central du Niger : analyse de la vulnérabilité de la commune urbaine de Mopti aux évènements pluviométriques et de hydriques extrêmes*. Travail de fin d'études de Master complémentaire en gestion des risques naturels, Université de Liège, (Belgique), 64p.
26. Vandiepenbeeck, M. (1997). Bilan climatologique saisonnier. Hiver 1997 : Une période de froid remarquable, *Ciel et Terre*, 113 : 65-66.

Webographie :

1. <https://rsis.ramsar.org/fr/ris/1365s> consulté le 07 Septembre 2021
2. <http://eujournal.org/index.php/esj/issue/view/376> consulté le 06 Septembre 2021



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Processus De Creation D'une Zone De Conservation De La Biodiversite Sur Le Barrage Hydroelectrique De Soubre, Sud-Ouest De La Côte D'ivoire

Yao Jean-Clovis Kouadio, Assistant

Abdoulaye Cissé, Assistant

Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Kouassi Bruno Kpangui, Maître Assistant

Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

Marie-Solange Tiébré, Professeur Titulaire

Djakalia Ouattara, Professeur Titulaire

Centre National de Floristique, Côte d'Ivoire

Kouakou Edouard N'Guessan, Professeur Titulaire

Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n40p56](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p56)

Submitted: 26 June 2021

Accepted: 01 October 2021

Published: 30 November 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Kouadio Y.JC., Cisse A., Kpangui B. K., Tiebre M., Ouattara D., & N'Guessan E. K., (2021). *Processus De Creation D'une Zone De Conservation De La Biodiversite Sur Le Barrage Hydroelectrique De Soubre, Sud-Ouest De La Côte D'ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(40), 56.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p56>

Résumé

Cette étude a pour objectif de montrer l'importance de la participation des communautés locales à la réussite d'un projet de création de zone de conservation de la biodiversité. La mise en place de ladite zone a nécessité la formation des autorités et communautés locales sur les services écosystémiques. Cette formation a permis une meilleure implication des communautés à la gestion durable des ressources. Ainsi, 20 représentants ont servi de personnel d'appui pour les travaux d'aménagement et de restauration du site. L'état initial de la flore et la végétation a été évalué. L'analyse des données a mis en évidence la présence de 346 espèces végétales réparties en 262 genres et 89 familles. Parmi celles-ci il a été enregistré 50 espèces prioritaires pour la conservation. Au sein des espèces utilitaires de la région, 13 sont plus importantes. Cependant, six d'entre elles sont moins abondantes

dans la zone de conservation de biodiversité. La caractérisation de la flore initiale a guidé dans le choix des espèces de reboisement pour la restauration. Ainsi, les espèces prioritaires pour la conservation et celles désignées importantes pour la population ont été privilégiées au cours de la restauration. Les résultats obtenus renseignent d'une part sur les outils d'acceptation sociale et les niveaux d'implication de la communauté locale d'un projet de mise en place d'une zone de conservation de biodiversité et d'autre part sur l'importance de la caractérisation de la flore initiale.

Mots clés: Biodiversité, Conservation, Restauration, Soubré, Côte d'Ivoire

Process For the Creation of a Biodiversity Conservation Area on the Soubre Hydroelectric Dam, Southwestern Ivory Coast

Yao Jean-Clovis Kouadio, Assistant

Abdoulaye Cissé, Assistant

Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Kouassi Bruno Kpangui, Maître Assistant

Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

Marie-Solange Tiébré, Professeur Titulaire

Djakalia Ouattara, Professeur Titulaire

Centre National de Floristique, Côte d'Ivoire

Kouakou Edouard N'Guessan, Professeur Titulaire

Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Abstract

This paper focuses on showing the importance of the participation of local communities in the success of a project to create a biodiversity conservation area. The establishment of this zone required the training of local authorities and communities on ecosystem services. This training allowed for a better involvement of the communities in the sustainable management of resources. Twenty (20) community representatives served as support staff for the development and restoration of the site. The initial state of the flora and vegetation was assessed. The analysis of the data revealed the presence of 346 plant species divided into 262 genera and 89 families. Of these, 50 priority species for conservation were recorded. Of the utilitarian species of the region, 13 are more important. Six of them are less abundant in the biodiversity conservation area. The characterisation of the initial flora guided the selection of reforestation species for restoration. Priority species for conservation and those designated as important for the population were favoured during the restoration. The results obtained provide information, on the one hand, on the

tools for social acceptance and the levels of involvement of the local community of a project to set up a biodiversity conservation area and, on the other hand, on the importance of characterizing the initial flora.

Keywords: Biodiversity, Conservation, Restauration, Soubré, Côte d'Ivoire

Introduction

La couverture forestière de la Côte d'Ivoire s'est considérablement dégradée au cours des dernières années. De 16 millions d'hectares de forêts au début du 20^{ème} siècle (Lanly, 1969), les superficies résiduelles de forêts ne représentent plus qu'environ 3,4 millions d'hectares en 2015 (FAO-REDD+, 2016).

L'agriculture, principale base du développement économique de la Côte d'Ivoire, qui reste extensive et consommatrice de terres forestières est l'une des causes directes de la perte de la couverture forestière (Konan, 2008). Parallèlement aux causes directes, il existe d'autres facteurs qui impactent négativement le couvert forestier national. On peut noter le développement des infrastructures (routes, barrages hydroélectriques...) et le développement minier avec la pratique de l'orpillage clandestin qui détruit les forêts et pollue les cours d'eau (MINEF, 2020).

Avec la croissante démographique et l'immigration des populations de la sous-région vers les terres forestières, les pressions sur les forêts seront de plus en plus fortes si l'Etat ne s'engage pas fortement dans la sauvegarde de la forêt. Ainsi, pour inverser cette tendance à la dégradation, aux assemblées des nations unies sur le changement climatique en 2014 à New York, l'Etat de Côte d'Ivoire s'est engagé dans une transition vers une agriculture zéro déforestation à partir de 2017. Par la suite, il a adopté une politique de préservation, de réhabilitation et d'extension des forêts le 23 mai 2018 (Communiqué du conseil des ministres du 23 mai 2018). Pour mettre en œuvre cette politique, une stratégie nationale a été élaborée. L'objectif national de cette stratégie revient en la reconstitution du couvert forestier d'au moins 20% du territoire national à l'horizon 2045, tout en améliorant les conditions de vie des populations par la création d'emplois verts et la restauration des sols (MINEF, 2020). Pour atteindre cet objectif, l'Etat a engagé différents acteurs à fournir davantage d'efforts pour la sauvegarde des forêts. Ainsi, il a encouragé d'une part les agriculteurs à la pratique de l'agroforesterie et d'autre part, les communautés à la création de réserves naturelles volontaires et les entreprises au développement de stratégies et politiques vis-à-vis de la biodiversité. Ainsi, les entreprises devraient prendre en compte l'environnement dans la planification ou le développement des projets en vue d'assurer la protection de l'environnement et la conservation des milieux de vie. C'est dans ce cadre que pendant la mise en œuvre du projet de construction du barrage hydroélectrique de Soubré sur le fleuve Sassandra par le promoteur

CI-ENERGIE, un espace de 200 ha a été dédié à la création d'une zone de conservation de la biodiversité. Les aménagements nécessaires et la restauration qui en ont suivi ont permis de disposer d'une zone de conservation de la biodiversité. Malheureusement le processus de mise en place reste peu documenté et mal connu. La question principale est de savoir comment convaincre les populations à céder une partie de leurs terres face à une demande accrue de terres cultivables. De cette question découlent les questions de recherche subsidiaires. Quels ont été les outils d'acceptation sociale du projet ? Quels sont les aménagements nécessaires à la création d'une zone de biodiversité ?

La présente étude tente d'apporter des éléments de réponse à ces différentes questions. Son objectif général est de montrer l'importance de l'implication des communautés locales à la réussite d'un projet de création de zone de biodiversité. De façon spécifique il s'agit d'une part d'identifier les outils d'acceptation sociale du projet et d'autre part de situer les niveaux d'implication des communautés locales.

Matériel et méthodes

La zone de conservation de la biodiversité est située dans la région de la Nawa. Le chef-lieu de région est la ville de Soubré. Elle a été mise en place dans le cadre de l'implémentation du Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES) du projet de construction du barrage hydroélectrique de Soubré afin de compenser les impacts sur la perte de la biodiversité. Elle est précisément en aval immédiat du barrage hydroélectrique et constitue un continuum écologique de 200 ha repartit sur les rives gauche et droite du fleuve Sassandra (**Figure 1**).

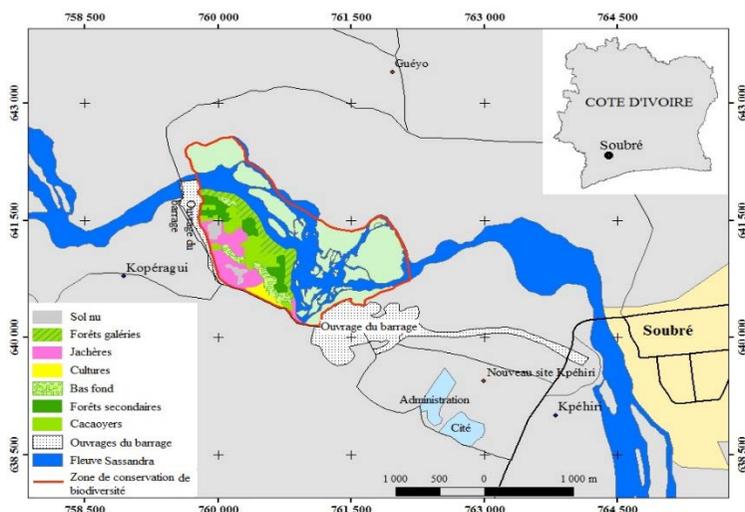


Figure 1. Présentation du site de conservation de la biodiversité

Au cours du processus de création de ladite zone, plusieurs activités ont été menées. Ces activités ont débuté par la formation des autorités administratives locales et les populations sur les biens et services rendus par les écosystèmes. Cette formation s'est achevée par le recrutement d'un personnel d'appui au nombre de 20 personnes issues des différents villages. Ces derniers ont suivi des séances de formation aux processus de création d'une zone refuge de biodiversité et d'une pépinière.

Quant aux activités d'aménagement du site, avec l'aide du personnel d'appui, elles ont débuté par la réalisation du layon de délimitation et du sentier botanique suivant différentes curiosités botaniques. Par la suite, une collecte de semences a été entreprise dans le réservoir du barrage bien avant la mise en eau. Les semences collectées (graines et plantules) ont servi à la réalisation d'une pépinière.

Afin d'évaluer, à l'état initial, la composition floristique de la végétation de la zone, deux techniques de relevés de terrain ont été utilisées. Il s'agit du relevé de surface et du relevé itinérant. Ces deux types de relevés sont complémentaires. Le relevé de surface a consisté à délimiter des placettes de 20 m x 20 m (400 m²) chacune dans les différents types de biotopes rencontrés. A l'intérieur de chaque placette, il a été identifié d'abord le type de végétation. Par la suite, toutes les espèces de plantes rencontrées ont été inventoriées. Les relevés itinérants n'ont concerné que les espèces non rencontrées dans les relevés de surface. Les espèces observées, dans ce deuxième type d'inventaire, ont été notées et des échantillons récoltés pour compléter la liste floristique générale.

Afin de tenir compte de leur avis dans le choix des espèces devant servir au reboisement, une enquête ethnobotanique a été réalisée auprès des populations riveraines de la zone de conservation de biodiversité. Elle a porté sur l'identification des plantes utilitaires de la région. Les personnes ressources identifiées pour mener à bien cette étude étaient composées de praticiens de la médecine traditionnelle et des personnes disposant des connaissances locales sur les plantes.

Méthodologie d'analyse des données

Richesse et composition floristique : Pour chacune des espèces inventoriées, il a été associé la famille, le genre, le type biologique et la répartition phytogéographique. Toutes les espèces ont été identifiées grâce aux travaux de Aké-Assi (1984) et de Lebrun & Stork (1991-2015). La nomenclature adoptée pour l'actualisation des noms et familles est celle d'APG IV (2016). Par la suite, les espèces ont été classées en épiphytes (Ep), géophytes (G), hémicryptophytes (H), thérophytes (Th), chaméphytes (Ch) et phanérophytes. Ce dernier groupe comprend les nanophanérophytes (np), arbrisseau de 0,25 à 2 m de hauteur ; les microphanérophytes (mp), arbuste de

2 à 8 m de hauteur ; les mésophanérophyles (mP), arbre de 8 à 30 m de hauteur ; et les mégaphanérophyles (MP), arbre de plus de 30 m de hauteur. En ce qui concerne la répartition phytogéographique, il s'agit de préciser comme l'on définit plusieurs auteurs dont Aké-Assi (1984), les espèces qui se rencontrent naturellement dans la région phytogéographique Guinéo-Congolaise (GC) ou dans la région phytogéographique Soudano-Zambézienne (SZ), ou à la fois dans ces deux régions phytogéographiques (GC-SZ) ou encore les espèces introduites (i). Pour l'endémisme, il a été distingué les endémiques aux blocs forestiers Ouest africains (GCW) parmi lesquelles celles qui sont propres au territoire ivoirien sont désignées par GCi (Aké-Assi, 2001 ; Aké-Assi, 2002 ; Poorter *et al.*, 2004). Les espèces endémiques aux forêts de la région phytogéographique de la Haute Guinée sont désignées par HG.

Enfin, la liste floristique obtenue a été croisée, en premier lieu, avec la liste des espèces utilitaires de la région obtenue à partir de l'enquête ethnobotanique afin de déceler leur disponibilité, en second lieu, avec la liste rouge de l'UICN (2018) et celle des espèces rares et menacées de Aké-Assi (1998). Ce travail a permis d'obtenir une liste complète des espèces qui renseigne toutes les informations nécessaires pour chaque espèce. Ainsi, les espèces endémiques GCW, GCi et HG et les espèces à statut de conservation selon UICN (2018) et Aké-Assi (1998) ont été considérées comme prioritaires pour la conservation dans la zone de biodiversité.

Valeur d'importance des espèces : La valeur d'importance (VI_{sp}) de l'espèce représente le rapport entre le nombre d'usages différents pour l'espèce (vi) et le nombre d'usages différents pour l'ensemble des espèces répertoriées ($\sum vi$). Elle se calcule selon la formule suivante:

$$VI_{sp} = \frac{vi}{\sum vi} \times 100$$

Cette valeur permet de mettre en exergue les espèces sollicitées dans plusieurs domaines et qui auraient de ce fait une importance dans la communauté.

Evaluation de la disponibilité des espèces : Elle a été évaluée à partir de l'indice de rareté des espèces. Cet indice se calcule en utilisant la formule suivante (Géhu & Géhu, 1980).

$$Ri = 1 - \left(\frac{ni}{N}\right) \times 100$$

Dans cette équation Ri représente l'indice de raréfaction d'une espèce i ; ni le nombre de parcelle où elle est rencontrée et N le nombre total de parcelles inventoriées.

Les espèces dont les indices de raréfaction sont inférieurs à 80% sont considérées comme préférentielles, très fréquentes et abondantes dans les zones étudiées. Celles dont les indices de raréfaction sont supérieurs à 80%, sont dites rares et donc fortement menacées d'extinction dans la localité.

Résultats

Personnes formées sur les biens et services écosystémiques

Plusieurs personnes ressources de la région ont été formées. Outre les autorités administratives, les représentants de tous les villages impactés y ont été impliqués. Un total de 105 personnes issues des communautés villageoises et 11 autorités administratives a été enregistré. La formation leur a permis de mieux comprendre l'intérêt de la conservation de la diversité biologique pour leur bien-être et les bienfaits d'une gestion durable des forêts afin qu'ils se convertissent en défenseur de la biodiversité dans leurs villages respectifs.

Aménagements effectués dans la zone de biodiversité

Un sentier botanique long de 2,24 km permet de pratiquer l'écotourisme au sein de la zone de biodiversité. Sur le parcours l'on rencontre des espèces prioritaires pour la conservation inscrites sur la liste rouge de l'UICN (2018) et la liste nationale Aké-Assi (1998) notamment *Copaifera salikounda* Heckel., *Milicia regia* (A. Chev.) C.C. Berg., *Nesogordonia papaverifera* (A. Chev.) Capuron ex N. Hallé (Annexe 1). Elles sont étiquetées pour faciliter leurs identifications par les visiteurs. Le sentier comporte également deux aires de repos équipées de tabourets qui sont des rondelles de tiges devant servir de banquettes pendant les séances de repos des visiteurs. Aussi, deux rangées de teck (*Tectona grandis* L. f.) permettent-elles de marquer les limites avec le domaine rural. Les individus sont espacés de 2,5 m sur les lignes et 5 m en interligne.

Plants produits pour le reboisement

Une pépinière composée de plants de teck et d'espèces prioritaires pour la conservation a été mise en place. On dénombre 2.300 plants de teck et 20.000 plants d'espèces à haute valeur d'usage et/ou d'espèces prioritaires pour la conservation selon UICN (2018). On peut citer en autres *Milicia regia* (A. Chev.) C.C. Berg (Moraceae), *Ricinodendron heudelotii* var. *Africanum* Baill. Pierre ex Heckel (Euphorbiaceae), *Xylopia aethiopica* (Dunal) A. Rich. (Annonaceae), *Tieghemella heckelii* (A. Chev.) Pierre ex Dubard (Sapotaceae), *Khaya ivorensis* A. Chev. (Meliaceae), *Blighia sapida* K.D. Koenig (Sapindaceae).

Végétation et flore initiale du site

Types d'habitats rencontrés : Les forêts galeries, les forêts secondaires, les formations marécageuses, les jachères et les espaces anciennement cultivés sont les principaux biotopes rencontrés. Les forêts galeries bordent les différents affluents du fleuve Sassandra. Leur composition floristique est souvent assez particulière. Selon leur niveau de conservation, l'on y rencontre des espèces caractéristiques telles que *Uapaca heudelotii* Baill., *Uapaca guineensis* Müll. Arg., *Macaranga* spp, *Napoleonaea vogelii* Hook. & Planch. et *Pterocarpus santalinoides* L'Hér. ex DC. Les forêts secondaires se rencontrent entre les plantations cacaoyères et en arrière-plan

des galeries forestières. Des espèces telles que *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. et *Piptadeniastrum africanum* (Hook. f.) Brenan se rencontrent dans la strate supérieure. La strate secondaire est représentée par des espèces héliophiles telles que *Musanga cecropioides* R. Br., *Ficus exasperata* Vahl, *Sterculia tragacantha* Lindl. La strate basse compte des herbacées et d'autres espèces comme *Chromolaena odorata* (L.) R.M. King & H. Rob., *Solanum rugosum* Dunal, *Trema orientalis* (L.) Blume. Les formations marécageuses se rencontrent dans les zones de bas fond sur sols hydromorphes. Certaines de ces formations végétales peuvent être qualifiées de forêt à *Raphia* compte tenu de l'abondance des individus de cette espèce. Elles présentent un bon niveau de conservation. Les espèces les plus fréquentes de la strate supérieure sont: *Raphia hookeri* G. Mann & H. Wendl., *Mitragyna ledermannii* (K. Krause) Ridsdale et *Uapaca guineensis* Müll. Arg. La strate inférieure est dominée par *Alchornea cordifolia* (Schumach. & Thonn.) Müll. Arg, *Palisota hirsuta* (Thunb.) K. Schum., *Nephrolepis biserrata* (Sw.) Schott, et des rotins tels que *Laccosperma secundiflorum* (P. Beauv.) Kuntze et *Calamus deerratus* G. Mann & H. Wendl.. Les jachères constituent la formation végétale la plus abondante. On y rencontre de nombreuses espèces héliophiles. Quelques grands arbres tels que *Albizia adianthifolia* (Schumach.) W. Wight y sont rencontrés. Enfin, on rencontre des espaces anciennement cultivés. Il s'agit des plantations d'hévéa et de cacaoyers. On y observe une reprise de la végétation marquée par de jeunes pousses d'espèces comme *Antiaris toxicaria* var. *africana* Scott-Elliot ex A. Chev. var. *africana*, *Milicia excelsa* (Welw.) C.C. Berg, *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb., *Tetrapleura tetraptera* (Schumach. & Thonn.) Taub. et *Albizia adianthifolia* (Schumach.) W. Wight, etc.

Richesse et composition floristique : La présente étude a révélé la présence de 346 espèces végétales. Elles se répartissent en 262 genres et 89 familles. Les familles les plus riches en espèces sont celles des Fabaceae (25 espèces), Rubiaceae (22 espèces), Euphorbiaceae (19 espèces), Poaceae (17 espèces), et Moraceae (15 espèces).

Au total, 11 types biologiques ont été recensés sur le site du projet. Ce sont les Megaphanérophytes, Mesophanérophytes, Microphanérophytes, Nanophanérophytes, Chaméphytes, Thérophytes, Hemicryptophytes, Geophytes, Géophytes rhizomateux, Hydrophytes et les Hémicryptophytes pyrophytique. Les espèces Microphanérophytes (mp) sont les plus prépondérantes. Elles sont représentées par 158 espèces, soit 45,40 % des espèces.

L'ensemble de la zone de conservation est dominé par les espèces qui se rencontrent en région Guinéo-Congolaise (GC). Ces espèces représentent 58,04 % de toutes les espèces recensées. Elles sont suivies des espèces de la zone de transition (GC-SZ).

Espèces prioritaires pour la conservation : parmi les espèces recensées, 50 ont un statut de conservation (espèces endémique et espèces rares et menacées d'extinction) soit 14,36 % de la diversité (Annexe 1). On estime à 38 l'ensemble de celles qui sont endémiques (GCW, GCi, HG) dont 5 endémiques à la Côte d'Ivoire (GCi). Ce sont entre autres *Baphia pubescens* Hook. f., *Leptoderris miegei* Aké Assi & Mangenot, *Eugenia miegeana* Aké Assi. Les espèces endémiques à la zone de Haute-Guinée (HG) sont au nombre de 28. L'on a recensé 27 espèces endémiques appartenant au bloc forestier de l'Afrique de l'Ouest (GCW). A titre d'exemple, on peut citer *Rinorea subintegrifolia* (P. Beauv.) O. Ktze et *Tiliacora dinklagei* Engl. Les espèces menacées inscrites sur la liste rouge de l'UICN (2018) sont au nombre de 10. Elles sont toutes considérées comme vulnérables. Ce sont entre autres *Albizia ferruginea* (Guill. & Perr.) Benth., *Craibia atlantica* Dunn. Au plan national, 8 espèces recensées sont considérées comme des espèces rares et en voie d'extinction selon Aké-Assi (1998). Il s'agit entre autres de *Garcinia afzelii* Engl (Clusiaceae), *Maranthes robusta* (Oliv.) France (Chrysobalanaceae), *Pararistolochia mannii* (Hook.f.) Keay (Aristolochiaceae), *Milicia excelsa* (Welw.) Berg.

Catégories d'usage des espèces utilitaires citées par les populations

Les espèces utilitaires ont été rangées en plusieurs catégories d'usage. Ce sont, par ordre d'importance, l'usage médicinal (71 espèces), l'usage alimentaire (28 espèces), l'artisanat (20 espèces), le bois d'œuvre qui concerne 14 espèces (Figure 2). Divers autres usages tels que l'ornementation, le fourrage, insecticide, accessoires de pêche et de chasse, emballages sont également cités et concernent 11 espèces.

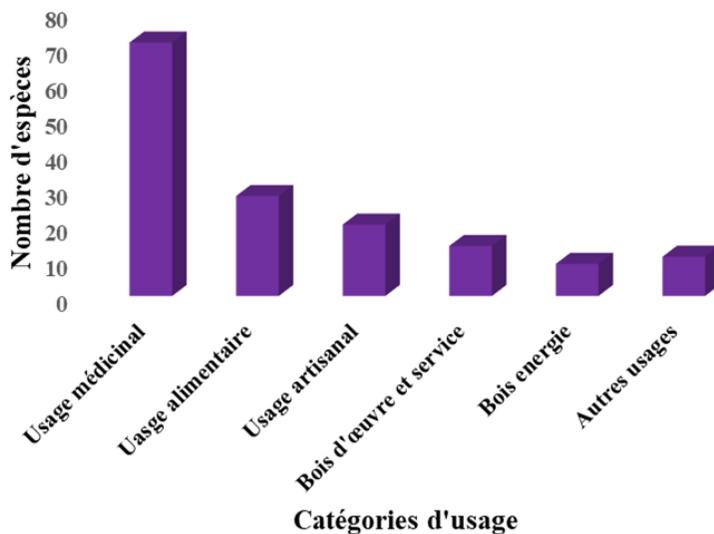


Figure 2. Répartition des espèces par catégories d'usage

Valeur d'importance des espèces utilitaires

Les valeurs d'importance de 13 espèces citées par les populations varient de 50 à 66,67% (Tableau 2). Ces espèces sont considérées comme les plus importantes pour les populations Elles sont utilisées au moins dans trois catégories d'usage. On a entre autres *Ricinodendron heudelotii* var. *Africanum* Baill. Pierre ex Heckel, *Elaeis guineensis* Jacq., *Theobroma cacao* Linn., *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Spondias mombin* L., *Napoleonaea vogelii* Hook. & Planch. *Nesogordonia papaverifera* (A. Chev.) Capuron ex N. Hallé, *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb., *Carpolobia lutea* G. Don, *Celtis zenkeri* Engl.

Disponibilité des plantes utilitaires importantes dans la zone de conservation de biodiversité

Parmi les espèces importantes, six (6) notamment *Ricinodendron heudelotii* var. *Africanum* Baill. Pierre ex Heckel, *Carpolobia lutea* G. Don sont moins abondantes dans la zone de conservation de biodiversité ; ce qui se traduit par leur indice de raréfaction supérieur à 80% (Tableau 1). Les plus abondantes sont entre autres *Elaeis guineensis* Jacq., *Theobroma cacao* Linn., *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.

Tableau 1. Valeur d'importance et disponibilité de quelques espèces dans la zone de conservation de biodiversité

N°	Taxons	Usage alimentaire	Usage médicinal	Usage artisanal	BOS	Bois énergie	Divers usages	VI	IR
1	<i>Ricinodendron heudelotii</i> var. <i>Africanum</i> Baill. Pierre ex Heckel	1	1	1		1		66,67	89,47
2	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	1	1	1				50,00	26,32
3	<i>Theobroma cacao</i> Linn.	1				1	1	50,00	57,89
4	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	1	1		1			50,00	68,42
5	<i>Spondias mombin</i> L.	1	1				1	50,00	73,68
6	<i>Napoleonaea vogelii</i> Hook. & Planch.	1	1	1				50,00	78,95
7	<i>Nesogordonia papaverifera</i> (A. Chev.) Capuron ex N. Hallé		1	1	1			50,00	78,95
8	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb.		1	1	1			50,00	78,95
9	<i>Carpolobia lutea</i> G. Don	1	1	1				50,00	84,21
10	<i>Celtis zenkeri</i> Engl.		1		1	1		50,00	84,21

N°	Taxons	Usage alimentaire	Usage médicinal	Usage artisanal	BOS	Bois énergie	Divers usages	VI	IR
11	<i>Carica papaya</i> L.	1	1				1	50,00	89,47
12	<i>Entandrophragma angolense</i> (Welw.) C. DC.		1	1	1			50,00	89,47
13	<i>Bombax buonopozense</i> P. Beauv.	1	1		1			50,00	94,74

Légende : VI : Valeur d'importance ; IR : Indice de rarefaction ; BOS : Bois d'œuvre et service

Restauration de la zone de conservation de biodiversité

Le processus de reboisement a permis de repiquer en terre 17.566 plantules sur une superficie totale dégradée de 29 ha. La priorité a été portée dans un premier temps sur les espèces prioritaires pour la conservation selon l'UICN (2018) et Aké-Assi (1998) et dans un second temps sur les espèces utilitaires les plus importantes pour les populations riveraines.

Discussion

La formation et la sensibilisation des populations sur les biens et services écosystémiques a permis de faciliter l'acceptation sociale du projet. Ayant compris l'importance d'une aire protégée pour leur bien-être, les populations ont libéré les emprises du site afin que les activités d'aménagement soient mises en œuvre. Aussi, elles se sont-elles constituées d'une part en personnel d'appui pour aider les experts à bien accomplir leurs tâches et d'autre part en éco-garde pour la surveillance. Leur soutien a permis en premier lieu d'exécuter les tâches nécessitant de la main d'œuvre comme la collecte et production de plants en pépinière. En second lieu, leur appui a été nécessaire pour le planting de reboisement. Le choix des espèces à statut particulier et à haute valeur d'importance pour les populations pour le reboisement permettrait d'accroître la valeur écologique du site au cours de sa reconstitution. L'appui des éco-gardes issus des communautés locales a été déjà expérimenté dans le cadre de la mise en place de la Réserve naturelle volontaire de la Dodo dans le département de Grand Béréby (Kouadio *et al.*, 2018).

La flore initiale de la zone de conservation de biodiversité demeure riche avec 346 espèces réparties en 262 genres et 89 familles. Cette richesse floristique va dans le même ordre de grandeur que la richesse floristique de la zone de compensation écologique d'Agbaou Gold Operation dénommée réserve forestière Dekpa d'Agbaou (Vroh *et al.*, 2014). Cette grande richesse observée peut se justifier par la diversité des biotopes inventoriés. En effet, l'on rencontre des espaces anciennement cultivés avec leur cortège d'espèces rudérales, des jachères riches en espèces pionnières, des zones marécageuses

et des forêts galeries, qui abritent des espèces particulièrement adaptées à la vie au contact de l'eau. Aussi, la région dont est issue la zone de conservation de biodiversité et qui abrite le Parc National de Taï est connue comme le centre de gradients de diversités floristiques en Côte d'Ivoire (Kouamé *et al.*, 2004).

La dominance des familles des Fabaceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae est une caractéristique propre à l'ensemble des forêts ivoiriennes selon plusieurs travaux (Nusbaumer *et al.*, 2005; N'Da *et al.*, 2008; Kouamé *et al.*, 2010; Vroh, 2013). Ces familles généralement de type Guinéo-Congolais et se développant dans les forêts denses humides (Kouamé, 2009), justifient d'une part la forte proportion des espèces qui se rencontrent en région Guinéo-Congolaise (GC). D'autre part, la dominance des espèces de la région Guinéo-Congolaise (GC) est une preuve que cette zone appartient bien à la région Guinéo-Congolaise (Tiokeng *et al.*, 2015). Cependant, leur proportion reste encore faible comparé au taux d'endémisme de 80% à 90% que la flore de cette région phytogéographique devrait avoir (Solefack *et al.*, 2018). La zone de conservation de biodiversité constitue un refuge d'espèces prioritaires pour la conservation en ce sens qu'elle regorge une concentration d'espèces rares et/ou menacées d'extinction, ainsi que des espèces endémiques. En ce qui concerne les espèces rares et/ou menacées, 6 des 14 espèces (soit 42,86 %) menacées de la flore ivoirienne ont été rencontrées sur le site de conservation. Ces résultats confirment l'importance de la zone pour la conservation de la flore endémique et menacée de cette région. Quant aux espèces endémiques, on y rencontre les 3 catégories signalées par Alonso *et al.* (2005) à savoir les espèces endémiques à l'Afrique de l'Ouest, les espèces endémiques ivoiriennes et les espèces « sassandriennes ». Ces dernières caractérisent la végétation comprise entre les fleuves Sassandra et Cavally. La présence de ces espèces endémiques témoigne d'un milieu relativement conservé (Adou Yao, 2005) et signe d'une grande biodiversité. Cette forte présence serait le fait de certains biotopes tels que les formations sur les îles qui ont échappées aux activités anthropiques du fait de leur accès difficile avant la construction du barrage. Aussi, l'on noterait-il la présence de quelques reliques de forêts secondaires épargnées par les populations qui auraient abrité ces espèces pendant la mise en place des plantations cacaoyères.

En ce qui concerne les espèces utilitaires, les populations en ont identifié plusieurs dans différents domaines. Certaines espèces sont utilisées à la fois dans plusieurs domaines. Ce qui fait d'elles des espèces à haute valeur d'importance pour les populations. La rencontre d'espèces à multiple usages dans une région révèle le savoir traditionnel élevé des populations (Makumbelo *et al.*, 2008). Cette caractéristique dévolue à ces plantes repose sur leurs organisations biologiques complexes (Ozenda, 2007). En effet, elles produisent divers organes dont chacun pourrait être utilisé en réponse à un besoin spécifique des communautés rurales. Ces espèces végétales constituent

des moyens de subsistance eu égard aux valeurs sociales et économiques attachées à chacune d'elle (Neffati *et al.*, 2016).

La rareté de certaines plantes utilitaires importantes dans la zone de conservation de biodiversité serait due à leur grande sollicitation et leur mode de prélèvement. Ce dernier se fait dans la plupart des cas par écorçage et coupe de racines et tiges. Ces modes de prélèvement couplés à l'intensité de prélèvement leur rendraient hautement vulnérable (Makumbelo *et al.*, 2008). En effet, il existe d'une part, une relation manifeste entre la partie de la plante exploitée et la régénération des espèces et d'autre part, entre le mode de prélèvement et l'intensité de prélèvement sur la régénération des espèces (Dossou *et al.*, 2012). Ainsi, il est important de sensibiliser les populations sur les techniques rationnelles de prélèvement des organes des plantes afin de ne pas entamer la possibilité de bénéficier durablement des services de ces plantes à haute valeur d'importance.

Des auteurs reconnaissent que la valeur d'importance d'une plante peut expliquer sa préservation et l'attribution d'une place spéciale dans le système de gestion du terroir (Guillemette, 2014). Ainsi, pour éviter la perte de ces ressources, ces espèces ont constitué une priorité dans le choix des espèces de reboisement afin d'enrichir la zone de conservation de biodiversité en espèces utilitaires de première nécessité pour les populations.

Conclusion

L'étude menée dans la zone de conservation de biodiversité du barrage hydroélectrique de Soubré a permis de mettre en évidence l'impact du séminaire de formation et de sensibilisation des populations sur l'importance de la gestion et de la conservation de la biodiversité du site vue les biens et les services rendus par les écosystémiques de manière générale. Elle aurait facilité l'acceptation sociale du projet de gestion durable des ressources naturelles. Aussi, l'implication des communautés locales aux différentes étapes du processus a-t-elle été d'un atout important. Le bon déroulement des travaux a permis de restaurer les sites dégradés de la zone avec 17.566 plantules pour une superficie totale dégradée de 29 ha. Le but étant d'améliorer la valeur écologique de la zone de conservation de biodiversité qui regorge plusieurs biotopes riches de 346 espèces végétales réparties en 262 genres et 89 familles. Au sein de ces espèces, 50 détiennent un statut de conservation. En ce qui concerne les espèces utilitaires de la région, 13 sont plus importantes. Cependant, six d'entre elles sont moins abondantes dans la zone de conservation de biodiversité. Ce sont ces dernières et celles à statut de conservation qui ont été priorisées au cours de la restauration.

Annexe

Annexe 1. Liste des espèces à statut particulier

N°	Espèces	Familles	Endémisme	Statut UICN (2018)	Statut Aké-Assi (1998)
1	<i>Afzelia bella</i> var. <i>gracilior</i> Keay	Fabaceae	GCW		
2	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth.	Fabaceae		VU	
3	<i>Ancistrocladus barteri</i> Sc. Elliot	Ancistrocladaceae	GCW/HG		
4	<i>Baissea zygodioides</i> (K. Schum.) Stapf	Apocynaceae	HG		
5	<i>Baphia pubescens</i> Hook. f.	Fabaceae	GCi		
6	<i>Brachystegia leonensis</i> Burt Davy & Hutch.	Fabaceae	GCW/HG		
7	<i>Bussea occidentalis</i> Hutch.	Fabaceae	HG		
8	<i>Chassalia afzelii</i> (Hiern) K. Schum.	Rubiaceae	GCW		
9	<i>Cissus miegei</i> Tchoumé	Vitaceae	GCi/HG		
10	<i>Cola caricifolia</i> (G. Don) K. Schum.	Malvaceae	GCW/HG		
11	<i>Combretum comosum</i> G. Don	Combretaceae	GCW		
12	<i>Copaifera salikounda</i> Heckel	Fabaceae	GCW/HG	VU	
13	<i>Craibia atlantica</i> Dunn	Fabaceae		VU	
14	<i>Croton scarciesii</i> Scott-Elliot	Euphorbiaceae	GCW		
15	<i>Dialium aubrevillei</i> Pellegr.	Fabaceae	GCW/HG		
16	<i>Dichapetalum toxicarium</i> (G. Don) Baill.	Dichapetalaceae	HG		
17	<i>Dictyophleba leonensis</i> (Stapf) Pichon	Apocynaceae	GCW		
18	<i>Diospyros heudelotii</i> Hiern	Ebenaceae	GCW/HG		
19	<i>Entandrophragma angolense</i> (Welw.) C. DC.	Meliaceae		VU	
20	<i>Entandrophragma cylindricum</i> (Sprague) Srague	Meliaceae		VU	
21	<i>Euadenia eminens</i> Hook. f	Capparaceae	GCW/HG		
22	<i>Eugenia gabonensis</i> Amshoff	Myrtaceae	GCi		
23	<i>Garcinia afzelii</i> Engl.	Clusiaceae		VU	PRE
24	<i>Hibiscus comoensis</i> A. Chev. ex Hutch. & Dalziel	Malvaceae	GCi/HG		PRE
25	<i>Isolona cooperi</i> Cooper & Record ex Hutch. & Dalziel	Annonaceae	GCW/HG		
26	<i>Lannea nigrifolia</i> (Sc. Elliot) Keay var. <i>pubescens</i> Keay	Anacardiaceae			PRE
27	<i>Leptoderris miegei</i> Aké Assi & Mangenot	Fabaceae	GCi/HG		
28	<i>Maranthes robusta</i> (Oliv.) France	Chrysobalanaceae			PRE
29	<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C. Berg	Moraceae			PRE

N°	Espèces	Familles	Endémisme	Statut UICN (2018)	Statut Aké-Assi (1998)
30	<i>Milicia regia</i> (A. Chev.) C.C. Berg	Moraceae	GCW/HG	VU	PRE
31	<i>Millettia lane-polei</i> Dunn	Fabaceae	GCW/HG		
32	<i>Millettia lucens</i> (Scott- Elliot) Dunn	Fabaceae	GCW/HG		
33	<i>Mitragyna ledermannii</i> (K. Krause) Ridsdale	Rubiaceae		VU	
34	<i>Mussaenda chippii</i> Wernham	Rubiaceae	GCW/HG		
35	<i>Myrianthus libericus</i> Rendle	Urticaceae	HG		
36	<i>Nesogordonia papaverifera</i> (A. Chev.) Capuron ex N. Hallé	Malvaceae		VU	
37	<i>Neuropeltis prevosteoides</i> Mangenot	Convolvulaceae	GCW/HG		
38	<i>Pararistolochia mannii</i> (Hook.f.) Keay	Aristolochiaceae			PRE
39	<i>Penianthus zenkeri</i> (Engl.) Diels	Mennispermaceae	GCW		
40	<i>Platysepalum hirsutum</i> (Dunn) Hepper	Fabaceae	GCW/HG		
41	<i>Rinorea subintegrifolia</i> (P. Beauv.) Kuntze.	Violaceae	GCW		
42	<i>Salacia lateritia</i> N. Hallé	Celastraceae	HG		
43	<i>Sherbournia calycina</i> (G.Don) Hua	Rubiaceae	GCW/HG		
44	<i>Strychnos dinklagei</i> Gilg	Loganiaceae	GCW/HG		
45	<i>Tiliacora leonensis</i> (Scott-Elliot) Diels	Mennispermaceae	GCW		
46	<i>Triclisia patens</i> Oliv.	Mennispermaceae	GCW/HG		
47	<i>Urera keayi</i> Letouzey	Urticaceae	HG		
48	<i>Uvaria ovata</i> subsp. <i>afzeliana</i> (DC.) Keay	Annonaceae			PRE
49	<i>Uvariadendron occidentale</i> Le Thomas	Annonaceae	GCW/HG	VU	
50	<i>Xylia evansii</i> Hutch.	Fabaceae	GCW/HG		

Légende: **GCi** : taxon endémique à la Côte d'Ivoire ; **GCW** : taxon endémique du bloc forestier à l'ouest du Togo, comprenant le Ghana, la Côte d'Ivoire, le Libéria, la Sierra Léone, la Guinée, la Guinée Bissau, la Gambie et le Sénégal ; **HG** : taxon de la haute guinée ; **PRE** : plantes rares, devenues rares et en voie d'extinction ; **VU** : vulnérable.

References :

1. Adou Yao, C. Y. (2005). Pratiques paysannes et dynamiques de la biodiversité dans la forêt classée de Monogaga (Côte d'Ivoire), Thèse de Doctorat unique, département Hommes Natures Sociétés, MNHN, Paris, France. 248p.
2. Aké-Assi, L. (1984). Flore de la Côte d'Ivoire : Etude descriptive et biogéographique avec quelques notes ethnobotaniques. Thèse de Doctorat d'Etat, Faculté des Sciences et Techniques, Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire). 1206p.

3. Aké-Assi, L. (1998). Impact de l'exploitation forestière et du développement agricole sur la conservation de la biodiversité biologique en Côte d'Ivoire. *Le flambloyant* 46 : 20 – 21.
4. Aké-Assi, L. (2001). Flore de Côte d'Ivoire 1, catalogue systématique, biogéographie et écologie. Conservatoire et Jardin Botaniques, Genève, Suisse. 396pp.
5. Aké-Assi, L. (2002). Flore de la Côte d'Ivoire 2, catalogue systématique, biogéographie et écologie. Conservatoire et Jardin Botanique, Genève, Suisse. 441p.
6. Alonso, L. E., Lauginie, F., & Rondeau, G. (2005). Une évaluation biologique de deux forêts classées du sud-ouest de la Côte d'Ivoire (pp. 91 – 100), Conservation International, Washington D.C, USA.
7. APG IV (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181: 1–20.
8. Dossou, M. E., Houessou, G. L., Lougbégnon, O. T., Tenté, A. H. B., & Codjia, J. T. C. (2012). Ethnobotanical study of ligneous species in Agonvè swampy forest and surrounding area in Benin. *Tropicultura* 30(1) : 41 - 48.
9. FAO-REDD+ (2016). Données forestières de base pour la REDD+ en Côte d'Ivoire : cartographie de la dynamique forestière de 1986 à 2015, rapport d'étude. 32pp.
10. Géhu, J. M., & Géhu, J. (1980). Essai d'objection de l'évaluation biologique des milieux naturels. Exemples littoraux. In Géhu J.M. (Eds.). *Séminaire de Phytosociologie Appliquée* (pp. 75-94), Amicale Francophone de Phytociologie, Metz, France.
11. Guillemette, E. (2014). Caractérisation et suivi des attributs multiressources de la Forêt habitée du Massif dans un contexte d'aménagement durable. Rapport de Maîtrise en science forestière, Université de Laval, Québec, Canada. 65 pp.
12. Konan, K. E. (2008). Conservation de la diversité végétale et activités humaines dans les aires protégées du sud forestier ivoirien : l'exemple du Parc National d'Azagny. Thèse Unique Université d'Abidjan-Cocody, Côte d'Ivoire. 210pp.
13. Kouadio, Y. J-C., Soiret, K. S. P., Kpan, W. B., Yao, N. O., N'guessan, K. E., Kouassi, K. P., & Gomez, P. J. (2018). Valeur de conservation de la Réserve Naturelle Volontaire (RNV) de la Dodo, Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest), *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 12(6) : 2784-2796

14. Kouamé, D., Adou Yao, C. Y., Nandjui, A., & N'Guessan, E. K. (2010). Le rôle de l'éléphant dans la germination des graines de *Irvingia gabonensis* (Irvingiaceae), *Balanites wilsoniana* (Balanitaceae), *Parinari excelsa* (Chrysobalanaceae) et *Sacoglottis gabonensis* (Humiriaceae) en forêt tropicale : cas du Parc National d'Azagny. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 4(5) : 1442 – 1454.
15. Kouamé, D. (2009). Rôle des animaux frugivores dans la régénération et la conservation des forêts : cas de l'éléphant (*Loxodonta africanacyclotis* Matschié, 1900) dans le Parc National d'Azagny (Sud-est de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire. 215pp.
16. Kouamé, N. F., Kouadio, K. E., Kouassi, K., & Poorter, L. (2004). Floristic diversity of closed forests in Côte d'Ivoire. In Poorter L, Bongers F, Kouame FN. & Hawthorne W. (Eds.). *Biodiversity of West African forests: an ecological atlas of woody plant species* (pp. 53-60), Colophon, Wageningen.
17. Lanly, J. P. (1969). Régression de la forêt dense en Côte-d'Ivoire. *Bois et forets des tropiques* 127(127) : 45 - 59.
18. Lebrun, J. P., & Stork, A. L. (1991-2015). Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale. Conservatoire et Jardin Botaniques de la ville de Genève, 4 volumes. <https://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/recherche.php?langue=fr>
19. Makumbelo, E., Lukoki, L., Paulus, J. J. S. J., & Luyindula, N. (2008). Stratégie de valorisation des espèces ressources des produits non ligneux de la savane des environs de Kinshasa : II. Enquête ethnobotanique (aspects médicaux). *Tropicultura* 26(3) : 129 - 134.
20. MINEF (2020). Stratégie nationale de préservation, de réhabilitation et d'extension des forêts, 52p
21. N'Da, D., Adou Yao, 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* 4(3) : 552 – 579.
22. Neffati, M., Sghaier, M., & Labbene, Y. (2016). Analyse de la vulnérabilité des écosystèmes et des moyens de subsistance (Livelihoods) des populations au changement climatique en zones arides et désertiques de la région MENA. Rapport principal, Centre national de documentation, Rabat, Maroc. 202 pp
23. Nusbaumer, L., Gautier, L., Chatelain, C., & Spichiger, R. (2005). Structure et composition floristique de la Forêt Classée du Scio (Côte d'Ivoire), Etude descriptive et comparative. *Candollea* 60 (2) : 393 – 443.

24. Ozenda, P. (2007). Les végétaux : organisation et diversité biologique. Ed. Dunod, Grenoble, France. 528pp.
25. Poorter, L., Bongers, F., Kouamé, F. N., & Hawthorne, W. D. (2004). Biodiversity of West African Forests: An Ecological Atlas of Woody Plant Species. CABI Publishing, Netherland, Pays-Bas, 521pp.
26. Solefack, M. C. M., Temgoua, L. F., Fedoung, E., & Djouba, R. Z. (2018). Végétation et spectres fonctionnels de la galerie forestière de Koupa Matapit (Ouest-Cameroun). *GeoEco-Trop* 42 (1) : 147 – 158.
27. Tiokeng, B., Mapongmetsem, P., Nguetsop, V. F., & Tacham, W. N. (2015). Biodiversité floristique et régénération naturelle sur les Hautes Terre de Lebialem (Ouest Cameroun). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 9(1) : 56 – 68.
28. UICN (2018). IUCN Red List of Threatened Species. [Online] Available: <http://www.iucnredlist.org> (Avril 2018)
29. Vroh, B. T. A. (2013). Evaluation de la dynamique de la végétation dans les zones agricoles d'Azaguié (Sud-Est, Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire. 208pp.
30. Vroh B. T. A., Tiébré, M-S., Ouattara, D., & N'Guessan, K. E. (2014). La réserve forestière Dékpa d'Agbaou, un exemple de conservation de la diversité végétale sur les sites miniers de la Côte d'Ivoire, *International Journal of Innovation and Applied Studies* 6(2) : 162-171



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Etude Comparative des Toxicités Cellulaires et Aigües de *Ageratum conyzoides* L. et de *Acanthospermum hispidum* DC

Camara Djeneb,

Université Félix Houphouët Boigny, Ufr Biosciences, Laboratoire de Botanique, Abidjan, Côte d'Ivoire
Université de Grenoble Rhone alpes, Laboratoire TimC Imag, Domaine de la Merci, La Tronche cedex-France

Yapi Adon Basile,

Université Félix Houphouët Boigny, Ufr Biosciences, Laboratoire de Botanique, Abidjan, Côte d'Ivoire

Fofié N'guessan Bra Yvette,

Université Félix Houphouët Boigny, UFR Sciences Pharmaceutiques Et Biologiques, Laboratoire De Pharmacognosie, Botanique Et Cryptogamie, Côte d'Ivoire

Ouattara Katinan Etienne,

Zirihi Guédé Noël,

Université Félix Houphouët Boigny, Ufr Biosciences, Laboratoire de Botanique, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n40p74](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p74)

Submitted: 30 July 2021
Accepted: 16 August 2021
Published: 30 November 2021

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

Cite As:

Djeneb C., Basile Y.A., Yvette B.N.F., Etienne O.K & Noël Z.G., (2021). *Etude Comparative des Toxicités Cellulaires et Aigües de Ageratum conyzoides L. et de Acanthospermum hispidum DC*. European Scientific Journal, ESJ, 17(40), 74.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p74>

Résumé

Dans la recherche de nouveaux traitements thérapeutiques contre les maladies endémiques et récurrentes ; et dans le but de rassurer la population sur l'utilisation des médicaments à base de plantes, une étude toxicologique de deux adventices médicinales ivoiriennes : *Ageratum conyzoides* et *Acanthospermum hispidum*, a été faite. Cette étude consistait à la mise en évidence de la toxicité cellulaire sur les cellules humaines HFF et la toxicité aiguë sur des souris, des extraits éthanoliques 70 % de ces deux plantes. L'extrait éthanolique 70 % de *A. hispidum* n'est pas toxique, ni pour les

cellules humaines aux concentrations de 125 à 1000 µg/mL, ni pour les souris aux doses de 0-45 000 mg/kg/Vo. Aucun signe de changement de comportement n'a été observé à ces mêmes doses. Par contre, l'extrait éthanolique 70 % de *A. conyzoides* est légèrement toxique sur les cellules HFF en prolifération à 1000 µg/mL (taux de viabilité de 40 %). Cet extrait ne présente pas de toxicité sur les souris à des doses inférieures à 15 000 mg/kg/Vo. Cependant aux doses supérieures à 15 000 mg/kg/Vo bien qu'aucune mortalité de souris n'a été observée, des troubles symptomatiques, des difficultés motrices, une dyspnée et une somnolence chez les souris traitées ont été constatés. Ainsi, ces deux adventices ne présentent pas de toxicité avérée, ce qui justifie leur utilisation dans la médecine traditionnelle.

Mots clés: *Acanthospermum hispidum*, *Ageratum conyzoides*, Cellules HFF, Toxicité

Comparative Study of Cellular and Acute Toxicity of *Ageratum conyzoides* L and *Acanthospermum hispidum* CD

Camara Djeneb,

Université Félix Houphouet Boigny, Ufr Biosciences, Laboratoire de
Botanique, Abidjan, Côte d'Ivoire

Université de Grenoble Rhone alpes, Laboratoire TimC Imag, Domaine de la
Merci, La Tronche cedex-France

Yapi Adon Basile,

Université Félix Houphouet Boigny, Ufr Biosciences, Laboratoire de
Botanique, Abidjan, Côte d'Ivoire

Fofié N'guessan Bra Yvette,

Université Félix Houphouet Boigny, UFR Sciences Pharmaceutiques Et
Biologiques, Laboratoire De Pharmacognosie, Botanique Et Cryptogamie,
Côte d'Ivoire

Ouattara Katinan Etienne,

Zirihi Guédé Noël,

Université Félix Houphouet Boigny, Ufr Biosciences, Laboratoire de
Botanique, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

Due to the search for new therapeutic treatments against endemic and recurrent diseases, and in order to reassure the population about the use of herbal medicines, a toxicological study of two Ivorian medicinal weeds, *Ageratum conyzoides* and *Acanthospermum hispidum*, was carried out. This study focuses on the demonstration of cellular toxicity on human HFF cells

and acute toxicity on mice, i.e., ethanolic 70 % extracts of the two plants. The ethanolic 70 % extract of *A. hispidum* is not toxic, neither to human cells at concentrations of 125 to 1000 µg / mL nor to mice at doses of 0-45.000 mg/kg/vo. No signs of behavioral change were seen at these same doses. On the other hand, the ethanolic 70 % extract of *A. conyzoides* is slightly toxic on proliferating HFF cells at 1000 µg/mL (viability rate of 40 %). This extract does not exhibit toxicity in mice at doses of less than 15,000 mg/kg/Vo. At doses above 15.000 mg/kg/Vo, although no mouse mortality was observed, symptomatic disturbances, motor difficulties, dyspnea, and drowsiness in the treated mice were observed. These two weeds do not exhibit proven toxicity, which justifies their use in traditional medicine.

Keywords: *Acanthospermum hispidum*, *Ageratum conyzoides*, HFF cells, toxicity

Introduction

Les difficultés liées au traitement de diverses pathologies, en occurrence, l'asthme, le diabète, la diarrhée, la fièvre typhoïde, l'hypertension artérielle, le paludisme, l'hémorroïde, et qui sont en train de dévaster notre monde, ont contraints nombreux scientifiques à rechercher des thérapeutiques nouvelles, moins onéreuses et faciles d'accès, dans l'arsenal des plantes du patrimoine commun (N'Guessan, 2008). Ainsi, dans le but de contribuer à la réduction de la mortalité liée à certaines affections et à leurs facteurs de risques, l'OMS encourage, dans son rapport AFR/RC57/7, les pays africains à soutenir et à financer la recherche en y intégrant la médecine traditionnelle (OMS, 2007). C'est dans ce souci qu'une enquête ethnobotanique menée, a permis de découvrir deux espèces de plantes qualifiées de mauvaises herbes (*Ageratum conyzoides* L. et *Acanthospermum hispidum* DC.), d'une grande efficacité, souvent sollicitées en médecine traditionnelle, par les tradithérapeutes du district d'Abidjan, dans le traitement de ces pathologies courantes et difficiles à éradiquer (Yapi *et al.*, 2015). Si les effets thérapeutiques de ces plantes ont déjà fait l'objet de diverses études (Anani *et al.*, 2000 ; Kamanzi *et al.*, 2002 ; Fleischer *et al.*, 2003 ; Hoffman *et al.*, 2004 ; Gafon *et al.*, 2012 ; Camara *et al.*, 2019), aucune étude toxicologique à la fois sur les cellules humaines et les souris s'y rapportant n'a jamais été menée, à notre connaissance. Ekundayo *et al.* (1988), dans leurs travaux, se sont intéressés à l'étude cytotoxique de *A. conyzoides* uniquement. De même, Diarra (2006) s'est intéressé seulement à la toxicité aiguë de *A. hispidum* dans ses travaux. Or, l'étude de la toxicité d'une substance implique divers aspects. Selon Lapointe (2004), la cytotoxicité est la propriété d'un agent chimique ou biologique à être toxique pour les cellules, allant éventuellement jusqu'à leur destruction. La toxicité aiguë est celle qui provoque la mort d'un organisme

vivant ou de très graves troubles physiologiques après un court délai suivant l'absorption unique ou répétée d'une dose assez importante d'un composé nocif. D'après Bismuth *et al.* (1987), les intoxications aiguës représentent la première cause d'hospitalisation dans des pays développés et la deuxième cause de mortalité des individus de moins de 30 ans dans les pays en voie de développement. Ainsi, l'Homme est constamment exposé à la toxicité des produits auxquels il est en contact, surtout les médicaments. Il est donc indispensable que les essais de toxicité accompagnent les essais d'activités biologiques au cours de la sélection de nouvelles molécules, (Bismuth *et al.*, 1987). Pour parvenir à des médicaments traditionnels améliorés, il est donc nécessaire d'assurer une préparation médicamenteuse correcte et sécurisée avant leurs mises à la disposition des patients. Pour cette raison, il convient de vérifier la toxicité aiguë et la toxicité cellulaire de la matière première employée pour la mise au point des médicaments. C'est ainsi que ces deux Asteraceae (*Ageratum conyzoides* L. et *Acanthospermum hispidum* DC.) à usages thérapeutiques traditionnels multiples et à activités pharmacologiques diverses, ont été retenues pour des tests de toxicité aiguë et de cytotoxicité.

1- Matériel et méthodes

1.1 Matériel

1.1.1 Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué des rameaux feuillés de *Ageratum conyzoides* L. et *Acanthospermum hispidum* DC. Ces rameaux feuillés ont été récoltés dans le District d'Abidjan pour la préparation des extraits végétaux.

1.1.2 Matériel animal

Les animaux utilisés dans cette étude étaient constitués de 60 souris blanches de souche suisses (mâles et femelles) pesant 18-20 g. Ces animaux ont été fournis par l'animalerie de l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de l'Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY. Ces souris ont été utilisées pour les tests de la toxicité aiguë.

Une lignée de cellule humaine HFF (Human Foreskin Fibroblast) a été également utilisée. Elle a été fournie par le Laboratoire Adaptation et Pathogénie des Microorganismes (LAPM) de Grenoble en France. Ce sont des cellules humaines issues de prépuce de nouveaux-nés. Elles ont la particularité de former un tapis cellulaire après plusieurs jours de culture (96 heures), on dit alors qu'elles sont confluentes, elles arrêtent de se diviser par inhibition de contact. Lorsque ces cellules sont en culture depuis seulement 24 heures, elles sont dans un état de mitose (ou cellules en division). Ces cellules ont été utilisées pour apprécier la cytotoxicité.

I.2 Méthodes

I.2.1 Préparation de l'extrait

Les rameaux feuillés des deux Asteraceae, *Ageratum conyzoides* L. et *Acanthospermum hispidum* DC., récoltés et débarrassés de tous débris, ont été rincés à l'eau et séchés séparément à l'abri du soleil. Après séchage, chaque échantillon a été réduit en poudre fine grâce à un broyeur électrique. Cent grammes (100 g) de poudre de chaque drogue ont été homogénéisés dans un 1 litre d'une solution éthanol-eau (70/30) dans un Blender (Mixer) de marque Life's Superb (LS-317) à la température ambiante. L'homogénat obtenu est filtré successivement sur un carré de tissu blanc, sur du coton hydrophile puis sur du papier Watman. Après trois cycles d'extraction (extraction par épuisement), le volume du filtrat final de chaque drogue a été mis à l'étuve réglée à 50 °C pour éliminer le solvant d'extraction (Basile *et al.*, 2015). L'évaporat sec de chaque drogue est récupéré sous forme de poudre et constitue l'extrait hydro-éthanolique 70 % de chaque plante.

I.2.2. Réalisation des tests de cytotoxicité

L'étude de la toxicité a été inspirée de la méthode de Mossman (1983). Les deux types de cellules HFF (confluentes et en division) utilisées, ont été cultivés à 37 °C, sous 5 % de CO₂ dans un milieu D10 (Dulbecco Minimum Essential Medium, Gibco) additionné de sérum de veau fœtal 10 % ; glutamine 1 % ; pénicilline 50 U.mL⁻¹ et streptomycine 50 µg.µL⁻¹.

Pour mesurer la cytotoxicité de l'extrait éthanolique, les cellules HFF ont été ensemencées dans des plaques de 96 puits (CellStar) à raison de 3000 à 5000 cellules par puits dans 100 µL de milieu D10. Par la suite, elles ont été exposées pendant 24 heures à différentes concentration (0 - 1000 µg/mL) en extrait de plante solubilisé dans du tampon PBS. Cela a été fait en triplicate. La viabilité a été déterminée à l'aide du bromure de 3-(4,5-diméthylthiazol-2-yl)-2,5-diphényl tétrazolium (MTT). L'anneau de tétrazolium qu'il contient est réduit en formazan par la succinate déshydrogénase mitochondriale des cellules métaboliquement actives, qui précipite et donne une couleur violette. La quantité du précipité formé est proportionnelle au nombre de cellules vivantes. Dans chaque puits, le MTT est ajouté à une concentration de 500 µg/mL et incubé pendant 3 heures à 37 °C. Les cristaux de formazan sont solubilisés dans du diméthylsulfoxyde (DMSO) 10 mM. La mesure de la densité optique à 544 nm a été faite à l'aide d'un spectrophotomètre Safir (Tecan). Cette mesure de l'absorbance a permis de déterminer la quantité relative de cellules vivantes et actives métaboliquement. Les résultats ont été exprimés en pourcentage de viabilité par rapport au contrôle sans extrait de plante à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Taux viabilité} = (\text{Abs}_{544 \text{ nm}} \text{ extrait} / \text{Abs}_{544 \text{ nm}} \text{ témoin}) \times 100$$

I.2.3. Etude de la toxicité aigüe

La détermination de cette toxicité s'est faite selon la méthode de Lichtfield et Wilcoxon (1949). Les 60 souris utilisées, ont été mises à jeûn pendant 12 heures avant les tests. Elles ont été acclimatées pendant une semaine avant le début de l'expérience. Elles ont été logées dans des cages en aluminium de taille moyenne et ont été réparties en 6 lots de 10 souris chacun dont un lot témoin. Les cages ont été placées dans une salle bien aérée. Cinq doses d'extrait éthanolique de chacune des deux plantes : *Ageratum conyzoides* et *Acanthospermum hispidum*, ont été testées (9000, 11250, 15000, 22500 et 45000 mg/kg de poids corporel). Ce qui correspondait à des concentrations respectives de 300, 375, 500, 750 et 1500 mg/mL. Les souris de chaque lot-test ont reçu une concentration donnée par gavage gastrique à raison de 10 mL/kg de poids corporel tandis que les souris du lot témoin n'ont reçu que de l'eau distillée à raison de 10 mL/kg de poids corporel. Deux heures plus tard, les souris ont eu droit à une alimentation normale. Le taux de mortalité et tous les signes cliniques de toxicité au sein de chaque lot ont été notés. Les souris sont observées à 1 heure, 2 heures, 4 heures, 12 heures, 24 heures, 2 jours, 3 jours, 6 jours et 12 jours.

Certains paramètres sont évalués :

- la dose maximale tolérée (DMT) ;
- la dose létale 100 % (DL₁₀₀) ;
- la dose létale 50 % (DL₅₀).

Ce dernier paramètre tient compte de : la DL₁₀₀ ; la moyenne de la somme des morts entre 2 doses successives ; la différence entre 2 doses successives et la moyenne du nombre d'animaux utilisés par lot. La formule de Karber et Berhens (1935) est utilisée pour le calcul de la DL₅₀ :

$$DL_{50} = DL_{100} - \frac{\sum (a \times b)}{n}$$

- DL₁₀₀ = dose minimum toujours mortelle
- \sum = moyenne de la somme des morts entre 2 doses successives
- a = différence entre 2 doses successives
- b = la moyenne du nombre d'animaux utilisés par lot
- n = moyenne d'animaux utilisés

Le comportement des souris est observé à ces différents temps, les troubles symptomatiques suivant sont recherchés : difficultés motrices ; toiletteage ; somnolence ; dyspnée ; mort.

II. Résultats

II.1. Activité cytotoxique

La Figure 1 montre l'effet de l'extrait éthanolique 70 % de *Ageratum conyzoides* sur la viabilité des cellules humaines HFF. Pour les cellules confluentes, on observe au début de l'expérience une augmentation du pourcentage de survie des cellules de 100 % à 128 % à une concentration de

125 $\mu\text{g/mL}$ avant de constater une baisse du pourcentage de survie des cellules à 97 % à une concentration de 1000 $\mu\text{g/mL}$. Pour les cellules en prolifération, on observe une baisse du pourcentage de viabilité de 60% à la concentration en extrait de plante de 1000 $\mu\text{g/mL}$. Lorsque, les cellules sont en prolifération, *A. conyzoides* a un effet négatif sur la viabilité cellulaire. Par contre, pour les cellules en arrêt de mitose (confluentes), *A. conyzoides* à un effet positif sur la viabilité cellulaire. On en déduit que l'extrait éthanolique 70 % de *A. conyzoides* n'est pas toxique sur les cellules humaines HFF en arrêt de mitose mais il est toxique pour les cellules humaines HFF en mitose aux concentrations testées.

Les résultats des tests de toxicité de l'extrait éthanolique 70 % de *Acanthospermum hispidum* sur les cellules HFF, sont résumés à la Figure 2. Pour les cellules confluentes comme les cellules en prolifération, on observe au début de l'expérience, une baisse du taux de survie des cellules à 84 % pour les cellules confluentes et à 62 % pour les cellules en prolifération à une concentration de 125 $\mu\text{g/mL}$ d'extrait, puis on constate une légère augmentation du pourcentage de survie des cellules à 93 % pour les cellules confluentes et à 81 % pour les cellules en prolifération à une concentration de 1000 $\mu\text{g/mL}$ d'extrait. On en déduit que l'extrait éthanolique 70 % de *A. hispidum* montre peu d'effet toxique sur les cellules humaines aux concentrations étudiées.

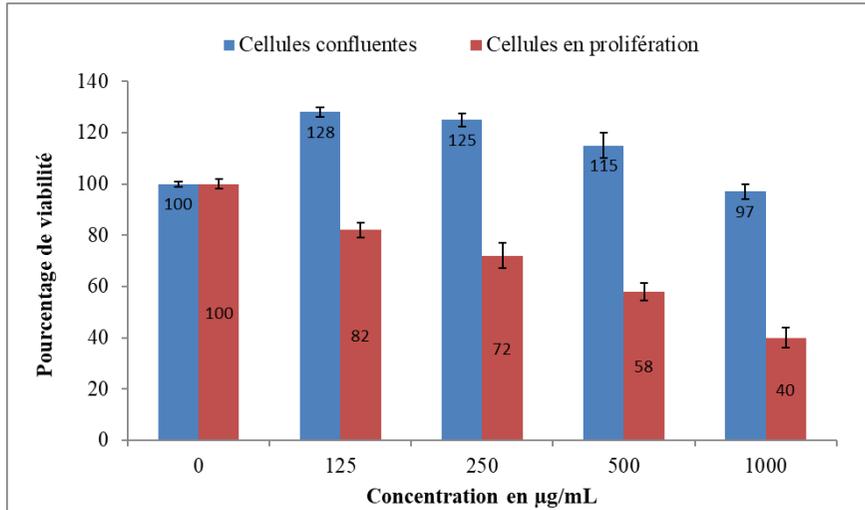


Figure 1. Effet de différentes concentrations en extrait éthanolique de *A. conyzoides* sur la viabilité des cellules humaines HFF.

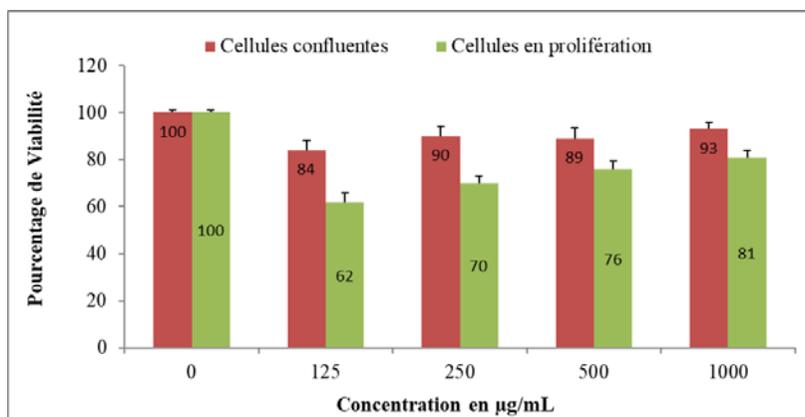


Figure 2. Effet de différentes concentrations en extrait éthanolique de *A. hispidum* sur la viabilité des cellules humaines HFF.

II.2. Toxicité aiguë

II.2.1. Détermination de la DL₅₀

L'étude de la toxicité aiguë, après l'administration séparée par voie orale des extraits éthanoliques de *Ageratum conyzoides* et de *Acanthospermum hispidum* aux différents lots de souris, n'a enregistré aucune mort. La plus forte concentration d'extrait éthanolique administrée étant de 1500 mg/mL à raison de 10 mL/kg de poids corporel, soit une dose maximale de 45000 mg/kg de poids corporel. L'absence de décès de souris traitées n'a pas permis de déterminer la DL₅₀ (Tableau 1 et 2).

Tableau 1. Observation des caractéristiques toxicologiques après gavage séparé des souris avec l'extrait éthanolique de *Ageratum conyzoides*

	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Lot 4	Lot 5	Lot 6
Substance administrée	Eau Distillée	Extrait	Extrait	Extrait	Extrait	Extrait
Concentration (mg/mL)	0,6mL/20g	300	375	500	750	1500
Dose correspondante (mg/Kg/Vo)	00	9000	11250	15000	22500	45000
Nombre de souris par lot	10	10	10	10	10	10
Nombre de souris mortes	00	00	00	00	00	00
Mortalité (%)	00	00	00	00	00	00

Tableau 2. Observation des caractéristiques toxicologiques après gavage séparé des souris avec l'extrait éthanolique de *Acanthospermum hispidum*.

	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Lot 4	Lot 5	Lot 6
Substance administrée	Eau Distillée	Extrait	Extrait	Extrait	Extrait	Extrait

Concentration (mg/mL)	0,6mL/20g	300	375	500	750	1500
Dose correspondante (mg/Kg/Vo)	00	9000	11250	15000	22500	45000
Nombre de souris par lot	10	10	10	10	10	10
Nombre de souris mortes	00	00	00	00	00	00
Mortalité (%)	00	00	00	00	00	00

II.2.2. Evaluation des paramètres comportementaux

• De 0 à 15000 mg/kg/Vo

Les doses administrées par voie orale jusqu'à 15000 mg/kg/Vo, n'ont provoqué chez les souris aucun changement de comportement. Aucun signe de toxicité telle qu'une diminution de la sensibilité à la douleur ou au bruit ou à la locomotion n'a été observé (Tableau 3 et 4).

Tableau 3. Effets des extraits éthanoliques de *Ageratum conyzoides* sur quelques paramètres physiologiques chez les souris au cours du temps. Doses < 15000 mg/kg/Vo

Souris avec extrait entre 0 - 15000 mg/kg/Vo									
Période	1h	2h	4h	12h	24h	2j	4j	6j	12j
Motricité	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Toilettage	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Somnolence	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Dyspnée	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Mort	00	00	00	00	00	00	00	00	00

N= Normale

Tableau 4. Effets des extraits éthanoliques de *Acanthospermum hispidum* sur quelques paramètres physiologiques chez les souris au cours du temps. Doses < 15000 mg/kg/Vo

Souris avec extrait entre 0 - 15000 mg/kg/Vo									
Période	1h	2h	4h	12h	24h	2j	4j	6j	12j
Motricité	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Toilettage	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Somnolence	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Dyspnée	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Mort	00	00	00	00	00	00	00	00	00

N= Normale

• De 15000 mg/kg/Vo à 45000 mg/kg/Vo

Aux différentes doses de cet intervalle, l'administration par voie orale de l'extrait éthanolique 70 % de *Ageratum conyzoides* a provoqué des troubles symptomatiques : des difficultés motrices, une dyspnée et une somnolence accrue chez les souris traitées. Au bout de 12 heures ces troubles symptomatiques disparaissent (Tableau 5).

Cependant, pour l'extrait éthanolique 70 % de *Acanthospermum hispidum*, aux différentes doses de cet intervalle, l'administration par voie orale de l'extrait n'a provoqué aucun trouble symptomatique (Tableau 6).

Tableau 5. Effets de l'extrait éthanolique de *Ageratum conyzoides* sur quelques paramètres physiologiques chez les souris au cours du temps. Doses > 15000 mg/kg/Vo

Souris avec extrait entre 15000 mg/kg/Vo et 45 000 mg/Kg/Vo									
Période	1h	2h	4h	12h	24h	2j	4j	6j	12j
motricité	R	R	R	N	N	N	N	N	N
Toilettage	D	D	D	N	N	N	N	N	N
Somnolence	Au	Au	Au	N	N	N	N	N	N
Dyspnée	Au	Au	Au	N	N	N	N	N	N
Mort	00	00	00	00	00	00	00	00	00

N= Normale ; D=diminué ; R=réduit ; Au= Augmenter

Tableau 6. Effets de l'extrait de *A. hispidum* sur quelques paramètres physiologiques chez les souris au cours du temps. Doses > 15000 mg/kg/Vo

Souris avec extrait entre 15000 mg/kg/Vo et 45 000 mg/Kg/Vo									
Période	1h	2h	4h	12h	24h	2j	4j	6j	12j
motricité	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Toilettage	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Somnolence	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Dyspnée	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Mort	00	00	00	00	00	00	00	00	00

N= Normale

III. Discussion

Ageratum conyzoides L. et *Acanthospermum hispidum* DC., deux plantes de la famille botanique des Asteraceae et qualifiées de plantes envahissantes, sont très sollicitées dans le traitement de nombreuses maladies récurrentes.

La présente étude a révélé que l'extrait éthanolique 70 % de *A. hispidum* ne présente pas de nocivité avérée sur les cellules humaines HFF étudiées à 1000 µg/mL. Par contre, l'extrait éthanolique 70 % de *A. conyzoides* présente des effets légèrement toxiques sur les cellules humaines HFF en prolifération mais augmente l'activité de celles qui ne se divisent plus. Le test MTT permet de visualiser l'activité d'une enzyme mitochondriale : la succinate déshydrogénase (SDH). La SDH est une enzyme qui intervient dans la respiration mitochondriale, lorsque dans une cellule, la SDH est très active, cela implique que la cellule est métaboliquement très active (Béné, 2017). *A. hispidum* a très peu d'effet sur la viabilité cellulaire, puisque le pourcentage de viabilité a faiblement varié. Ce qui révèle l'innocuité de l'extrait éthanolique 70% de *A. hispidum* sur les cellules HFF. En effet, selon les travaux de Coularie (2012), lorsque la viabilité cellulaire est supérieure à 30 %, la substance testée n'est pas toxique. Toutefois, cette viabilité cellulaire

diminue davantage avec l'augmentation de la concentration de l'extrait. L'extrait éthanolique 70 % de *A. conyzoides* quant à lui, provoque une augmentation du taux de viabilité pour les cellules confluentes. Dans ce cas précis, on suppose alors que la SDH des cellules confluentes est activée d'où une activité métabolique augmentée, qui se traduit par la hausse de la viabilité cellulaire. En outre, la forte baisse du taux de viabilité des cellules en prolifération observée avec cet extrait végétal, suppose la présence dans l'extrait de molécules qui bloquent la mitose. Toutefois, *A. conyzoides* ne présente pas de nocivité notoire puisqu'avec les deux types de cellules, on n'observe pas une variation de la viabilité cellulaire en dessous de 30 % (Coularie, 2012). Nos résultats sont conformes à ceux de Ekundayo *et al.* (1988). Selon ces auteurs, *A. conyzoides* a un effet toxique sur les cellules en division alors qu'elle n'agit pas sur les cellules en fin de mitose.

D'après les résultats de l'étude de toxicité aiguë, on peut dire qu'avec les concentrations de l'extrait éthanolique de *A. hispidum* utilisées, aucune toxicité n'a été observée car aucune mort n'a été enregistrée au niveau des souris, même à la dose la plus élevée. La DL₅₀ n'a pas pu être déterminée, car la dose la plus élevée n'a entraîné aucun décès. Cependant avec l'extrait éthanolique de *A. conyzoides*, aux doses supérieures à 15000 mg/kg/vo, des troubles symptomatiques, des difficultés motrices, une dyspnée et une somnolence ont été observés chez les souris traitées ; ces résultats sont en adéquation avec la toxicité cellulaire de *A. conyzoides*. Diarra (2006) avait montré que l'extrait aqueux de *A. hispidum* pris par voie orale n'est pas toxique pour les souris.

Conclusion

L'étude a porté sur l'évaluation de la toxicité cellulaire et de la toxicité aiguë des extraits éthanoliques de deux Asteraceae : *Ageratum conyzoides* L. et *Acanthospermum hispidum* DC. L'extrait éthanolique de *A. hispidum* n'est ni toxique pour les cellules HFF, ni pour les souris. Aucun signe de toxicité du point de vue comportemental n'a été observé. Cependant, l'extrait éthanolique de *A. conyzoides* présente un effet légèrement toxique sur les cellules humaines HFF lorsque celles-ci sont en prolifération. Certes, les doses des extraits supérieures à 15000 mg/kg/vo n'ont causé aucune mortalité des souris, mais ces doses ont provoqué des troubles symptomatiques, des difficultés motrices, une dyspnée et une somnolence chez les souris traitées avec l'extrait éthanolique de *A. conyzoides*. Cette étude pourrait être mise à profit pour le développement de médicaments traditionnels améliorés efficaces pouvant traiter certaines maladies récurrentes telles que le paludisme, les kystes ovariens, les pertes blanches, les maladies de la peau dans la limite des doses sûres.

Remerciements

Nous remercions le Programme d'Appui Stratégique à la Recherche Scientifique (PASRES) de la Côte d'Ivoire et l'Académie des Sciences, des Arts, des Cultures d'Afrique et des Diasporas Africaines pour les financements accordés pour la réalisation des travaux de recherche qui ont aboutis aux résultats publiés.

Références

1. Anani, K., Hudson, J. B., De Souza, C., Akpagana, K., Tower, G. H. N., Amason, J. T., & Gbeassor, M. (2000). Investigation of medicinal plants of Togo for antiviral and antimicrobial activities. *Pharmaceutical. Biology*, 38 (1) : 40-45.
2. Basile, A. Y., Goueh, G., Djeneb, C., & Guédé, N. Z. (2015). Etude botanique, evaluation de l'activite antifongique des feuilles de *Acanthospermum hispidum* DC., (Asteraceae) sur la croissance *in vitro* de *Candida albicans* et etude de la toxicite sur les cellules humaines HFF. *European Scientific Journal*, 11 (30) : 225 – 237.
3. Béné, K. (2017). Plantes médicinales du Gontougo (District du Zanzan, Côte d'Ivoire) : inventaire, évaluation des activités pharmacologiques de deux plantes et formulation d'une pommade dermatologique à partir de l'extrait hydroalcoolique de *Bersama abyssinica* fresen. (Melianthaceae). Thèse Unique de Doctorat, UFR Biosciences, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, Abidjan, Côte d'Ivoire, 198p.
4. Bismuth, C., Band, F., Conse, F., Fréjaille, P. P., & Garnier, R. (1987). Toxicologie clinique. Flammarion Medicine Science, Paris, 956 p.
5. Camara, D., Coulibaly, K., Yapi, A. B., Bene, K., & Zirihi, G. N. (2019). Botanical study, antiparasitic activity on *Toxoplasma gondii* and cytotoxicity of *Ageratum conyzoides* and *Synedrella nodiflora*, two medicinal Asteraceae. *European Journal of Pharmaceutical and Medical Research*, 6 (6): 103-109.
6. Coularie, M. P. (2012). Etude phytochimique et pharmacologique de plantes de Nouvelle-Calédonie à potentialités anti-dengue. Thèse en chimie des substances naturelles, Université de la Nouvelle-Calédoine, Nouméa, 290p.
7. Diarra, Y. (2006). Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Acanthospermum hispidum* DC. (Asteraceae) et *Curculigo pilosa* Schum. et Thonn. (Hypoxidaceae), deux plantes utilisées dans le traitement traditionnel de l'hypertrophie bénigne de la prostate (HBP). Thèse de doctorat d'Etat, Université de Bamako, URF FMPOS, 143 p.

8. Ekundayo, O., Laakso, I., & Hiltunen, R. (1988). Essential oil of *Ageratum conyzoides*. *Planta Medica*, 54 (1): 55-57.
9. Fleischer, T. C., Ameade, E. P., & Sawyer, I. K. (2003). Antimicrobial activity of the leaves and flowering tops of *Acanthospermum hispidum*. *Fitoterapia*, 74 : 130-132.
10. Ganfon, H., Bero, J., Alembert, T., Tchinda, A. T., Fernand, G., Gbenou, J., Moudachirou, M., Michel, F. M., & Quetin-Leclercq, J. (2012). Antiparasitic activities of two sesquiterpenic lactones isolated from *Acanthospermum hispidum* DC. *Journal of Ethnopharmacology*, 141 : 411-417.
11. Hoffman, B. R., Delasalas, H., Blanco, K., Wiederhold, N., Lewis, R. E., & Williams, L. (2004). Screening of antibacterial and antifungal activities of ten medicinal plants from Ghana. *Pharmaceutical Biology*, 42 (1): 13-17.
12. Kamanzi, A. K., Koné, M., Terreaux, C., Traoré, D., Hostettmann, K., & Dosso, M. (2002). Evaluation of the antimicrobial potential of medicinal plants from the Ivory Coast. *Phytotherapy. Research*, 16: 497-502.
13. Karber, C. & Brehrens, B. (1935). Wiesind Reihenversuche fur biologische Auswertungen am Zweckmässigst en Anzuordnen? *Archiv fur Experimentelle Pathologie und Pharmakologie*, 177 : 379-388.
14. Lapointe, G. (2004). Notions de toxicologie. Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec (CSST), 2^{ème} édition revue et augmentée, 69 p.
15. Lichtfield, J. F. & Wilcoxon, F. A. (1949). A simplified method of evaluation doses effects experiments. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 95 : 99-113.
16. Mossman, T. (1983). Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assay. *Journal of immunological Methods*, 65 : 55-63
17. N'Guessan, K. (2008). Plantes médicinales et pratiques médicales traditionnelles chez les peuples Abbey et Krobou du Département d'Agboville (Côte d'Ivoire), Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, Spécialité Ethnobotanique, Université de Cocody-Abidjan (Côte-d'Ivoire), UFR Biosciences, Laboratoire de Botanique, N° d'ordre : 561/2008, 335 p.
18. O.M.S. (2007). Prévention et contrôle du diabète : une stratégie pour la région africaine de l'OMS. Comité régional de l'Afrique. Cinquante-septième session Brazzaville, République du Congo, 27-31 Août 2007, 8p.
19. Yapi, A. B., Kassi, N. J., Fofié, N. B. Y., & Zirihi, G. N. (2015). Etude ethnobotanique des Asteraceae médicinales vendues sur les marchés

du district autonome d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(6): 2633-2647.



Modelling and Optimizing the Removal of Methylene Blue by a Mixture of Titaniferous Sand and Attapulgite Using Complete Factorial Design

*Kalidou Ba,
Alpha Ousmane Toure,
El Hadji Moussa Diop,
Falilou Mbacke Sambe,
Codou Guéye Mar Diop,*

Laboratory Water-Energy-Environment-Industrials Processes
Ecole Supérieure Polytechnique (ESP), Cheikh Anta DIOP University of
Dakar-Fann, Senegal

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n40p1](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p1)

Submitted: 02 August 2021
Accepted: 27 October 2021
Published: 30 November 2021

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

Cite As:

Ba K., Toure A.O., Diop E. H.M., Sambe M.F., & Diop C.G.M., (2021). *Modelling and Optimizing the Removal of Methylene Blue by a Mixture of Titaniferous Sand and Attapulgite Using Complete Factorial Design*. European Scientific Journal, ESJ, 17(40), 1.
<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p1>

Abstract

This paper focuses on the removal of methylene blue by adsorption using a mixture of titaniferous sand and attapulgite. The different adsorbents were characterized by X-ray fluorescence spectroscopy and their different parameters such as pH, zero charge potential, and specific surface area were determined. The experiments performed were optimized and modeled by a full 2-level and 4-factor design. The four factors are the ratio of titaniferous sand and attapulgite, the concentration of methylene blue, pH, and time. These vary from 4 to 19, 20 to 100 mg/L, 2 to 9, and 30 to 150 min respectively. The study of the effects of the different factors showed that the effect of methylene blue concentration and pH significantly influence the adsorption capacity and removal efficiency of the dye. The optimum parameters (adsorbent ratio, adsorbate concentration, pH and time) obtained for the adsorption capacity through the desirability function are: 19, 100mg/L, 9 and 150min. Those obtained for the yield are: 4, 100mg/L, 9, 150min. The pseudo second order adsorption kinetics gave an equilibrium adsorption capacity q_e (calculated) =

7.6863 mg/g which is almost equal to that obtained experimentally q_e (exp) = 7.3562 mg/g. This shows that the pseudo second order kinetic model is the adequate mathematical model to describe the methylene blue adsorption phenomenon on the mixture of titaniferous sand and attapulgite. The thermodynamic study showed that the methylene blue adsorption reaction is exothermic, non-spontaneous, and the degree of disorder of the particles at the adsorbing surface decreases.

Keywords: Factorial design, Adsorption, Methylene blue, Titanium sand, Attapulgite

Introduction

Effluents from textile industries contain highly toxic and non-biodegradable coloured organic molecules, which are released into the receiving environment, causing huge problems for the environment and human health (Oladipo et al., 2014; Venkataraghavan et al., 2020). Methylene blue is the most widely used dye in silk and cotton dyeing. Its inhalation and ingestion can cause breathing difficulties and burning sensation respectively (Karim et al., 2010; Taylor et al., 2015). Therefore, it is important to implement treatment methods to remove these dyes. Several remediation techniques have been implemented which includes physical, chemical, biological, conventional oxidation, and membrane processes (Aarfane et al., 2014; El-Sayed, 2011; Gürses et al., 2006). The major challenge of these different methods results on one hand from the difficulty to completely remove some recalcitrant molecules and on the other hand from the high cost of implementing these techniques (Abbaz et al., 2014). In recent years, adsorption on activated carbon seems to be the most studied and used process due to its efficiency and ease of implementation. This is why its disadvantages are mainly related to the problem of energy cost for its calcination and the problem of regeneration (Biophys et al., 2014; Ozer et al., 2012; Salem & El-maazawi, 2000). These major constraints have led to the reorientation of the application of this method with other adsorbents of natural origin, which are easier to handle and less expensive (Benguella & Yacouta-Nour, 2009; Bonetto et al., 2015; Gupt et al., 2020).

In this work, we report the use of full factorial design to carry out the experimental series, to develop more accurate models, and to optimize the different process variables. The adsorption process was optimized by varying four variables, namely the ratio of the two adsorbents, the pH of the solution, the initial concentration of MB, and the contact time. In addition, the study of kinetics and thermodynamics were also carried out to reveal the adsorption mechanism.

Material and Methods

Material

Adsorbate

The target pollutant in this study is methylene blue (MB), which is also known as tetramethylthionine hydrochloride. Methylene blue (**Figure 1**) is a cationic dye with a molecular weight of 319.85 g/mol that belongs to the group of quinone imides in the Thiazine section. They are sulphur dyes in which two benzene rings are joined by a closed ring consisting of one nitrogen atom, one sulphur atom, and four carbon atoms.

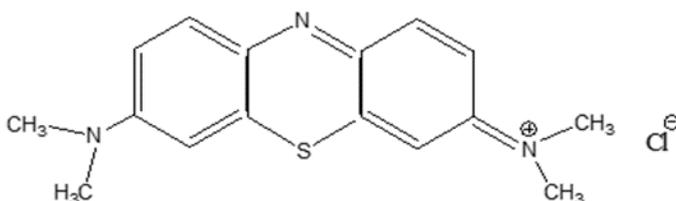


Figure 1. Structure of Methylene Blue

Adsorbents

The adsorbents used in this work are titaniferous sand and attapulgite. The titaniferous sand is a residue of a mining industry located in Senegal. Its treatment was carried out by putting it in contact with a sulphuric acid solution of concentration 4M. The mixture was stirred for 4 hours to ensure maximum contact with the acid. At the end of the operation, the sand is recovered and washed several times with distilled water until a pH close to neutrality is obtained. It is then dried in an oven for 24 hours and placed in tinted glass bottles for later use. The other material, namely attapulgite, has not undergone any prior treatment and is used in a raw manner in the work.

Methods

Determination of Isoelectric Point

The p_Hpzc was determined by introducing into 250mL Erlenmeyer flasks a 2g of adsorbent, and 50mL of a sodium chloride solution (0.1M). These solutions were adjusted to pH values between 2 and 12 using NaOH and HCl (0.1M) solutions. The suspensions were kept under constant agitation for 24 hours at room temperature. The pH values corresponding to the final step are recorded. The meeting point of the two curves $pH_{\text{final}} = f(pH_{\text{initial}})$ and $pH_{\text{final}} = pH_{\text{initial}}$ gives the isoelectric point (El-Sayed, 2011).

Determination of the Nature of the Adsorbent

The acidic or basic nature of the adsorbent was determined by mixing 1g of the adsorbent with 100mL of distilled water. The mixture was stirred for 1hour at room temperature and the suspension was filtered to measure the pH of the final solution. This value gives an idea about the acidic or basic character of the adsorbent (Das, 2014).

Determination of the Specific Surface

The specific surface area of the adsorbents was estimated using the Sear's method. This consists of introducing 0.5g of adsorbent into a previously prepared salt solution (10g of NaCl in 50mL of distilled water) and adjusting the pH to a value of 3 using 0.1N chloridric acid. The reaction mixture is then measured with 0.1N NaOH. The volume (V) of NaOH is to be poured in to raise the pH from 3 to 9 so as to allow the value of the specific surface of the adsorbents to be estimated (Bhattacharyya & Gupta, 2007). It is deduced from the following relationship:

$$S \text{ (m}^2\text{/g)} = 32V - 25 \quad (1)$$

Adsorption in Batch Mode

Batch adsorption experiments were performed in glass reactors containing 50 mL of MB solution of given concentration to which an appropriate ratio of adsorbents was added. The reactors were stirred at a constant speed of 750 rpm in a multi-stage stirrer. The operating parameters such as ratio, initial MB concentration, pH, and contact time were studied and optimized for maximum MB removal based on the screening design methodology. After the experiment was completed, the residual MB concentration was measured using a UV-Vis spectrophotometer (Agilent technologies Cary 60) at a wavelength of 653 nm which corresponds to the maximum absorbance of the MB dye. The adsorption capacity (mg.g-1) and removal efficiency (%) were determined using **equations 2 and 3** respectively:

$$q_e = \frac{(C_i - C_f) * V}{m} \quad (2)$$

$$r = \left(\frac{C_i - C_f}{C_i} \right) * 100 \quad (3)$$

Where:

C_i : The initial concentration (mg/L);

C_f : The final concentration (mg/L);

m : The total mass of the two adsorbents (g) ;

Full Factorial Design Modeling

The study of the effects of different adsorption parameters by conventional methods remains tedious and time consuming. However, in order to better understand the effects of different factors such as ratio, initial dye concentration, pH and time, as well as their interactions, a 2^k factorial design was carried out. These two levels are called high and low and have the values +1 and -1 respectively. The letter k represents the number of factors. The design of this factorial plan allows on one hand the reduction of the number of experiments to be carried out and on the other hand to avoid carrying out a series of independent studies. The significance of the independent variables and their interactions were tested by analysis of variance (ANOVA). To express the observed response as a function of the experimental factors, the second-order polynomial model was selected and is written as follows:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=i+1}^k \beta_{ij} X_i X_j \quad (4)$$

Where β_0 is the constant, β_i and β_{ii} are the linear and quadratic coefficients of the input variable X_i respectively, and β_{ij} is the interaction coefficient of the input variables X_i and X_j . Furthermore, the experimental design, the regression coefficients of the models, the analysis of variances, and the graphs were determined using the software called Statgraphics Centurion XV (**version 16.2**).

Results and Discussion

Adsorbents and Adsorbate Parameters

The values of the various parameters of the adsorbents and adsorbate as well as the results of the X-ray fluorescence characterization are recorded in **Tables 1 and 2** respectively.

Table 1. The Different Parameters of the Adsorbents and the Adsorbate

Adsorbents/Adsorbate	Titaniferous Sand	Attapulgit	Methylene Blue
pH	6.4	8.21	6.21
pHpzc	8.75	8.75	-
Specific surface area (m ² /g)	13.4	70.68	-

Sample	Units	Ni	Al	Fe	Mn	Ca
Titaniferous sand+H ₂ SO ₄ (4M)	ppm	92.77	18676.65	229129.56	6573.29	2233.36
Raw titaniferous sand	ppm	66.4	22695.45	272074.78	8107.22	2450.83
Attapulgit	ppm	< LOD	24737.43	17829.26	388.91	11952.21

Table 2. X-ray Fluorescence Analysis of Samples

Si	Zn	V	Cd	K	Zr	Ti	P	Cr	As
63423.27	182	750.3	< LOD	< LOD	2421.75	3E+05	1130.31	1116.39	149.35
82240.62	211	852.2	< LOD	< LOD	2407.55	3E+05	1631.17	1142	187.54
408028.69	101	89.82	4.55	1105	53.61	1303	2159.72	514.58	7.3
Se	S	Cl	Ba	Sn	Ag	Mo			
15.94	544.35	167.69	< LOD	28.71	< LOD	< LOD			
19.29	457.9	168.52	193.57	51.59	50.68	14.21			
< LOD	< LOD	189	< LOD	< LOD	< LOD	12.55			
Nb	Sr	Rb	Bi	Au	Co				
430.57	6.04	< LOD	< LOD	105.8	< LOD				
570.32	14.04	< LOD	44.58	139.88	414.64				
16.89	71.02	14.27	1.63	< LOD	< LOD				

The elemental analysis of the raw and activated titaniferous sand (Table 2) shows that titanium, iron, and aluminium are the predominant elements present at concentrations of 300,000 ppm, 63423.27 ppm and 18676.65 ppm respectively, followed by silicon. This confirms the presence of oxides such as titanium dioxide, iron oxide, and alumina which are essential elements in the adsorption of refractory organic compounds. Elements such as manganese, calcium, zircon, phosphorus, and chromium are present in a minority. Furthermore, silicon is the predominant element in the case of non-activated attapulgite, followed by aluminium, iron, and calcium. It also shows the presence of silica, alumina, and iron oxide respectively. In addition, activation of the titaniferous sand with a sulphuric acid solution resulted in a considerable reduction in the content of iron, aluminium, silicon, and manganese.

pH Zero Charge Point: pH_{pzc}

The pH zero charge point is the pH value at which the net charge on the surface of the adsorbent is zero. The pH_{pzc} value for titaniferous sand and attapulgite found from Figure 2 is 8.75. For pH values above pH_{pzc}, the surface of the adsorbent will be negatively charged by deprotonation of the functional groups on the surface of the adsorbent. Under these conditions, the support is ready to attract any cationic compound resulting in an increase in the electrostatic force between the negative charge of the adsorbent and the positive charge of the dye. For pH values below pH_{pzc}, the surface of the support is positively charged and adsorption with anionic dyes is much more favoured. Similar results have been reported on the study of methylene blue

adsorption on eucalyptus and palm biomaterial which depends on the particle size (Abdallah et al., 2016; El-Sayed, 2011).

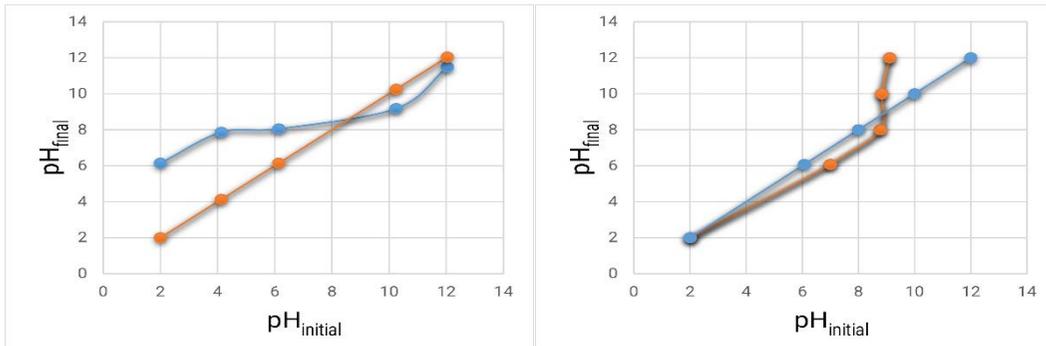


Figure 1. Isoelectric Point of Attapulgite (a) and Titaniferous Sand (b)

Contact Time

In order to study the effect of contact time on the efficiency of the adsorption process, batch adsorption experiments were carried out with a fixed adsorbent ratio of 5 (a 0.5g mass of titaniferous sand combined with a 0.1g mass of attapulgite) and at an initial MB concentration of 100 mg.L^{-1} while varying the contact time from 30 to 240 min. Samples were taken at predetermined time intervals to analyze the residual MB concentration in the solution. The amount of methylene blue adsorbed by attapulgite increases very rapidly with time up to 60 min, and then decreases slowly to reach equilibrium with effective adsorption after an optimum time of 150 min. A slight increase in the adsorbed amount of methylene blue is noted up to 140 min with the composite material, and the corresponding equilibrium time is 150 min. Furthermore, the amount adsorbed by the titaniferous sand evolves weekly to reach the equilibrium from 150 min (**Figure 3**).

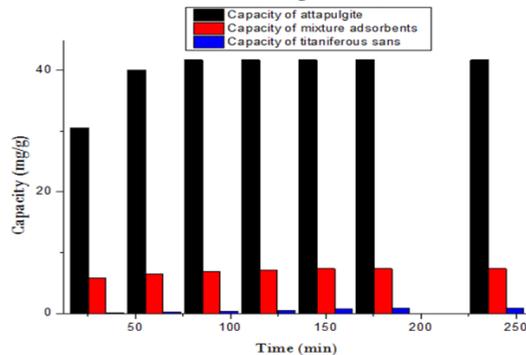


Figure 2. Evolution of the Adsorption Capacity of Attapulgite, the Mixture of the Two Adsorbents and Titaniferous Sand as a Function of Time ($pH = 6.21$, $C_{MB} = 100 \text{ mg/L}$, $V = 50 \text{ mL}$, $T = 25^\circ\text{C}$, $m_{attapulgite} = 0.1\text{g}$ and $m_{sable} = 0.5\text{g}$).

Description of the Experimental Plan

For the design of the adsorption process, a complete two-level and four-factor design (2^4) was performed. The high and low levels of the different variables in this study including ratio, concentration, pH and time are 4 and 19, 20 and 100 mg/L, 2 and 9, and 30 and 150 min respectively. The levels of the parameters studied and the different tests carried out are summarized in **Tables 3 and 4** respectively:

<i>Essay</i>	<i>bloc</i>	<i>Ratio</i>	<i>Concentration</i>	<i>pH</i>	<i>Time</i>	<i>Capacity</i>	<i>Yield</i>
			mg/L		mn	mg/g	%
1	1	4.00	20.00	2.00	30.00	0.11	43.75
2	1	19.00	100.00	9.00	30.00	1.19	95.34
3	1	19.00	20.00	2.00	150.00	0.07	28.41
4	1	4.00	100.00	9.00	150.00	1.12	90.00
5	2	4.00	100.00	2.00	30.00	0.38	30.66
6	2	19.00	20.00	9.00	30.00	0.13	52.50
7	2	19.00	100.00	2.00	150.00	0.85	67.73
8	2	4.00	20.00	9.00	150.00	0.19	78.64
9	3	19.00	100.00	2.00	30.00	0.49	39.02
10	3	4.00	20.00	9.00	30.00	0.19	75.79
11	3	4.00	100.00	2.00	150.00	0.36	29.25
12	3	19.00	20.00	9.00	150.00	0.09	37.95
13	4	19.00	20.00	2.00	30.00	0.19	76.70
14	4	4.00	100.00	9.00	30.00	1.03	82.50
15	4	4.00	20.00	2.00	150.00	0.08	32.73
16	4	19.00	100.00	9.0	150.00	1.05	84.11

Table 3. Levels of the Different Adsorption Parameters

<i>Factors</i>	<i>Low level (-1)</i>	<i>High level (+1)</i>
A: Ratio	4.0	19.00
B: Concentration (mg/L)	20.00	100.00
C: pH	2.00	9.00
D: Time (min)	30.00	150.00

Table 3. The Different Tests with the Actual Values

Analysis of Variance (ANOVA)

The ANOVA tests show the statistical significance of each of the effects by performing a comparison between the root mean square versus an experimental error estimate. Effects with probabilities that are less than the threshold value $\alpha = 0.05$ are significantly different from zero at a 95.0% confidence interval. The coefficient of determination R^2 indicates that the fitted model explains 98.2246% of the variability in capacity and 90.445% of the variability in yield (**Table 5**). In addition, it indicates that the regression is

statistically significant. The mathematical models (**equation 5 and 6**) that relate the two responses to the different factors involved in adsorption are obtained through the statgraphics software after performing the ANOVA.

$$\begin{aligned} \text{Capacity (mg/g)} = & -0.0425343 + 0.00484747*\text{Ratio} + \\ & 0.000927297*\text{Concentration} + 0.0211225*\text{pH} - 0.000184983*\text{Time} + \\ & 0.000158499*\text{Ratio}* \text{Concentration} - 0,00173837*\text{Ratio}*\text{pH} + 7.89103\text{E-} \\ & 7*\text{Ratio}*\text{Time} + 0.000837561*\text{Concentration}*\text{pH} + \\ & 0.0000122958*\text{Concentration}*\text{Time} - 0.0000799853*\text{pH}*\text{Time} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{Yield (\%)} = & 54.5181 + 1.31561*\text{Ratio} - \mathbf{0.681916}*\text{Concentration} + \\ & 3.36134*\text{pH} - 0.155272*\text{Time} + 0.0185701*\text{Ratio}* \text{Concentration} - \\ & 0.315476*\text{Ratio}*\text{pH} - 0,00601011*\text{Ratio}*\text{Time} + \\ & 0.0710228*\text{Concentration}*\text{pH} + 0.00246331*\text{Concentration}*\text{Time} + \\ & 0.00493775*\text{pH}*\text{Time} \end{aligned} \quad (6)$$

Table 4. ANOVA Table of Adsorption Capacity and Removal Efficiency of Methylene Blue
Analysis of Variance for Capacity

Source	Sum of Square	DDL	Quadratic mean	F Repor	Proba
A:Ratio	0.021	1	0.0213226	1.34	0.3309
B:Concentration	1.834	1	1.83364	115.19	0.0017
C:pH	0.382676	1	0.382676	24.00000	0.016200
D:Time	0.000856	1	0.000856	0.050000	0.831500
AB	0.036175	1	0.036175	2.270000	0.228800
AC	0.033316	1	0.033316	2.090000	0.243800
AD	0.000002	1	0.000002	0.000000	0.991700
BD	0.013933	1	0.013933	0.880000	0.418500
CD	0.004514	1	0.004514	0.280000	0.631300
Blocs	0.315568	3	0.105189	6.610000	0.077600
Total error	0.047754	3	0.015918		
Total (corr.)	2.68976	15			

R-square = 98.2246 percent (s)
Mean absolute error = 0.0448153

Analysis of Variance for Yield

Source	Sum of Square	DDL	Quadratic Mean	F Repor	Proba
A:Ratio	21.285	1	21.2855	0.070	0.802
B:Concentration	530.570	1	530.570	1.860	0.266
C:pH	3862.340	1	3862.340	13.540	0.0350
D:Time	140.7460	1	140.7460	0.490	0.5330
AB	496.5810	1	496.5810	1.740	0.2790
AC	1097.270	1	1097.270	3.850	0.1450
AD	117.0330	1	117.0330	0.410	0.5670
BC+bloc	527.290	1	527.2900	1.850	0.2670
BD	559.2160	1	559.2160	1.960	0.2560
CD	17.203500	1	17.20350	0.060	0.8220
Blocs	325.0240	2	162.5120	0.570	0.6170
Total error	855.4550	3	285.1520		
Total (corr.)	8952.970	15			

R-square = 90.445 percent (s)
Mean absolute error = 6.25284

Study of the Effect of Factors and their Interactions

The Pareto chart (**Figure 4**) ranks the effects from the largest absolute value to the smallest absolute value. When the effect has a value greater than the threshold probability value, it is insignificant. The probabilities of the different effects are given in **Table 5**. For capacity, the effect of pH and dye concentration are the two effects that are significant. For yield, the effect of pH is the only significant effect. The interactions AB (interaction between ratio and concentration), BD (interaction between concentration and time), and AD (interaction between ratio and time) are not significant but they influence the capacity positively, while the interactions AC (interaction between ratio and pH) and CD (interaction between pH and time) influence the capacity negatively. However, for the yield, the interactions AB, BD, and CD are not significant but they also contribute positively on the dye removal yield while the interactions AC and AD influence the yield negatively (**Figure 6**). The effect of the ratio of the different adsorbents and the effect of the time of the treatment process are not significant for both responses (**Figure 5**).

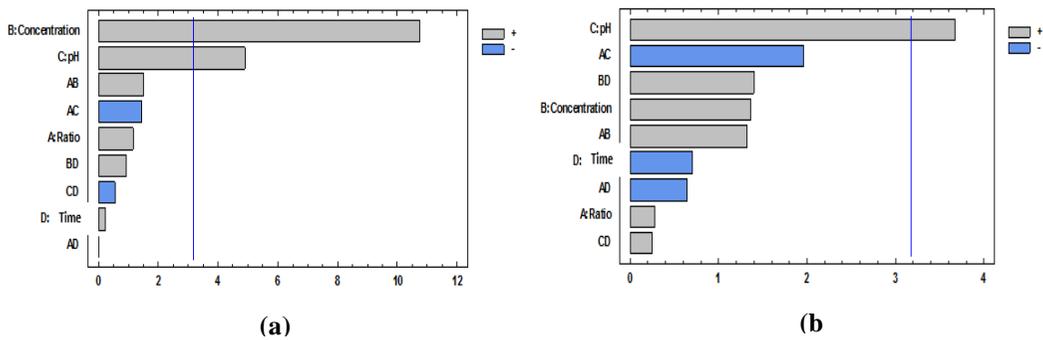


Figure 4. Pareto Diagram of Capacity (a) and Yield (b)

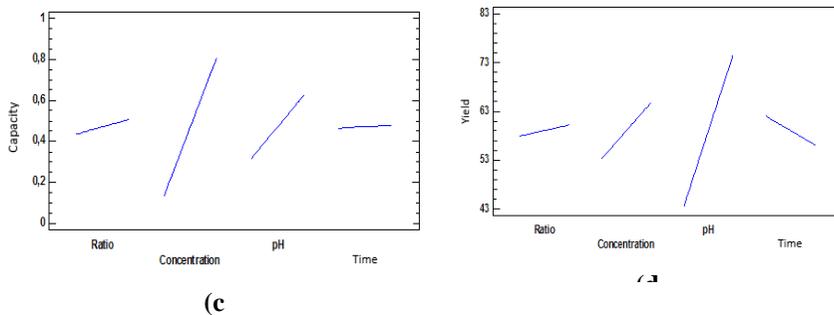


Figure 3. Graph of Direct Effects of Capacity (c) and Efficiency (d)

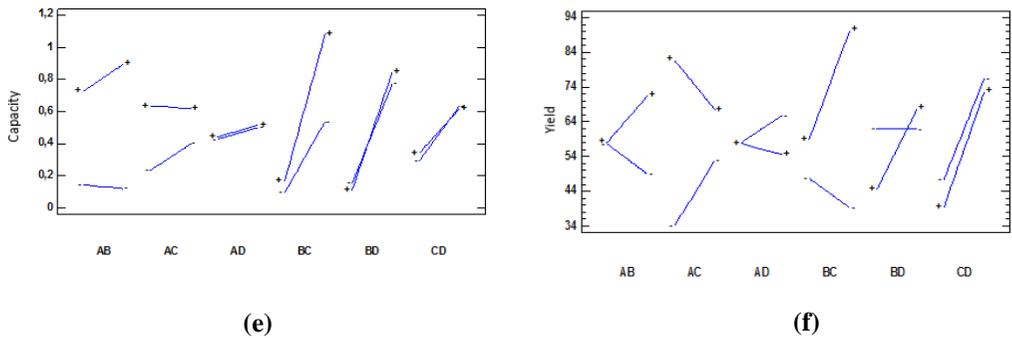


Figure 6. Diagram of Interactions between Capacity (e) and Yield (f)

Desirability

The desirability function simultaneously determines the optimal parameters of the input variables that can determine the optimal performance levels for one or more responses. It consists of converting each response (y_i) into a desirability function (d_i) varying between $0 \leq d_i \leq 1$. The value 0 is assigned when the factors lead to an unacceptable response. The value 1 is assigned when the response represents the maximum performance desired by the factors (Mourabet, El Rhilassi, El Boujaady, Bennani-Ziatni & Taitai, 2017).

$$D = (d_1 * d_2 * \dots * d_n)^{1/n} \quad (7)$$

n: The number of responses in the measure

The desirability for each pair of factors is given in **Table 6**. Based on the observed responses, the best results were obtained for trial 2 and based on the responses predicted by the fitted model, the best results were obtained for trial 4. The maximum uptake capacity predicted by the model is 1.14105 mg/g under the following optimum conditions: at the ratio=19, concentration =100 mg/L, pH= 9, and time=150 min. The confirmation test showed an adsorption capacity of 1.1028 mg/g under the same conditions. The optimal yield predicted by the model is 98.55% under the following optimal conditions: ratio=4, concentration =100 mg/L, pH= 9, and time =150 min. The confirmation test showed a removal efficiency of 97.09% under the same conditions.

Table 5. Capacity and Performance Desirability

	<i>Observed</i>	<i>Planned</i>	<i>Observed</i>	<i>Planned</i>	<i>Observed</i>	<i>Planned</i>
<i>Essay</i>	<i>Capacity</i>	<i>Capacity</i>	<i>Yield</i>	<i>Yield</i>	<i>Desirability</i>	<i>Desirability</i>
1	0.109	0.102	43.750	46.426	0.189	0.198
2	1.191	1.135	95.341	82.835	1.000	0.886
3	0.071	0.161	28.409	34.324	0.068	0.150

4	1.125	1.098	90.000	93.915	0.935	0.952
5	0.383	0.390	30.659	27.983	0.164	0.116
6	0.131	0.187	52.500	65.006	0.244	0.336
7	0.846	0.756	67.727	61.812	0.662	0.583
8	0.196	0.223	78.636	74.722	0.396	0.400
9	0.487	0.544	39.023	51.528	0.293	0.425
10	0.189	0.196	75.795	73.119	0.380	0.375
11	0.365	0.392	29.250	25.335	0.138	0.000
12	0.094	0.005	37.954	32.039	0.150	0.071
13	0.192	0.135	76.704	64.199	0.385	0.295
14	1031	1.024	82.500	85.176	0.844	0.860
15	0.082	0.055	32.727	36.642	0.109	0.122
16	1.051	1.141	84.114	90.028	0.863	0.941

Adsorption Kinetics

The representation of the linear equations of the first-order adsorption, second-order adsorption, intraparticle diffusion, and Elovich kinetic models is given in **Figure 7**. As shown in **Table 7**, the pseudo second order kinetics is the most adequate model to describe the phenomenon of adsorption of methylene blue on the composite material consisting of the mixture of titaniferous sand and attapulgite. The equilibrium adsorbed amount calculated from the pseudo-second order mathematical model is close to that obtained experimentally (Azoulay et al., 2020). The graphical representation of the intraparticle diffusion model does not pass through the origin. Therefore, this shows that the adsorption is controlled by a molecular diffusion film. These same results were found by Xiaoyu Chen, Song and Sun (2016).

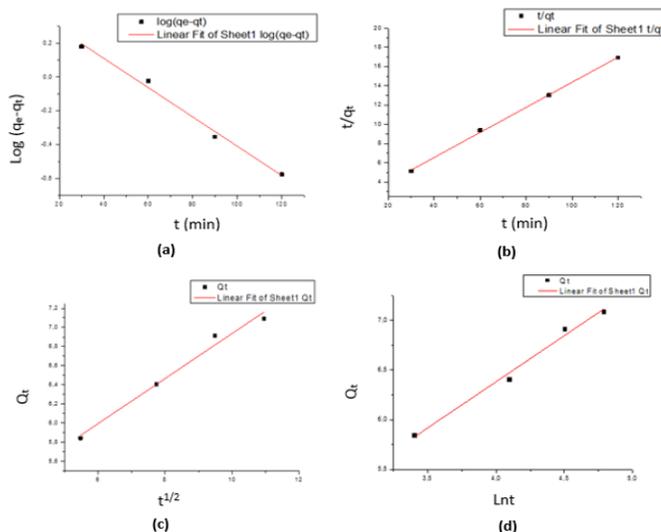


Figure 7. Kinetic Models: Pseudo-First Order (a), Pseudo-Second Order (b), Intraparticle Diffusion (c), Elovich Equation (d)

Table 6. Kinetic Model Parameters for MB Adsorption on the Mixture of Adsorbents Thermodynamic Study

Linear Equations	Parameters	Titaniferous sand/Attapulgitte
Linear equation of pseudo-first order kinetic $\log (q_e - q_t) = -K_1 + \log q_e$ (8) (Xi Chen et al., 2020; Mekatel et al., 2015)	R^2 K_1 (mn ⁻¹) q_e (cal) (mg/g)	0.987 0.008 1.577
Linear equation of pseudo-second order kinetic $\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{1}{q_{et}}$ (9) (Bonetto et al., 2015; Salehi et al., 2020)	K_2 (g.mg ⁻¹ .mn ⁻¹) R^2 q_e (cal) (mg/g) q_e (exp) (mg/g)	0.012 0.998 7.686 7.356
Elovich equation $Q_t = \frac{1}{b} \ln(ab) + \frac{1}{b} \ln t$ (10) (Xiaoyu Chen et al., 2016)	R^2 a (mg.g ⁻¹ .mn ⁻¹) b (g.mg ⁻¹)	0.985 16.560 1.078
Intraparticle diffusion $Q_t = K_d t^{1/2} + C$ (11) (Xiaoyu Chen et al., 2016; Jayasanth Kumari et al., 2017).	R^2 K_d (mg.g ⁻¹ .mn ^{-0.5}) C	0.975 0.235 4.580

The study of methylene blue removal efficiency as a function of temperature was carried out between 303K and 333K. This variation is given in **Figure 8i**. The adsorption of methylene blue decreases with increasing temperature. This indicates that the adsorption of methylene blue is favored at low temperatures. The variation of the free energy of the adsorption process is related to the equilibrium constant K_d by the following relation:

$$\Delta G^0 = -RT \ln K_d \quad (\text{Kavak, 2009; Saravanan et al., 2020}) \quad (12)$$

$$\ln K_d = \frac{\Delta S^0}{R} - \frac{\Delta H^0}{RT} \quad (13)$$

$$K_d = \frac{q_e}{C_e} \quad (14)$$

Where:

- R: Constant of perfect gases,
- T: Absolute temperature of the system in (K),
- K_d : Adsorption equilibrium constant,
- q_e : The equilibrium adsorbed amount (mg/g),
- C_e : The equilibrium concentration (mg/L).

The graphical representation of $\ln K_d$ as a function of $1/T$ is a linear line whose slope is $-\Delta H^0/R$ and the intercept $\Delta S^0/R$ (**Figure 8j**). The different thermodynamic parameters are given in **Table 8**. The negative value of the enthalpy ΔH^0 shows that the adsorption reaction of methylene blue on the support is exothermic. In addition, the negative value of the entropy ΔS^0 corresponds to a decrease in the degree of disorder of the adsorbing particles. The positive values of the free energy ΔG^0 at 303 K, 313K, 323K, and 333K indicate that the adsorption reaction is non-spontaneous.

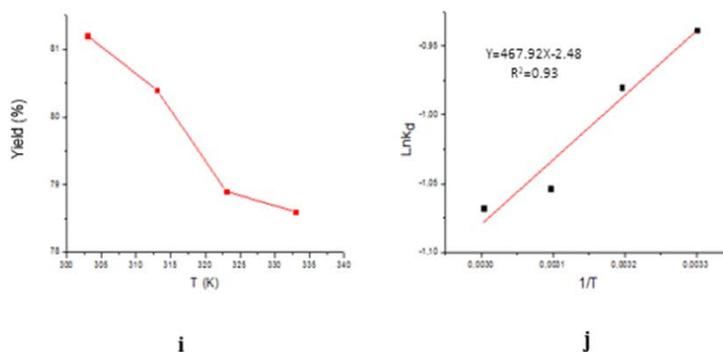


Figure 8. Variation of the Yield as a Function of the Temperature Evolution (i) and the Van't Hoff Curve (j)

Table 8. Thermodynamic Parameters of Methylene Blue Adsorption on the Composite Material

Température (K)	K_d	ΔG^0 (kJ/mol)	ΔH^0 (kJ/mol)	ΔS^0 (kJ/mol K)
303	0.391	2363.720		
313	0.375	2550.170		
323	0.348	2829.680		
333	0.343	2956.370	-3890.270	-20.640

Conclusion

In this study, a mixture of natural adsorbents was used for efficient removal of MB. The efficiency of the composite material was significantly influenced by the pH of the solution and the initial concentration of MB. Full factorial design methodology involving the design of a screening design was used to investigate the influence of the four selected independent variables and to determine the optimal adsorption conditions. The study of the direct effects of the factors show that the percentage removal of the MB molecule increases by increasing the initial dye concentration and pH. The optimized values, at which the maximum removal rate (98.55%) was achieved, are obtained at ratio

4, initial MB concentration ($100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), $\text{pH}=9$, and time 150min. The kinetic data suggest that the adsorption process of MB on the composite material is governed by the pseudo-second order adsorption mechanism ($R^2 = 0.998$). The thermodynamic study showed that the adsorption process was non-spontaneous and exothermic in nature. Therefore, this mixture of adsorbents can be used as stable, environmentally friendly, and effective adsorbents for wastewater treatment.

References:

1. Aarfane, A., Salhi, A., El Krati, M., Tahiri, S., Monkade, M., Lhadi, E. K. & Bensitel, M. (2014). Kinetic and thermodynamic study of the adsorption of Red195 and Methylene blue dyes on fly ash and bottom ash in aqueous medium. *Journal of Materials and Environmental Science*, 5(6), 1927–1939.
2. Abbaz, M., Aba, R., El, R., Lhanafi, S. & El, N. (2014). *Elimination du bleu de méthylène dans l'eau par adsorption sur le sable titanifère (Removal of methylene blue from aqueous solution by adsorption onto the sand titaniferous)*. 5, 2418–2425.
3. Benguella, B. & Yacouta-Nour, A. (2009). Elimination des colorants acides en solution aqueuse par la bentonite et le kaolin. *Comptes Rendus Chimie*, 12(6–7), 762–771.
4. Biophys, J. P. C., Aa, O. & Aj, O. (2014). *Journal of Physical Chemistry & Kinetic Study of Decolorization of Methylene Blue with Sodium Sulphite in Aqueous Media : Influence of Transition Metal Ions*. 4(2), 1–7.
5. Bonetto, L. R., Ferrarini, F., De Marco, C., Crespo, J. S., Guégan, R. & Giovanela, M. (2015). Removal of methyl violet 2B dye from aqueous solution using a magnetic composite as an adsorbent. *Journal of Water Process Engineering*, 6, 11–20.
6. Bhattacharyya, K. G. & Gupta, S. Sen. (2007). Adsorptive accumulation of Cd(II), Co(II), Cu(II).
7. Pb(II), and Ni(II) from water on montmorillonite: Influence of acid activation. *Journal of Colloid and*
8. *Interface Science*, 310(2), 411–424.
<https://doi.org/10.1016/j.jcis.2007.01.080>
9. Chen, Xi, Li, P., Zeng, X., Kang, Y., Wang, J., Xie, H., Liu, Y. & Zhang, Y. (2020). Efficient adsorption of methylene blue by xanthan gum derivative modified hydroxyapatite. *International Journal of Biological Macromolecules*, 151, 1040–1048.
10. Chen, Xiaoyu, Song, X. & Sun, Y. (2016). *with Core-Shell Structure for Dye Adsorption*. 2016.

11. El-Sayed, G. O. (2011). Removal of methylene blue and crystal violet from aqueous solutions by palm kernel fiber. *Desalination*, 272(1–3), 225–232.
12. Gupt, C. B., Bordoloi, S., Sekharan, S. & Sarmah, A. K. (2020). Adsorption characteristics of Barmer bentonite for hazardous waste containment application. *Journal of Hazardous Materials*, 396(April), 122594.
13. Gürses, A., Doğar, Ç., Yalçın, M., Açıkyıldız, M., Bayrak, R. & Karaca, S. (2006). The adsorption kinetics of the cationic dye, methylene blue, onto clay. *Journal of Hazardous Materials*, 131(1–3), 217–228.
14. Jayasanth Kumari, H., Krishnamoorthy, P., Arumugam, T. K., Radhakrishnan, S. & Vasudevan, D. (2017). An efficient removal of crystal violet dye from waste water by adsorption onto TLAC/Chitosan composite: A novel low cost adsorbent. *International Journal of Biological Macromolecules*, 96, 324–333.
15. Karim, A. B., Mounir, B., Hachkar, M., Bakasse, M. & Yaacoubi, A. (2010). Removal of basic dye “methylene blue” in aqueous solution by Safi clay. *Revue Des Sciences de l’Eau*, 23(4), 375–388.
16. Kavak, D. (2009). Removal of boron from aqueous solutions by batch adsorption on calcined alunite using experimental design. *Journal of Hazardous Materials*, 163(1), 308–314.
17. Mekatel, E. H., Amokrane, S., Aid, A., Nibou, D. & Trari, M. (2015). Adsorption of methyl orange on nanoparticles of a synthetic zeolite NaA/CuO. *Comptes Rendus Chimie*, 18(3), 336–344.
18. Oladipo, A. A., Gazi, M. & Saber-Samandari, S. (2014). Adsorption of anthraquinone dye onto eco-friendly semi-IPN biocomposite hydrogel: Equilibrium isotherms, kinetic studies and optimization. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 45(2), 653–664.
19. Ozer, C., Imamoglu, M. & Turhan, Y. (2012). *Toxicological & Environmental Chemistry Removal of methylene blue from aqueous solutions using phosphoric acid activated carbon produced from hazelnut husks*. November 2014, 37–41.
20. Salehi, E., Askari, M., Velashjerdi, M. & Arab, B. (2020). Phosphoric acid-treated Spent Tea Residue Biochar for Wastewater Decoloring: Batch Adsorption Study and Process Intensification using Multivariate Data-based Optimization. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 158(July), 108170.
21. Salem, I. A. & El-maazawi, M. S. (2000). *Kinetics and mechanism of color removal of methylene blue with hydrogen peroxide catalyzed by some supported alumina surfaces*. 41, 1173–1180.

22. Saravanan, A., Sundararaman, T. R., Jeevanantham, S., Karishma, S., Kumar, P. S. & Yaashikaa, P. R. (2020). Effective adsorption of Cu(II) ions on sustainable adsorbent derived from mixed biomass (*Aspergillus campestris* and agro waste): Optimization, isotherm and kinetics study. *Groundwater for Sustainable Development*, 11(July), 100460.
23. Taylor, P., Banat, F., Al-asheh, S., Zomaout, R. & Qtaishat, B. (n.d.). *Desalination and Water Treatment Photodegradation of methylene blue dye using bentonite as a catalyst. January 2015*, 37–41.
24. Venkataraghavan, R., Thiruchelvi, R. & Sharmila, D. (2020). Statistical optimization of textile dye effluent adsorption by *Gracilaria edulis* using Plackett-Burman design and response surface methodology. *Heliyon*, 6(10), e05219.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Etude De La Contribution Des Forages Dans L'amélioration De L'accès À L'eau Potable Dans Le Quartier De N'Tabacoro Cité Extension À Bamako

Dr. Hamidou Diawara,

Centre Régional Agrhymet (CRA) du CILSS, Niamey, Niger
Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako (USSGB), Mali

Sarata Ahimir,

Tadjouko Berthé,

Allaye Guindo,

Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako (USSGB), Mali

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n40p106](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p106)

Submitted: 10 July 2021

Accepted: 04 November 2021

Published: 30 November 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Diawara H., Ahimir S., Berthé T., & Guindo A., (2021). *Etude De La Contribution Des Forages Dans L'amélioration De L'accès À L'eau Potable Dans Le Quartier De N'Tabacoro Cité Extension À Bamako*. European Scientific Journal, ESJ, 17(40), 106.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p106>

Résumé

N'Tabacoro cité extension est une zone résidentielle à la périphérie du District de Bamako où il n'y a pas de réseau d'AEP. La plupart des ménages, pour s'approvisionner en eau, font recours aux forages d'eau privés, souvent dans des conditions physiques et économiques très difficiles. Pour comprendre les conditions d'accès à l'eau de la population, cette étude s'est proposée d'analyser l'apport des forages dans l'amélioration de l'accès à l'eau potable dans le quartier de N'Tabacoro cité extension. La méthodologie s'est basée sur l'approche terrain qui nous a permis de collecter des données auprès d'un échantillon de 15 gérants et/ou propriétaires de forages et de 30 ménages (clients). Des informations géographiques : images satellitaires raster, fichier de forme vectoriel et coordonnées des forages, ont aussi été collectées. L'analyse de ces données nous a permis d'évaluer des indicateurs socio-économiques et géographiques d'accessibilité à l'eau potable dans la zone d'étude. L'étude a révélé que les forages constituent la seule source pérenne d'approvisionnement en eau dans la zone, et la plus appréciée par la population comme eau de boisson, de cuisine et de vaisselle du fait de sa qualité meilleure.

L'achat d'eau de forage représente 84,3% des dépenses globales des ménages dans l'eau. Ces derniers, avec une dépense moyenne journalière dans l'eau de 273 FCFA/ménage au profit des propriétaires de forage, payent 7 à 13 fois plus cher que le tarif social de la SOMAGEP appliqué pour les clients raccordés au réseau d'AEP. Régulièrement, 55% des ménages parcourent entre 200 m et 600 m, à pieds pour certains, pour accéder aux forages à cause de leur faible densité. Aussi, 33,3% des ménages n'appliquent pas les bonnes pratiques de stockage de l'eau de consommation dans les foyers. D'énormes efforts des pouvoirs publics sont nécessaires pour arriver à un accès équitable à l'eau dans ce quartier.

Mots-clés: Forage, Adduction d'eau potable, Accessibilité, Approvisionnement

Study of the Contribution of Boreholes in Improving Access to Drinking Water in the N'Tabacoro District, City Extension in Bamako

Dr. Hamidou Diawara,

Centre Régional Agrhymet (CRA) du CILSS, Niamey, Niger
Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako (USSGB), Mali

Sarata Ahimir,

Tadjouko Berthé,

Allaye Guindo,

Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako (USSGB), Mali

Abstract

N'Tabacoro Cité Extension is a residential area on the outskirts of Bamako District where there is no DWS system. Most households rely on private boreholes for their water supply, which is often under very difficult physical and economic conditions. To understand the condition of access to water for the population, this paper focuses on analyzing the contribution of boreholes in improving access to drinking water in the district of N'Tabacoro Cité Extension. The methodology was based on the field approach which was used to collect data from a sample of 15 managers and / or owners of boreholes and 30 households (clients). Geographical information such as raster satellite images, vector form files, and borehole coordinates were also collected. The analysis of these data made it possible to assess socio-economic and geographic indicators of accessibility to drinking water in the study area. The study revealed that boreholes are the only sustainable source of water supply in the area. It is the most appreciated by the population because it is used for

drinking, cooking, and dishwashing due to its better quality. The purchase of borehole water represents 84.3% of overall household spending on water. The latter, with an average daily expenditure in water of CFAF 273 / household for the benefit of borehole owners, pay 7 to 13 times more than the SOMAGEP social tariff applied for customers connected to the DWS network. Regularly, 55% of households travel between 200m and 600m, some on foot, to access the boreholes because of their low density. Also, 33.3% of households do not apply good drinking water storage practices in households. Huge government efforts are needed to achieve equitable access to water in this area.

Keywords: Drilling, Drinking water supply, Accessibility, Supply

Introduction

L'un des Objectifs du millénaire pour le Développement (OMD) des Nations Unies était de réduire de moitié le nombre de personnes sans accès à une eau saine dans le monde à l'horizon 2015 (WHO/UNICEF, 2007). Cependant, il ressortait du rapport de 2017 de l'OMS et l'UNICEF que 11% de la population mondiale souffrait toujours de pénurie d'eau (WHO/UNICEF, 2017). Selon le même rapport, 71% de la population ont à domicile un point d'accès à l'eau, mais 17% doivent encore faire un aller-retour pouvant durer jusqu'à 30 minutes pour y avoir accès. Ce chiffre pourrait augmenter au fur et à mesure de l'augmentation de la population et de l'étalement spatiale anarchique des villes (naissance de nouveaux quartiers de façon incontrôlée) que cela pourrait engendrer si rien n'est fait, notamment dans les pays en voie de développement (Jérôme et al., 2021). En effet, la population africaine, selon les chiffres de « Population Reference Bureau (PRB) » devrait doubler à l'horizon 2050 (PRB, 2012). Aussi, selon PNUE (2010), d'ici à 2030, près de la moitié de la population mondiale vivra dans des zones soumises à un stress hydrique important, situées pour la plupart dans des pays en développement.

La situation de l'accès à l'eau en Afrique sub-saharienne, en particulier dans les Etats de la sous-région d'Afrique de l'Ouest depuis leur accession aux indépendances dans les années 1960, demeure très préoccupante (Dovi, 2007 ; Baron et al., 2011). Malgré des efforts consentis ces dernières années par les plus hautes Autorités des Etats, la proportion des populations de cette sous-région qui n'avaient pas accès à une eau potable étaient de 38% en 2015 (WHO/UNICEF, 2017), loin de la cible des OMD dans son 7^{ème} objectif qui prévoyait un accès à l'eau à 75% de la population (IPI, 2013), autrement dit, « de Réduire de moitié le pourcentage de la population qui n'a pas accès de façon durable à un approvisionnement en eau potable salubre ».

En 2007, en Afrique sub-saharienne se trouvaient 20 des 23 pays au monde, dont 5 en Afrique de l'Ouest, pour lesquels la valeur moyenne

journalière de la consommation domestique d'eau par personne était inférieure au minimum vital défini par l'OMS (Reine, 2008). Malgré la présence de grands fleuves (les fleuves Niger et Sénégal), les pays de l'Afrique de l'Ouest sont confrontés à de nombreux défis en matière d'accès à l'eau potable par les populations. Ici, il est important de signaler qu'il y'a eu des progrès significatifs du taux d'accès à l'eau potable dans les villes de la sous-région par rapport aux statistiques des années 1980 et 1990 (Vennetier, 1988 ; Savina et al., 1994 ; Jaglin, 2001), mais aussi que les défis restent pour autant de tailles. Les causes sont multiples, mais la faiblesse des infrastructures sécurisées et le besoin croissant en eau avec l'urbanisation incontrôlée se manifestant par un étalement géographique anarchique, suite à la croissance démographique accélérée, en sont certainement les principales (CE, 2009 ; Dieng, 2011). En effet, ce type d'urbanisation fait accroître les inégalités socio-spatiales en matière d'accès à l'eau en générale, surtout dans les villes sahéliennes (Younsa Harouna, 2019).

Au Mali, le taux moyen d'accès à l'eau potable des populations en milieu urbain a passé de moins de 40% en 1991 (Savina et al., 1994) à 74,3% en 2017 grâce aux efforts des Autorités (FAD-OWAS, 2013 ; Traoré, 2018), malgré les difficultés d'investissements publics dans ce secteur suite au déclenchement en 2012 de la crise socio-politique que traverse le pays. La problématique de l'accès physique aux sources d'eau potable dans les quartiers périphériques de Bamako, le plus grand centre urbain du pays, n'est pas récente (Traoré, 2012). En effet à cause de sa démographie accélérée au rythme d'environ 5,4% en moyenne par an entre 1998 et 2009, selon les données des 3^e et 4^e Recensements Généraux de la Population et de l'Habitat du Mali (RGPH), les deux derniers en date (DNSI, 2002 ; INSTAT, 2012), la ville de Bamako s'étend de façon continue sur les territoires des communes environnantes. Par ailleurs, cette extension spatiale de la ville en générale ne s'accompagne pas de services sociaux de base (Bertrand et al., 2012 ; Traoré, 2012). L'une des contraintes majeures à cet effet pour les populations de ces territoires excentrés sont les difficultés économiques et géographiques d'accès à l'eau potable. Malgré la réalisation du Projet d'Approvisionnement en Eau Potable de Bamako à partir de la localité de Kabala (PAEP - Bamako/Kabala) qui a coûté 275 millions d'Euro (FAD-OWAS, 2013), l'accès à l'eau potable dans les quartiers périphériques de la ville de Bamako, loin d'être une exception en Afrique de l'Ouest (Harouna, 2011 ; Diabagaté, 2016), reste un défi majeur pour les acteurs. La majorité des habitants de ces quartiers ne sont pas encore connectés au réseau de distribution d'eau public de la Société Malienne de Gestion de l'Eau Potable (SOMAGEP), et ils sont régulièrement confrontés aux stress hydriques à cause des pénuries. Par conséquent, ils font généralement recours aux puits (Bertrand et al., 2012) et aux forages pour la satisfaction de leurs besoins en eau. Cependant les forages, plus sûrs car

fonctionnels en toute saison et avec une eau de qualité relativement meilleure, sont insuffisants à cause des coûts de réalisation et de fonctionnement encore trop élevés pour les bourses moins riches. Cela a entraîné dans ces quartiers le développement d'un secteur privé de commercialisation de l'eau aux coûts très largement au détriment de celui de la SOMAGEP, et variables en fonction des saisons et de la géographie (distance par rapport au forage). Ainsi, dans ces quartiers on assiste à la multiplicité/diversité des acteurs (CE, 2009) et à une longue chaîne de distribution de l'eau potable, composée de propriétaires de forage, de gérants, de revendeurs ambulants avec des pousses-pousses et de ménages ou clients finaux.

Les populations de N'Tabacoro cité extension, malgré qu'elles sont géographiquement plus proches des infrastructures urbaines d'Adduction d'Eau Potable (AEP) que celles des Logements sociaux, déjà desservies par le réseau de la SOMAGEP, n'ont pas encore accès à ce service. En effet, N'Tabacoro cité extension se trouve sur la voie acheminant l'eau potable dans les Logements sociaux situés un peu plus loin. C'est ainsi que pour satisfaire leurs besoins en eau, les populations s'approvisionnent au niveau des puits et des forages disséminés dans le quartier, généralement en déboursant des fortunes et en parcourant de grandes distances. Ainsi, cette étude s'est interrogée sur la contribution des forages dans l'amélioration de l'accès à l'eau potable dans le quartier de N'Tabacoro cité extension à Bamako et a tenté d'apporter des réponses à cette préoccupation.

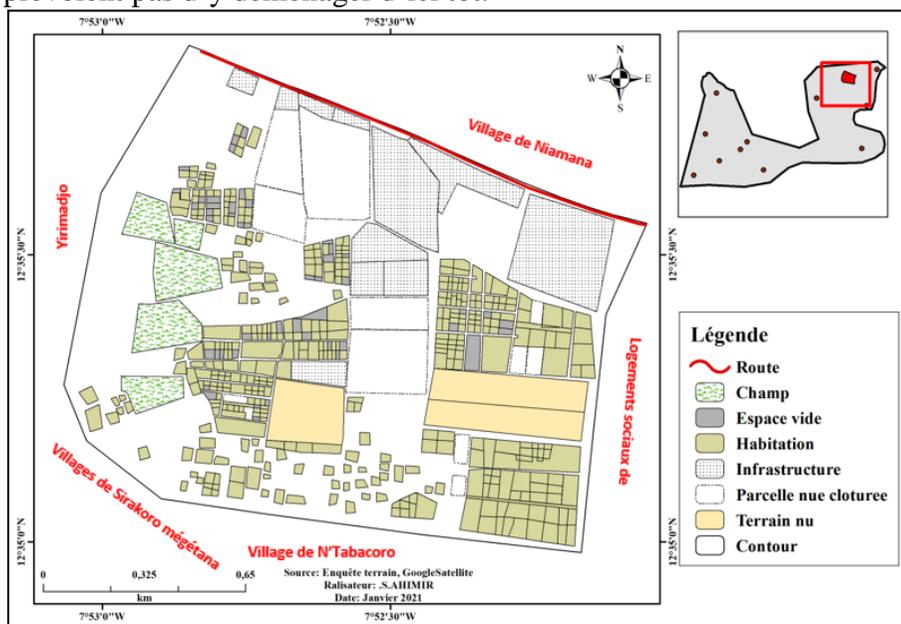
1. Matériels et méthodes

1.1. Présentation de la zone d'étude

Situé dans la commune rurale de Kalabancoro, N'Tabacoro cité extension relève du village de Tabacoro. Le quartier de N'Tabacoro cité extension est au carrefour des Logements sociaux à l'Est, du village de Niamana au Nord-Est, de Yirimadjo à l'Ouest et des villages de Sirakoro mégétana et N'Tabacoro au Sud-Ouest. L'occupation du quartier a pris de l'ampleur ces dernières années. En effet, de 2010 à maintenant (sur environ 10 ans), le quartier a connu une densification relativement moyenne par des habitations et des infrastructures (Figure 1).

Ce quartier que certains appellent la cité Sotelma car beaucoup de ses parcelles et habitations appartiennent aux travailleurs et anciens travailleurs de la Sotelma, couvre une superficie de 300 ha environ. Les types d'habitation qu'on y rencontre fréquemment sont des maisons à étages, ce qui explique d'une certaine manière le niveau de vie élevé des habitants, et leur capacité à s'auto approvisionner en eau, notamment en réalisant des forages familiaux. Malgré cela, l'accès à l'eau est très difficile par certains habitants du quartier, c'est-à-dire pour les ménages les moins nantis, car la plupart des maisons ne sont pas encore équipées de forage parce qu'elles sont encore soit en chantier,

soit inoccupées par leurs propriétaires. A en croire certains de nos enquêtés, l'accès à l'eau y est si difficile que certains propriétaires de maisons déjà finies ne prévoient pas d'y déménager d'ici tôt.



Source : Personnelle, à partir du traitement de l'image Google earth, 2020.

Figure 1. Carte d'occupation du quartier de N'Tabacoro cité extension.

1.2. Données utilisées et outils de traitement

Diverses données ont été utilisées pour cette étude, d'abord les données géographiques existantes, à savoir le Fichier de forme ou limites administratives de type vectoriel de la zone d'étude a été extrait de la base de données nationale, et aussi l'image satellitaire Google earth de la zone d'investigation en couches raster grâce à l'outil Mobile Atlas Creator. Ensuite plusieurs informations ont été collectées sur le terrain, notamment les données de la localisation des forages (leurs coordonnées géographiques) grâce à un récepteur GPS et les données d'enquêtes socio-économiques menées auprès des acteurs à l'aide de questionnaires élaborés sous Sphinx v.5. Enfin, pour la spatialisations des résultats obtenus des différents traitements et leurs analyses, nous avons utilisé ArcGIS 10.3.

1.3. Traitements des données et analyses

L'image raster de la zone d'étude a été convertie au format vecteur en numérisant tous les éléments y figurants (routes, parcelles et îlots d'habitations) et calée sur celle des limites afin d'obtenir la carte qui servira de base pour les analyses spatiales des statistiques sur les différents indicateurs collectés.

La collecte des données terrain (les enquêtes) ont concerné deux (02) catégories d'acteurs, propriétaires/gérants et ménages/clients, dont les échantillons étaient de 15 et de 30 individus respectivement. Aux individus de chaque catégorie un questionnaire spécifique a été adressé dans l'objectif de recueillir des informations relatives aux impacts socio-économiques des forages dans la zone et de constituer la base de données de l'étude. Plusieurs indicateurs sur les forages, sur les propriétaires/Gérants et sur les Clients/Ménages, dont la liste non exhaustive se présente en Annexe 1, ont été renseignés lors des enquêtes de terrain.

Les données obtenues sur ces indicateurs ont enfin été agrégées par des méthodes statistiques et analysées afin de catégoriser et spatialiser les forages selon leurs capacités et activités, et d'évaluer leur contribution à l'accès à l'eau des populations du quartier.

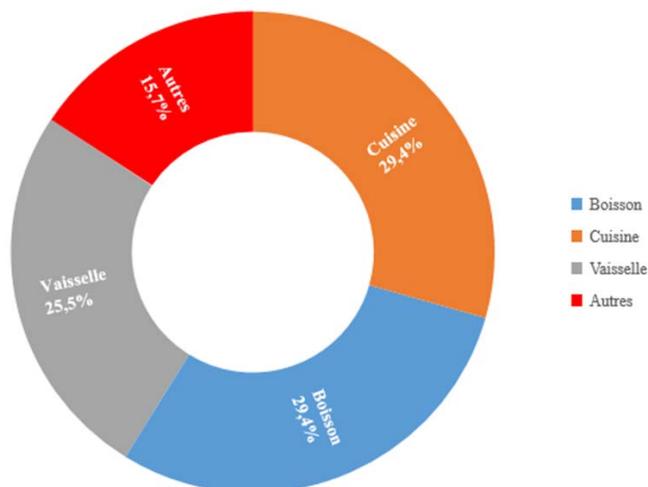
2. Résultats et discussion

Les principaux résultats obtenus de cette étude à l'issu des analyses des données collectées se présentent ci-après.

2.1.Sources d'approvisionnement en eau et domaines d'utilisation domestique

L'étude révèle que les forages constituent la principale source d'eau potable pour les ménages du quartier, loin devant les puits. Ce même constat à été fait par Younsa Harouna (2019) pour les quartiers les Niamey, qui ne sont pas branchés au réseau d'adduction d'eau potable. Par contre, une minorité des ménages ont déclaré satisfaire la totalité de leurs besoins en eau exclusivement avec des puits, avant que ceux-ci ne tarissent en fonction des saisons. Par ailleurs, ils affirment presque tous préférer l'eau des forages pour sa meilleure qualité, mais que des contraintes économiques (pour l'achat de l'eau des forages) et logistiques (manque de moyens mobiles d'accès aux forages) constituent des facteurs limitants.

Pour ce qui concerne l'utilisation de l'eau des forages, trois principaux domaines ou types d'usage ont été cités par les enquêtés (boisson, cuisine, vaisselle) en plus d'autres qui sont la lessive, le bain, etc. Les dépenses moyennes des ménages dans l'eau par domaine se présentent sur la Figure 2.



Source : Personnelle, enquêtes de terrain, 2020.

Figure 2. Répartition des dépenses par domaines d'utilisation de l'eau.

Ainsi, nous constatons que les domaines prioritaires de dépenses dans l'eau pour les ménages sont la boisson et la cuisine avec 29,4% chacun, et la vaisselle avec 25,5%. Les autres domaines dont la lessive et le bain, bien qu'ils soient des activités généralement très consommatrices d'eau au niveau domestique (Reine, 2008), ne comptent que pour 15,7% dans les dépenses d'eau de forage. Selon les témoignages, cela s'explique du fait que beaucoup de ménages, dans la volonté de réduction des dépenses dans l'eau, utilisent l'eau des puits pour ces activités. Ainsi, ils achètent l'eau des forages pour satisfaire des besoins en termes d'alimentation (boisson, cuisine et vaisselle) et utilisent l'eau des puits pour les autres activités quand c'est possible, pour des raisons strictement économiques disent-ils.

2.2. Quantités et coûts de l'eau, et revenus des propriétaires dus aux forages

Les quantités et les dépenses dans l'eau des forages des ménages de Tabacoro cité extension varient en fonction de la taille des ménages, de leurs capacités financière, de la période de l'année et de la distance parcourue jusqu'aux forages (Tableau 1).

Tableau 2. Quantités et dépenses journalières dans l'eau des ménages

N°	Quantité/j (en litre)	Dépenses/j (en FCFA)	Coût/20 litres (en FCFA)	Effectif de ménages
1	80	100-150	16 - 30	8
2	(160-200)	200-250	20 - 25	11
3	320	400-500	25 - 30	8
4	400	plus de 500	25	3

Source : Personnelle, enquêtes de terrain, 2020.

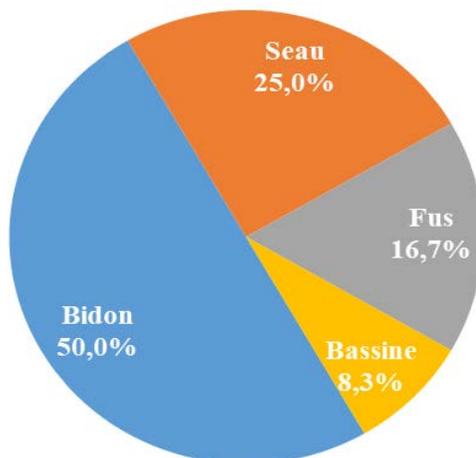
Ainsi les ménages, bien qu'ayant un accès au service d'eau de niveau basique (20 l/j.p.) à intermédiaire (50 l/j.p.) selon les normes sociales de l'OMS (OMS, 2017), l'achètent au prix fort en déboursant des fortunes. En effet, le prix moyen d'un biton d'eau de 20 litres varie de 16 FCFA à environ 30 FCFA en période normale (soit de 800 FCFA à 1500 FCFA/m³) et pouvant faire le double, voire plus, en période de pénurie. Donc nous pouvons en déduire que l'eau est extrêmement chère à N'Tabacoro cité extension, 7 à 13 fois plus que le tarif d'eau de la SOMAGEP dont le m³ coûte 113 FCFA hors taxes pour la consommation jusqu'à 10 m³/mois, dite tranche sociale (C-CREE, 2013). Ainsi, le prix du m³ d'eau dans les quartiers dévalorisés sans accès au réseau de la SOMAGEP, à l'image de Banconi en 1991 (un autre quartier dévalorisé), n'a pas baissé depuis 30 ans (Savina et al., 1994), malgré l'amélioration du taux d'accès. Et contrairement à ce qu'affirmait Harouna (2011) dans son étude sur les quartiers précaires de Niamey, la satisfaction des besoins en eau à partir des forages est synonyme de dépenses significatives pour les ménages à faible revenu dans le quartier de N'Tabacoro cité extension.

La vente de l'eau de forage dans la zone d'étude est une activité très lucrative au point que certains n'hésitent pas à en réaliser rien que pour le commerce. Ainsi, le revenu moyen mensuel des propriétaires enquêtés, après toutes les dépenses de fonctionnement et d'entretien des forages, avoisine 100 000 FCFA selon nos données.

2.3. Transport et stockage de l'eau

Les moyens de transports de l'eau ou d'accès aux bornes fontaines des forages sont la charrette et/ou le pousse-pousse pour 57,1% ; la moto, le tricycle et la voiture pour 35,7%, tandis que 7,2% des ménages y accèdent en faisant porter l'eau sur la tête. C'est surtout dans ce dernier cas que sont souvent impliqués les adolescents, ce qui n'est pas une pratique rare en Afrique en général selon le rapport des Nations Unies (WWDR/ONU, 2015; Younsa Harouna, 2019). Ainsi, le coût de l'eau dans le quartier est majoré par les dépenses logistiques pour y accéder. Le matériel de collecte le plus courant reste d'anciens bidons d'huiles ou d'essence de 20 à 25 litres.

La plupart des points de vente d'eau de forage n'étant pas fonctionnels de façon permanente, même pas pendant toute la journée, les ménages sont souvent amenés à se constituer des réserves, moyen le plus utilisé pour se protéger du manque (Younsa Harouna, 2019) nécessitant des moyens de stockage de l'eau, malgré le risque de contamination dont elle peut faire l'objet. Ainsi sur la Figure 3, nous présentons les proportions des matériels de stockage de l'eau les plus utilisés par les ménages.



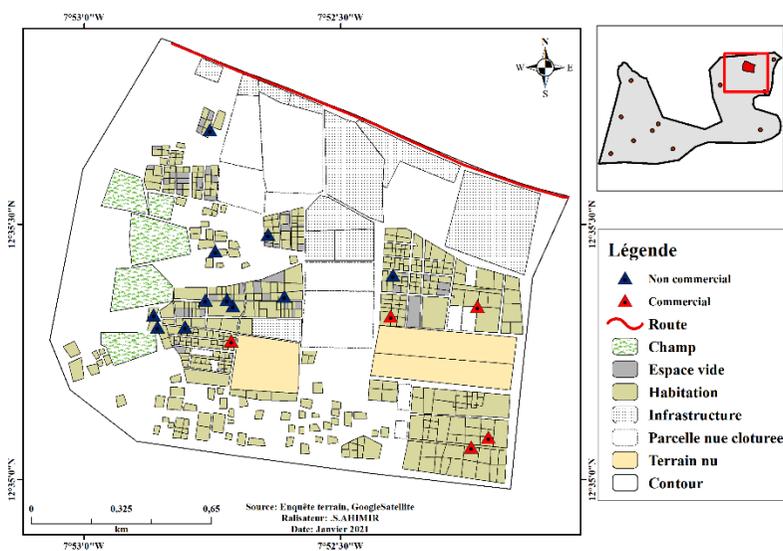
Source : Personnelle, enquêtes de terrain, 2020.

Figure 3. Matériels de stockage de l'eau au niveau des ménages.

Au regard de cette figure nous pouvons dire que la plupart des ménages, soit 66,7% exactement, utilisent des récipients fermés pour le stockage (bion et fus), ce qui permet de protéger l'eau contre des facteurs courants de contamination tels que l'introduction des mains, de louches ou d'autres sources externes (OMS, 2017). Il reste tout de même 33,3% des ménages (enquêtés) à sensibiliser quant aux bonnes pratiques de stockage de l'eau de consommation dans les foyers.

2.4.Analyse spatiale des forages dans le quartier de N'Tabacoro cité extension

L'étude nous a permis de comprendre la distribution spatiale des forages par catégorie dans la zone d'étude. Il a révélé que ces derniers sont inégalement répartis sur le territoire, ce qui explique la disparité entre les ménages quant à l'accès géographique à ceux-ci. La distribution spatiale des forages selon leurs statuts "commercial" et " non commercial" se présente sur la Figure 4. Ainsi, les forages dont la densité moyenne est de 0,053 forage/ha sont concentrés du centre vers l'Est de la zone. Cette inégale répartition et la faible densité des forages s'explique par la présence sd'infrastrucutres et de grands espaces non habités tels que les champs, parsemés au milieu des habitations.

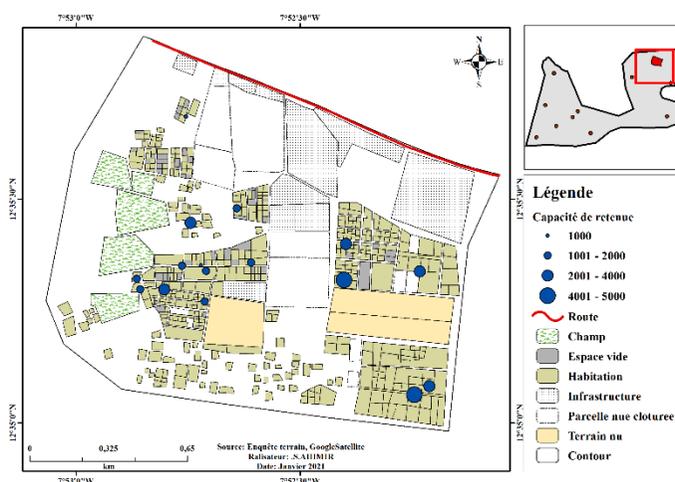


Source : Personnelle, 2020.

Figure 1. Distribution spatiale des forages selon leur statut commercial.

La distribution ci-dessus nous renseigne de la territorialisation des forages commerciaux (31,2%) et non commerciaux (68,8%). Les forages de la première catégorie sont regroupés dans la partie Centre-Sud du territoire et ceux de la deuxième catégorie, dans sa partie Centre-Nord. Les constats sur le terrain lors des enquêtes ont révélé que dans la partie Centre-Sud, contrairement à l'autre partie, il y'a encore beaucoup de maisons en chantier, inachevées mais très souvent habitées par des gardiens et leurs familles. Par ailleurs, les ménages de la partie Centre-Nord qui ne possèdent pas de forages et qui n'ont pas accès par moment à ceux gratuits de leurs voisins, sont souvent obligés de venir jusqu'à l'autre côté pour s'approvisionner en eau. Ainsi, malgré le taux d'accès à l'eau potable relativement élevé en milieu urbain au Mali (74,3% en 2017 selon Traoré, 2018), les conditions d'accès sont particulières très difficiles dans le quartier de de N'Tabacoro cité extension.

L'occupation de l'espace n'explique pas seule la vocation des forages, mais il y'a aussi leur capacité de pompage et de stockage. En effet, les forages dits commerciaux ont en général plus de capacité que ceux de l'autre catégorie comme le montre la Figure 5. Donc ceux-ci, sans contraintes majeures, arrivent à satisfaire au double usage de la satisfaction des besoins en eau des familles propriétaires et de la vente d'eau aux ménages et chantiers de construction demandeurs.



Source : Personnelle, 2020.

Figure 5. Distribution des forages selon leurs capacités de retenue.

Les capacités de stockage des forages varient de 1000 litres à 5000 litres. La plupart des forages de plus grandes capacités (plus de 2000 litres) sont commerciaux et se localisent dans la partie Centre-Sud de la zone.

2.5.Efficacité des forages dans l’approvisionnement en eau de la population du quartier

D’après nos investigations, il ressort que les habitants de N’Tabacoro cité extension souffrent beaucoup de la non satisfaction de leurs besoins en eau potable en toute saison et des difficultés multiples. En effet, 55% d’eux parcourent régulièrement entre 200 m et 600 m pour y accéder. En plus, le quartier fait face à une longue période de pénurie d’eau de 2 à 3 mois chaque année pendant laquelle, la plupart des ménages sont obligés de partir s’en approvisionner à près de 2 km de chez eux. Ce qui les place dans la catégorie de ceux qui n’ont aucun accès à l’eau pendant cette période selon les nouvelles normes de l’OMS (OMS, 2017). C’est la raison pour laquelle les habitants enquêtés interpellent les autorités pour la viabilisation de leur quartier, notamment à travers l’accès et les branchements domestiques au réseau public d’eau potable de la SOMAGEP et la multiplication des bornes fontaines collectives afin de soulager leur calvaire, selon leurs dits.

Conclusion

Cette étude nous a permis de comprendre les difficultés économiques et géographiques d’accessibilité à l’eau de la population du quartier de N’Tabacoro cité extension. Il en résulte que les forages, bien que faiblement répartis dans la zone, jouent un très grand rôle dans l’approvisionnement en eau de la population. Par contre, la commerce de l’eau des forages dans la zone

est devenue une véritable activité commerciale lucrative pour les propriétaires, source d'emploi pour certains, mais et surtout une poche de dépenses très considérable pour des ménages à faible revenu . En effet, les coûts très élevés et les grandes distances parcourues par la population pour y accéder sont très contraignants. A cela, il faut ajouter les conditions parfois précaires de transport et de stockage de l'eau dans les ménages, en prévention des moments d'insuffisance ou de pénurie, avec des ruptures intpestives. Face à cette situation, la population sollicitent les pouvoirs publics à comprendre l'urgence de l'amélioration de leurs conditions d'accès à l'eau potable.

Annexe 1. Principaux indicateurs collectés sur le terrain auprès des acteurs de l'eau

Indicateurs	Acteurs	Unités
- Coordonnées géographiques (Long., Lat.) du forage ;	-	°
- Capacité journalière de pompage du forage ; - Coût (prix de vente) de l'eau ; - Revenus journalier et mensuel de la vente de l'eau ; - Horaires de vente de l'eau ;	Propriétaires/Gérants	m ³ FCFA/m ³ FCFA -
- Provenance des clients (distances parcourues) ; - Quantité d'eau achetée par jour ou mois ; - Dépense dans l'eau par jour ou mois ; - Matériels de collecte et de stockage de l'eau ; - Moyens de transport de l'eau ; - Domaine d'utilisation de l'eau achetée ; - Contraintes d'approvisionnement en eau.	Ménages/Clients	m l FCFA - - -

References :

1. Baron, C. & Bonnassieu, A. (2011). Les enjeux de l'accès à l'eau en Afrique de l'ouest : diversité des modes de gouvernance et conflits d'usages. *Mondes en Développement*, Vol.39/4-n°156, p. 17-32.
2. Bertrand, M., Ba, M. F., Kebe, G., & Rama, M. (2012). Gouvernance des services essentiels à Bamako, Mali, *CGLU / IRD : GOLD III – Métropoles*, 58 p.
3. COALISION EAU (CE) (2009). Etat des lieux des collectifs, plateformes et réseaux d'organisation de la société civile du secteur eau et assainissement dans 7 pays de l'Afrique de l'ouest et du centre, Rapport Mali, 37 p.
4. C-CREE (2013). Directive N° 13-002 / C-CREE Portant fixation des tarifs de l'eau potable applicables à compter du 1er février 2013, 3 p.
5. Diabagaté, A., Konan, G.H., & Koffi, A. (2016). Stratégies d'approvisionnement en eau potable dans l'agglomération d'Abidjan (Côte d'Ivoire), *Geo-Eco-Trop.*, p 345-360.
6. Dieng, M. (2011). Les systèmes d'information géographique participatifs (SIG-P) dans la gestion des ressources naturelles et la sécurité alimentaire en Afrique : L'eau en Afrique, les paradoxes d'une ressource très convoitée, 3 p.
7. Dovi, E. (2007). De l'eau pour les plus pauvres, [Accès pour les Africains les plus pauvres à de l'eau potable], *Afrique Renouveau*, ONU vol. 21 No. 3, p. 7-9.
8. DNSI (2002). 3^e Recensement Général de la Population et de l'Habitat du Mali (RGPH). Analyse « Conditions de vie des ménages et pauvreté », 79 p.
9. FAD-OWAS (2013). Projet d'approvisionnement en eau potable de Bamako à partir de la localité de Kabala (PAEP, Bamako/Kabala) : Rapport d'évaluation, 26 p.
10. Harouna, H.Y. (2011). L'accès à l'eau potable et à l'assainissement dans les quartiers précaires de Niamey. Cas du quartier Pays-Bas (commune IV) Niger, Mémoire de Maîtrise en géographie, *Mémoire Online*, 62 p.
11. IPI (2013). Objectifs du Millénaire pour le développement : Guide pour journalistes. Parlons du développement à l'horizon 2015 et au-delà, 191 p.
12. INSTAT (2012). 4^e Recensement Général de la Population et de l'Habitat du Mali (RGPH). Analyse des résultats définitifs : Urbanisation, 57 p.
13. Jaglin, S. (2001). L'eau potable dans les villes en développement : les modèles marchands face à la pauvreté, *In: Tiers-Monde. Les nouvelles*

- politiques de l'eau. Enjeux urbains, ruraux, régionaux*, tome 42, n°166, p. 275-303. DOI : <https://doi.org/10.3406/tiers.2001.1504>
14. Jérôme, Y., Emmanuel, E., Saffache, P. (2021). Global water governance and water rights through the prism of Canaan, a slum apart in Haitip, *Aqua-LAC*, Vol. 13(1), p. 34-44. DOI : 10.29104/phi-aqualac/2021-v13-1-03
 15. OMS (2017). Directives de qualité pour l'eau de boisson : 4e éd. intégrant le premier additif [*Guidelines for drinking-water quality: 4th ed. incorporating first addendum*], 539 p.
 16. PNUE (2010). Un droit de l'eau plus vert : Gérer les ressources en eau douce pour les hommes et l'environnement, *PNUE/DELIC*, ISBN : 978-92-807-3206-1, Réf. : DEL/1441/NA, 104 p.
 17. PRB (2012). Fiche de données sur la population mondiale, 20 p.
 18. Reine, B. (2008). L'accès à l'eau dans les bidonvilles des villes africaines. Enjeux et défis de l'universalisation de l'accès (Cas d'Ouagadougou), Mémoire de Maitrise en géographie, *Mémoire de fin d'étude, IQHEI de Université Laval*, Québec, 234 p.
 19. Traoré, H. (2012). Stratégies d'accès à l'eau potable et aux infrastructures d'assainissement à Bamako (Mali), *Thèse de Doctorat en géographie [2012AIXM3121]*, Université d'Aix-Marseille, France, 334 p.
 20. Traoré, H. (2018). Accès à l'eau potable et aux infrastructures d'assainissement à Bamako, *Editions universitaires européennes*, 340 p.
 21. Vennetier, P. (1988). Cadre de vie urbain et problèmes de l'eau en Afrique noire, *In: Annales de Géographie*, t. 97, n°540, p. 171-194.
 22. Savina, A. & Mathys, A. (1994). L'alimentation en eau en milieu urbain dans les quartiers défavorisés : une question de partage ?, *Abidjan, gréa / Afrique de l'Ouest*, 22 p.
 23. Younsa Harouna, H. (2019). Les services d'eau face aux défis urbains sahéliens : insécurité hydrique et initiatives pour l'accès à l'eau dans les quartiers périphériques de Niamey (Niger), *Thèse de Doctorat en aménagement de l'espace et urbanisme, UBM/UAM, France-Niger*, 315 p.
 24. WHO/UNICEF (2007). Atteindre l'OMD relatif à l'eau potable et à l'assainissement le défi urbain et rural de la décennie, ISBN 978 92 4 256325 2, 41 p.
 25. WHO/UNICEF (2017). Progress on drinking water, sanitation and hygiene, ISBN 978-92-4-151289-3, 108 p.
 26. WWDR/ONU (2015). Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2015. L'eau dans un monde durable



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Evaluation of the Sustainability of Urban Market Gardens in the City of Meknes (Morocco)

Ibrahim El Ghazi,

Moulay Ismail University, Cluster of Competences Environment and Health,
Meknes, Morocco

Catholic University of Leuven, Belgium

Janvier Egah,

Catholic University of Leuven, Belgium

Laboratory Society-Environment (LaSEn), Faculty of Agronomy, University
of Parakou, Benin

Claude Ahouangninou,

School of Horticulture and Landscape Management (EHAEV)/ National
University of Agriculture

Agriculture (UNA) of Benin

Imane Berni,

Aziza Menouni,

Moulay Ismail University, Cluster of Competences Environment and Health,
Meknes, Morocco

Soumia Sadik,

Laboratory of Plant Biotechnology and Molecular Biology, Faculty of
Sciences, Meknes, Morocco

Mohammed Amane,

Moulay Ismail University, Cluster of Competences Environment and Health,
Meknes, Morocco

Marie-Paule Kestemont,

Catholic University of Leuven, Belgium

Samir El Jaafari,

Moulay Ismail University, Cluster of Competences Environment and Health,
Meknes, Morocco

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n40p121](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p121)

Submitted: 10 July 2021

Accepted: 04 November 2021

Published: 30 November 2021

Cite As:

El Ghazi I., Egah J., Ahouangninou C., Berni I., Menouni A., Sadik S., Amane M., Kestemont M.P., & Jaafari S.E., (2021). *Evaluation of the Sustainability of Urban Market Gardens in the City of Meknes (Morocco)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(40), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p121>

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Abstract

Market gardening constitutes a basis for food security of urban and peri-urban households. However, market gardening is subject to the use of chemical inputs, selected varieties, and genetically modified organisms. These practices are increasingly controversial and are likely to affect the sustainability of vegetable farms. This study assessed the sustainability of 120 randomly selected market garden farms (Meknes) using the surveys and the market garden production sustainability indicator. The results show that the majority of the farms identified are characterized by low sustainability, with the agroecological dimension being the limiting factor. The improvement of the components "Ecological diversity", "Spatial organization", and "Agricultural practices" are the ways to improve the global sustainability of vegetable production in Meknes. The socio-territorial sustainability of production is characterized by a lack of training for producers, a lack of hygiene and safety in production activities, and a low contribution to employment. The economic dimension is characterized by low viability, low economic transmissibility, and financial autonomy. To perpetuate the market gardening in the city of Meknes, it appears necessary to promote ecological intensification, integrated diversification, and promotion of local inputs to the various types of market gardening farms

Keywords: Meknes, Sustainability, Evaluation, Market gardening, Morocco

I. Introduction

In the face of global changes, several African countries, as well as nations around the world, have embarked on the green revolution, which involves the use of chemical inputs for intensive agriculture (Ahouangninou, 2013). This intensive agriculture puts a strain on natural resources and challenges the sustainability of farms (Lal, 2015). It mobilizes chemical inputs that negatively affect the quality of soils, living beings both, human and animal, and threatens biodiversity in general. As a result, the second sustainable development goal of eliminating hunger and ensuring food security, improving nutrition, and promoting sustainable agriculture by 2030 is threatened (FAO, 2020). Thus, the promotion of sustainable agriculture becomes one of the alternatives for respecting the environment and maintaining economic and social production goals (FAO, 2020).

Market gardening is a rapidly growing sector due to population growth and increasing food needs in urban and peri-urban areas (Maseko et al., 2017). To meet these food's needs, producers in general and vegetable farmers, in

particular, use chemical inputs, selected varieties, genetically modified organisms, and wastewater irrigation (Ahouangninou, 2013). These practices are likely to negatively affect soil quality (Van Jaarsveld et al., 1999; Raffa and Chiampo 2021), water (Detroux, 1996; Houze, 2003; El Azzouzi et al., 2014; Maldani et al., 2017; Naamane et al., 2020; Berni et al., 2021a), air quality (FOCUS, 2008; Chahine, 2011; Ahouangninou, 2013; Guiral et al., 2016), biodiversity (El Bakouri, 2006) and human health (Carvalho, 2006; Idrissi et al., 2010; Morillon, 2016; Belhadi et al., 2017; Saadane, 2018; Berni et al., 2021b). In Africa, several authors have worked on assessing the sustainability of the market gardening (Cissé et al., 2003; Traoré et al., 2006; Assogba-Komlan et al., 2007; Ahouangninou, 2013; Bayendi et al., 2017). However, there is no equivalent work in Morocco, especially in Meknes city.

Meknes is a Moroccan city that was renowned for its agricultural wealth and its characteristics like a garden city, or orchard city (Abdouh et al., 2004). It owed this reputation to prosperous agriculture that fulfilled a double function: first, to supply the city with food products that the disjointed and discontinuous state of city-countryside exchanges could not always ensure, and second, to serve as recreational areas for the city's population, which used to frequent them as part of the *Nzaha* (weekly recreational outings) (Abdouh et al., 2004; Rhaidour, 2013). In Meknes, market gardening is a booming sector and is attracting an increasing interest due to the high demand for vegetables (Rhaidour, 2013; Dugué et al., 2015). However, most producers in urban and peri-urban areas opt for productivist systems that favor quantity over quality and do not always guarantee the sustainability of production (Abdouh et al., 2004; Rhaidour, 2013). The purpose of this study is to describe market garden farms in the city of Meknes and to assess the sustainability of these farms based on a systemic field survey. To address this, the sustainability of 120 vegetable farms, located in the urban area of the city of Meknes, was assessed using the "Indicator of sustainability of vegetable production" (IDPM) tool.

II. Materials and methods

II. 1. Study area

The study was conducted in the city of Meknes, located at 33°53'42" N and 5°33'17" W (Figure 1). This city has a population of 632,079 (General Census of Population and Housing, 2014). The region is characterized by a semi-continental Mediterranean climate with cool, rainy winters and hot, dry summers. Urban agriculture in the Meknes agglomeration (urban communes of Meknes center, Ouislane, and Toulal) is found almost exclusively in the valleys of the 3 wadis: wadi Boufekrane, wadi Ouislane, and wadi Bouisshak (Figure 1). The cultivable and irrigable area in these valleys varies according to sources. It is about: 1400 ha for Mechkouri and Mabrouki (1992), 1520 ha

for El Addouli et al. (2008), and 913 ha according to the 1996 agricultural census (cited by Abdouh et al., 2004). The choice of this study area is due to its high contribution to local market garden production and its potential to feed the inhabitants of the Fez-Meknes region.



Figure 1. Geolocation of the study area

II. 2. Research units and sampling

The research units were vegetable farms in the urban areas of the city of Meknes (Morocco). A total of 120 vegetable farms were surveyed (Table I). Due to the lack of an official database of vegetable farms in this locality, we adopted a simple random sampling.

Table I: Number of farms surveyed by study area

Area	Type of area	Number of farms
Ouislane Valley	Urban	50
Boufekrane Valley	Urban	40
Bouishak Valley	Urban	30
Total		120

II. 3. Sustainability assessment method

The Vegetable Production Sustainability Indicators (IDPM) assessment method was used to analyze the strengths and weaknesses of vegetable production farms. Like the IDEA method (farm sustainability indicators), the IDPM uses a multi-criteria approach to measure the sustainability of vegetable production systems, to draw up a profile of farms

at a given time from an environmental, social, and economic point of view, and to identify the possibilities for improving these systems (Viaux, 1999).

The IDPM consists of three equally weighted sustainability scales which are the agro-ecological, socio-territorial and economic dimensions. Each sustainability scale is itself broken down into 3 or 4 components that are more characteristic of a sustainable agricultural system (Ahouangninou, 2013). The agro ecological sustainability scale analyzes the technical system's readiness to combine the efficient use of environmental resources, respect for ecological costs, and technical-economic viability (M'Hamdi et al., 2009). The socio-territorial sustainability scale is analyzed using indicators that promote the objectives of human development, quality of life, employment and local development, ethics, and citizenship (Vilain et al., 2008). The economic sustainability scale analyzes the performance of the production system in the medium and long term through the viability, transferability, independence, and efficiency of the system. All ten sustainability components are subdivided into indicators. In total, 40 indicators are obtained, which are composed of several items for the IDPM (Table II).

Table II: Indicators of the agroecological, socio-territorial, and economic dimensions (Ahouangninou, 2013).

Dimensions and Components	Indicators	Maximum potential (Maximum potentially attainable)
Dimension	agroecological	100 pts
Ecological diversity	Diversity of traditional cultures	8
	Diversity of exotic cultures	8
	Associated plant diversity	2
	Valuation and conservation of genetic heritage	5
	Preservation of biodiversity	7
Spatial organization	Crop rotation	10
	Plot size	10
	Crop rotation and succession	5
Agricultural practices	Fertilization	12
	Plant protection	12
	Soil protection	3
	Water management	3
	Chemical packaging management	8
	Energy dependency	3
	Organic material management	4
Dimension	Socio-territorial	100 pts
Human development	Contribution to a balanced alimentation	7
	Training	5
	Working environment	7
	Quality of life	4
	Health and safety at work	8
	Geographic and socio-cultural isolation	3

Management and quality of the production	Food quality	12	33
	Management of production waste	8	
	Client and visitor reception	3	
	Accessibility of the space	4	
	Strength of the network of relationships with clients and suppliers	3	
	Information to customers on product quality	3	
Employment and local development	Valuation by short channel	5	33
	Direct employment contribution	7	
	Collective work	6	
	Perenniality	3	
	Acceptability of the implementation by the neighborhood	3	
	Social implication	7	
	Participation in the elaboration of the sector's policies	2	
Dimension	Economic		100 pts
Viability	Economic viability	20	30
	Production diversification	10	
Transmissibility	Transmissibility	20	20
Independence	Financial autonomy	15	25
	Aid sensitivity	10	
Efficiency	Use of resources	25	25

II. 4. Data analysis

The data from the calculation of the scores of the different sustainability indicators were entered into Excel 2010 to obtain descriptive statistics (absolute frequencies, relative frequencies, maxima, minima, means, and standard deviations).

III. Results and discussion:

III.1 Agroecological sustainability

The average agro ecological sustainability of market garden farms in 2021 is 44.84 points out of 100 with a range of 36 to 82 (Table III). This pillar of sustainability includes ecological diversity, spatial organization, and farming practices. Ecological diversity has an average of 9.4 points out of 30 with a maximum of 22 points. This average represents 31.33% of the theoretical maximum. Among the indicators of this component, only that of "Valorization and conservation of genetic heritage" has obtained an average that represents 64.25% of its theoretical maximum. This is related to the fact that farmers in Meknes do not use genetically modified organisms (GMOs) in market gardening.

Concerning the component "organization of space", the average value is equal to 11.95 out of 25 points while the maximum is 22 points (Table III). This average corresponds to 47.8% of the theoretical maximum (Table III). As for the "crop rotation and succession" indicator, it presents an average of more than 92% of the theoretical maximum. The averages of the other two indicators "crop rotation" and "plot size" are 49% and 24.4% of the theoretical maximum, respectively. For agricultural practices, the average obtained is 23.49 points out of 45 and the maximum value is 35 points (Table III). The average of the "agricultural practices" component represents 52.2% of the theoretical maximum. The indicators "fertilization" and "plant protection" have averaged lower than 50% of the theoretical maximums. These results reflect the fact that the majority of farmers use phytosanitary products that present high risks for ecosystems and human health (El Ghazi et al., 2021).

Table III. Average values of the indicators of the Agroecological dimension

Components	Indicators	Average (%)	Standard deviation	Minimum	Maximum	Terminals
Ecological diversity	Diversity of traditional cultures	2.69 (33.62)	1.08	0	8	0 - 8
	Diversity of exotic cultures	2.47 (30.87)	1.18	0	8	0 - 8
	Associated plant diversity	0.59 (29.5)	0.44	0	2	0 - 2
	Valuation and conservation of genetic heritage	2.57 (64.25)	0.31	2	4	0 - 4
	Preservation of biodiversity	1.08 (15.42)	0.47	0	7	0 - 7
	Total	9.4 (31.33)	3.01	5	22	0 - 30
Spatial organization	Crop rotation	4.9 (49)	1.08	3	10	0 - 10
	Plot size	2.44 (24.4)	0.88	2	10	0 - 10
	Crop rotation and succession	4.61 (92.2)	0.94	0	5	0 - 5
	Total	11.95 (47.8)	2.69	4	22	0 - 25
Agricultural practices	Fertilization	4.87 (40.58)	0.91	4	12	0 - 12
	Plant protection	4.42 (36.83)	1.07	3	12	0 - 12
	Soil protection	2.10 (70)	0.12	1	3	0 - 3
	Water management	2.83 (94.33)	0.15	1	3	0 - 3
	Chemical packaging management	3.21 (40.12)	0.64	1	4	0 - 8
	Energy dependency	2.76 (92)	1.27	0	3	0 - 3
	Organic material management	3.30 (82.5)	0.70	0	4	0 - 4
	Total	23.49 (52.2)	1.54	19	35	0 - 45
Total agro-ecological dimension		44.84 (44.84)	6.50	36	82	0 - 100

The vast majority of farms (96.76%) have an agroecological sustainability score below 65. About 80.24% of the farms have an agroecological sustainability score below 55. This score reflects the market gardening characterized by intensive use of chemical inputs. This result is in agreement with those of Ahouangninou et al. (2015) who showed that in vegetable production in southern Benin, producers make intensive use of chemical pesticides while not respecting the standards for storage of these products as well as the management of their packaging.

The agroecological sustainability of market garden farms in the city of Meknes is higher than that reported by Ouédraogo et al. (2020), who found agroecological sustainability of 19.97% in the province of Houet in Burkina Faso. On the other hand, this agro-ecological sustainability of farms in the city of Meknes is lower than that reported by Ahouangninou et al. (2015), in the study of the sustainability of farms in southern Benin: 50.16%. It is also lower than that reported by Ndjadii et al. (2021), in the vegetable farms of South Kivu in the east of the Democratic Republic of Congo.

III. 2. Socio-territorial Sustainability

Socio-territorial sustainability averaged 54.36 points out of 100 in 2021, with a range from 40 to 78 (Table IV). This dimension of sustainability has three components: human development, production management, and quality, employment, and local development. The human development component has an average of 19.71 and a maximum of 26 points. This average represents 57.97% of the theoretical maximum of 34 points (Table IV). Within this component, the "Training" indicator has the lowest average (0.92 points), or 18.40% of its theoretical maximum of five points. This activity contributes to food security by offering vegetables to consumers, but there is a lack of training and a lack of work hygiene among producers.

For the "production management and quality" component, the average is 18.15 for a total of 33 points while the maximum is 24 points (Table IV). This average corresponds to 55% of its theoretical maximum. For the "food quality" indicator, the average is 55.75% of the theoretical maximum. For the indicator "management of production waste", the average is 64.25% of the theoretical maximum. The averages of the other indicators of this component are above 50.00% of their theoretical maximum. This component of sustainability can be improved by the practice of organic farming and the use of organic fertilizers.

Regarding the "employment and local development" component, the average obtained is 16.50 points out of 33 and its maximum is 25 points (Table IV). The average of this component represents 50.00% of the theoretical maximum (Table IV). The average of the indicators "direct contribution to employment" and "collective work" is low, below 33% of the theoretical

maximum (Table IV). The low scores for "direct contribution to employment" are associated with the lack of permanent labor (Rhaidour, 2013). Producers resort to casual labor when necessary. Furthermore, the weakness of collective work can be explained by the fact that production is practiced in urban areas where solidarity is rare. Most farms (97.63%) have a socio-territorial sustainability score below 65. About 77.54% of the farms have a socio-territorial sustainability score between 55 and 65 points out of 100. The low scores of socio-territorial sustainability can be linked to the omnipresence of the conventional mode of production (Figure 2) and the poor development of the production areas (absence of storage buildings for equipment, often poor access to the field). This is because a large number of market garden producers operate perimeters that they do not own (Rhaidour, 2013). These perimeters are very often acquired by donation or lease, any situation that prevents significant long-term investments.



(a). Market gardener in the valley of the oued Boufekrane (May 2012). (b). Market gardens in the valley of the oued Bouisshak (June 2013)

Figure 2. Use of the traditional techniques in market gardening (Dugué et al., 2015)

Table IV. Average values of the indicators of the Socio-territorial dimension

Components	Indicators	Average (%)	Standard deviation	Minimum	Maximum	Terminals
Human development	Contribution to a balanced alimentation.	5.52 (78.85)	0.63	3	7	0 - 7
	Training	0.92 (18.4)	0.46	0	5	0 - 5
	Working environment	3.64 (52)	0.60	2	5	0 - 7
	Quality of life	3.58 (89.5)	0.51	1	4	0 - 4
	Health and safety at work	3.12 (39)	0.75	2	8	0 - 8
	Geographic and socio-cultural isolation	2.93 (79.66)	0.46	2	3	0 - 3
	Total	19.71 (57.97)	2.78	14	26	0 - 34
Management and Quality of the production	Food quality	6.69 (55.75)	0.82	3	6	0 - 12
	Management of production waste	5.14 (64.25)	0.66	2	4	0 - 8
	Client and visitor reception	2.47 (82.3)	0.51	1	3	0 - 3
	Accessibility of the space	2.84 (71)	0.47	1	4	0 - 4
	Strength of the network of relationships with clients and suppliers	2.26 (56.5)	0.32	1	4	0 - 4

	Information to customers on product quality	1.59 (53)	0.33	0	2	0 - 3
	Total	18.15 (55)	1.29	12	24	0 - 33
Employment and local development	Valuation by short channel	3.81 (76.2)	0.31	2	5	0 - 5
	Direct employment contribution	2.20 (31.42)	0.62	1	5	0 - 7
	Collective work	1.71 (28.5)	0.3	1	3	0 - 6
	Perenniality	2.52 (84)	0.49	1	3	0 - 3
	Acceptability of the implementation by the neighborhood	2.74 (91.33)	0.37	1	3	0 - 3
	Social implication	2.85(40.71)	0.35	1	4	0 - 7
	Participation in the elaboration of the sector's policies	0.67(33.5)	0.38	0	2	0 - 2
	Total	16.50 (50)	2.19	10	25	0 - 33
Total socio-territorial dimension		54.36 (54,36)	6.30	40	78	0 - 100

The socio-territorial sustainability of farms located in the city of Meknes: 54.36 % is lower than that of market garden farms in southern Benin (58.2 8%) reported by Ahouangninou et al. (2015). In contrast, the socio-territorial sustainability score of farms in the city of Meknes is higher than that reported by Ndjaji et al. (2021): 50.7% of vegetable farms in South Kivu in the east of the Democratic Republic of Congo. It is also higher than that reported by Ouédraogo et al. (2020): 35.27% in Houet province in Burkina Faso.

III.3 Economic Sustainability

Economic sustainability is composed of four components: viability, transmissibility, independence, and efficiency. Viability has an average of 10.07 points with a maximum of 30 points. This average score represents 33.56% of the theoretical maximum (Table V). Of all the indicators in this component, the "economic viability" indicator has the lowest average (3.13 points), which corresponds to 15.65% of its theoretical maximum (20 points). For this indicator, the values ranged from 1 to 20 points. Thus, the vegetable farms are economically unviable. These findings are related to the small area of land farmed, which does not allow producers to make high profits.

For the "transmissibility" component, the average is 2.90 points (Table V). It represents 14.50% of its theoretical maximum (20 points). For this component, the minimum and maximum scores are between 0 and 20 points. The vegetable farms have low transferability. This low transferability of the farms is attributed to their limited economic viability and to the small or non-existent number of descendants who work with the farmers. As for the "independence" component, it has an average of 20.59 points which represents 82.36% of the theoretical maximum. The minimum and maximum are between 20 and 25 points respectively. The majority of market gardeners are financially independent and do not receive financial aid or subsidies for their production. For the "efficiency" component, the average obtained is 14.26 points which represent 57.04% of the theoretical maximum (25 points). The minimum and maximum scores for this component are 14 and 24 points respectively. The farms are financially efficient. Urban vegetable production is economically profitable.

The vast majority of farms (88.60%) have an economic viability score below 65. About 57.53% of farms have an economic sustainability score between 45 and 55 points out of 100.

The economic sustainability recorded a score of 47.82% for farms located in the city of Meknes; it is lower than that reported by Ahouangninou et al. (2015), of 54.86% in the study of sustainability of farms in southern Benin. On the other hand, the economic sustainability score of farms in the city of Meknes is higher than that reported by Ndjadi et al. (2021): 44.8% of the vegetable farms of South Kivu in the east of the Democratic Republic of Congo. It is also higher than that reported by Ouédraogo et al. (2020): 43.2% in Houet province in Burkina Faso.

Table V. Average values of the economic dimension indicators

Components	Indicators	Average (%)	Standard deviation	Minimum	Maximum	Terminals
Viability	Economic viability	3.13 (18.65)	0.64	1	20	0 - 20
	Production diversification	6.94 (69.4)	1.79	4	10	0 - 10
	Total	10.07 (33.56)	3.31	5	30	0 - 30

Transmissibility	Transmissibility	2.90 (14,5)	0.35	0	20	0 - 20
Independence	Financial autonomy	11.12 (74.13)	1	7	15	0 - 15
	Aid sensitivity	9.47 (94.7)	0.66	8	10	0 - 10
	Total	20,59 (82,36)	0,61	20	25	0 - 25
Efficiency	Use of resources	14.26 (57.04)	2.6	14	24	0 - 25
Total of economic dimension		47.82 (47.82)	8.18	42	90	0 - 100

III.4 Overall durability

The average sustainability score is 44.84 points out of 100 with a range of 36 to 82 (Table III, Figure 3). More than 25 % of the farms have an overall sustainability score of fewer than 45 points out of 100; 57 % have a score between 45 and 55 points out of 100; 12.70 % have a score between 55 and 65 points out of 100. Two percent of the farms have an overall sustainability score of 65 points or more out of 100.

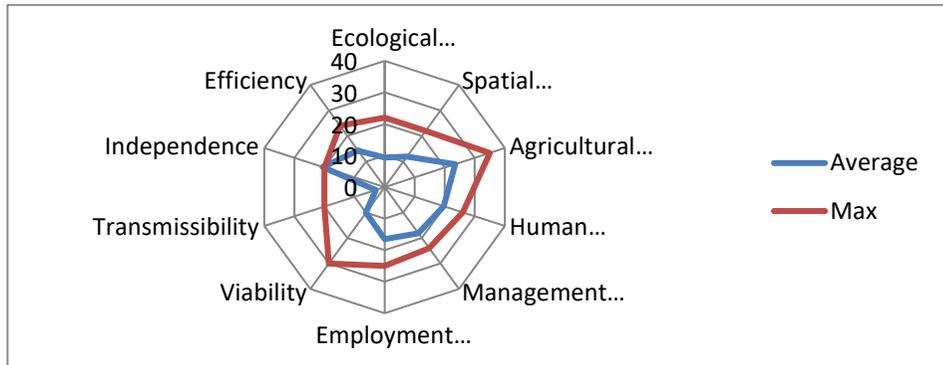


Figure 3: Theoretical averages and maxima of sustainability component scores

As in the three Vallès of the city of Meknes, other research revealed that the limiting value of the sustainability of vegetable farms was much more on the agroecological scale. Ahouangninou et al. (2015), showed that market garden farms in southern Benin have lower agroecological sustainability than their socio-territorial and economic sustainability. The assessment of the sustainability of vegetable farms in the province of Houet in Burkina Faso by Ouédraogo et al. (2020), showed that the economic scale had the highest scores, followed by the socio-territorial scale, while the agro-ecological scale had the lowest scores. Ndjadi et al. (2021), in their assessment of the sustainability of vegetable farms in South Kivu in the east of the Democratic Republic of Congo, found that the economic sustainability scale scored the lowest, preceded by the agro-ecological and socio-territorial scales.

Conclusion

This study highlights that market garden production in Meknes is limited by its agroecological dimension. Improving this dimension of sustainability will increase the overall sustainability of vegetable production.

It is crucial to promote the training of farmers in the city of Meknes on the judicious use of plant protection products and fertilizers through the organization of workshops, demonstration sites, door to door, and the distribution of documentation so that they adopt new practices. It is essential to also test in this study area, biopesticides and biological control techniques and integrated agriculture, which have already demonstrated their effectiveness in many parts of the world and are less harmful to humans and more environmentally friendly. The development of resistant varieties would also be an interesting way to limit the use of phytosanitary products.

To move towards greater socio-territorial sustainability, farms should promote agricultural training for farmworkers and join together more to facilitate certain common operations (e.g., purchasing inputs) and join agricultural associations and cooperatives.

Direct public support and access to credit for farmers will improve economic sustainability scores.

Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interest about this article.

Contributions of the authors

Ibrahim El Ghazi: bibliographic research, data collection and processing, and writing of the manuscript. Janvier Egah and Claude Ahouangninou: drafting and proofreading of the manuscript. Imane Berni, Aziza Menouni and Sadik Soumia: proofreading of the manuscript. Marie-Paule Kestemont and Samir El Jaafari: supervision of the study and validation of the manuscript.

Acknowledgment

We would like to thank the Academy for Research and Higher Education (ARES) of the Belgian Government for funding our postdoctoral stay at the Catholic University of Louvain.

References:

1. Abdouh, M., El Atrouz, A & Mechkouri, A. (2004). Profil environnemental de Meknès. PNUD maroc, UN-Habitat, Ministère de l'Aménagement du Territoire de l'Eau et de l'Environnement (Maroc), 94 p.
2. Ahouangninou, C. (2013). Durabilité de la production maraîchère au sud- Bénin : un essai de l'approche écosystémique. Thèse de Doctorat Unique en Gestion de l'Environnement, EDP, FLASH, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 358 p.

3. Ahouangninou, C., Martin, T., Cledjo, P., Assogba-Komlan, F., Djogbénu, L., Assogba, B., Soumanou, M.M., Boko, M & Fayomi, B. (2015). Caractérisation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires dans la production de légumes dans les communes de Cotonou, de Seme-Kpodji et de Ouidah au Sud-Bénin. Cahiers du Centre Béninois de la Recherche Scientifique et Technique, 2,135-171.
4. Assogba-Komlan, F., Anihouvi, P., Achigan, E., Sikirou, R., Boko, A., Adje C, Ahle, V., Vodouhe, R & Assa, A. (2007). Pratiques culturelles et teneur en éléments antinutritionnels (nitrates et pesticides) de *Solanum macrocarpon* au Sud du Bénin. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development, 7 (4), 1–21.
5. Bayendi, S., Ndoutoume, A & Francis, F. (2017). Le maraîchage périurbain à Libreville et Owendo (Gabon): pratiques culturelles et durabilité. Cahiers Agricultures, 26, 45002.
6. Belhadi, A. (2017). Évaluation de la durabilité et étude des pratiques phytosanitaires des exploitations maraîchères sous abri serre d'une région aride : cas des Ziban (Biskra). Thèse de de doctorat en sciences agronomiques, école nationale supérieure agronomique El-Harrach – Alger. 324 p.
7. Berni, I., Menouni, A., El Ghazi, I., Godderis, L., Duca, RD & El Jaafari, S. (2021a). Health and ecological risk assessment based on pesticide monitoring in Saïss plain (Morocco) groundwater. Environmental Pollution, 276, 116638, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116638>.
8. Berni, I., Menouni, A., El Ghazi, I., Duca, RD., Kestemont, MP., Godderis, L & El Jaafari, S. (2021b). Understanding farmers' safety behavior regarding pesticide use in Morocco. Sustainable Production and Consumption, 25, 471- 483.
9. Carvalho, F.P. (2006). Agriculture, pesticides, food security and food safety. Environmental Science & Policy, 9 (7-8), 685– 692.
10. Chahine, A. (2011). Modélisation de la dispersion aérienne de pesticides des échelles locales aux échelles régionales, influence des aménagements et quantification des niveaux d'exposition Thèse de Doctorat, Centre International d'Etude Supérieures en Sciences Agronomiques, Montpellier SupAgro, 184p.
11. Cissé, I., Tandia, A., Fall, S & Diop, E. (2003). Usage incontrôlé des pesticides en agriculture périurbaine : cas de la zone de Niayes au Sénégal. Cahiers Agricultures, 12(3), 181–186.
12. Detroux, L. (1996). Les produits phytopharmaceutiques : Leurs Objectifs et leurs impacts sur la qualité de la nourriture, de l'eau et de l'environnement. Centre de recherche agronomique, Gembloux.

13. Dugué, P., Benabed, A., El Hassan, A & Valette, E. (2015). L'agriculture urbaine à Meknès (Maroc) à la croisée des chemins : disparition d'une agriculture marginalisée ou retour de la cité jardin?. *Alternatives Rurales*, (3), 1–15.
14. El Addouli, Jamal., Chahlaoui, A., Chafi, A & Berrahou, A. (2008). Suivi et analyse du risque lié à l'utilisation des eaux usées en agriculture dans la région de Meknes au Maroc. *Sud Sciences et technologies*, 16, 29-35.
15. El Azzouzi, E.H., El Bouzaidi, H., Nouri, K., El Azzouzi, M & Fekhaoui, M. (2014). Study the impact of pesticides using pressure indicator and toxicity watershed Merja Zerga (Morocco). *Advances in Environmental Biology*, 8(17), 31–35.
16. El Bakouri, H. (2006). Développement de nouvelles techniques de détermination des pesticides et contribution à la réduction de leur impact sur les oiseaux par utilisation des substances organiques Naturelles. « Thèse, Université AbdElmalek Saadi, 2006 » .p.9,24, 52.
17. El Ghazi, I., Egah, J., Imane, B., Menouni, A., Amane M., Kestemont, M-P. & El Jaafari S. (2021). Utilisation et Gestion des Pesticides dans les Zones Agricoles Urbaines, Périurbaines et Rurales de la Préfecture de Meknès, Maroc. *European Scientific Journal, ESJ*, 17(34), 94.
18. FOCUS .(2008). Pesticides in Air: Considerations for Exposure Assessment. Report of the FOCUS Working Group on Pesticides in Air, EC Document Reference SANCO/10553/2006 Rev 2 June 2008, 327p.
19. Food and Agriculture Organisation (FAO). (2020). proportion des zones agricoles exploitées de manière productive et durable, Rome, 42
20. Guiral C., Bedos C., Ruelle B., Basset-Mens C., Douzals, JP., Cellier, P & Barriuso, E. (2016). Les émissions de produits phytopharmaceutiques dans l'air. Facteurs d'émission, outils d'estimation des émissions, évaluations environnementales et perspectives de recherche – Synthèse ADEME, 47p.
21. Houze, E. (2003). Mesure des pesticides dans l'air ambiant en milieu urbain, rapport Air Breizh, 78 p.
22. Idrissi, M., Aït Daoud, N., Ouammi, L., Rhalem, N., Soulaymani, A & Soulaymani Bencheikh, R. (2010). *Toxicologie Maroc*, n°4, 1 trimestre, 5-7.
23. Lal, R. (2015). Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. *Sustainability*, 7, 5875-5895.
24. M'Hamdi, N., R. Aloulou, M. Hedhly, M. Ben Hamouda. (2009). Evaluation de la durabilité des exploitations laitières tunisiennes par la méthode IDEA. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 2 (13), 221-228.

25. Maldani, M., Dekaki, EM., Nassiri, L & Ibijbijen, J. (2017). State of Art on the Use of Pesticides in Meknes Region, Morocco. *American Journal of Agricultural Science*, 4 (6), 138-148.
26. Maseko, I., Mabhaudhi, T., Tesfay, S., Tesfamicael, H., Fezzehazion, M & Du Plooy, C. (2017). African leafy vegetables: a review of status, production and utilization in South Africa. *Sustainability* 10(2): 16. DOI: 10.3390/su10010016.
27. Mechkouri, A & Mabrouki, K. (1992). Meknès – Les Oliviers : ville de rêves, rêves de ville. *Plaidoyer pour les espaces verts*, Maknasat, 6. 95-108.
28. Morillon, A. (2016). Les risques liés à l'utilisation des pesticides: Enquête auprès des agriculteurs du Poitou Charentes. Thèse de Doctorat en pharmacie. Université de POITIERS, Faculté de Médecine et de Pharmacie, 108 p.
29. Naamane, A., Sadiq, A., Belhouari, A., Iounes N & El Amran, S. (2020). Enquête sur l'utilisation des engrais et pesticides chez les agriculteurs de la région de Casablanca-Settat. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 8(3), 279-285.
30. Ndjadi, SS., Ahoton, LE., Kizungu, RV., Saidou, A., Mugumaarhahama, Y., Ciza, AM., Safina, FB & Mushagalusa, GN. (2021). Évaluation de la durabilité des exploitations maraîchères au Sud-Kivu (Est de la République démocratique du Congo). *Cahiers. Agriculture*, 30(15), 1-9.
31. Ouédraogo, F., Ahouangninou, C., Kestemont, MP & Kaboré ép Konkobo, M. (2020). Évaluation de la durabilité des exploitations maraîchères du Burkina Faso suivant une approche socioécosystémique (cas de la province du Houet). *Tropicicultura*, 38 (2), 1 – 32.
32. Raffa, C.M & Chiampo, F. (2021). Bioremediation of Agricultural Soils Polluted with Pesticides: A Review. *Bioengineering*, 8 (92), 1-29.
33. Rhaidour, M. (2013). Durabilité des exploitations maraîchères en zone urbaine et périurbaine de la ville de Meknès. *Projet de Fin d'Etude*, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, 89p.
34. Saadane, O. (2018). Impact des pesticides sur l'environnement et la santé humaine et méthodes alternatives. Thèse de doctorat en médecine, Université Mohammed V, Rabat, 163p.
35. Viaux, P. (1999). Une troisième voie en Grande Culture : Environnement, qualité, rentabilité, Paris, Editions Agridécisions.
36. Vilain, L., K. Boisset, P. Girardin, A. Guillaumin, C. Mouchet, P. Viaux, F. Zahm. (2008). La méthode IDEA, Guide d'utilisation, Troisième édition Educagri, Dijon, France.



Characterization of the Ichthyological Population of Hydrosystemes in the Lagoon Area of the Azagny National Park (Ivory Coast)

Touplé Sibiri Koné
Tanoh Marius Kamelan
Raphaël N'doua Etilé
Yao Aristide Konan
Esséçhti Paul Kouamelan

Laboratory of Natural Environments and Biodiversity Conservation, UFR Biosciences, Felix Houphouët-Boigny University, Abidjan, Ivory Coast

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n40p138](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p138)

Submitted: 06 September 2021

Accepted: 08 November 2021

Published: 30 November 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Kone T.S., Kamelan T.M., Etilé R.N., Konan Y.A., & Kouamelan E.P., (2021). Characterization of the Ichthyological Population of Hydrosystems in the Lagoon Area of the Azagny National Park (Ivory Coast). *European Scientific Journal*, ESJ, 17(40), 138.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p138>

Abstract

The conservation of protected areas is nowadays one of the concerns of international and national institutions. This study aims to contribute to better conservation of the ichthyological fauna of the lagoon area of the Azagny National Park (PNA). This national park has been dealing with the harmful effects of human activities for years. Thus, from March 2019 to February 2020, sampling campaigns were carried out to characterize this space, for better conservation. The results obtained are based on the analysis of abiotic and biotic (fish) data collected at 6 stations. The physicochemical parameters were measured using a multiparameter and the fish population collected using 10 gillnet batteries of 10, 25, 30, 35, 40 and 50 mm mesh void. The analysis of the ichthyological population of the lagoon area reveals a diversity of 53 species belonging to 30 families and 12 orders. 11 species were newly collected while 31 species previously recorded in these hydrosystems were not captured in the present study. The Shannon ($H' > 2$) and Equitability ($E > 0.5$) indices calculated reflect a good organization and stability of the ichthyological population of the hydrosystems of the PNA lagoon zone. The

Monte-Carlo test indicates that the variables rate of nitrate, width, rate of dissolved oxygen, water temperature, alkalinity, salinity, rate of dissolved solid and phosphorus are those which discriminate specific richness, abundance and the distribution of the stand.

Keywords: Ichthyofauna, Environmental Variable, Distribution, Azagny National Park

Introduction

Global warming and human activities have degraded the environment for centuries and resulted in substantial loss of habitat and biodiversity (Young *et al.*, 2005). In order to protect this biodiversity, in Côte d'Ivoire, a vast network of protected areas made up of Nature Reserves and National Parks has been set up (Koffi *et al.*, 2015). The Azagny National Park (PNA), among many others, ensures the maintenance and conservation of biological diversity. It is adjacent in its south-eastern part by sector VI of the Ébrié lagoon and the artificial Azagny Canal serving as a connection between the Ébrié lagoon and the estuary of the Bandama river (Koffi *et al.*, 2014). The PNA offers many habitats for the development of animal species, including fish. In fact, the hydrosystems of the PNA lagoon zone, mainly mangroves, are known to serve as nursery areas for fish and promote the repopulation of surrounding rivers (Getzner and Islam, 2020). Despite its protected area status, the hydrosystems of the PNA lagoon area are directly or indirectly affected by the harmful effects of human activities. These human activities such as the destruction of mangroves by the riparian population, the pressure from fishing and the pollution of water by the use of pesticides and fertilizers in nearby farms, attempt to violate the protection of the aquatic resources of the lagoon area of the PNA (Bleu *et al.*, 2011). These disturbances profoundly transform habitats, modify the aquatic environment, weaken the overall functioning of ecosystems as well as their various biological compartments (Chouti *et al.*, 2010). They have negative consequences on the aquatic community in general, but particularly on fish (Wu *et al.*, 2011). With regard to the environmental consequences that human activities could cause, there is therefore a real need to put in place a good policy for the sustainable management of aquatic ecosystems of the PNA. This management policy requires knowledge of the physico-chemical environment and the ichthyological population. Several studies (Kouamé *et al.*, 2010; Bleu *et al.*, 2011; Koffi *et al.*, 2015), have been carried out in the PNA and its surroundings, on the ichthyological population of the Grand-Lahou lagoon, on the contamination of fish by heavy metals in the lagoon of Grand-Lahou and on the vegetation within the national park of Azagny. To the current state of knowledge, no study has been carried out on the ichthyological fauna of the hydrosystems of the lagoon zone of the Azagny

National Park, even less that which characterizes its population. This study aims to characterize the ichthyological population of the lagoon area of the Azagny National Park in order to effectively contribute to the conservation of these natural resources. This requires a characterization of the physicochemical environment, of the ichthyological population and of the demonstration of the influence of environmental variables on the distribution of the ichthyological population. The results of this work will serve as a basis for managers of protected areas to take appropriate measures for better conservation of aquatic fauna.

Material and methods

Study area

The lagoon area of the Azagny National Park lies between longitudes $3^{\circ} 47'$ and $5^{\circ} 29'$ West and latitudes $5^{\circ} 02'$ and $5^{\circ} 42'$ North. Sector VI of the Ébrié lagoon constitutes the eastern limit of the PNA and opens onto the localities of Azagny village and Gboyo located in the sub-prefecture of Grand-Lahou. It is connected to the estuary of the Bandama river and to the ocean by the Azagny canal. Sampling was carried out at 6 sites (Ca1, Ca2, Ca3, Eb1, Eb2, Eb3), located in sector VI of the Ébrié lagoon as well as its extension into the Azagny canal (figure 1).

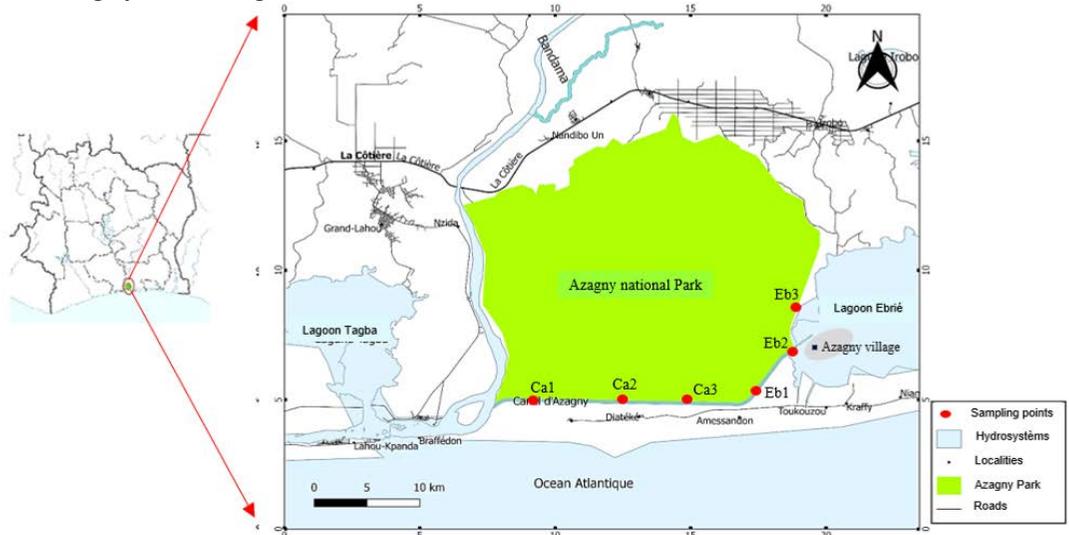


Fig 1 : Sampling points in the hydrosystems of the lagoon area of Azagny National Park.
(Ca1: Canal entrance; Ca2: Noumouzou; Ca3: N'guessandou; Eb1: canal end; Eb2: Mangrove Canal; Eb3: Mangrove Azagny)

Data gathering

From March 2019 to February 2020, sampling of the physicochemical parameters and the fish were carried out monthly.

The environmental variables (water temperature, pH, dissolved oxygen, conductivity, rate of dissolved solids) were determined using an AQUAmeter type multiparameter and AQUARed brand. These in-situ measurements of environmental variables were taken twice a day between 8-9 a.m. in the morning and 12- 02 p.m. in the afternoon for two days. The hydrosystem transparency measurement was made using a Secchi disk. The determination of nutrient salts (ammonium, ammonia, nitrite, phosphate and phosphorus) and the measurement of alkalinity were carried out ex-situ using a Hanna brand miniphotometer according to the Beer Lambert principle. The rate of canopy closure, aquatic plant cover and substrate were visually estimated and expressed as a percentage (Kamelan *et al.* 2013).

The fish samples were taken with nets and traps. Two batteries of net with 10, 25, 30, 35, 40 and 50 mm mesh void were used for the collection of fish. Fish were taken according to two types of fishing; the nets were set at 5 p.m. and visited at 7 a.m. for night fishing, replaced then raised at 12 p.m. for day fishing. Sampling of ichthyological fauna with the traps consisted of placing them in the aquatic environment for two days before picking them up and harvesting the fish trapped inside. The fish harvested are identified from the key of Paugy *et al.* (2003 a and b) and the names have been updated in Fishbase (Froese and pauly, 2019). Identified fish are weighed to the nearest gram, measured and placed in storage bags with a recognition label and stored in a barrel containing 10% formaldehyde.

Data analysis

The numerical percentage (N) is the ratio of the number of individuals (n_i) of a taxonomic group i (species, family or order) to the total number of individuals (N_t) (N'Zi *et al.*, 2008). The expressions are the following:

$$N = \frac{n_i}{N_t} \times 100$$

With: n_i = Number of individuals of a taxonomic group (species, family or order), N_t = Total number of individuals.

The frequency of occurrence is the percentage of samples in which a taxon is present (Gbenyedji *et al.*, 2011). It is obtained by the following formula:

$$F\% = \frac{S_i}{S_t} \times 100$$

Where, S_i : number of stations where species i was captured and S_t : total number of stations examined. The classification of Djakou and Thanon (1988) was used for this study. It is established as follows: $80\% \leq F \leq 100\%$: very common species; $60\% \leq F \leq 79\%$: Common species; $40\% \leq F \leq 59\%$: fairly frequent species; $20\% \leq F \leq 39\%$: Auxiliary species; $F < 20\%$: accidental species.

The structure of the fish community was analyzed using two indices (Shannon and Wiener diversity index and equity) to express the degree of uniformity distribution of individuals among the taxa of the study area. (Imoobe and Adeyinka, 2009). The Student *t*-test ($P > 0.05$) was carried out to check the significance of the variation of the different indices and the specific richness recorded on the different stations. The influence of environmental factors on fish species assemblages was demonstrated by a Redundancy Analysis (RDA), carried out using the CANOCO 4.5 program.

Results

Environmental variables

The results of the environmental variables measured in this study are given in Table I. The mean values of the physicochemical parameters vary significantly from one station to another (Anova; $P < 0.05$). The pH is maximum (6.48 ± 1.10) at station Eb1 and minimum (5.75 ± 1.21) at station Eb3. The dissolved oxygen level is higher (6.48 ± 0.56 mg / L) at the Ca1 station and low (5.26 ± 1.83 mg / L) at the Eb1 station. The waters are relatively warmer (29.62 ± 2.23 ° C) at station Ca2 and cooler (28.17 ± 2.18 ° C) at station Eb2. The salinity is maximum (16.98 ± 22.44) at station Ca2 and minimum (3.61 ± 7.32) at station Eb2. The dissolved solid levels and the electrical conductivity are lower (240.90 ± 330.77 mg / L; 1412.17 ± 2786.14 μ S / cm) at the Ca1 station and higher (1737.91 ± 1511.57 mg / L; 3611.17 ± 1950.24 μ S / cm) at station Eb3.

Table I: Average values and standard deviations of the physicochemical parameters measured in the ecological zones of the hydrosystems of the PNA from March 2019 to February 2020

Stations	Desc	T°C	pH	O ₂ (mg/L)	Sal (‰)	TDS (mg/L)	Cond (μ S/Cm)
Ca1	Avg	29.39 ^a	6.21 ^a	6.48 ^a	15.47 ^a	240.90 ^c	1412.17 ^c
	E(n-1)	1.75	1.19	0.56	25.39	330.77	2786.14
Ca2	Avg	29.62 ^a	6.38 ^a	5.99 ^{ab}	16.98 ^a	688.58 ^{bc}	2430.08 ^{bc}
	E(n-1)	2.23	1.03	0.48	22.44	1788.58	3573.71
Ca3	Avg	28.90 ^{ab}	6.26 ^a	6.07 ^{ab}	13.70 ^{ab}	875.71 ^{bc}	2081.67 ^{bc}
	E(n-1)	1.63	1.63	1.57	18.31	2308.99	3408.01
Canal	Avg	29.3	6.28	6.18	15.38	601.73	1974.64
	E(n-1)	0.37	0.09	0.26	1.64	326.19	517.327
Eb1	Avg	28.83 ^{ab}	6.48 ^a	5.26 ^b	4.13 ^c	1366.83 ^{ab}	3561.42 ^a
	E(n-1)	2.05	1.1	1.83	9.50	2085.06	3325.15
Eb2	Avg	28.17 ^b	6.38 ^a	6.15 ^{ab}	3.61 ^c	1668.50 ^a	3122.67 ^{ab}
	E(n-1)	2.18	1.09	1.46	7.32	2522.79	3225.01

Eb3	Avg	28.8 ^{ab}	5.75 ^a	5.68 ^{ab}	5.28 ^{bc}	1737.91 ^a	3611.17 ^a
	E(n-1)	2.41	1.21	1.07	13.06	1511.57	1950.24
Ebrié	Avg	28.6	6.2	5.7	4.338	1591.08	3431.753
	E(n-1)	0.37	0.39	0.44	0.86	197.28	268.83
Lagoon area	Avg	28.95	6.24	5.93	9.861	1 096.41	2 703.20
	E(n-1)	0.51	0.26	0.42	5.62	593.10	879.15

Avg = Average; E (n-1) = Standard deviation; T = Temperature; pH = Hydrogen potential; O2 = dissolved oxygen; Sal = Salinity; TDS = Rate of dissolved solid; Cond = Conductivity; values having a letter (a, b or c) in common do not differ significantly (Anova: $P > 0.05$).

Stand analysis

Qualitative analysis of the stand

The analysis of the population sampled in the hydrosystems of the lagoon area of the Azagny National Park shows 53 species distributed between 30 families and 12 orders (Table I). This stand includes 23 freshwater species, 20 species with marine and estuarine affinity, 8 brackish water species, one introduced species and one hybrid. Of these, 11 species have been newly recorded while 37 previously recorded species are missing. The analysis of the stand in relation to data from the IUCN Red List indicates the presence of an almost threatened species (*Cynoglossus senegalensis*) in the hydrosystems of the lagoon area of the Azagny National Park. The ichthyological population of the lagoon zone is respectively dominated by the order of Perciformes (21 species or 38.18%), Siluriforms (8 species or 14.55%) and Characiforms (5 species or 9.09%) representing 61.82% of specific richness. The other orders represent 38.18% of the total specific richness. The most diverse families are respectively those of Cichlidae (10 species, i.e. 18.87%), Gobiidae (4 species, i.e. 7.55%), Clupeidae (3 species, i.e. 5.66%), Alestidae (3 species, i.e. 5.66%) and Clariidae (3 species or 5.66%) comprising 43.4% of the specific richness. The other families represent 56.60% of the ichthyological diversity sampled in the hydrosystems of the lagoon area of the Azagny National Park.

Table II: Fish populations inventoried in the hydrosystems of the lagoon area of the Azagny National Park (PNA) from March 2019 to February 2020.

N°	SPECIES	Env	IUCN State	Ca1	Ca2	Ca3	Eb1	Eb2	Eb3	F%
Order : Elopiforms ; Family : Elopidae										
1	<i>Elops lacerta</i> ** Valenciennes, 1847	M, B, F	LC	+	+	+	+	+	+	100
Order : Clupeiforms ; Family : Clupeidae										
2	<i>Pellonula leonensis</i> ** Boulenger, 1916	M, B, F	LC	+	+	+	+	+	+	100
3	<i>Pellonula vorax</i> ** Günther, 1868	M, B, F	LC		+	+	+	+	+	83,33
4	<i>Ethmalosa fimbriata</i> ** Bowdich, 1825	M, B, F	LC	+		+	+	+		66,67

Order : Osteoglossiforms ; Family : Osteoglossidae										
5	<i>Heterotis niloticus</i> ** Cuvier, 1829	F	LC				+		+	33,33
Family : Notopteridae										
6	<i>Papyrocranus afer</i> (Günther, 1868)	F	LC		+	+	+	+	+	83,33
Family : Mormyridae										
7	<i>Marcusenius ussheri</i> (Günther, 1867)	F	LC	+		+				33,33
8	<i>Mormyrus rume</i> Valenciennes, 1847	F	NE	+	+					33,33
Order : Characiforms ; Family : Hepsetidae										
9	<i>Hepsetus odoe</i> (Bloch, 1794)	F	LC	+	+	+	+	+	+	100
Family : Alestidae										
10	<i>Brycinus longipinnis</i> * (Günther, 1864)	B, F	LC	+	+				+	50
11	<i>Brycinus macrolepidotus</i> (Rüppell, 1832)	B, F	LC		+				+	33,33
12	<i>Hydrocynus forskahlii</i> (Cuvier, 1819)	F	LC	+	+					33,33
Family : Distichodontidae										
13	<i>Distichodus rostratus</i> Günther, 1864	F	LC	+	+		+		+	66,67
Order : Cypriniforms ; Family : Cyprinidae										
14	<i>Labeo coubie</i> Rüppell, 1832	F	DD	+	+	+	+	+	+	100
Order : Siluriforms ; Family : Claroteidae										
15	<i>Chrysichthys maurus</i> (Valenciennes, 1840)	F	LC	+	+	+	+	+	+	100
16	<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i> Lacepède, 1803	F	DD	+	+	+	+	+	+	100
Family : Schilbeidae										
17	<i>Schilbe mandibularis</i> (Günther, 1867)	F	LC	+	+				+	50
Family : Clariidae										
18	<i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822)	F	LC	+						16,67
19	<i>Clarias anguillaris</i> (Linnaeus, 1758)	F	LC	+						16,67
20	<i>Heterobranchus longifilis</i> Valenciennes, 1840	F	LC	+	+		+	+		66,67
Family : Mochokidae										
21	<i>Synodontis punctifer</i> Daget, 1964	F	LC	+						16,67
22	<i>Synodontis schall</i> Daget, 1965	F	LC	+	+					33,33

Order : Syngnathiforms ; Family : Syngnathidae										
2 3	<i>Enneacampus ansorgii</i> * (Boulenger, 1910)	B, F	LC						+	16,67
Family : Synbranchidae										
2 4	<i>Monopterus boueti</i> (Pellegrin,1922)	F	LC	+	+				+	50
Order : Perciformes ; Family : Gerreidae										
2 5	<i>Eucinostomus melanopterus</i> ** Bleeker, 1863	M, B, F	LC	+	+	+	+	+	+	100
Family : Cichlidae										
2 6	<i>Chromidotilapia guntheri</i> (Sauvage, 1882)	F	LC			+	+	+		50
2 7	<i>Hemichromis fasciatus</i> Peters, 1852	F	LC	+	+	+	+	+	+	100
2 8	<i>Oreochromis niloticus</i> * (Linnaeus, 1758)	B, F	LC	+						16,67
2 9	<i>Coptodon hybride = Tilapia guineensis X Tilapia zillii</i>	-	LC	+	+	+	+	+	+	100
3 0	<i>Coptodon guinéensis</i> ** (Bleeker in Günther, 1862)	M, B, F	LC			+	+	+	+	66,67
3 1	<i>Coptodon zillii</i> * (Gervais, 1848)	B, F	NE			+	+	+	+	66,67
3 2	<i>Sarotherodon melanotheron</i> ** Rüppell, 1852	M, B, F	NE	+	+	+	+	+	+	100
3 3	<i>Tylochromis jentinki</i> * (Steindachner, 1894)	B, F	LC	+	+	+	+	+	+	100
3 4	<i>Tylochromis sudanensis</i> Daget, 1954		LC			+	+			33,33
3 5	<i>Pelmatolapia mariae</i> * (Boulenger, 1899)	B, F	LC	+	+	+	+	+		100
Family : Haemulidae										
3 6	<i>Pomadasys rogerii</i> * lacepède,1802					+				16,67
3 7	<i>Pomadasys jubelini</i> ** (Cuvier, 1830)	M, B, F	LC	+	+	+	+	+	+	100
Family : Lutjanidae										
3 8	<i>Lutjanus agennes</i> ** Bleeker, 1863	M, B	LC		+					16,67
3 9	<i>Lutjanus dentatus</i> ** (Duméril, 1861)	M, B	DD	+						16,67
Family : Monodactylidae										
4 0	<i>Monodactylus sebae</i> ** (Cuvier, 1829)	M, B, F	NE	+	+	+	+	+	+	100
Family : Polynemidae										
4 1	<i>Polydactylus quadrifilis</i> ** (Cuvier, 1829)	M, B, F	LC	+	+	+	+	+		100

Family : Carangidae										
4 2	<i>Trachinotus teraia</i> ** Cuvier, 1832	M, B, F	LC			+	+	+	+	66,67
Family : Channidae										
4 3	<i>Parachanna obscura</i> ** (Günther, 1861)	F	NE				+	+	+	50
Family : Anabantidae										
4 4	<i>Ctenopoma petherici</i> Günther, 1864	F	LC				+		+	33,33
Order : Mugilliforms ; Family : Mugilidae										
4 5	<i>Liza falcipinnis</i> ** (Valenciennes, 1836)	M, B, F	DD	+	+		+	+	+	83,33
Order : Gobiiforms ; Family : Sphyaenidae										
4 6	<i>Sphyaena guachancho</i> ** Cuvier, 1829	M, B	LC	+	+				+	50
Family : Gobiidae										
4 7	<i>Porogobius schlegelii</i> ** (Günther, 1861)	M, B, F	LC			+	+	+	+	66,67
4 8	<i>Awaous lateristriga</i> ** (Duméril, 1861)	M, B, F	LC	+	+	+	+	+	+	100
4 9	<i>Gobioides sagitta</i> ** Günther, 1862	M, B, F	LC			+	+	+	+	66,67
5 0	<i>Gobionellus occidentalis</i> ** (Boulenger, 1909)						+	+	+	50
Order : Pleuronectiforms ; Family : Paralichthyidae										
5 1	<i>Citharichthys stampfli</i> ** (Steindachner, 1894)	M, B, F	LC	+	+	+	+	+	+	100
Family : Synoglossidae										
5 2	<i>Cynoglossus senegalensis</i> ** (Kaup, 1858)	M, B	NT			+	+	+	+	83,33
5 3	<i>Synaptura lusitanica</i> ** (de Brito Capello, 1868)	M, B	LC			+				16,67

N = Numbers; Env = Living environments; F = Freshwater species; B, F = Brackish and freshwater species; M, B, F and M, B = Estuarine and / or marine species; IUCN = Status of the species in the red list of the International Union for the Conservation of the Nation; LC = Minor concern; DD = Missing data; NE = Not evaluated; NT = almost threatened; EN = Endangered species

Quantitative analysis of the stand

The most representative orders of the population are those of Perciforms (63.27%), Siluriforms (11.99%) and Gobiiforms (6.69%), comprising 81.95% of the global numerical abundance. The other orders account for 9.14% of the numerical abundance (Figure 2). The most representative Families from a numerical point of view with 67.74% are respectively those of Cichlidae

(53.01%), Claroteidae (8.19%) and Gobiidae (6.54%). The other Families constitute 32.26% of the entire population (Figure 3).

Spatial variation of population

The analysis of the spatial variation in the specific richness of the samples collected at the different stations indicates that the highest specific richness was obtained in the Ca2 (35 species) and Eb1 (35 species) stations. They are followed by the stations Ca1 (34 species) and Eb3 (34 species). Then come the stations Eb2 and Ca3 which have respectively 31 species and 29 species. The Kruskal-Wallis test ($P > 0.05$), does not indicate any significant difference among the specific richness in the stations (Figure 4).

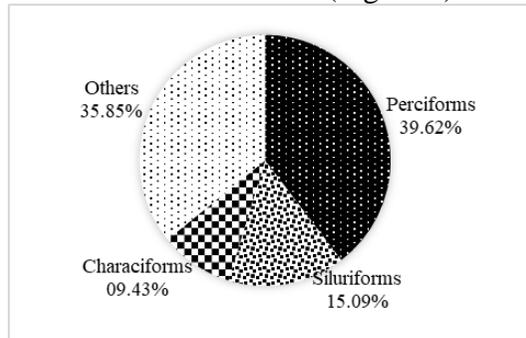


Figure 2: Spectrum of digital abundances of fish orders sampled in the hydrosystems of the PNA lagoon zone from March 2019 to February 2020

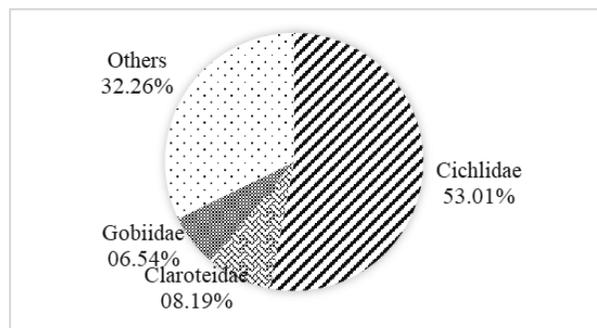


Figure 3: Spectrum of digital abundances of fish families sampled in the hydrosystems of the PNA lagoon zone from March 2019 to February 2020

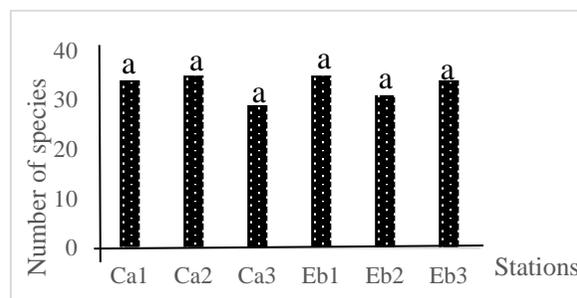


Figure 4: Spatial variations in the specific richness sampled in the hydrosystems of the PNA lagoon zone between March 2019 and February 2020; the values having the letter "a" in common do not differ significantly (Student t-test: $P > 0.05$)

Occurrence of sampled species

The analysis of the occurrence indicates 21 very frequent species including 17 species recorded on 6 stations, i.e. 100% and 4 species recorded on 5 stations out of 6, i.e. 83.33%, 9 frequent species collected at 4 stations out of 6, i.e. 66, 67%, 7 fairly frequent species listed in 3 out of 6 stations, i.e. 50%, 8 species recorded at 2 stations, i.e. 33.33% and 8 species recorded at 1 station, i.e. 16.67%.

Structure of stand

The Shannon and Equitability indices calculated in the lagoon area are recorded in (Table III). The mean value of the Shannon index of the PNA lagoon area is 2.97 ± 0.36 . It is minimum (2.2) at station Eb3 and maximum (3.04) at station Ca3. Those of fairness with an average value of 0.75 ± 0.10 . Maximum Fairness (0.89) was obtained at station Eb1 and minimum (0.63) at station Eb3. The Kruskal-Wallis test ($P < 0.05$), indicates a significant variation between the median values of the Shannon index and the Fairness from one station to another.

Table III: Shannon diversity index (H') and equity (E) of fish populations inventoried in the lagoon area of the Azagny National Park (PNA).

	Digital abundance	
	H'	E
Canal entrance (Ca1)	2.69 ^{ab}	0.76 ^{ab}
Noumouzou (Ca2)	2.79 ^a	0.82 ^a
N ^o Gessandon (Ca3)	3.04 ^a	0.87 ^a
Mangrove canal (Eb1)	3.03 ^a	0.68 ^b
Canal end (Eb2)	2.27 ^b	0.89 ^a
Mangrove Azagny (Eb3)	2.2 ^b	0.63 ^b
Lagoon area	2.97 ± 0.36	0.75 ± 0.10

H' = Shannon index; E = Fairness Index; the median values of the indices having a letter (a or b) in common do not differ significantly (Kruskal-Wallis: $P > 0.05$).

Fish community and environmental variables

The Monte-Carlo test indicates that the variables rate of nitrate, width, rate of dissolved oxygen, water temperature, alkalinity, salinity, rate of dissolved solid and phosphorus are the variables which have more influence on the distribution of ichthyological fauna.

Axes I and II carrying the largest cumulative variable make it possible to highlight three groups of species (**Figure 5**). The first group consists of the species *Synodontis schall*, *Brycinus macrolepidotus*, *Mormyrus rume*,

Marcusenius ussheri, *Lutjanus agennes*, *Lutjanus dentatus*, *Sarotherodon melanotheron*, *Distichodus rostratus*, *Oreochromis niloticus*, *Synodontis punctifer*, *Clarias anguillaris*, *Hemichromis fasciatus* and *Monopterus boueti*, positively correlated on Axis1 with the variables nitrate level, width, dissolved oxygen level, water temperature, alkalinity and salinity. The second group includes the species *Ethmalosa fimbriata* (Efi), *Heterotis niloticus* (Hni), *Pellonula vorax* (Pvo), *Chrysichthys maurus* (Cma), *Enneacampus ansorgii* (Ean), *Chromidotilapia guntheri* (Cgu), *Hemichromis fasciatus* (Hfa), *Coptodon hybride* (Thy), *Coptodon guinéensis* (Tgu), *Coptodon zillii* (Tzi), *Sarotherodon melanotheron* (Sme), *Tylochromis jentinki* (Tje), *Tylochromis sudanensis* (Tsu), *Trachinotus teraia* (Tte), *Parachanna obscura* (Pob), *Ctenopoma petherici* (Cpe), *Porogobius schlegelii* (Psc), *Awaous lateristriga* (Ala), *Gobioides sagitta* (Gsa), *Gobionellus occidentalis* (Goc), *Citharichthys stampfli* (Cst) et *cynoglossus senegalensis* (Cse), positively correlated on Axis2 with the dissolved solids rate variables. The third group consisting of species *Papyrocranus afer*, *Labeo coubie*, *Hepsetus odoe*, *Liza falcipinnis*, *Heterobranchus longifilis*, *Brycinus longipinnis*, *Monodactylus sebae*, *Elops lacerta*, *Polydactylus quadrifilis*, *Pelmatolapia mariae*, *Chrysichthys nigrodigitatus* (Cni), *Eucinostomus melanopterus* (Eme), *Pomadasys jubelini* (Pju) et *Pellonula leonensis* are negatively correlated on both axes with the phosphate rate variable.

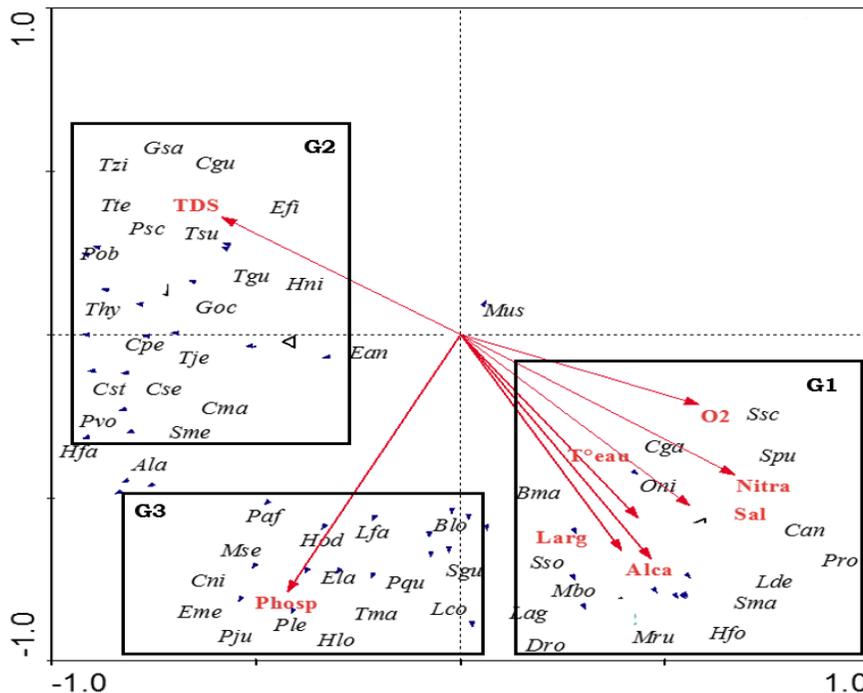


Figure 5: Redundancy analysis (RDA) applied to environmental variables and fish species collected in lagoon hydrosystems in Azagny National Park from March 2019 to February

2020 (Width: width; Alca: Alkalinity; TDS: Dissolved Solids rate; O2: dissolved oxygen concentration; Nitra: nitrate rate; T°eau: water temperature; Sal: salinity; Phosp: phosphate content).

Discussion

Analysis of environmental variables indicates that the hydrosystems of the lagoon area of Azagny National Park are acidic. The acidity of hydrosystems indicates an aquatic environment under the influence of human pressures (Diomandé *et al.*, 2019). The water from the PNA hydrosystems crosses several terrains, a watershed that abounds in several agricultural activities and feeds on organic and mineral matter. This would increase the biological mineralization processes and strongly influence the pH of these hydrosystems. These same observations were made by Eyi *et al.* (2016), in the Ono Lagoon. The waters of the PNA lagoon area are well oxygenated. The minimum oxygen concentration in a healthy aquatic ecosystem is 4 mg / L (Bensafia *et al.*, 2020). The average dissolved oxygen values measured in the PNA hydrosystems are greater than 4 mg / L. According to several authors (Villeneuve *et al.*, 2006; Konan *et al.*, 2013), the dissolved oxygen level in aquatic ecosystems is linked to several parameters including mechanical (temperature, wind, speed) and biological (photosynthesis, respiration, mineralization). On average, the hydrosystems of the PNA lagoon area are hot with an average temperature of 28.47 ± 2.18 ° C. These observations join those of Yoboue *et al.* (2018) showing a temperature fluctuation between 26 ° C and 29 ° C in the Ébrié lagoon. The hydrosystems of the PNA lagoon zone show high values of conductivity. This could be justified by the nutrient inputs resulting from the leaching of agricultural inputs used in the surrounding plantations and upwelling seawater. Indeed, the hydrosystems of the PNA cross different soil, climates, hydrological regimes and are affected by upwelling. Water intrusions (fresh, brackish, salty), added to the phenomenon of mineralization and upwelling from the sea increasing salinity are the main causes of this irregularity in conductivity. The authors (Welcomme, 1985; Winemiller *et al.*, 2008), indicate that water intrusions influence the water balance on which the values of conductivity depend. According to Albaret and Diouf (1994), seawater upwelling in the estuaries of rivers and lagoons increases their salinity and strongly influences conductivity. Those of Winemiller *et al.* (2008), indicate that the increase in conductivity is linked to low water renewal rates and the inputs of organic matter increasing the rate of mineralization in hydrosystems. These results are superior to those of Traoré (2016) in the lagoons of Aghien and Potou (164.75 $\mu\text{S} / \text{cm}$) and of Eyi *et al.* (2016) in the Ono lagoon (25.22 $\mu\text{S} / \text{cm}$).

The specific richness (53 species) of the present study turns out to be greater than that listed by Albaret and Ecoutin (1989) in the Ébrié lagoon (48 species), by Eyi *et al.* (2016) in the Ono lagoon (39 species) and by Bédia *et*

al. (2017) in the potou lagoon sector (38 species). This important specific wealth could be explained by the protected aspect of the park and the multitude of ecosystems. Indeed, the protected aspect of the study area and the presence of several types of ecosystems (freshwater, brackish water, marine) offer an intact habitat diversity, allowing all species as well as prey by highlighting lay out the substrate and the foodstuffs necessary for their development. According to N'Douba *et al.* (2003), the diversity of ecosystems increases the diversity of habitats, which has a positive influence on the number of species present in the aquatic environment. According to Diouf (1996), lagoons, being expanses of brackish water where masses of continental and marine water mix, promote significant biological diversity with rich and complex food chains.

The new presence of species could be justified by the variability of habitats as previously explained and reproduction needs. Indeed, several marine species with lagoon reproduction and freshwater species colonize the lagoons in order to reproduce and achieve larval development. According to several authors (Albaret, 2006; Koné *et al.*, 2021), estuaries are environments that are rich in food resources, allowing species that recruit there to successfully develop larvae. On the other hand, the absence of species for the most part stenohaline is linked to their sensitivity to fluctuations in salinity in the environment. In fact, the communication of the hydrosystems of the lagoon zone of the Azagny National Park with those of the estuarine zone of the Bandama river from the Azagny channel, induces a seasonal fluctuation of the salinity in the environment. The increase in salinity forces stenohaline species to migrate to less salty areas. According to (Diouf, 1996; Shervette *et al.*, 2004), estuarine environments are areas with high seasonal variability in salinity levels, thus favoring the presence of euryhaline species which adapt to these salt fluctuations.

The qualitative analysis of the ichthyological population of the lagoon hydrosystems of the Azagny National Park reveals the predominance of the order Perciformes, Siluriformes and the family Cichlidae. The representativeness of these taxa is justified by the physicochemical and hydromorphological similarity offered by Ivorian hydrosystems and their resistance to environmental variations in the environment. The predominance of the order Perciformes, Siluriformes and the Cichlidae family in hydrosystems in Côte d'Ivoire has been demonstrated by several authors: Bédia *et al.* (2017), in the Ébrié lagoon; Kamélan *et al.* (2013), in the hydrosystems of Taï National Park; Yao *et al.* (2019), in the hydrosystems of Banco National Park; Aboua *et al.* (2010), in the Bandama River.

Stand stability was assessed on the basis of Shannon diversity indices (H') and fairness (E). The diversity index (H') measures the degree of organization of the population and fairness allows us to assess the characteristics of this organization (Imoobe and Adeyinka, 2009). The values of the Shannon index

(H') and the Equitability (E) recorded in the majority of the stations of the lagoon area of the national park of Azagny are respectively higher than the average of 2 and close to 1. This result shows a well structured and stable population, reflecting an environment conducive to the maintenance and development of all the listed species. Moreover, the values of the Shannon index and the Equitability recorded in the stations near the village of Azagny are fair. This shows an environment impacted by destructive activities of the aquatic environment inducing a moderate imbalance in the organization and structuring of the fish population. Thus, the more resistant species will carry the highest numerical abundance (Kamelan *et al.*, 2013).

The Monte-Carlo test indicates that the variables rate of nitrate, width, rate of dissolved oxygen, water temperature, alkalinity, salinity, rate of dissolved solid and phosphorus are those which have the most influence on the distribution of the stand. These results agree with those of Aboua *et al.* (2010) in the upper and middle reaches of the Bandama River, Kamelan *et al.* (2014) in the hydrosystems of Taï National Park and Koné *et al.* (2021) in the estuarine zone of the Bandama River in Azagny National Park, indicating that the environmental variable influences the species richness, abundance and distribution of fish species. The work of Aboua *et al.* (2010), indicates that each of these variables strongly influences, directly or indirectly, the distribution of fish populations in hydrosystems. According to the authors (Dedjiho *et al.*, 2013; Koné *et al.*, 2021), the average variation in the dissolved oxygen level, the dissolved solid level (TDS), conductivity and salinity are the factors that influence the abundance and the temporal distribution of fish in aquatic ecosystems. Yao *et al.* (2019), indicate a particular influence of parameters linked to mineralization (pH, conductivity and salinity) on the specific richness of aquatic environments.

Conclusion

The current study allowed us to characterize the ichthyological population of the hydrosystems of the lagoon area of the Azagny National Park. The ichthyological population has 53 species of fish, including an introduced species, a hybrid species and a near threatened species. The present study reports 11 species recorded for the first time in sector VI of the Ebrié lagoon, the PNA and the absence of 37 species previously recorded by several authors. The population of the lagoon area is well organized and stable. In addition, the strong anthropization of the peripherals of the PNA requires the establishment of a monitoring grid focused on the environment variables of the milieu and the population in order to follow the evolution of the physicochemical environment and the state of conservation of the ichthyological population.

Acknowledgement

This research was sponsored by the "Strategic Support Program for Scientific Research (PASRES)" through the project N°199, entitled "STATE OF CONSERVATION OF AQUATIC BIODIVERSITY OF THE NATIONAL PARK OF AZAGNY (CÔTE D'IVOIRE)". The authors also thank OIPR for its assistance and support in data collection.

References:

1. Aboua, B. R. D., Konan, N. G., Kouamélan, E. P., Berte, S., & Bamba, M. (2010). Spatial organization of fish populations in Bandama. Hydrobiology Laboratory. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 4 (5) : 1481-1491.
2. Albaret, J. J., & Diouf, P. S. (1994). Diversity of fish in West African lagoons and estuaries. In: G. Teugels, J. F. Guegan & J.J. Albaret (Eds.), Biological diversity of fresh and brackish water fish from Africa. Annals of the Royal Museum of Central Africa, Zoology, 275 : 165-177.
3. Albaret J.J. (2006). The populations of estuaries and lagoons. In : Lévêque C. (editing), Paugy D. (editing). Fish from African inland waters : diversity, ecology, human use. Paris, IRD.pp 355-379.
4. Albaret, J-J., & Ecoutin, J-M. (1989). Sea-lagoon communication : impact of a reopening on the ichthyofauna of the Ébrié lagoon (Ivory Coast), Revue Hydrobiologie Tropical. 22 (1) : 71-81.
5. Bedia, A. T., Etile, R. N., Blahoua, G. K., & N'Douba, V. (2017). Diversity, Ichthyological Population Structure and Production of a West African Tropical Lagoon : Potou Lagoon (Ivory Coast). International Journal of Innovation and Applied Studies, 19 (2) : 449-462.
6. Bensafia, N., Djabourabi, A., Touati, H., Rachedi, M., & Belhaoues, S. (2020). Evolution of physico-chemical parameters and trophic state of three bodies of water in El-Kala National Park (north -est of Algeria). Egyptian Journal of Aquatic and Fisheries Biology, 24 (2) : 249-263.
7. Bleu, K. N., Koffi, K. M., Gone, D. L., Ouattara, A., & Gourene, G. (2011). Lead contamination of *Sarotherodon melanotheron* (Rüpel, 1982) and *Tilapia guineensis* (Günther, 1962) in the lagoon system of Grand-Lahou (Ivory Coast). European journal of Scientific Research, 65 (3) : 342-349.
8. Chouti, W., Mama, D., & Alapini, F. (2010). Study of spatio-temporal variations in water pollution in the Porto-Novo lagoon (southern

- Benin). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, (4) : 1018-1029.
9. Dedjiho, C. A., Mama, D., Dimon, B. F., Chouti, W., Alassane, A., Fiogbe, E. D., & Sohounhloue, C. K. D. (2013). Influence of the eutrophication state of the Gbèzoumè lagoon (Ouidah) on its aquatic fauna. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7 (5) : 2069-2077.
 10. Diomande, A., Kamelan, T. M., Bamba, M., Berte, S., & Kouamelan, E. P. (2019). Water Quality of a Forest Hydrosystem Under Strict Protection in Taï National Park (Ivory Coast, West Africa). *European Journal of Scientific Research*, 151 (4): 437-444.
 11. Diouf, P. S. (1996). Fish populations in estuarine environments in West Africa : The example of the hyperhaline estuary of Sine-Saloum. University of Montpellier II. Theses and Microfiche Documents ORSTOM, (Paris), 267p.
 12. Djakou, R., & Thanon, S. Y. (1988). *Ecology intertropical Africa*, Editions Bordas (Paris), 191p.
 13. Eyi, A. J., Konan, K. J., Tano, K., N'Da, K., & Atse, B. C. (2016). Preliminary study of fish communities in the Ono lagoon (Ivory Coast). *Journal of Applied Biosciences*, 104 : 9894-9903
 14. Froese, R., & Pauly, D. (2019). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org
 15. Gbenyedji, J. N. B. K., Kotoklo, E. A., Amevoin, K., Glitho, I. A. (2011). Specific diversity of termites (Isoptera) in two teak plantations (*Tectona grandis* L.) in southern Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(2) : 756-765.
 16. Getzner, M., & Islam, M. S. (2020). Ecosystem services of mangrove forests: results of a meta-analysis of economic values. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 : 1-13.
 17. Imoobe, T. O. T., & Adeyinka, M. L. (2009). Zooplankton-based assessment of the trophic state of a tropical forest river in Nigeria. *Archives of Biological Sciences*, 61(4) : 733740.
 18. Kamelan, T. M., Berte, S., Bamba, M., Yao, S. S., N'Zi, K. G., Kouamelan, E. P. (2014). Spatiotemporal patterns of fish assemblages and influential environmental gradients in a West African basin (Taï National Park, Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, 121 (2) : 145-160.
 19. Kamelan, T. M., Berté, S., Konan, N'Zi, G., Bamba, M., Goore Bi, G., & Kouamélan, E. P. (2013). Fish population of the Brimé-Méné-Nounoua complex, Ivory Coast (West Africa). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7 (6) : 2248-2263.

20. Koffi, K. A. D., Adou, Y. C. Y., Vroh, B. T. A., Gnagbo, A., & N'Guessan, K. E. (2015). Floristic and structural diversity of formerly cultivated areas of Azagny National Park (South of Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, 134 (4) : 415-427.
21. Koffi, T. B., Ahoussi, K. E., Kouassi, A. M., & Biemi, J. (2014). Mining, oil and gas resources of the Ivory Coast and the problem of pollution of water resources and floods. *Geology-Ecology-Tropical*, 38 (1) : 119-136.
22. Konan, S. K., Kouassi, K. L., Kouame, K., Kouassi, A. M., & Gnakri, D. (2013). Hydrology and hydrochemistry in the construction area of the channel of the fishing port of Grand-Lahou, Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7 (2) : 819-831.
23. Koné, T. S., Kamelan, T. M., Konan, Y. A., Etilé, R. N., Lozo, R. N., Yao, K. M., & Kouamélan, E. P. (2021). Fish distribution pattern and environmental influence in the Bandama River estuary (West Africa). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 9 (1) : 06 -13.
24. Kouame, D., Adou, Y. C. Y., Nandjui, A., & N'Guessan, K. E. (2010). The role of the elephant in the germination of seeds of *Irvingia gabonensis* (Irvingiaceae), *Balanites wilsoniana* (Balanitaceae), *Parinari excelsa* (Chrysobalanaceae) and *Sacoglottis gabonensis* (Humiriaceae) in tropical forest: case of Azagny National Park in Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4 (5) : 1442-1454.
25. N'Douba, V., Kouamélan, E. P., Teugels, G. G., & Gouré Bi, G. (2003). First data on the ichthyological population of the Niouniourou river : small West African coastal basin (Ivory Coast). *Bioterre*, 3 (1) : 107-116.
26. N'Zi, K. G., Gouré Bi, G., Kouamélan, E. P., N'Douba, V., Koné, T., Frans, O. (2008). Influence of environmental factors on the spatial distribution of shrimps in a small West African basin - Boubo river, Côte d ' Ivory. *Tropicultura*, 26 (1) : 17-23.
27. Paugy, D., Leveque, C., & Teugels, G. G. (2003)a. Fauna of the fresh and brackish water fish of West Africa. Volume 1. IRD (Paris), MNHN (Paris), MRAC (Tervuren), 457p.
28. Paugy, D., Leveque, C., & Teugels, G. G. (2003)b. Fauna of the fresh and brackish water fish of West Africa. Volume 2. IRD (Paris), MNHN (Paris), MRAC (Tervuren), 815p.
29. Shervette, V. R., Perry, H. M., Rakocinski, C. F., & Biesiot, P. M. (2004). Recruitment of post-settlement stone crab *Menippe adina* juveniles in Mississippi Sound : Factors influencing refuge occupation. *Journal of Crustacean Biology*, 244 : 652-665.

30. Welcomme, R. L. (1985). River fisheries. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Fisheries Technical Paper, 262-303.
31. Winemiller, K. O., Agostinho, A. A., & Caramaschi, E. (2008). Fish ecology in tropical streams. In : Tropical stream ecology, 107 p.
32. Wu, J., Wang, J., He, Y., & Cao, W. (2011). Fish assemblage structure in the Chishui River, a protected tributary of the Yangtze River. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, 400 (11) : 1-14.
33. Yao, A. A., Konan, M. K., Ouattara, A., & Gourene, G. (2019). Fish diversity and structure in the banco stream (banco national park, ivory coast). Vie et milieu - life and environment, 69 (2-3) : 159-168.
34. Yoboue, K. P., Aboua, B. R. D., Berte, S., Coulibaly, J. K., Ouattara, N. I., & KOUAMELAN, E. P. (2018). Impacts of fish farms in floating cages on the structure of benthic macroinvertebrates in the Ebrié lagoon (Ivory Coast). International Journal of Biological and Chemical Sciences, 769-780.
35. Young, J., Watt, A., & Nowicki, P. (2005). Towards sustainable land use : identifying and managing the conflicts between human activities and biodiversity conservation in Europe. Conservation Biology, 14 : 1641-1661.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Déterminants Sociotechniques De L'élevage De La Volaille Au Sein Des Concessions Dans La Commune De Bambey, Sénégal

Abdou Khadre Fall,

Université Alioune Diop (UAD), Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR, ex ENCR), Département Productions Animales Bambey Sénégal

Thierry Daniel Tamsir Nesseim ,

Université Iba Der Thiam de Thiès (UIDT), Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA), Thiès, Sénégal

Sokhna Diarra Ndour,

Université Alioune Diop (UAD), Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR, ex ENCR), Département Productions Animales Bambey Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n40p158](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p158)

Submitted: 03 May 2021

Accepted: 28 September 2021

Published: 30 November 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Fall A.K., Nesseim T.D.T., & Ndour S.D (2021). *Déterminants Sociotechniques De L'élevage De La Volaille Au Sein Des Concessions Dans La Commune De Bambey, Sénégal*. European Scientific Journal, ESJ, 17(40), 158.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p158>

Résumé

L'aviculture est une activité socio-économique très répandue et importante au Sénégal car c'est un secteur qui pourvoie des emplois. L'étude s'est déroulée auprès de 150 aviculteurs à travers une enquête formelle dans la commune de Bambey, région de Diourbel au Sénégal. Les enquêtes ont porté sur les caractéristiques socio-économiques des éleveurs, la conduite technique et économique des élevages mais aussi sur l'analyse des contraintes. Elle est constituée de 70,7% d'hommes et 29,3% de femmes dont 75% sont mariés, 19% sont célibataires et 6% sont veufs avec une moyenne d'âge de 38,6±13,5 ans. L'activité est exercée notamment par des fonctionnaires (22,7%), des étudiants (17,3%), des commerçants, des ménagères et des ouvriers à 14,7% pour chaque groupe. Ceux dont l'aviculture est leur activité principale ne représentent que 8%. La motivation des aviculteurs est plus qu'économique (53,3%) et passionnelle (25,3%). L'appropriation de la volaille revient à 88% des enquêtés, à 6,7% aux membres de la famille et à 4%

aux enfants. Les élevages sont de type mono spécifique (52%) et plurispécifique (48%). Les espèces élevées sont les poulets (locaux et exotiques), les pigeons, les canards, les dindes, les oies, les pintades et les cailles. La quasi-totalité des éleveurs (73,3%) alimentent leurs volailles au moins une fois par jour alors que 26,7% laissent leurs animaux en divagation. La reproduction est mieux contrôlée chez les espèces de races exotiques. La vaccination est pratiquée par 64,6% des enquêtés. Les pathologies dominantes sont la maladie de Newcastle (47,6%), le parasitisme (18,4%), la variole (13,4%) et le coryza (10,3%), Les principales contraintes sont les maladies, la cherté des aliments, la chaleur, le manque de formation. Cependant, le développement de l'aviculture nécessite la mise en place d'un programme de conseil. La subvention et l'implication de tous les acteurs du système est nécessaire pour son développement.

Mots clés: Aviculture, Reproduction, Caractéristiques, Typologie, Pathologie

Socio-Technical Determinants of Poultry Rearing Within Concessions in the Commune of Bambey, Senegal

Abdou Khadre Fall,

Université Alioune Diop (UAD), Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR, ex ENCR), Département Productions Animales Bambey Sénégal

Thierry Daniel Tamsir Nesseim ,

Université Iba Der Thiam de Thiès (UIDT), Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA), Thiès, Sénégal

Sokhna Diarra Ndour,

Université Alioune Diop (UAD), Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR, ex ENCR), Département Productions Animales Bambey Sénégal

Abstract

Poultry farming is a very widespread and important socio-economic activity in Senegal because it is a sector that provides jobs. The study involved 150 poultry farmers through a formal survey in the commune of Bambey, Diourbel region in Senegal. The surveys focused on the socio-economic characteristics of the farmers, the technical and economic management of the farms, and the analysis of constraints. It is made up of 70.7% men and 29.3% women, 75% of whom are married, 19% are single and 6% are widowed, with an average age of 38.6 ± 13.5 years. The activity is carried out by civil servants (22.7%), students (17.3%), shopkeepers, householders and workers (14.7% for each group). Those whose main activity is poultry farming represent only 8%. The motivation of poultry farmers is more than economic (53.3%) and passionate (25.3%). The ownership of the animals belongs to 88% of the

respondents, 6.7% to family members and 4% to children. The farms are mono-specific (52%) and multi-specific (48%). The species raised are chickens (local and exotic), pigeons, ducks, turkeys, geese, guinea fowl and quails. Almost all farmers (73.3%) feed their poultry at least once a day while 26.7% let their animals roam. Reproduction is better controlled in exotic breeds. Vaccination is practiced by 64.6% of respondents. The dominant diseases are Newcastle disease (47.6%), parasitism (18.4%), smallpox (13.4%) and coryza (10.3%). The main constraints are diseases, the high cost of food, heat and lack of training. However, the development of poultry farming requires the establishment of an advisory program. The subsidy and involvement of all the actors in the system is necessary for its development.

Keywords: Poultry Farming, Reproduction, Characteristics, Typology, Pathology

1. Introduction

La filière avicole est en plein essor au Sénégal depuis 2005 avec l'arrêt de l'importation de produits avicoles, suite à l'avènement de l'Influenza Aviaire Hautement Pathogène (IAHP). La filière avicole est en plein essor au Sénégal depuis 2005 avec l'arrêt de l'importation de produits avicoles, suite à l'avènement de l'Influenza Aviaire Hautement Pathogène (IAHP). La production intensive de volaille s'est considérablement développée ces dernières décennies, notamment, dans les zones urbaines et péri urbaines. L'élevage des espèces à cycle court, plus particulièrement, l'aviculture, est notée de plus en plus dans les milieux urbains comme un moyen pour améliorer la situation socio-économique des populations (Fall, 2016 ; Fall, 2017 ; Fall et Mbengue, 2021). En effet, l'élevage des espèces à cycle court est certainement une des solutions pour améliorer la couverture en protéines des populations. Il s'agit également d'élevages qui se rentabilisent très vite. Parmi ces espèces, la volaille constitue celle dont l'élevage demande peu de moyens et il peut être pratiqué par toutes les catégories socio-professionnelles. Cette volaille constitue une des rares opportunités d'épargne, d'investissement et de protection contre le risque (Sonaiya et Swan, 2004). Le secteur avicole y a contribué à hauteur de 19% au PIB de l'Élevage en 2018 (PNDE, 2017). Son chiffre d'affaires global a été de près de 150 milliards de FCFA avec une production de 50 millions de poulets et un investissement de plus de 20 milliards de FCFA. Il génère plus de 50 000 emplois directs et indirects (MEPA, 2019).

L'effectif de la volaille en 2018 était de 81 418 550 de sujets dont la volaille industrielle représente 65,18% des effectifs. Il y a eu une hausse de 11,0% de la volaille industrielle entre 2016 et 2018. Quant à la volaille traditionnelle, elle n'a augmenté que de 3,5% (ANSD, 2019).

La production d'œufs de consommation en 2017 a été estimée à 719 millions d'unités, soit un taux de réalisation de 4% de plus par rapport à l'objectif de 694 millions d'unités qui était visé. Elle a cependant évolué de 6% par rapport à l'année 2016, correspondant à un volume de 44 millions d'unités.¹

La filière avicole est en plein essor au Sénégal depuis 2005 avec l'arrêt de l'importation de produits avicoles, suite à l'avènement de l'Influenza Aviaire Hautement Pathogène (IAHP). La production intensive de volaille s'est considérablement développée ces dernières décennies, notamment, dans les zones urbaines et péri urbaines.

L'élevage des espèces à cycle court, plus particulièrement, l'aviculture, est notée de plus en plus dans les milieux urbains comme un moyen pour améliorer la situation socio-économique des populations (Fall, 2016 ; Fall, 2017 ; Fall et Mbengue, 2021). En effet, l'élevage des espèces à cycle court est certainement une des solutions pour améliorer la couverture en protéines des populations. Il s'agit également d'élevages qui se rentabilisent très vite. Parmi ces espèces, la volaille constitue celle dont l'élevage demande peu de moyens et il peut être pratiqué par toutes les catégories socio-professionnelles. Cette volaille constitue une des rares opportunités d'épargne, d'investissement et de protection contre le risque (Sonaiya et Swan, 2004) de vulnérabilité en milieu rural.

L'enquête a pour but de contribuer à la production d'informations sociotechniques sur la conduite de l'aviculture urbaine au niveau du Sénégal et plus particulièrement dans la commune de Bambey, région de Diourbel.

2. Matériel et méthode

2.1. Zone d'étude

Située à 14°42 de latitude nord et 16°27 de longitude ouest, la commune de Bambey est le chef-lieu du département éponyme. Cette commune de la région administrative de Diourbel a une superficie de 4,1 km² et une population projetée à 34 787 habitants en 2019 (ANSD, 2016) dont 53,03% de femmes. Elle est caractérisée par sa jeunesse ; en effet, 44,8% de la population ont moins de 15 ans. Les moins de 20 ans font environ 55,7% et seulement 3,5% ont 65 ans et plus.

La population est dominée par les ethnies Wolofs (60%) et Sérères (25%). Les 15% autres sont les Diolas, les Manjacks, les Sarakholés, les Bambaras, les Maures, les Halpulars. Les langues parlées sont principalement : le Wolof (72%), le Sérère (15,7%), le Halpular (10,2%) et autres (2,1%). Les activités économiques dominantes à Bambey sont constituées principalement par le commerce et l'agriculture.

¹ Ministère de l'Elevage et des Productions Animales – Sénégal Rapport de revue sectorielle 2018 version finale



Figure 1: limites administratives et position du département de Bambeï
(Source AVSF, 2016)

2.2. Collecte et traitement des données

La collecte des données a commencé par l'identification et le recensement des éleveurs au niveau des différents quartiers de la commune. Ce recensement a permis d'identifier les éleveurs de volaille dans leur concession qui sont au nombre de 197. Tous les éleveurs accessibles, volontaires et disponibles, au nombre de 150, ont été soumis à un questionnaire par le biais d'une enquête formelle.

Les caractéristiques socio-économiques des éleveurs recherchées étaient : le sexe, l'âge, l'ethnie, le niveau d'études, la situation matrimoniale, la profession, la raison d'élevage, la religion, la formation reçue, la durée dans l'activité et l'origine des animaux. Les données zootechniques recherchées étaient : les oiseaux élevés, la race, le type de production, l'effectif actuel, le taux de mortalité, les pathologies rencontrées, la gestion de la reproduction, l'alimentation et la charge de travail. Les données économiques de l'élevage à identifier étaient : les différentes charges, les recettes

Les données collectées ont été traitées avec le logiciel Excel 2013 et SPHINX (matrice de dépouillement) avant d'être analysées par le logiciel SPSS, version IBM SPSS Statistic 20 (analyse descriptive, tableau de croisé dynamique, moyenne, écart type, fréquence, minima, maxima, test de X^2 d'indépendance sur tableaux croisés).

Une analyse SWOT a été réalisée pour synthétiser les résultats en termes de forces, de faiblesses, d'opportunités et de menaces qui existent au niveau de l'élevage de la volaille.

3. Résultats et discussion

3.1. Résultats

Les résultats issus de l'analyse et du traitement des données collectées se présentent comme suit: caractéristiques socio-économiques des éleveurs, la conduite technique et économique des élevages et l'identification des différentes contraintes.

3.1.1. Caractéristiques socio-économiques des éleveurs

Les caractéristiques socio-économiques ont concerné le genre, la situation matrimoniale, l'âge, la religion, l'ethnie, le niveau d'instruction, les activités principales et secondaires, la durée dans l'activité, la formation reçue et les raisons d'élevage.

Il ressort de l'analyse que l'aviculture est majoritairement pratiquée par des hommes (70,7%) plus que les femmes (29,30%). Les éleveurs enquêtés sont constitués de mariés (75%), de célibataires (19%) et de veufs (6%). Le genre a une influence sur la situation matrimoniale ($X^2 = 0,021$).

L'âge moyen est de $38,6 \pm 13,5$ ans. Il est compris entre 15 et 75 ans. Il est à noter que 85,3% des aviculteurs ont entre 15 et 50 ans. Cependant seul 4% ont un âge égal ou supérieur à 70 ans. Les hommes ont un âge compris entre 15 et 75 ans avec une moyenne de $38,6 \pm 13,5$ ans tandis que celui des femmes est de $39 \pm 13,7$ ans avec un minimum de 20 ans et un maximum de 68 ans.

3.1.2. Religion, ethnie et niveau d'instruction

Les éleveurs enquêtés sont caractérisés par la diversité de leur religion, de leur ethnie et de leur niveau d'instruction. Ils sont des musulmans (94,7%) et des chrétiens (5,3%). Les ethnies rencontrées sont Wolofs (41,3%), Sérères (29,3%) e Halpulaars (20%), Mandjack (4%), Maure (4%) et Diola (1,3%).

Les éleveurs ont différents niveaux d'instruction : universitaires (20%), élémentaires (20%), secondaires (17,3%) et moyens (12%). Cependant, 17,3% sont des analphabètes et les 13,3% ont fait des études coraniques.

Les hommes ont fait des études universitaires (26,4%), secondaires (22,6%), élémentaires (20,8%), coraniques (15,1%), moyennes (9,4%). Les hommes analphabètes ne sont que 5,6% tandis que les femmes sont à 45,5%. Cependant, certaines ont fréquenté le cycle moyen (22,7%), primaire (13,6%), coranique (9,1), secondaire (4,6 %) et universitaire (4,6 %). Le genre est fortement corrélé au niveau d'instruction ($X^2 = 0,00$).

3.1.3. Activités principales et secondaires

La situation professionnelle des éleveurs est illustrée par la figure figure 4.

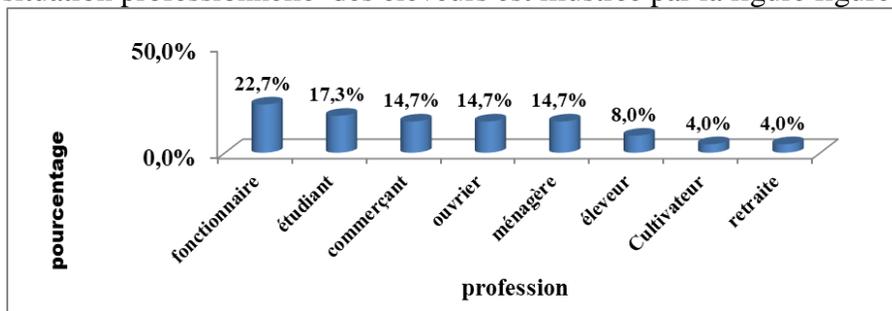


Figure 1 : répartition des aviculteurs selon leur profession (sources : nos enquêtes)

L'analyse de cette figure révèle que 22,7 % sont des fonctionnaires suivis par les étudiants (17,3%). Il n'y a que 8,0% des éleveurs qui ont une activité principale. Le genre a une forte corrélation avec l'activité principale ($X^2 = 0,00$).

De façon globale, 81,3% des enquêtés s'adonnent à l'aviculture comme activité secondaire.

3.1.4. Ancienneté, formation reçue, raisons d'élevage

L'ancienneté des éleveurs dans l'activité avicole varie entre 1 et 50 ans avec une moyenne de $12,9 \pm 12,8$ ans. Seulement, 8% des enquêtés ont une fois reçu une formation en aviculture.

La durée dans l'activité d'élevage des femmes est de $10 \pm 12,1$ ans tandis que chez les hommes, elle est de $13,2 \pm 13,2$ ans. L'aviculture est essentiellement exercée pour des raisons économiques (53,3%) et de passion (25,3%) mais certains éleveurs le font pour la consommation familiale (12%), par tradition (9,3%). Le genre n'influe pas sur les motivations ($X^2 = 0,132$) des éleveurs.

La volaille appartient à l'enquêté qui peut être le chef ou un membre de la famille (88%), à la famille entière ou propriété collective (6,7%) et aux enfants (5,3%). Le genre a une influence sur l'appropriation des animaux ($X^2 = 0,039$).

3.2. Caractéristiques techniques

3.2.1. Typologie des élevages

La typologie montre un élevage mono spécifique ou présence d'une seule espèce de volaille (52%) et d'un élevage plurispécifique qui est la combinaison de plusieurs espèces de volaille (48%).

Au niveau des élevages mono spécifiques, ceux qui font uniquement des poulets de chairs représentent 69,2% (tableau 1).

Les élevages plurispécifiques ont 2, 3, 4, 5 et 6 espèces de volailles. Ceux qui ont deux espèces de volaille représentent 52,8% de leur groupe (tableau 1).

Tableau 1 : typologie des élevages

Typologie	composition	nombres	% dans le groupe	% échantillons
Mono spécifique	poulets de chairs	54	69,20%	36,0
	poulets locaux ou exotiques	16	20,50%	10,7
	Pigeons	8	10,30%	5,3
	sous total	78	100,00%	52,0
pluri spécifique	à deux espèces	38	52,80%	25,3
	à trois espèces	12	16,70%	8,0
	à quatre espèces	8	11,10%	5,3
	à cinq espèces	6	8,30%	4,0
	à six espèces	8	11,10%	5,3
	sous total	72	100,00%	48,0

totaux **150** **100,0**

(source: nos enquêtes)

3.2.2. Espèces élevées

Plusieurs espèces de volaille ont été identifiées (tableau 2). Il s'agit des poulets, des pigeons, des canards, des dindes, des oies, des pintades et des cailles.

Le poulet (local et/ou exotique) est présent chez 68 aviculteurs soit 90,7% des enquêtés. Les élevages de poulet de chair représentent 36% de l'échantillon et 69,2% des exploitations mono spécifiques. Les élevages de poulets font 54,7% des enquêtés avec une représentation de 20,5% des élevages mono spécifiques et 91,7% des élevages plurispécifiques.

Les pigeons (colombiculture) sont rencontrés dans 40% de l'échantillon. Ils sont présents dans 10,3% des élevages mono spécifiques et 72,2% des élevages plurispécifiques.

Les élevages de canards sont seulement rencontrés dans les exploitations plurispécifiques (50%) alors que dans l'échantillon, ils ne sont présents que dans 24% des aviculteurs.

L'élevage de l'oie n'est présent que dans les élevages plurispécifiques (36,11%). Les éleveurs qui en élèvent représentent 17,3% de l'échantillon total.

Les pintades sont présentes dans les élevages à plusieurs espèces soit 30% de ce groupe et 14,7% de l'échantillon total.

L'élevage de dindes n'est rencontré que dans 19,4% des plurispécifiques et occupe 9,3% des enquêtés. Les cailles ne sont présentes que dans une seule exploitation soit 2% et 1,3% de l'échantillon.

Tableau 2 : espèces élevées

Typologie	Espèces élevées	nombre	total	% dans le groupe	% dans l'échantillon
Mono spécifique	poulets de chair	54		69,2%	36,0%
	poulets locaux ou exotiques	16		20,5%	10,7%
	Pigeons	8		10,3%	5,3%
sous total à 2 espèces			72	100,0%	52,0%
	poulets/pigeons	22	38	52,8%	25,3%
	poulets/canards	4			
	poulets/dindes	2			
	poulets/oies	2			
	poulets/pintades	2			
	canards/oies	2			
	pigeons/oies	2			
	pigeons/canards	2			
à 3 espèces	poulets /canards/pigeon	4	12	16,7%	8,0%
	poulets/pintades/pigeons	4			
	poulets/oies/pigeons	2			
	poulets/canards/oies	2			

à 4 espèces	poulets/canard/pigeon/dinde	2	8	11,1%	5,3%
	poulet/canard/dinde/pintade	2			
	poulet/canard/pigeon/oie	2			
	poulet/canard/pintade/oie	2			
à 5 espèces	poulet/canard/pintade/oie/ pigeon	2	6	8,3%	4,0%
	poulet/canard/dinde/pintade/ pigeon	4			
à 6 espèces	poulet/canard/dinde/pintade/oie/pigeo n	6	8	11,1%	5,3%
	poulet/canard/pintade/oie/ pigeon/caille	2			
sous total			36	100,0%	48,0%
Totaux			150		100,0%

(Source: nos enquêtes)

3.2.3. Races et effectifs

Les poulets sont élevés par 90,6% des exploitations enquêtées et sont de différentes races. Les poulets de chair sont présents dans 18,7% des élevages. Les lots varient de 50 à 2900 sujets par bande avec une moyenne de 232,8 sujets. La plupart des producteurs de poulets de chair (59,3%) font une production continue durant toute l'année alors que 33,3% parmi eux ciblent les fêtes religieuses. Cependant, 7,4% des éleveurs arrêtent leurs productions durant l'hivernage.

Les poulets locaux existent dans les exploitations de 17,6% des enquêtés. L'effectif moyen des sujets est de $10,2 \pm 7,5$ et il est compris entre 1 et 40 sujets.

Les races exotiques de poule sont rencontrées dans 10,1 % des élevages. Le nombre de poules « dites de race » par exploitant varie de 4 à 40 avec une moyenne de $11,6 \pm 8,9$. Les races exotiques et/ou ornementales de poulets identifiés sont au nombre de 8 (figure 3).

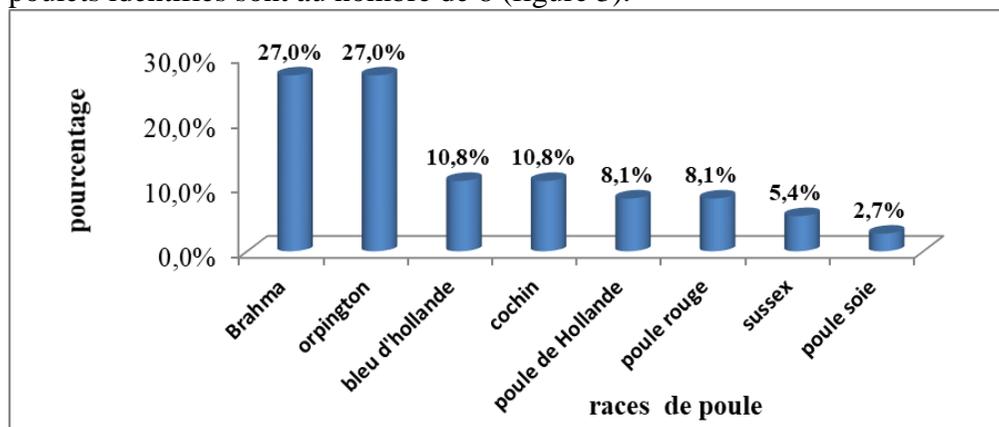


Figure 2: Répartition des races de poules
(source: nos enquêtes)

Il ressort de cette étude que les races Brahmas et Orpingtons sont les plus présentes soit 27% chacune, suivis des bleus de Hollande et Cochin (10,8% chacun). Les poules de Hollande et poules rouges ont aussi le même pourcentage de représentativité (soit 8,1%). Les races qui sont les moins présentées sont le Sussex (5,4%) et la poule soie (2,7%). Plusieurs races de pigeon sont présentes dans la commune de Bambey. Les pigeons voyageurs (22,5%), les locaux (18,6%) et les Boulants (7,8%) sont les plus fréquents. Les races King, Lahore, Beauté allemand et Mondain ont le même pourcentage (3,9%). Les 39,4% qui restent sont principalement constitués de Cauchois, Château Batam, Paon, Texan, Gouvret, Capucin, Colombe, Cravaté, Manteau, métis (bâtard), Poule florentine, Romain, Tambour, Dragon, Gazzzi, Polonais et Messenger de Beyrouth. Les effectifs des pigeons vont de 2 à 100 paires suivant les exploitations avec une moyenne de $31 \pm 47,17$.

Trois races de canards ont été signalées par les éleveurs. La race locale ou ordinaire représente 72,2% des effectifs des élevages. Les deux autres races sont le canard de chair (22,2%) et le colvert (soit 5,6%). Les effectifs se situent entre 2 et 40 canards suivant les élevages avec une moyenne de $12,7 \pm 11,6$. Trois races d'oies sont exploitées. Il s'agit de l'oie de Guinée (46,2%), de l'oie française (38,5%) et de l'oie de Toulouse (15,4%). Leur effectif varie de 2 à 8 avec une moyenne de $3,5 \pm 1,8$.

Les éleveurs de pintades exploitent principalement la race locale (58,3%) et les pintades de chair (41,7%). Les effectifs des pintades sont compris entre 1 à 30 avec une moyenne de $10,8 \pm 8,8$.

Les dindes et les cailles sont dites "de races locales". L'effectif des dindes varie de 1 à 10 avec une moyenne $4,42 \pm 3,54$. Le nombre de caille est de 6 et un seul éleveur le pratique.

3.2.4. Mode d'acquisition, habitat et équipements

Toutes les espèces de volaille élevées ont été achetées au début des activités d'élevage. Les poulets de chair sont achetés au niveau des magasins (36%) de revendeurs. Les autres sujets proviennent soit du marché réservé à la vente de volaille ou "*Daraal Guinaar*" (49,3%) soit du voisinage (14,7%). La totalité des éleveurs enquêtés possède des logements ou poulaillers pour leurs volailles. Les poulaillers sont faits en dur (36%) ou avec du matériel de récupération comme les tôles en zinc, du grillage et/ou du bois (64%). Les poulaillers sont localisés au niveau de la cour, de la terrasse et des coins des concessions.

En dehors des élevages de poulets de chair, certains éleveurs possèdent une poussinière (31,3%).

Les équipements sont constitués de mangeoires (artisanales (28%, bols et plats usés), d'abreuvoirs (modernes, bidons recoupés etc.), de couveuses, de râteaux, de balais, de pelles, de seaux et de congélateurs.

3.2.5. Alimentation et main d'œuvre

Différents types d'aliments sont utilisés par les éleveurs pour nourrir la volaille. Certains éleveurs (38,7%) utilisent des aliments de type industriels, tandis que d'autres (28%) utilisent un mélange fait à base de céréales locales comme le mil, le sorgho, le maïs, le blé, le son de mil ou le niébé pour les poulets et pigeons, l'arachide et petit pois pour les pigeons, le son de riz pour les canards.

La quasi-totalité des éleveurs (73,3%) alimentent leurs volailles au moins une fois par jour alors que 26,7% laissent leurs animaux en divagation. La distribution de l'aliment aux volailles se fait le matin et le soir (70,7% des enquêtés), le matin (20%), le matin, à midi et le soir (9,3%) selon éleveurs interviewés. C'est l'eau de robinet qui est utilisée pour abreuver la volaille. La main-d'œuvre utilisée provient de la famille.

3.2.6. Pratiques de reproduction et de sélection

Les pratiques de reproduction varient suivant la conduite des espèces et des races. Au niveau des poulets exotiques, 60,5% des éleveurs ne contrôlent pas la reproduction, 36,8% font des croisements dont 2,6% concernent la race locale et Brahma ou local et Orpington.

Les éleveurs de pigeons (45,2%) veillent aux accouplements afin d'éviter des croisements.

La reproduction des canards, pintades, oies, dindes et cailles n'est pas contrôlée. La couvaison de leurs œufs se fait de façon naturelle ou à l'aide d'une couveuse (37%).

La couvaison des œufs de la volaille locale (poulets, pigeons, canards, dindes) se fait par leur propre femelle.

Au niveau des poulets dits de race, la couvaison des œufs est faite par les poules locales (44,4%), par leurs propres femelles (29%), au niveau des couveuses (18,9%) et par les canes (7,7%).

Les éleveurs de pigeons dits de race ont recours aux pigeons ordinaires ou locaux (11,5%), aux voyageurs (11,5%) et aux métisses ou bâtards (3,8%) pour la couvaison des œufs.

Au niveau des pintades, ils ont recours aux poules locales (22,2%) et aux couveuses (11,1%).

Quant à la couvaison des œufs d'oies, 45,5% des éleveurs utilisent des couveuses, tandis que 36,4% ont plutôt recours aux canes et 9,1% aux poules locales.

3.2.7. Hygiène et de santé

3.2.7.1. Chez les poulets de chair

Tous les éleveurs de poulets de chair utilisent de la litière. Le copeau de bois est utilisé par 66,7% des éleveurs alors que les 33,3% préfèrent la balle de riz.

Le nettoyage systématique des matériels d'élevage est fait tous les 7 ± 2 jours. Le vide sanitaire est une pratique chez tous les aviculteurs. Cependant, 12% des aviculteurs le font pour une durée de 15 jours tandis que chez 9,3%, le temps est compris entre 3 et 10 jours. Il est à noter que l'intervalle entre deux bandes peut varier, chez 78,7% des éleveurs, entre 21 et 90 jours.

Le calendrier vaccinal n'est pas systématique. Seuls 87,8% des éleveurs vaccinent leurs sujets (maladie de Gumboro, maladie de Newcastle) alors les 22,3% utilisent des vitamines et des antibiotiques pour protéger leurs volailles.

Les pathologies rencontrées sont surtout la coccidiose (44,4%) et la maladie de Gumboro (29,6%). Cependant, 22,2% de ces éleveurs disent n'avoir jamais constaté de maladies.

3.2.7.2. Chez les autres volailles

Les principales affections rencontrées sont la maladie de Newcastle (47,6%), le parasitisme (18,4%), la variole (13,4%), le coryza (10,3%), la salmonellose (6,2%), la coccidiose (4,1%) Cependant, 18,8% des éleveurs n'ont pas constaté de maladies au sein de leur élevage.

La fréquence de nettoyage des locaux par mois est en moyenne $2,5\pm 3,6$. La vaccination est pratiquée que par 35,4% des éleveurs. 50% des éleveurs qui font la vaccination ignorent la pathologie concernée. La vaccination contre la maladie de Newcastle est pratiquée par 8,3% des éleveurs. Seuls 6,3% vaccinent contre la variole.

Les éleveurs (82,4%) ont recours aux antibiotiques, vitamines, anticoccidiens et vermifuges. Cependant, 11,8% utilisent des produits vétérinaires dont ils ignorent les noms. Certains (5,9%) utilisent des traitements traditionnels comme le piment, le tabac, l'écorce du fromager, l'ail, les feuilles de *Moringa olifera*, le café, les feuilles d'*Accacia nilotica* (Nép Nép), l'*Aloe vera* pour traiter des pathologies.

3.3. Contraintes rencontrées

3.3.1 Chez les poulets de chair

Les contraintes majeures auxquelles la production de poulets de chair est confrontée est la cherté de l'aliment industriel associé à des poussins de race ou espèce mauvaise selon les éleveurs. Les pathologies comme la maladie de Gumboro, la coccidiose et la salmonellose sont récurrentes dans cette zone. Les contraintes majeures auxquelles la production de poulets de chair est la cherté de l'aliment associé à des poussins de qualité inférieure selon les éleveurs. Les pathologies comme la maladie de Gumboro, la coccidiose et la salmonellose sont récurrentes dans cette zone.

La chaleur (température) qui sévit dans le milieu constitue également un véritable fléau pour le développement de l'aviculture

3.3.2 Chez les autres volailles

Au niveau des poulets locaux, exotiques et/ou d'ornement, des pigeons, des pintades, des oies, des canards, des dindes et des cailles, les principales contraintes déclarées sont liées à la présence de maladies (variole, coryza, la maladie de Newcastle, salmonellose et coccidiose), les charges alimentaires, les prédateurs (vautours) et le vol.

Le manque de formation des aviculteurs est aussi un problème qui a été signalé. Il en est de même pour la présence de spécialiste en aviculture dans la zone, comme l'affirment les éleveurs. La divagation de certains animaux à longueur de journée est une réalité entraînant parfois des prédatations.

L'absence de foire pour l'exposition des différentes races élevées et le manque de clients sont aussi des problèmes qui gangrènent l'élevage de la volaille.

L'analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces (tableau 3) permet de mieux appréhender les différentes facettes de l'élevage de la volaille.

Tableau 3: analyse SWOT

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> • diversité des espèces et races élevées • certains élevages ne demandent pas un gros investissement <ul style="list-style-type: none"> • cycle d'élevage court • sources de revenus supplémentaires pour les pluriactifs • rôles social, culturel et sécuritaire indéniable <ul style="list-style-type: none"> • utilisation des objets de récupération pour l'équipement • valorisation des déchets alimentaires domestiques • sources de protéines pour la famille <p style="text-align: center;">Opportunités</p> <ul style="list-style-type: none"> • marché hebdomadaire du lundi et du vendredi • Existence de marchés et foires à Dakar, Thiès et Touba pour la volaille exotique • Présence du Département des productions animales de l'Université de Bambey, du Centre Régional des Œuvres Universitaires et Sociales et du Centre National de Recherche Agronomique comme marché potentiel 	<ul style="list-style-type: none"> • prix des aliments élevés • non diversité des aliments • manque de formation des éleveurs • présence et persistance de certaines maladies aviaires • divagation de la volaille • absence d'organisation des aviculteurs <p style="text-align: center;">Menaces</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vols récurrents de volaille • présence de prédateurs (rapaces, chat)

4.2 Discussion

La discussion des résultats concerne les caractéristiques socio-économiques des aviculteurs, les caractéristiques économiques et les contraintes.

4.2.1 Caractéristiques socio-économiques des aviculteurs

L'aviculture est une activité qui est pratiquée par des hommes et des femmes d'âge, d'ethnie et de profession différents.

Les éleveurs de volaille sont surtout des hommes contrairement à l'aviculture familiale qui est plus pratiquée, en milieu rural, surtout par les femmes et les enfants (Diallo, 2018). La forte présence des hommes est notée au niveau de l'élevage des poulets de chair et des pigeons qui est plus lucratif. Cela peut s'expliquer par le coût assez élevé de ces deux types d'élevage (prix des poussins, pigeons, aliment) et du fait qu'en ville les femmes ont peu de moyens financiers car ce sont le plus souvent des ménagères. Ces résultats sont confirmés au niveau de la commune de Thiès (Fall et Mbengue, 2020 ; Mbengue 2019 ; Fall, 2017 ; Diallo, 2013).

La prédominance de la tranche d'âge de 20 à 39 ans (les jeunes) peut être liée au fait que la filière permet de lutter contre le chômage et la pauvreté. Cependant, la colombiculture est une activité qui est dominée dans cette ville de Bambey par la tranche d'âge 15-35ans qui représente 61% des enquêtés. Les adultes (35- 60 ans) occupent 29% des colombiculteurs. Les éleveurs dont l'âge dépasse 60 ans sont 4%.

L'âge moyen des aviculteurs avoisine celui observé à Ndjaména au Tchad (Issa *et al*, 2012) mais il est de $40,44 \pm 14,23$ ans et est compris entre 19 et 77 ans dans la commune de Thiès (Mbengue, 2019).

La majorité des aviculteurs sont mariés et peut expliquer par la présence des élevages dans les concessions. Ce qui est en phase avec l'élevage de la volaille familiale qui se définit comme la production de volaille à petite échelle pratiquée par des ménages utilisant une main d'œuvre familiale et, autant que faire se peut, les disponibilités alimentaires localement disponibles. Le travail n'est pas rémunéré, et est effectué par les membres de la famille (Sonaiya, 1990).

Le niveau d'instruction des éleveurs qui est de 72,4% de l'échantillon est en deçà de la moyenne nationale qui est de 80,95%² en 2018. Le taux d'analphabète touche plus les femmes car Bambey est une commune rurale où les femmes sont plus représentées dans des activités ménagères. Ces résultats sont contraires à ceux obtenus à Thiès par Fall *et al*. (2016) qui montrent que tous les aviculteurs de cette ville sont tous instruits. Cependant, la population dans la périphérie de la commune de Thiès qui n'a jamais été dans une école

² <http://uis.unesco.org/fr/country/sn> consulté le 18 mars 2020 à 18h48

est de 5,6% (Mbengue, 2019) et que le genre est corrélé au niveau d'instruction ($X^2 = 0,09$).

Les professions des éleveurs de volaille vont du fonctionnaire à l'ouvrier en passant par le commerçant, le cultivateur, la ménagère...etc. Les éleveurs de poulets de chair sont dans la plupart des cas des personnes en fonction ou des fonctionnaires retraités qui ont pu épargner pour trouver un capital leur permettant de démarrer leurs activités. L'aviculture se présente comme étant une activité secondaire voire tertiaire pour la plupart des enquêtés car ils ont une profession avec des revenus stables (Gueye, 2002 ; Diallo, 2013 ; Diop, 2016). Au sein de la commune de Thiès, seuls 30,53% des aviculteurs en font une activité principale par contre 69,74% la pratiquent comme activité secondaire (Fall *et al*, 2016). A Dakar qui est la principale zone d'élevage de la volaille, ce sont des pluriactifs qui vont du fonctionnaire à l'ouvrier et qui exercent l'activité. Les des aviculteurs (62%) avaient une activité professionnelle dans la région de Dakar (Arbelot *et al*, 1997 ; Arbelot, 1994). De plus, elle présente de bonnes perspectives d'avenir. Ces résultats sont corroborés par les travaux de Mbengue (2019) à Thiès selon lesquels l'aviculture permet de lutter contre le chômage des jeunes en octroyant à ces derniers des revenus satisfaisants.

L'élevage de la volaille est essentiellement une pratique liée à des raisons économiques (Fall et Mbengue, 2021 ; Ouedraogo *et al*. 2015) à cause des revenus qui peuvent être obtenus mais aussi pour la consommation (Ossebi, 2011). Il est aussi un élevage à cycle court. Cependant, une petite frange des éleveurs de moutons Ladoum de la commune de Thiès au Sénégal (Fall *et al*, 2017), ont des oies pour assurer une sécurité au sein de leurs exploitations car le vol de bétail reste un réel problème dans cette zone. Il a aussi un rôle d'ordre socio-culturel indéniable car c'est comme un legs, une tradition multiséculaire d'avoir de la volaille au sein de la concession.

Il est à remarquer au sein de cette commune de Bambey que 81% des colombiculteurs font l'élevage des pigeons par amour (Diop, 2016). Cependant, certains éleveurs sont guidés par des raisons commerciales (15%) et pour la consommation (4%).

L'élevage de la volaille est pratiqué depuis plusieurs années car la possession d'animaux est liée aux us et coutumes des populations. L'ancienneté dans l'élevage de volaille est confirmée chez les colombiculteurs de Bambey (Diop, 2016), elle varie entre 1 à 50 ans avec une moyenne de $13,33 \pm 13,6$ ans.

Le manque de formation technique des éleveurs peut être lié à l'absence de projet de développement avicole pour accompagner les aviculteurs et à leur inorganisation professionnelle.

4.2.2 Caractéristiques techniques

Les aviculteurs ont plusieurs espèces et races locales et exotiques de volaille (poulet de chairs, cailles, pigeons, oies, dindes, canards...). Cette stratégie peut être qualifiée de « un peu de tout » (Fall *et al*, 2016). Elle permet aussi de faire des croisements entre races (Ndeledjel, 2000). Dans les deux types d'élevage (mono et plurispécifiques) le poulet est l'espèce la plus élevée. Ces résultats sont en phase avec ceux observés par Traoré(2006) qui montre que le poulet est l'espèce la plus élevée au sein de l'aviculture dite familiale. Il en est de même au niveau de la province du Sourou, région du nord-ouest Burkinabè, les espèces aviaires élevées sont le poulet, la pintade, le canard en général et accessoirement les pigeons (Ouédraogo *et al*, 2015). La présence de plusieurs races d'une même espèce surtout pour les poulets et les pigeons est due le plus souvent à l'amour et l'engouement qu'ont les éleveurs envers ces animaux mais aussi des revenus importants que leur apportent ces derniers.

L'inexistence de la spéculation pondeuse dans les concessions se justifie par le fait qu'elle demande un grand espace, de moyens et une technicité surtout durant les périodes de forte chaleur (Diallo, 2013). Tous les aviculteurs ont des abris qui sont de dimensions et de fabrications différentes pour leurs volailles car beaucoup sont dans une logique commerciale (Ayssiwede *et al*, 2013 ; Mbengue , 2019). Cependant à Thiès, les poulaillers sont construits en dur (100%) soit avec des toitures en zinc (85%) ou en fibrociment (15%) (Fall 2017).

Les éleveurs de poulet de chair utilisent tous des aliments de type industriel à cause de la nature de l'activité dont l'objectif premier est la rentabilité financière. Les autres volailles sont alimentées à base de céréales locales, de restes de cuisine, de pains secs ou avec des aliments industriels. En dehors des éleveurs qui possèdent des races exotiques (poulets et pigeons), les autres ne donnent pas une grande importance à la reproduction de leur volaille. Cela peut se justifier par le fait que l'espèce hybride ne présente aucune valeur financière surtout quand il s'agit des pigeons. En effet, les colombiculteurs utilisent les pigeons hybrides qu'ils appellent « bâtard » pour la couvaison des œufs des espèces de race pure ou pour « l'embouche » (Diop, 2016).

Les maladies sont assez fréquentes et constituent un handicap pour le développement de cette filière (Ouédraogo *et al.*, 2015). Concernant les poulets de chair, les pathologies les plus récurrentes sont la coccidiose et la salmonellose. Cela est peut-être dû au non-respect des densités dans les élevages mais aussi à l'accès facile dans les poulaillers associés ainsi qu'au manque de moyens de protection sanitaire comme les pédiluves, les masques, bottes ...etc (Diagne , 2008). La maladie de Gumboro est aussi fréquente dans certains élevages. En effet, après la première vaccination au niveau des lieux

de vente, certains éleveurs préfèrent ne pas effectuer les rappels car jugeant les produits vétérinaires très onéreux. Ils utilisent à la place des complexes vitaminés ou des antibiotiques selon leur propre gré. Le manque de formation de la main d'œuvre, la persistance de la maladie dans la ferme ou la mauvaise conservation des vaccins pourront être des éléments explicatifs (Fall *et al*, 2016 ; Diallo, 2013).

4.2.4 Contraintes

La contrainte majeure des aviculteurs reste la persistance de certaines maladies. Ces dernières sont jugées comme un frein réel au développement de l'aviculture (Mbengue, 2019 ; Savane, 1996). Ainsi, les pathologies les plus présentes sont la maladie de Newcastle devant celle de Gumboro, la coccidiose, la salmonellose et le coryza. Ces résultats sont conformes avec ceux constatés par Diallo (2013) et Mbengue (2019) au niveau de la commune de Thiès.

L'irrégularité de la qualité de l'aliment et son prix élevé restent une préoccupation majeure (Ndiaye *et al.*, 2007) car la majorité des éleveurs ont de petits effectifs.

La chaleur reste un véritable handicap pour le développement de l'aviculture car les températures diurnes sont assez élevées durant plus de 6 mois.

Conclusion et recommandations

Il ressort de l'étude que l'aviculture est une activité assez répandue dans la commune de Bambey. Elle mobilise plus d'hommes que de femmes qui sont des mariés et des pluriactifs. L'élevage de la volaille est mené par plusieurs catégories socio-professionnelles comme les fonctionnaires, les retraités, les étudiants, les commerçants, les ouvriers, les ménagères, les agriculteurs et les éleveurs, qui en font une activité secondaire. L'âge des aviculteurs est très variable. Il est à noter une forte présence des jeunes. La motivation des aviculteurs est plus économique car l'activité permet d'avoir des revenus complémentaires.

La typologie fait ressortir deux types d'élevage. Les élevages sont mono spécifiques (poulets ou pigeons) et plurispécifiques (poulets, pigeons, pintades, oies, dindes, canards, cailles). Les races élevées sont très diverses. Cette diversité se rencontre plus au niveau des pigeons et les poulets exotiques. La taille des élevages est très variable et dépend de la spéculation.

Le suivi technique des élevages reste du domaine de l'aviculteur ou de quelques membres de la famille. L'aliment industriel est utilisé pour toutes les espèces élevées mais il est souvent associé avec des céréales locales pour l'alimentation en élevage traditionnel distribué la plupart du temps deux fois par jour. Les éleveurs consacrent beaucoup plus d'importance à la reproduction des pigeons et des poulets de race exotique avec parfois quelques rares croisements. De l'autre côté, avec la divagation des animaux, les éleveurs

peinent à faire un bon suivi des performances de reproduction et de la couvaison des œufs. Sur le plan sanitaire, la vaccination et le déparasitage ne sont pas systématiques dans certains élevages, ce qui est la cause de la présence des affections comme la maladie de Newcastle, la variole, le coryza, le parasitisme etc. Par ailleurs, des éleveurs font recours à des pratiques empiriques pour la protection ou le traitement de leurs sujets. La commercialisation de la volaille reste problématique au niveau des aviculteurs. Cependant seuls quelques-uns sollicitent les revendeurs qui sont appelés « *Banabanas* ».

Cependant, l'aviculture familiale est confrontée à certaines contraintes liées à la cherté de l'aliment industriel, au manque de formation des éleveurs, à la présence et la persistance de certaines maladies, la divagation des animaux cause de prédation et l'absence de foire dans la zone pour l'exposition des différentes espèces élevées. L'inexistence d'agents spécialisés en aviculture et l'inaccessibilité des vaccins constituent des freins pour le développement de cette filière.

Les différents résultats obtenus ont permis de faire quelques recommandations qui sont : (i) étudier d'avantage les performances techniques et économiques de l'élevage urbain de la volaille, (ii) étudier la prévalence de certaines maladies comme la maladie de Gumboro, la maladie de Newcastle, la coccidiose, (iii) faire une étude transversale sur l'aviculture à travers un suivi d'au moins une année.

References:

1. Agence Nationale Démographie et de la Statistique (ANSD). 2019. Situation économique et sociale du Sénégal en 2016. Ministère de l'Economie et des Finances du Sénégal, Dakar 287p.
2. Arbelot B., Foucher H., Ayon J.F., Missohou A. 1997. Typologie des aviculteurs dans la zone du Cap-Vert au Sénégal. *Revue Elev. Med. Vet. Pays Tropicaux*, 50(1), 75-83
3. Arbelot B., 1994. Rapport de fin de contrat laboratoire de pathologie aviaire ISRA LNERV – PRODEC 56 janvier 1994 à août 1997.
4. Ayssiwede S.B., Dieng A., Houinato M.R.B., Chrysostome C.A.A.M., Issay., Hornick J.-L., Missohou A. 2013. Elevage des poulets traditionnels ou indigènes au Sénégal et en Afrique Subsaharienne : état des lieux et contraintes. *Ann. Méd. Vét.* 157, 103-119.
5. Diallo A., 2013. L'élevage de la volaille dans la ville de Thiès, Sénégal : situation et perspectives. Mémoire de fin d'études à l'ISFAR de Bambey. 3p.
6. Diallo A.K., 2018. Caractérisation des exploitations avicoles dans la zone d'intervention du projet ASAN cas des collectivités locales de

- Saré Bidji et de Dioulacolon. Mémoire d'ingénieur des travaux d'élevage ISFAR ex ENCR de Bambey. 53p + annexe.
7. Diop A., 2016. Elevage des pigeons dans la commune de Bambey (Sénégal) : situations et perspectives. Mémoire de fin d'études ISFAR UADB Sénégal 63p.
 8. Diagne. M.M., 2008. Analyse de la compétitivité de la filière avicole semi-industrielle dans la zone des Niayes. Mémoire de fin d'études ENSA, Thiès (Sénégal). 60p.
 9. Fall. A. K, Mbengue.A.M. 2020. Technical analysis of poultry farming in the municipality of Thies Senegal Agricultural Science Research Journal Volume (10) Issue (12): 342 – 346 December – 2020.
 10. Fall. A. K. 2017. L'élevage urbain dans la commune de Thiès au Sénégal : systèmes, caractéristiques socioéconomiques et techniques, perspectives. Thèse de doctorat unique. Université de Thiès, Sénégal
 11. Fall A. K, Dieng. A, Ndiaye. S. 2017. L'élevage des moutons de race Ladoum dans la commune de Thiès, Sénégal : caractéristiques socioéconomiques et techniques : Afrique SCIENCE 13(4), 140-150.
 12. Fall A., Dieng A., Samba A.N.S., Diallo A., 2016. L'aviculture urbaine familiale au Sénégal : caractérisation et rôle socio-économique dans la commune de Thiès. Rev. CAMES. VOL04. NUM02. ISSN2424-7235 : 07 p.
 13. Guèye E.F., 2002. Family poultry research and development in low-income food-deficit countries: approaches and prospects. Outlook on Agriculture, 31(1), 13-21.
 14. Issa Y., Mopate L.Y. et Missohou A., 2012. Commercialisation et consommation de la volaille traditionnelle en Afrique subsaharienne. Journal of Animal & Plant Sciences. Vol. 14, Issue 3: 1985-1995. <http://www.m.elewa.org/JAPS>; ISSN 2071 – 7024.
 15. Mbengue A.M., 2019. Aviculture dans la commune de Thiès (Sénégal) : caractéristiques et contribution dans les revenus des ménages. Mémoire de fin d'étude à l'ISFAR de Bambey. 34, 46, 47p.
 16. MEPA, 2019 : Actualisation des paramètres techniques de la filière avicole au Sénégal. Rapport paramètre technique-Aviculture-Final juin 2019.p10, 13.
 17. Ndiaye S., Ouedeba B. et Sanders J., 2007. La production avicole intensive au Sénégal : Problématique de l'alimentation et place du sorgho. Bulletin No. 6. October 1, 2007.
 18. Ndeledje G.N., 2000. Amélioration génétique de la poule locale au Sénégal par croisement avec les races exotiques : Résultats préliminaires : thèse de doctorat N°1 EIMSV UCAD Dakar 68 p.
 19. Ouedraogo B., Bale B., Zoundi S. J. et Sawadogo L. 2015 : Caractéristiques de l'aviculture villageoise et influence des techniques

- d'amélioration sur ses performances zootechniques dans la province du Sourou, région Nord-Ouest Burkinabé ; Int. J. Biol. Chem. Sci. 9(3) : 1528-1543. 1538p,
20. Ossebi W. 2011. Analyse de la filière « poulet du pays » au Sénégal : aspects économiques et organisationnels. Mémoire de master II en productions animales et développement durable. N°13 EISMV Dakar Sénégal. 44p
 21. PNDE. 2017. Plan National de Développement de L'Élevage. Document N°1. Diagnostic du Secteur de L'Élevage. Ministère de l'Élevage du Sénégal. 30p.
 22. Savane M., 1996 : l'aviculture rurale au Sénégal : contraintes et perspectives zoo-économiques cas de la Haute Casamance, thèse de doctorat en Médecine vétérinaire EISMV UCAD Dakar.102p.
 23. Sonaiya, E.B, 1990. Poultry husbandry in small rural farms. *Entwicklung und ländlicher Rawn*, 4(90), 3-6.
 24. Sonaiya E.B. et Swan S.E.J., 2004. Production en aviculture familiale, un manuel technique. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, 140.
 25. Traoré E.H., 2006. Première évaluation de la structure et de l'importance du secteur avicole commercial et familial en Afrique de l'Ouest : rapport du Sénégal. Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture : Rome.52 p.
 26. Traoré E.H., 2001. « Système de production aviaire » Projet FAO :>Amélioration de la production avicole en élevage familial traditionnel à travers une meilleure gestion des contraintes de production et de Santé animale TCP/SEN 065». Phase I :2001-2002. Rapport de mission. 36 p
 29. [http ://www.banquemondiale.org/fr/senegal/overview](http://www.banquemondiale.org/fr/senegal/overview): Sénégal-Vue d'ensemble Banque mondiale (29/03/2020) à 00h 30



Acute and Subacute Toxic Aqueous Extract of the Leaves of *Petroselinum Crispum* Mill. in Male and Female Wistar Rats

Kablan Kassi Jean Jacques,

University Felix Houphouët-Boigny, Abidjan, Ivory Coast, UFR
Biosciences, Laboratory of Biology and Health

Blahi Adelaïde Nadia,

University Jean Lorougnon Guédé Daloa, Ivory Coast, UFR Environment,
Biodiversity and Tropical Ecology Laboratory

Kouakou Koffi Roger,

Diby Yao Seraphin,

Siapo Yao Martin,

Tahiri Annick,

University Felix Houphouët-Boigny, Abidjan, Ivory Coast, UFR
Biosciences, Laboratory of Biology and Health

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n40p178](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p178)

Submitted: 10 September 2021

Accepted: 04 October 2021

Published: 30 November 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Jacques K.K.J., Nadia B.A, Roger K.K., Seraphin D.Y.,Martin S.Y., & Annick T.,(2021). *Acute and Subacute Toxic Aqueous Extract of the Leaves of *Petroselinum Crispum* Mill. in Male and Female Wistar Rats.* European Scientific Journal, ESJ, 17(40), 178.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p178>

Abstract

The present study is part of a vast program of the valorization of the medicinal flora and to help the populations to make a real profit from the use of plants in order to avoid any problem of poisoning. *Petroselinum crispum* Mill. (Apiaceae) is a plant, whose therapeutic virtues are diverse. The toxicological aspect of the aqueous extract of *Petroselinum crispum* leaves in male and female rats was investigated. The acute toxicity study with the single dose of 5000 mg/Kg body weight shows that the aqueous extract from the leaves of *Petroselinum crispum* is not toxic orally. According to Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) Guideline 423, the oral LD50 for this extract is greater than 5000 mg/kg body weight. In addition, the sub-acute toxicity study (OECD 407) showed that the aqueous extract from the leaves of *Petroselinum crispum* did not show any toxic effects at doses 50,

100 and 200 mg/kg body weight and would have an orexigenic effect after 28 days of treatment. The different histological sections showed that the aqueous extract of *Petroselinum crispum* is not toxic on the vital organs and appears to be hepatoprotective.

Keywords: Petroselinum Crispum, Acute Toxicity, Subaiguë Toxicity, Histology, Rat

Introduction

Plants are an inexhaustible source of traditional remedies. These remedies are effective because of the active ingredients they develop (Sallé, 1991). Two-thirds of current drugs are of natural or hemi-synthetic origin and only one-third of marketed drugs are purely of synthetic origin (Newman & Cragg, 2007). More than 80 % of the African population mainly uses medicinal plants for treatment (OMS, 2002). Today, out of more than 300,000 plant species recorded worldwide, only about 15% have been studied phytochemically and 6 % have biological activity (Verpoorte, 2002). Unfortunately, some plants in the pharmacopoeia can cause some severe poisoning. The severity of these poisonings depends on certain factors: the nature of the plant, the part consumed, the quantity, whether taken on an empty stomach or not, the age and the circumstances (Hafidi, 2014). In addition to its wide use as a green vegetable and garnish, *P. crispum* is used for different medicinal purposes in traditional medicine in different countries (Agyare et al., 2017). *Petroselinum crispum* is a plant used as a medicinal plant for gastrointestinal tract, kidney, lower urinary tract, and digestive stimulation (Blumenthal et al., 2000; Tucker & DeBaggio, 2009). Seeds have been used in the treatment of gastrointestinal disorders, inflammation, kidney stones and amenorrhea, as well as carminative, astringent and gastrotonic in Iran (Behtash et al., 2008; Aghili et al., 2009). Its aerial parts are used for its high-dose abortive activities in Italy (Montesano et al., 2012). This high demand for *P. crispum* in traditional medicine and in various foods is the reason for this study, which aims to assess the toxicity of the aqueous extract of *P. crispum* leaves in male and female rats.

Plant material

The plant material used consists of fresh leaves of *Petroselinum crispum* (Apiaceae). The leaves are harvested in the south of Abidjan (Ivory Coast). A sample of this plant was deposited for authentication at the National Floristic Center of Ivory Coast.

Animal Material

The animals used are male and female *Rattus norvegicus* (Muridae) rats of the Wistar strain. Rats are two to three months old and weigh between 100 and 140 grams. They were used to assess the acute and sub-acute toxicity of the aqueous extract from the leaves of *Petroselinum crispum*. These animals come from the Vivarium of the Normal High School (NHS) of Ivory Coast. The rats were fed ad libitum. The food consists of FACI®, corn, bread and dry fish pellets. They were caged and acclimatized to a temperature of 25 to 28°C. Their drink consisted exclusively of pump water.

Methodology

Preparation of the aqueous extract

The harvested fresh leaves are dried out from the sun at room temperature (30 ± 2 °C) and then crushed using an IAMAG-RCT® type electric grinder to obtain a powder. The resulting powder is macerated by mixing 50 g in 1.5 litres of distilled water. The whole is stirred for three times three minutes in a mixer of brand Single (Singapore). The macerate obtained is filtered four times on poplin fabric and then four times on hydrophilic cotton (Zirihi et al., 2003). The filtrate is evaporated in the oven at 50 °C for 48 hours. A dry aqueous extract of *Petroselinum crispum* (EAPC) of brown color is obtained and was used to carry out the various tests.

Acute oral toxicity

Acute oral toxicity was conducted according to OECD Guideline 423. It is intended to assess the acute toxicity of *Petroselinum crispum* aqueous extract by gavage. It can be achieved by focusing on the different clinical signs of toxicities (coma, convulsion, lethargy, salivation) and possible deaths. Thus, nine female rats, nulliparous, aged from eight to twelve weeks whose mass is between 120-140 g were deprived of food for 14 hours before treatment. Thus, after the fasting period, the animals are individually marked and weighed. They are divided into three lots of three rattes, including one control lot and two treated lots. The control lot was treated with distilled water, while the treated lots received the single doses of 5000 mg/kg bw by stages of the aqueous extract from the leaves of *P. crispum*. The animals were then observed individually for the first 30 minutes and regularly for the first 24 hours after treatment. Four hours after treatment, animals have free access to food and are observed again every 24 hours for 14 days (Ogbonnia et al., 2008). During treatment, the animals were weighed every two days at the same time.

Subacute oral toxicity

Sub-acute toxicity was achieved by gavage in rats according to OECD Guideline 407 (OCDE, 2008). Rats were 8-10 weeks old with a mass interval of 100-140 g. Rats were divided into two groups of 20 rats by sex. Each group consisted of four lots, including five rats per lot. Lot 1 of each group received 1 ml/100 g of the body weight of distilled water. Batches 2, 3 and 4 received increasing daily doses of the total aqueous extract from *P. crispum* leaves of 50, 100 and 200 mg/kg bw, respectively, for 28 days. The behaviour of the animals is observed daily during and after treatment and their mass is taken every two days. At the end of the treatment, the animals were killed by decapitation after anesthesia with ether. The blood of each animal was collected in both dry tubes without anticoagulant and in tubes containing anticoagulant (EDTA= Ethylenediamine tetracetic) respectively for the determination of biochemical and hematologic parameters. Then vital organs such as the kidney, liver, heart and lung were collected and weighed and stored in 10 % formalin for histopathological studies (Rhiouani et al., 2008). The relative mass of the organs is determined by the following formula:

$$m_r = \frac{m_o \times 100}{m_c}$$

mr: relative mass (g/100 g); mo: organ mass in g; mc: rat body mass in g

Biochemical parameters

The blood samples taken from the tubes without anticoagulant were centrifuged at 4000 rpm for 10 minutes using a centrifuge (LC-04B PLUS German). The serums were aliquoted in Eppendorfs tubes and kept in the freezer (-20°C) to determine the various biochemical parameters. Several methods made it possible to measure the parameters sought according to their specificities. Alanine aminotransferase (ALAT), Aspartate aminotransferase (ASAT) and creatinine were performed using the kinetic method (Cheesbrough, 1991). Bilirubin was determined by the calorimetric method (Tietz, 2006). Thus urea, uric acid and lipids such as triglycerides, cholesterol and HDL were determined by the enzymatic test (Allain et al., 1974). All these dosages were made by an automaton of type Rayto RT-9200, China.

Hematological parameters

Blood samples from anticoagulant-containing tubes (EDTA) were directly used to determine white blood cell, red blood cell, hemoglobin, hematocrit, average hemoglobin concentration, Blood platelets and mean platelet volume according to standard methods using an automaton (SYSMEX-KX-21N; Greece) (Jain, 1986).

Histopathological study

The histopathological study of vital organs was carried out to detect possible toxic effects induced by *Petroselinum crispum* extract at microscopic dimensions on the structure of these organs (Zougrou, 2017). Organs previously preserved in 10% formalin for 48 hours were cut using a microtome after inclusion in paraffin. The organs were then stained with hematoxylin-eosin, fixed between the blade and the lamella with Eukitt before being observed using a photonic microscope (Olympus CK41 SF, Philippine) connected to a computer. The shooting and analysis of the images were done thanks to the software AmScope MD130 versions 3.7 (France). The various magnifications made it possible to assess the possible tissue abnormalities of the organs.

Statistical Analysis

Statistical analyses of the experimental results were performed using GraphPad Prism 7.1 software (Microsoft, USA). The values are presented as a standard mean error on the mean. The data were evaluated using the one-way ANOVA analysis method followed by the Tukey multiple comparison test at the 5 % threshold to assess the significance of the differences observed. If $p < 0.05$ the difference between the values is considered significant. In addition, the graphical representations were made using the same software.

Results

Acute oral toxicity

The study of acute toxicity at a dose of 5000 mg/Kg body weight of the aqueous extract from the leaves of *P. crispum* does not cause a significant change after 14 days on the body mass of the rattes after treatment compared to the mass of the controls (Table I). Examination of the clinical signs of toxicity during the observation period did not reveal any change in treated rattes compared to controls (Table II). The vital organs including the kidney, liver, lung and heart collected and weighed after treatment showed no significant difference ($p > 0.05$) between control and treated rattes at 5000 mg/Kg body weight (Table III). According to the Globally Harmonized Classification and Labelling System (GHS), the lethal dose for 50 % (LD50) would be greater than 5000 mg/Kg body weight.

Table I: Effects of aqueous extract of *petroselinum crispum* leaves on body weight in female rats after 14 days of treatment

Group Treatments	body weight		R
	Before treatment (j0)	After treatment (j14)	
	Mean ± ESM	Mean ± ESM	
Controls (distilled water)	145.6 ± 3.19	170.9 ± 5.12	ns
Treated (5000 mg/kg bw)	144.4 ± 4.74	171.3 ± 3.53	ns

Values are averages ± ESM (ESM= Standard Error on the Mean); ns = not significant at p > 0.05; bw: body weight; R: note

Table II: Clinical Signs of female rats after 14 days at 5000 mg/Kg bw

Observation	30 min		4h	24h		48h		1Week		2 Weeks	
	C	T	C	C	T	C	T	C	T	C	T
Fur	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Eyes	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Mucosa	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Salivation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lethargy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sleep	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Coma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Convulsion	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Earthquake	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diarrhea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Morbidity	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mortality	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

C = Control; T = Treated; N = Normal; - = No change

Table III: Effects of aqueous extract of *petroselinum crispum* leaves on the relative mass of vital organs of female rats

Treatments of Animals (mg/kg bw)	Number of rattes	Organ removed (g/100g body weight)			
		Kidney	Liver	Lung	Heart
Controls	3	0.639 ± 0.01	3.716 ± 0.13	0.735 ± 0.11	0.433 ± 0.03
Treated	3	0.623 ± 0.02	3.76 ± 0.11	0.744 ± 0.08	0.430 ± 0.04

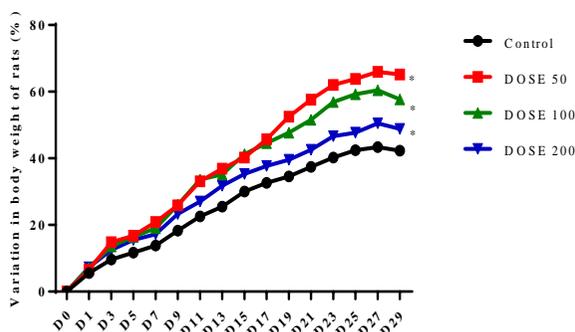
5000 mg/Kg
body weight

The values are averages \pm ESM (ESM=Standard Error on the Mean); bw: body weight; the sense of reading is the vertical direction; the values are not significant at $p > 0.05$

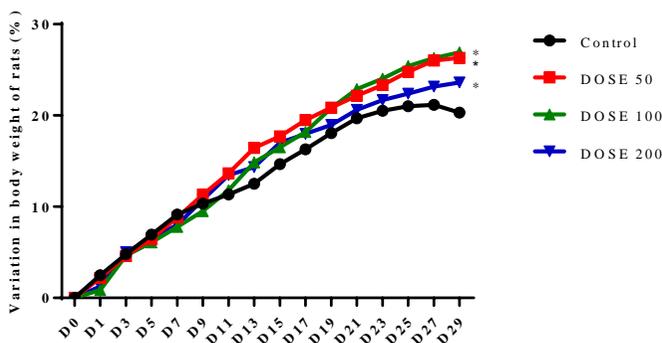
Subacute oral toxicity

Toxicity body weight gain (bw)

Changes in body masses in male and female rats treated daily for 28 days at different doses of aqueous extracts from *Petroselinum crispum* leaves gradually increase with that of the control. The gains in final body masses at doses 50, 100 and 200 mg/kg bw of the aqueous extract from *P. crispum* leaves were 65.14 ± 1.213 ; 57.72 ± 1.257 ; 46.83 ± 0.961 % in treated male rats, respectively. These values are significantly higher than the control values of 42.32 ± 0.65 % (Figure 1). For female rats, these values were 26.37 ± 0.69 ; 24.92 ± 0.61 ; 23.41 ± 0.60 % compared to 20.30 ± 0.66 % for controls (Figure 2). The aqueous extract from the leaves of *P. crispum* induced a significant increase in body weight in male and female rats compared to the control.



Picture 1: Change in body weight of male rats over 28 days of daily treatment with aqueous extract of *Petroselinum crispum* leaves. D: days



Picture 2: Variation in body weight of female rats over 28 days of daily treatment with aqueous extract of *Petroselinum crispum* leaves. D: days

Change in relative organ mass

The relative organ masses of male and female rats collected at the end of treatment at doses of 50, 100 and 200 mg/Kg of body weight did not change significantly ($p > 0.05$) compared to controls over the 28-day period (Table IV and V).

Table IV: Effect of the aqueous extract from the leaves of *Petroselinum crispum* on the vital organs of male rats after 28 days of daily treatment

Treatment of animals in mg/kg body weight				
Organs in g/100 g	Controls	Dose 50	Dose 100	Dose 200
Heart	0.363 ± 0.01	0.335 ± 0.01	0.323 ± 0.008	0.323 ± 0.01
Lung	0.776 ± 0.01	0.763 ± 0.06	0.747 ± 0.02	0.750 ± 0.07
Liver	2.503 ± 0.09	2.518 ± 0.09	2.518 ± 0.03	2.383 ± 0.06
Kidney	0.53 ± 0.01	0.52 ± 0.02	0.51 ± 0.01	0.5 ± 0.01

Values are averages ± ESM (ESM= Standard Error on the Mean); Horizontal Reading

Table V: Effect of the aqueous extract from the leaves of *Petroselinum crispum* on the vital organs of female rats after 28 days of daily treatment

Treatment of animals in mg/kg body weight				
Organs in g/100g	Controls	Dose 50	Dose 100	Dose 200
Heart	0.322 ± 0.01	0.368 ± 0.01	0.372 ± 0.01	0.362 ± 0.01
Lung	0.802 ± 0.04	0.788 ± 0.04	0.778 ± 0.03	0.748 ± 0.04
Liver	2.492 ± 0.03	2.380 ± 0.04	2.463 ± 0.04	2.306 ± 0.06
Kidney	0.487 ± 0.01	0.477 ± 0.01	0.467 ± 0.01	0.480 ± 0.01

Values are averages ± ESM (ESM= Standard Error on the Mean); Horizontal Reading

Effect of *Petroselinum crispum* extract on biochemical and hematological parameters after 28 days of daily treatment

Male rats

In males, the aqueous extract of *Petroselinum crispum* induced no significant change ($p > 0.05$) in the concentration of urea, creatinine, uric acid, and the amount of ASAT and then ALAT at 50, 100, and 200 mg/kg body weight. However, the total extract of *P. crispum* induced a non-significant decrease ($p > 0.05$) at these same doses at bilirubin concentration. But, results in a significant increase ($p < 0.0.1$) of total protein compared to the control (Table VI).

Table VI: Effect of *Petroselinum crispum* extract on biochemical parameters in male rats after 28 days of daily treatment

Treatment of animals in mg/kg body weight				
Biochemical parameters	Controls	Dose 50	Dose 100	Dose 200

Uric acid	3.00 ± 0.408	3.00 ± 0.408	2.75 ± 0.478	2.52 ± 0.500
Creatinine	0.99 ± 0,05	0.98 ± 0.038	0.95 ± 0.052	0.99 ± 0.056
Bilirubin	0.26 ± 0.410	0.25 ± 0.036	0.24 ± 0.029	0.24 ± 0.034
Urea	0.17 ± 0.010	0.17 ± 0.011	0.18 ± 0.014	0.18 ± 0.010
Total protein	26.33 ± 0.880	33.5 ± 0.866**	33.33 ± 1.850**	31.75 ± 0.850**
ASAT	231.30 ± 7.750	231.30 ± 11.160	227.30 ± 7.430	223.00 ± 8.826
ALAT	43.67 ± 2.186	42.00 ± 2.160	41.75 ± 2.490	41.25 ± 2.930

The values are averages ± ESM (ESM= Standard Error on the Mean); Horizontal reading; ** indicates that (p < 0.01)

Hematological analysis showed a very significant increase (p < 0.001) in white blood cells and lymphocytes at 100 and 200 mg/kg body weight compared to the control. The aqueous extract of *P. crispum* induced a very significant increase in red blood cells and hematocrits at doses of 50, 100 and 200 mg/Kg body weight. The amount of hemoglobin also increased significantly at all doses 50, 100 and 200 mg/kg body weight compared to the control. No significant change in the number of plates was observed (Table VII).

Table VII: Effect of *Petroselinum crispum* leaf extract on hematologic parameters in male rats after 28 days of daily treatment

Hematologic parameters	Treatment of animals in mg/kg body weight			
	Controls	Dose 50	Dose 100	Dose 200
Red blood cell (×10 ⁶ μL ⁻¹)	2.09 ± 0.269	5.73 ± 0.138**	6.298 ± 0.234**	6.868 ± 0.443**
Hematocrit (%)	20.17 ± 0.88	36.88 ± 1.489***	37.33 ± 0.44***	39.15 ± 1.09***
Lymphocyte (×10 ³ μL ⁻¹)	7.068 ± 0.69	7.15 ± 0.542	10.07 ± 0.516**	10.65 ± 0.448**
Plate (×10 ³ μL ⁻¹)	815.3 ± 98.33	823.8 ± 79.36	809.3 ± 42.88	860.3 ± 96.89
White blood cell (×10 ³ μL ⁻¹)	8.068 ± 1.26	8.52 ± 1.112	12.32 ± 0.61**	12.37 ± 1.12**
Hemoglobin (g/dL)	11.25 ± 0.16	13.18 ± 0.18*	13.01 ± 0.24*	13.08 ± 0.11*

The values are ESM averages (ESM= Standard Error on the Mean); Horizontal reading *indicates that (p < 0.05) ** indicates that (p < 0.01); *** indicates that (p < 0.001).

Female rats

Treatment of female rats with *Petroselinum crispum* aqueous extract at doses 50, 100 and 200 mg/Kg body weight does not result in a significant increase (p > 0.05) in parameters. However, there is a non-significant decrease (p > 0.05) in bilirubin, creatinine and serum ALAT concentration compared to the control. With respect to uric acid, urea and ASAT levels, the total aqueous extract of *P. crispum* did not cause any significant variation (p > 0.05) at three dose levels from the control. However, the extract causes a significant increase

($p < 0.05$) in total protein at the three doses compared to the protein of the female rattes controls (Table VIII).

Table VIII: Effect of *Petroselinum crispum* aqueous extract on biochemical parameters in female rats after 28 days of daily treatment

Biochemical parameters	Treatment of animals in mg/kg body weight			
	Controls	Dose 50	Dose 100	Dose 200
Uric acid	3.20 ± 0.37	3.40 ± 0.40	3.20 ± 0.30	3.00 ± 0.45
Bilirubin	0.676 ± 0.017	0.655 ± 0.098	0.627 ± 0.122	0.614 ± 0.138
Creatinine	0.764 ± 0.05	0.620 ± 0.04	0.628 ± 0.062	0.642 ± 0.069
Urea	0.145 ± 0.002	0.144 ± 0.005	0.144 ± 0.005	0.142 ± 0.003
Total protein	40.00 ± 1.080	43.25 ± 2.660*	45.75 ± 3.224*	43.5 ± 1.323*
ASAT	244.50 ± 8.93	227.00 ± 5.508	225.50 ± 6.254	222.00 ± 6.597
ALAT	36.50 ± 2.901	36.67 ± 2.124	36.00 ± 1.57	33.00 ± 1.140

The values are averages ± ESM (ESM= Standard Error on the Mean); Horizontal reading *indicates that ($p < 0.05$)

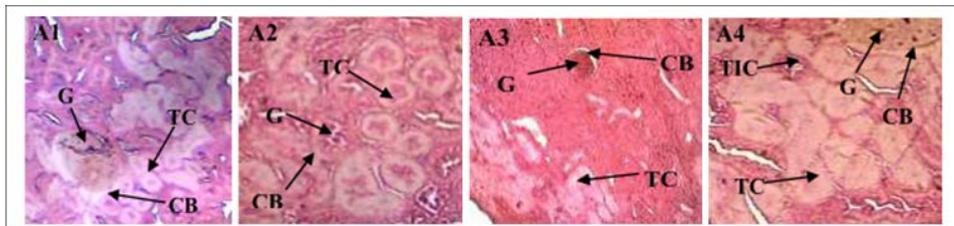
The hematological analysis did not cause any significant difference ($p > 0.05$) in the concentration of red blood cells, hematocrit and platelets. However, the number of hemoglobin increases significantly at doses of 50, 100 and 200 mg/Kg body weight compared to controls. The aqueous extract from the leaves of *P. crispum* induced a significant increase ($p < 0.05$) in the number of white blood cells and lymphocytes at 50 mg/kg body weight compared to controls (Table IX).

Table IX: Effect of *Petroselinum crispum* aqueous extract on hematologic parameters in female rats after 28 days.

Hematologic parameter	Treatment of animals in mg/kg body weight			
	Controls	Dose 50	Dose 100	Dose 200
Red blood cell ($\times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$)	6.26 ± 0.260	6.27 ± 0.395	6.39 ± 0.370	6.52 ± 0.402
Hematocrit (%)	35.96 ± 1.344	35.63 ± 0.513	33.25 ± 0.768	33.68 ± 1.371
Lymphocyte ($\times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$)	8.98 ± 0.299	11.78 ± 0.532*	8.68 ± 0.968	8.88 ± 0.489
Plate ($\times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$)	542.20 ± 58,830	601.60 ± 50.970	629.60 ± 61.780	630.30 ± 51.530
White blood cell ($\times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$)	11.52 ± 0.570	14.40 ± 0.54*	11.56 ± 0.904	11.50 ± 0.635
Hemoglobin (g/dl)	11.96 ± 0.37	13.10 ± 0.310*	13.48 ± 0.390*	13.25 ± 0.350*

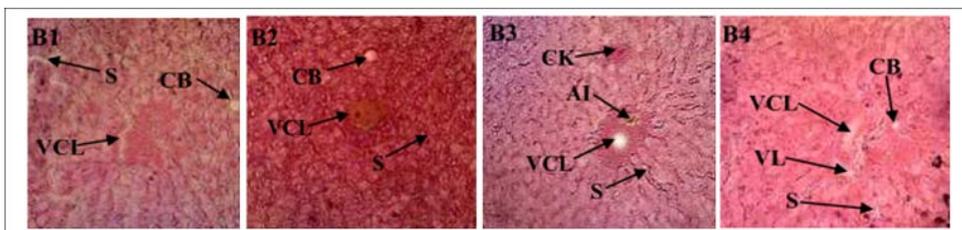
The values are ESM averages (ESM= Standard Error on the Mean); Horizontal reading *indicates that ($p < 0.05$)

Histopathological study of Kidney and liver showed no evidence of liver cell necrosis, inflammation or structural abnormality and apoptosis in rats treated with different doses of aqueous extracts of *P. crispum* leaves compared to the control.



Picture 3: Histological section of the rat kidney in the sub-acute toxicity study
Colouring: Hematoxylin and Eosin; G x 100

1: Control; A2: Treated at 200 mg/Kg of bw; A3: Treated at 100 mg/Kg of bw; A4: Treated at 50 mg/Kg of bw; G: Glomerulus; CB: Bowman capsule; TC: Contoured tube; TIC: Conjunctival-vascular interstitial tissue



Picture 4: Histological section of the liver of rats in the sub-acute toxicity study
Colouring: Hematoxylin and Eosin; G x 100

B1: Control; B2: Treated at 200 mg/Kg of bw; B3: Treated at 100 mg/Kg of bw; B4: Treated at 50 mg/Kg of bw; CK: Kupffer Cell; VCL: Central Lobular Vein; S: Sinusoid; CB: Bile Duct; AI: Inter-lobular Artery; VL: Lymphatic Vein

Discussion

The acute oral toxicity study of the aqueous extract from the leaves of *P. crispum* consisted of measuring and recording the various adverse effects that occurred after administration of the single dose of 5000 mg/kg bw. At this dose, there were no changes in behaviour, no signs of intoxication or mortality. This toxicity is based on the LD50 value, which is the lethal dose for 50 % of the animal population tested to die. It is expressed as a mass of substance per animal body mass. This acute toxicity study showed that this plant is not toxic according to OECD 423. The LD50 is estimated to exceed 5000 mg/ kg bw orally, which would explain the high consumption of this plant by the world population and particularly Ivorian. Indeed, this plant enters into the medicinal recipes and the dishes of African and European origin. Some work has shown that the aqueous extract of *M. oleifera* was not toxic at a dose of 2000 mg/kg bw (Kouakou & Tahiri, 2018). Treatment of rats with *Amaranthus viridis* aqueous extract showed an LD50 greater than 5000 mg/kg bw (Affy et al.,

2018). However, showed that the ethanolic extract of *Tridax procumbens* showed clinical signs of toxicity (drowsiness, coma and morbidity) in rats 30 minutes after administration of the extract at 2000 mg/kg bw (Abrar et al., 2013). The toxicity of a substance in the literature varies with the route of administration. Substances with an LD50 greater than 5000 mg/kg bw are non-toxic (OCDE, 2001). According to GHS, the aqueous extract of *P. crispum* leaves would be in category 5 or not classified.

The results of the sub-acute toxicity study, which consists of giving repeated doses daily for 28 days by the oral route, showed a significant increase in body mass of treated animals over time compared to controls regardless of dose and sex. This increase in body mass could be linked to an increase in the appetite of animals by the aqueous extract of *P. crispum*, which would result in an increase in food consumption. This appetite stimulation is due to the presence of phenolic compounds that have the power to tone the stomach, improve its function and increase its appetite (Yanardag et al., 2003). Other authors, reported similar results in rats treated with the aqueous extract of *Passiflora foetida* and *Senna alata* for 28 days, respectively (Pieme et al., 2006). However, the work showed a reduction in body weight by administration of *M. oleifera* leaf extract (Sule & Arhoghro, 2016).

The relative mass of organs (heart, lung, kidney, liver) collected at the end of treatment did not show significant variation in rats. These results could be explained by the various pharmacological activities that *P. crispum* possesses, such as hepatoprotective and nephropotective agents, already demonstrated (Huijuan et al., 2014). This result is similar to that obtained when *Passiflora foetida* was administered to rats for 28 days (Bleu et al., 2011). The study of biochemical parameters of treated animals was carried out by the determination of some parameters. ALAT is a cytosolic enzyme secreted in liver cells and released in hepatic necrosis (Dufour et al., 2000). It is a liver-specific enzyme, important as an indicator of hepatotoxicity (Al-Habori et al., 2002). ASAT is also an indicator of hepatocyte destruction. It is present in addition to the liver, in the heart, skeletal muscles, lungs and kidneys (Bleu, 2013). ASAT and ALAT levels increase when liver and other organs are damaged including liver necrosis, cirrhosis and hepatotoxicity of certain drugs. In this study, the amount of these two enzymes decreased in animals treated with the different doses. This decrease is not significant but decreases when doses increase. Our results show that the aqueous extract of *P. crispum* may have a hepatoprotective effect in animals. These data are consistent with those obtained by other authors which showed that the aqueous leaf extract of *P. crispum* had a significant hepatoprotective effect in diabetic rats (Allam et al., 2016). The similar results obtained with *M. oleifera* extract by showing that this plant can preserve the structural integrity of hepatocyte membranes (Fakurazi et al., 2008). The chemical composition of *P. crispum* could provide

serious clues that could lead to the identification of the chemical compounds responsible for its effect on liver enzymes. This plant is rich in flavonoids which confers hepatoprotective effects (Chaves et al., 2011). The effect of this plant on the liver would therefore be due to the presence of flavonoids (Gadi et al., 2012). The concentration of creatinine uric acid and total bilirubin showed no significant variation in male and female rats compared to their respective controls. On the other hand, total serum protein concentration increased significantly ($p < 0.05$) in male and female rats at 50, 100 and 200 mg/kg body weight compared to control rat serum protein. Identical results on protein increase have already been obtained with the aqueous extract of *M. oleifera* in rats (Kouakou & Tahiri, 2018). *P. crispum* leaves may contain essential amino acids such as that recommended by FAO, WHO and UN in the reference protein (Kouakou, 2019).

In this work, the effects of the aqueous extract of *P. crispum* on the blood count were evaluated through hematological analyses. Some endpoints remained non-significant ($p > 0.05$) in male rats in addition to the concentration of red blood cells, hemoglobin's and hematocrits that increased significantly at the 50, 100 and 200 mg/kg body weight compared to the control. At 100 and 200 mg/kg body weight, the white blood cell and lymphocyte concentration increases significantly ($p < 0.01$). This analysis showed no significant ($p > 0.05$) changes in hemoglobin, platelet, hematocrit and red blood cell concentrations in treated female rats compared to the control. However, a significant variation in body weight at the 50 mg/kg dose of lymphocyte and white blood cell concentration compared to the control was observed. This increase could be explained by the immunomodulatory activity of *P. crispum* (Yousofi et al., 2012). Other authors found identical results by the use of aqueous extract from the leaves of *Sarcocephalus latifolus* (Blahi, 2017) and *M. oleifera* (Ajugwo et al., 2017).

The increase in the number of white blood cells and lymphocytes at the 50-dose in females and 100 and 200 mg/kg body weight in males was also observed with essential oils extracted from *P. crispum* flowers by hydrodistillation (Marin et al., 2016). The author states that these effects may be linked to the anti-carcinogenic and antidiabetic effects when the extract is used in high doses. The absence of structural abnormalities, inflammation, hepatic cell necrosis and nothing and liver apoptosis in rats treated with aqueous leaf extract confirms the results of relative organ mass, biochemical and hematological parameters. In several animal studies showed that the consumption of *Moringa oleifera* positively influenced many neutrophils (Nfambi et al., 2015).

Conclusion

The acute toxicity study with the single dose of 5000 mg/kg body weight of the aqueous extract of *Petroselinum crispum* shows that the aqueous extract from the leaves of *Petroselinum crispum* is not toxic orally. In addition, the oral administration of the various doses for 28 days revealed a gradual increase in the weight of the animals. The aqueous extract of *Petroselinum crispum* has a hepatoprotective, nephroprotective effect on vital organs and an immunomodulatory effect. *Petroselinum crispum* is a useful and important medicinal plant with a wide range of medicinal activities. However, this study must be further developed by carrying out clinical trials in humans with the agreement of the Ethics Commission with a specific protocol.

We certify that there is no conflict of interest between the authors.

References:

1. Abrar H.M., Manjusha S. & Mohd Y.M., 2013. An acute oral toxicity study of methanolic extract from *Tridax procumbens* in Sprague Dawley's Rats as per OECD guidelines 423. *Asian Journal of Plant Science and Research*. 3(1):16-20.
2. Affy M.E., Blahi A.N., Coulibaly F.A. & Kouakou K., 2018. Evaluation of acute and subacute toxicity induced by methanol extract of *Amaranthus viridis* (Amaranthaceae) leaves in wistar rats (*Rattus norvegicus*). *Journal of the Pharma Innovation*, 7(7): 625-630.
3. Aghili M.H., Makhzan-al-Advia R.R., & Shams A.M.R., 2009. Farjadmand F, editors. Tehran: Tehran University of Medical Sciences, pp 329-330.
4. Agyare C., Appiah T., Boakye Y.D. & Apenteng J.A., 2017. *Petroselinum crispum*: a review. In Medicinal spices and vegetables from Africa. Academic Press pp 527-547.
5. Ajugwo A.O., Nwoké B., Ozims S.J., Eberendu I. & Nwibana B.K., 2017. Prevalence of haemoglobin and haematological parameters among pregnant women attending a Nigerian tertiary hospital. *Acta Scientifica Nutritional health*. 1(3): 55-60.
6. Al-Habori M., Al-Aghbari A., Al-Mamary M., & Baker M., 2002. Toxicological evaluation of *Catha edulis* leaves: a long-term animal feeding experiment. *Journal of ethnopharmacology*, 83(3): 209-217.
7. Allam A.A., Maodaa S.N., Abo-eleneen R. & Ajarem J., 2016. Protective Effect of Parsley Juice (*Petroselinum crispum*, Apiaceae) against Cadmium Deleterious Changes in the Developed Albino Mice Newborns (*Mus musculus*) Brain. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, Article ID 2646840, 15p.

8. Allain C.C., Poom L.S., Chan C.S., Richmonal W.S. & Fu P.C., 1974. Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clinical Chemistry*, 20: 470-475.
9. Behtash N., Kargarzadeh F. & Shafaroudi H., 2008. Analgesic effects of seed extract from *Petroselinum crispum* (Tagetes minuta) in animal models. *Toxicology Letters*, 180 (5), S127-S128.
10. Blahi A.N., 2017. Effets pharmacologiques de l'extrait aqueux de feuilles *Sarcocephalus latifolus* (Smith) sur le système reproducteur des rats. Thèse de Doctorat en Biosciences. Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan (Côte d'Ivoire) 188p.
11. Bleu M.G., Kouakou K., Touré A. & Traoré F., 2011. Étude de la toxicité aigüe et subchronique de l'extrait aqueux de *Passiflora foetida* Linn (Passifloraceae) chez les rats et souris. *International. Journal of Biology. Chemistry. Science*. 5(5): 1777-1789.
12. Bleu G.M., 2013. Etude phytochimique, toxicologique et pharmacologique de *Passiflora foetida* Linn. (Passifloraceae), une plante utilisée dans le traitement de l'infertilité féminine. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny Cocody-Abidjan 188p.
13. Blumenthal M., Goldberg A., & Brinckman J., 2000. Expanded Commission E Monographs, (Newton, Mass.: Integrative Medicine Communications). *Herbal Medicine*, pp. 218-20.
14. Chaves D.S.A., Frattani F.S., Assafim M., de Almeida A.P., Zingali R.B. & Costa S.S., 2011. Phenolic Chemical Composition of *Petroselinum crispum* Extract and Its Effect on Haemostasis. *Natural Product Communications* 6 (7) 961-964
15. Cheesbrough M. (1981). *Medical laboratory manual for tropical countries* (Vol. 1). M. Cheesbrough, 14 Bevills Close, Doddington, Cambridgeshire, PE15 OTT, 519 pp
16. Dufour D.R., Lott J.A., Nolte F.S., Gretch D.R., Koff R.S. & Seeff L.B., 2000. Diagnosis and monitoring of hepatic injury II. Recommendation for use of laboratory test in screening, diagnosis and monitoring. *Journal of Clinical Chemistry*, 46: 2050-2068.
17. Fakurazi S., Hiruszah I. & Nanthini U., 2008. *Moringa oleifera* lam prevents acetaminophen liver injury through restoration of glutathione level. *Food and chemical toxicology*. 46:2611-2615.
18. Gadi D., Bnouham M., Aziz M., Ziyat A., Legssyer A., Bruel A., Berrabah M., Legrand C., Fauvel-Lafeve F. & Mekhfi H., 2012. Flavonoids purified from parsley inhibit human blood platelet aggregation and adhesion to collagen under flow. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, article 19. doi: 10.1515/1553-3840.

19. Hafidi K., 2014. Intoxications par les plantes et les produits de la pharmacopée traditionnelle chez l'enfant. Mémoire de Doctorat de médecine, Faculté de sciences et pharmacie, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fes, (Maroc) 124p.
20. Huijuan J., Awa W., Hanated M., Takahashid S., Saitoa K., Tanakab H., Tomitac M. & Kato H., 2014. Multi-faceted integrated omics analysis revealed parsley (*Petroselinum crispum*) as a novel dietary intervention in dextran sodium sulphate induced colitic mice *Journal of Functional Foods*, 11: 438-448.
21. Jain N.C., 1986. Schalm's Veterinary haematology. 4th ed., Lea and Febber, Philadelphia, USA, 1221 pages.
22. Kouakou K.R. & Tahiri A., 2018. Phytochemical screening, acute and subacute toxicity of aqueous extract of *Moringa oleifera* (Moringaceae) Lam 1885 on rats wistar. *Journal of Medicinal Plants*, 6(3) : 96-102.
23. Kouakou K.R., 2019. Toxicité et effets pharmacologiques de l'extrait total aqueux des feuilles de *Moringa olifera* (Moringacées) LAM 1785 sur le système reproducteur et le tissu osseux d'un modèle animal : *Rattus norvegicus* (Muridées) Souche Wistar. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny Cocody-Abidjan. 187p
24. Marin I., Sayas-Barberá E., Viuda-Martos M., Navarro C. & Sendra E., 2016. Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Essential Oils from Organic Fennel, Parsley, and Lavender from Spain. *Foods*, 1–10.
25. Montesano V., Negro D., Sarli G., De Lisi A., Laghetti G., & Hammer K., 2012. Notes about the uses of plants by one of the last healers in the Basilicata Region (South Italy). *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicin*, 8: 15
26. Newman D. & Cragg G.M., 2007. Natural products as sources of new drugs over the last 25
27. years. *Journal of Natural Product*; 70: 461-477.
28. Nfambi J., Bbosa G.S., Sembajwe L.F., Gakunga J. & Kasolo J.N., 2015. Immunomodulatory activity of methanolic leaf extract of *Moringa oleifera* in Wistar albino rats. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, 26(6): 603-611
29. Ogbonnia S., Adekunle A.A., Bosa M.K. & Enwuru V.N., 2008. Evaluation of acute and subacute toxicity of *Alstonia congensis* Engler (Apocinaceae) bark and *Xylopiya aethiopica* (Dunal) A. Rich (Annonaceae) fruits mixtures used in the treatment of diabetes. *African. Journal Biotechnology*, 7(6): 701-705

30. OCDE, 2001. Ligne directrice de l'OCDE pour les essais de produits chimiques : Toxicité orale aiguë - Méthode par classe de toxicité aiguë. OCDE 423.14p
31. OCDE, 2008. Étude de toxicité orale à dose répétée pendant 28 jours sur les rongeurs. In: ligne directrice de l'OCDE pour les essais de produits chimiques. 2008; 14p.
32. OMS., 2002. Stratégie de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour la médecine traditionnelle pour 2002-2005. WHO/EDM/TRM: 77 p
34. Pieme C.A., Penlap V.N., Nkegoum B., Taziebou C.I., Tekwu E.M., Etoa F.X. & Ngongang J., 2006. Evaluation acute and subacute toxicities of aqueous ethanolic extract of leaves of *senna alata* (L.) Roxb (Cesalpiniacées). *African Journal of Biotechnology*, 5: 283-289.
35. Rhiouani H., El-hilaly J., Israili Z.H. & Lyoussi B., 2008. Acute and subchronic toxicity of an aqueous extract of the leaves of *herniaria glabra* in rodents. *Journal of Ethnopharmacology* 118: 378-386.
36. Sallé J.L., 1991. « Le Totum en Phytothérapie » Approche de phytothérapie. Ed Frison-Roche. Paris 50p.
37. Sule O.J. & Arhoghro E.M., 2016. Hypocholesterolemic and hypoglycaemic effects of ethanolic extract Of Leaf of *Moringa oleifera* Lam. in high fat diet fed Wistar rats, *Journal of Medical and Biological Science Research* 2(6):109-113.
38. Tietz N.W., 2006. Clinical guide to laboratory test W.B. Saunders company, 4th edition, Philadelphia, USA, 1952 pages.
39. Tucker A.O. & DeBaggio O., 2009. Encyclopedia of herbs. Timber Press. Portland,
40. Oregon. Pp 393-394.
41. Verpoorte R., 2002. La pharmacognosie du nouveau millénaire: pistes et biotechnologies. Des sources du savoir aux médicaments du futur, 4^e congrès européen d'ethnopharmacologie. IRD Edition, Paris, 274 p.
42. Yanardag R., Bolkent S., Tabakoglu-Oguz A. & Ozsoy-Sacan O., 2003. Effects of *Petroselinum crispum* extract on pancreatic B cells and blood glucose of streptozotocin-induced diabetic rats. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 26(8): 1206-1210.
43. Yousofi A., Daneshmandi S., Soleimani N., Bagheri K., & Karimi M.H., 2012. Immunomodulatory effect of Parsley (*Petroselinum crispum*) essential oil on immune cells: mitogen-activated splenocytes and peritoneal macrophages. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, 34(2): 303-308.
44. Zirihi G.N., Kra A.M. & Guédé-Guina F., 2003. Évaluation de l'activité antifongique de *Microglossa pyrifolia* (LAMARCK) O. KUNZE (ASTERACEAE) <<PYMI>> sur la croissance in vitro de

- Candida albicans*'. Revue de *Medicinal of Pharmacology African*. 17:11-18.
45. Zougrou N.E., 2017. Evaluation des effets toxicologiques et pharmacologiques d'un extrait
46. Aqueux de *cnestis ferruginea vahl ex dc. (connaraceae)* sur le système reproducteur des rats mâle et femelle. Thèse de Doctorat en Biosciences. Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan, 226p.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Contribution A L'amélioration De L'accès A L'eau, L'hygiène Et L'assainissement Dans La Commune Rurale De Zan Coulibaly Au Mali

Fodé Traoré,

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE),
Ouagadougou, Burkina Faso
Centre de Santé de Référence (CSRéf) de Fana, Koulikoro, Mali.

Mamadou Abdoulaye Konaré,*

Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako
(USTTB) / Faculté des Sciences et Techniques (FST), Mali

Seyram Sossou,

Harinaivo Anderson Andrianisa,

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE),
Ouagadougou, Burkina Faso

Youssef Samaké

Centre de Santé de Référence (CSRéf) de Fana, Koulikoro, Mali

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n40p196](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p196)

Submitted: 24 October 2021
Accepted: 23 November 2021
Published: 30 November 2021

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

Cite As:

Traore F., Konare M.A., Sossou S., Andrianisa H. A., & Samakea Y. (2021). *Contribution A L'amélioration De L'accès A L'eau, L'hygiène Et L'assainissement Dans La Commune Rurale De Zan Coulibaly Au Mali*. European Scientific Journal, ESJ, 17(40), 196.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p196>

Résumé

Dans la perspective d'améliorer l'accès aux services de base en eau potable, hygiène et assainissement (EHA), le Mali a fait de ce secteur une priorité depuis 2006. Cette étude avait pour objectif de mener une analyse critique du diagnostic de l'accès aux services de base EHA et l'impact des déplacés internes de la crise politique et sécuritaire de 2012 sur ces services dans la commune de Zan Coulibaly afin de proposer des stratégies locales pérennes. Les données ont été collectées à travers une fiche de questionnaire semi-structurée, des observations directes sur le terrain et la consultation des documents administratifs. L'enquête a révélé que les forages (40%) et les puits traditionnels (28%) étaient les principales sources d'approvisionnement en

eau. La collecte de l'eau est une activité exclusivement féminine. Pour traiter l'eau de boisson à domicile, la filtration sur linge était la technique la plus utilisée (71%). Malgré un contexte pandémique à COVID-19, seulement 24 % des personnes interrogées lavaient les mains au sortir des toilettes et 22% avant de manger. Aussi, 16% des enquêtés pratiquaient toujours la défécation à l'air libre. De 2016 à 2020, on note une persistance des maladies diarrhéiques et une réapparition des maladies dues aux vers intestinaux. Par ailleurs une éradication du trachome et du choléra a été observée. Néanmoins, les résultats relatifs au site des déplacés internes de la crise, sont alarmantes. Ces données constitueraient une base pour mieux orienter les politiques et les actions futures relatives aux services EHA dans la commune de Zan Coulibaly.

Mots clés: Accès, Eau, Hygiène, Assainissement, Commune De Zan Coulibaly

Improvement Of Access To Water, Hygiene And Sanitation In The Rural Commune Of Zan Coulibaly In Mali

Fodé Traoré,

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE),
Ouagadougou, Burkina Faso
Centre de Santé de Référence (CSRéf) de Fana, Koulikoro, Mali.

*Mamadou Abdoulaye Konaré,**

Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako
(USTTB) / Faculté des Sciences et Techniques (FST), Mali

Seyram Sossou,

Harinaivo Anderson Andrianisa,

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE),
Ouagadougou, Burkina Faso

Youssouf Samaké

Centre de Santé de Référence (CSRéf) de Fana, Koulikoro, Mali

Abstract

To improve the access to the basic water, sanitation and hygiene (WASH) services, Mali has made this sector a priority since 2006. This study aimed to conduct a critical analysis of the diagnosis of access to WASH basic services and the impact of internally displaced people from the political and security crisis of 2012 on these services in the rural commune of Zan Coulibaly in order to propose sustainable local strategies. The data were collected throughout a semi-structured questionnaire form, direct observations on the sites in the nine villages, and the consultation of executive documents. The

survey revealed that the drilling (40%) and the traditional wells (28%) were the main sources of water supply. The water collection is an exclusively female activity. To treat drinking water at home, the filtration was the most commonly used technique (71%). Despite a pandemic context of COVID-19, only 24% of respondents washed their hands after leaving the toilet and 22% before eating. Also, 16% of respondents have always defecated in the free air. From 2016 to 2020, we note the persistence of diarrheal diseases and the reappearance of intestinal worm diseases. Otherwise, the trachoma and the cholera were eradicated. Nevertheless, the results relating to the internally displaced people from the crisis are alarming. These data could provide a basis for better guiding the future policies and actions in the provision of WASH services in the rural commune of Zan Coulibaly.

Keywords: Access, Water, Sanitation, Hygiene, Commune Of Zan Coulibaly

Introduction

L'eau potable, l'hygiène et l'assainissement (EHA) sont indispensables à la santé et au bien-être d'une personne. La couverture des besoins des populations en services sociaux de base (services d'assainissement, eau potable, électricité, etc.) dans la plupart des pays en voie de développement, reste un enjeu de taille (Tekam et al., 2019). La forte croissance démographique dans ces pays n'a malheureusement pas pu être accompagnée par un développement proportionnel des infrastructures adéquates en EHA (OMS, 2018). Selon le Programme conjoint OMS/UNICEF 2019 de suivi de l'approvisionnement en EHA, deux milliards de personnes, soit 30% de la population mondiale, n'ont toujours pas accès à des services d'alimentation domestique en eau potable et 4,5 milliards, soit 60%, ne disposent pas de services d'assainissement gérés en toute sécurité (JMP, 2019). En 2020, selon le même programme, la plupart des pays africains avaient encore une couverture inférieure à 50 % en matière d'installations élémentaires aux services EHA (JMP, 2021).

Par ailleurs de profondes inégalités persistent entre les populations urbaines et rurales, entre les pauvres et les riches (OMS, 2018; SWA, 2021). Selon l'OMS et l'UNICEF, sept personnes sur dix n'ayant pas accès à des services de base en EHA vivaient en zone rurale (JMP, 2019). Au Mali, les statistiques montrent que seulement 16% des ménages ruraux disposent d'un assainissement amélioré contre 38% en milieu urbain (Watershed, 2020). En outre, près de 20% de la population au Mali pratiquent encore la défécation à l'air libre (JMP, 2021) ; ce qui a un impact direct sur la santé, la dignité et la sécurité des communautés. Alors que près de 80% de la population malienne a aujourd'hui accès à des sources améliorées d'eau potable, ce nombre diminue considérablement dans les zones rurales et se tient à moins de 70%

(JMP, 2019). Les maladies diarrhéiques, figurent parmi les principales causes de morbidité et de mortalité dans le monde et particulièrement en Afrique Subsaharienne et chez les enfants de moins de cinq ans (Troeger et al., 2018). Dans les pays en développement, ces diarrhées infectieuses ont des impacts économiques estimés à 5,5 milliards de dollars chaque année (WSP, 2012). Selon différentes études, le lavage des mains avec du savon est la manière la plus efficace pour réduire l'incidence des maladies comme la diarrhée, mais également des maladies respiratoires (OMS, 2018).

Dans la perspective d'améliorer l'accès à l'assainissement de base, eau et hygiène dans le milieu rural, le Mali a fait du secteur EHA une priorité, inscrite dans le cadre stratégique pour la croissance et la réduction de la pauvreté (CSCR, 2006). Ainsi, le secteur de l'eau et l'assainissement au Mali a connu depuis une dizaine d'années une réorganisation profonde avec l'adoption de plusieurs textes cadre du secteur, notamment, le Programme Sectoriel Eau Potable et Assainissement (PROSEA) et le Plan National d'Accès à l'Eau Potable (PNAEP) en 2002. Cette structuration a permis la mise en œuvre de plusieurs projets EHA et des progrès en matière de taux d'accès en eau, hygiène et assainissement ont été réalisés. Malgré les progrès enregistrés dans la structuration du secteur (programmation, coordination, suivi -évaluation), les défis restent énormes. La crise politique et sécuritaire de 2012 a engendré des impacts négatifs très profonds sur l'économie du pays ainsi que sur le secteur de l'eau et l'assainissement, surtout chez les déplacés internes de la crise (Watershed, 2020).

La commune de Zan Coulibaly, située dans le District sanitaire de Fana, Région de Koulikoro au Mali, est une commune qui a bénéficié de nombreux projets EHA. Mais aujourd'hui, cette commune est l'un des sites importants qui abrite depuis 2019 plusieurs déplacés internes de la crise politique et sécuritaire de 2012. En dépit des années d'efforts collectifs, on se rend compte de l'importance du problème de l'accès à l'eau potable et du besoin capital de rechercher des solutions permettant d'améliorer la situation dans ce secteur. Cette étude s'inscrit dans le cadre des activités de l'ONG Sightsaver visant à améliorer l'accès aux services de base EHA dans la commune de Zan Coulibaly. Elle avait pour objectif de contribuer à l'amélioration de l'accès aux services de base EHA dans cette commune à travers une analyse critique du diagnostic de l'accès à ces services et l'impact des déplacés internes sur ces services. Il s'agissait de faire un état des lieux des services de base en EHA ; d'analyser les forces et les faiblesses en vue de proposer des stratégies locales pérennes.

Matériel et méthodes

Présentation du site d'étude

Située à 80 km à l'est de Bamako la capitale du Mali, la commune de Zan Coulibaly (**Figure 1**) a une population estimée à 20943 habitants répartis en 3491 ménages en 2020 selon le rapport de la mairie de la commune. Elle couvre une superficie de 387 Km². Le réseau hydrographique est constitué essentiellement de deux grands marigots qui arrosent les villages de Dogoni, N'Golobala et Fadiola à l'extrême Nord de la commune. Le village de Zantiguila est traversé par la Route nationale N°6 et a une population de 1490 habitants. Ce village abrite un camp de déplacés internes de la crise de 2012 avec 393 personnes dont 170 hommes et 223 femmes et 234 enfants de moins de 5 ans reparties en 76 ménages.

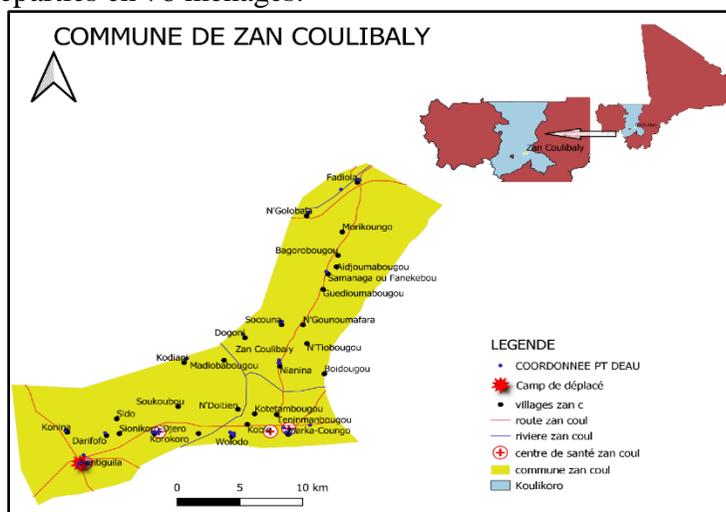


Figure 1 : Carte de la commune de Zan Coulibaly avec localisation des sites d'études

Collecte des données

La collecte des données a été réalisée à travers une fiche de questionnaire semi-structurée, des observations directes sur le terrain dans neuf villages et la consultation des documents administratifs. Le modèle de cadre réglementaire mondial de l'OMS relatif aux enquêtes sanitaires a été utilisé (OMS, 2019) pour la collecte des données quantitatives. Ainsi 30 grappes de 7 ménages chacun sur l'ensemble de la zone ont été sélectionnés (**Tableau 1**), ce qui équivaut à 210 personnes enquêtées (OMS, 2019). Dans les neuf (09) villages de la Commune, la sélection des ménages a été faite de façon aléatoire. L'enquête a duré 2 semaines du 09 au 22 Novembre 2020. Les informations collectées portaient sur les indicateurs tels que l'accès à l'eau, le traitement et la conservation de l'eau à domicile, l'utilisation des latrines, le lavage des mains, etc.

Tableau 1 : Caractéristiques de la table d'échantillonnage.

No	Villages enquêtés	Population totale 2020	HH*	Nombre cluster	Nombre de personnes interviewées
1	Markacoungo	5153	7	7	49
2	Nianina	3030	7	4	28
3	Wolodo	1292	7	2	14
4	Soukouna	2199	7	3	21
5	Dogoni	858	7	2	14
6	Ngolobala	1164	7	2	14
7	Fadiola	1729	7	2	14
8	Korokoro	4028	7	6	42
9	Zantiguila*	1490	7	2	14
Total		20943	07	30	210

*Village abritant le camp des déplacés internes et le poste de contrôle routier sur la route nationale n°6. HH : House Hold (itinéraire continu de déplacement entre les ménages).

Analyse des données

L'outil FFOM (forces, faiblesses, opportunités et menaces) a été utilisé comme l'outil d'analyse stratégique nécessitant une démarche méthodique. Les étapes de cette démarche méthodique étaient les suivantes : l'enquête de terrain, la préparation, l'établissement des règles de la confrontation d'idées. L'objectif était d'identifier les forces, les faiblesses, les menaces et les opportunités en vue de dégager des propositions d'amélioration des services EHA et des axes prioritaires pour l'élaboration d'un plan stratégique communal 2020-2030.

Resultats

Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés

Au total 210 personnes réparties entre 63 ménages ont été enquêtées dans la commune. Parmi ces enquêtés, 109 soit environ 52% étaient des hommes chefs de ménage, 12% des femmes chefs de ménage, 19% hommes membres de ménage et 17% femmes membres de ménage.

Accès à l'eau

Les résultats de l'enquête ont montré que 164 personnes sur 210 (environ 78%) étaient situées à une distance moyenne inférieure à 500 mètres des points d'eau contre 22% qui parcouraient une distance supérieure à 500 mètres. Le temps moyen pour s'approvisionner en eau était inférieur à 30 minutes.

La **Figure 2** présente les sources d'approvisionnement en eau dans la commune et le **Tableau 2** récapitule la répartition de ces sources d'eau par village enquêté. Les données de cette **Figure** révèlent que 40% des personnes enquêtées se ravitaillaient en eau au niveau des forages et 28% au niveau des puits traditionnels. L'analyse du **Tableau 2** montre que c'est dans le village de Zantiguila qu'il y'a le plus grand nombre de forages (6) suivi de Korokoro

et Dogoni avec 4 forages chacun. Les données révèlent aussi que la collecte de l'eau est majoritairement faite par les jeunes filles non mariées (46%) et les femmes mariées (33%).

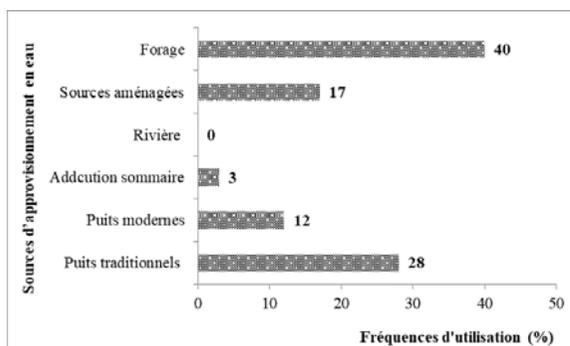


Figure 2 : Principales sources d'approvisionnement en eau

Tableau 2 : Répartition des sources d'eau par village enquêté

No	Villages enquêtés	Forages	Puits	Cours d'eau (rivière)
1	Markacoungo	3	2	0
2	Nianina	2	1	1
3	Wolodo	2	3	0
4	Soukouna	2	0	0
5	Dogoni	4	0	0
6	Ngolobala	2	0	1
7	Fadiola	3	0	1
8	Korokoro	4	1	1
9	Zantiguila	6	2	0
Total		28	9	4

Utilisation des latrines

Par rapport à l'utilisation des latrines, 76% des enquêtés utilisaient les latrines familiales, 8% les latrines des voisins, 16% faisaient la défécation à l'air libre. 73% des ménages enquêtés ont bénéficié de la subvention du programme de l'Assainissement Total Piloté par la Communauté (ATPC) pour la conception et la réhabilitation des latrines.

Concernant les types de latrines utilisées dans la commune, 57% étaient formées de bois couvert de banco, 30% des dalles ordinaires et 13% des latrines à dalles Sanplat (sanitation platform). Quant à la subvention de l'Etat pour la construction et la réhabilitation des latrines, 53% des ménages ont déclaré y avoir bénéficié.

Les observations directes sur le terrain révèlent que la majorité des ménages faisait des vidanges de latrines de façon manuelle et le dépotage se faisait juste derrière les murs des latrines souvent dans la rue, avant d'être

transporté dans les champs après un certain temps. Dans certains cas, ces dépôts restaient à la merci des eaux de ruissellement pendant l'hivernage. Certains ménages procédaient à la fermeture des anciennes latrines et creusaient de nouvelles surtout dans les villages où la densité par habitant est faible comme Ngolobala et Dogoni et Zantiguila avec le camp des déplacés.

Lieux de transit des excréta des enfants

Les résultats obtenus à ce niveau montrent une bonne pratique dans l'ensemble des villages enquêtés. Les excréta des enfants étaient déposés dans les latrines par 68% des personnes interrogées. Par contre 25% des personnes déposaient dans la rue et 7% dans les dépotoirs.

Lavage des mains

La **Figure 3** indique les pourcentages de personnes qui pratiquent le lavage des mains lors de quelques moments critiques. Ces données traduisent une faible pratique de lavage des mains à ces moments critiques. Seulement 24 % des personnes lavaient les mains au sortir des toilettes, 22% avant de manger, 21% avant de faire la cuisine, 12% avant de donner à manger, 21% après le nettoyage anal des enfants. Quant aux moyens utilisés pour le lavage des mains, 83% des personnes utilisaient de l'eau et du savon, et 17% de l'eau simple.

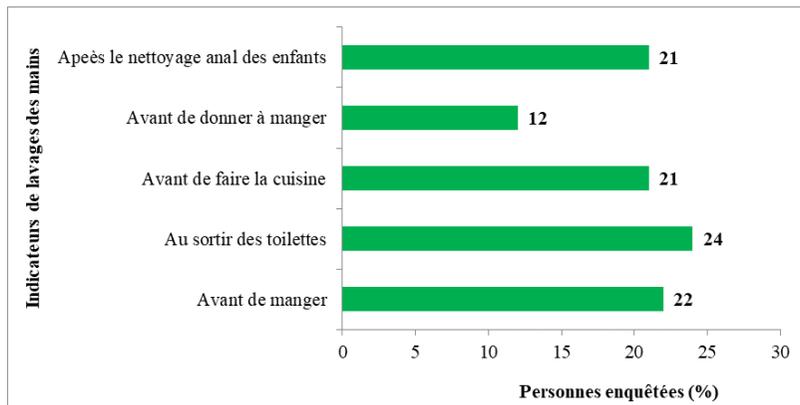


Figure 3 : Fréquence de lavage des mains lors de quelques moments clés

Traitement de l'eau à domicile et maladies d'origine hydrique

Les données relatives au traitement de l'eau à domicile révèlent que 100% des personnes interrogées déclaraient connaître un système de traitement de l'eau de boisson. Le système de traitement de l'eau de boisson à domicile le plus fréquemment utilisé était la filtration sur linge avec 71% ; 13% pratiquaient la décantation et 3% la chloration. Par contre il y a une proportion non négligeable de ménages (12%) qui connaissait au moins un système de traitement mais n'applique aucun. Pourtant, toutes les personnes

enquêtées sont conscientes de l'importance du traitement de l'eau avant consommation ; pour éviter les maladies selon elles.

Le **Tableau 3** illustre la prévalence des maladies d'origine hydrique de 2016 à 2020 dans la Commune de Zan Coulibaly. Au cours de cette période, les maladies diarrhéiques étaient passées de 457 à 148 cas avec une valeur atypique en 2019. Par contre on observe une réapparition et une augmentation du nombre de cas de vers intestinaux à partir de 2019 ; de même le paludisme connaît une augmentation au fil des années avec une valeur particulière en 2019. Par ailleurs une éradication du trachome et du choléra a été observée à la même période.

Tableau 3 : Evolution du nombre de certaines maladies liées à l'eau de 2016 à 2020 dans la Commune de Zan Coulibaly (Source : SLIS (2020)).

Maladies liées à l'eau	Nombre de cas enregistrés en fonction des années				
	2016	2017	2018	2019	2020
Cas diarrhée présumée infectieuse hors choléra	457	211	155	583	148
Cas paludisme	3371	4635	4437	7511	6378
Cas vers intestinaux	2	0	0	48	72
Cas trachome	0	0	0	0	0
Cas choléra	0	0	0	0	0

Discussion

Ce travail avait pour objectif de faire un état des lieux des conditions de base en eau, hygiène et assainissement (EHA) des populations de la commune rurale de Zan Coulibaly au Mali. Une enquête a été réalisée, les données quantitatives et qualitatives ont été analysées et des stratégies locales pérennes ont été proposées.

Accès à l'eau

La notion d'accessibilité à l'eau considère l'éloignement, en termes de distance, mais aussi le temps passé pour la collecte de l'eau. L'accessibilité à l'eau dans la Commune était de 79% ; ce qui est nettement amélioré comparativement aux moyennes nationales en Afrique subsaharienne qui sont estimées à 68% dans les zones rurales (JMP, 2019). Au total 78% des ménages étaient situés à une distance moyenne inférieure à 500 mètres des points d'eau. Le temps moyen pour s'approvisionner en eau était inférieur à 30 minutes. Ces résultats dénotent les efforts consentis par les autorités maliennes et ses partenaires en termes d'accès aux services de base EHA. La Commune a récemment bénéficié des fonds de l'Union Européenne (Projet N°FED/ML/024-500) pour l'eau et l'assainissement. De fortes mobilisations se sont observées à Zantiguila qui abrite le camp des déplacés internes de la crise de 2012 avec 6 forages suivi de Korokoro et Dogoni avec 4 forages chacun. Ces données corroborent les constats de

certaines organisations selon lesquelles la pandémie de COVID-19 nous a rappelés une nouvelle fois de plus le rôle central de l'eau, l'assainissement et l'hygiène dans la protection contre les maladies. En nous appuyant sur ces réussites, nous pouvons améliorer l'assainissement à l'échelle internationale (UNICEF & OMS, 2020). Par ailleurs le nombre important de forages observé à Zantiguila pourrait être aussi en partie dû à la présence de nombreuses fermes.

Par contre malgré l'existence de 28 forages dans la Commune, seulement 40% des ménages se ravitaillaient en eau au niveau de ces forages contre 28% au niveau des puits traditionnels. Ceci pourrait être dû à l'existence de puits traditionnels dans les ménages et aussi à la distance à parcourir pour s'approvisionner en eau potable. Ces observations corroborent celles de Temgoua et al. (2019) qui avaient avancé les mêmes arguments qui amenaient la majorité de la population à consommer les eaux des puits traditionnels dont l'aménagement et l'hygiène étaient inacceptables. De même le prix de l'eau au niveau des adductions d'eau potable villageoise qui est forfaitaire ou le manque de moyens de se déplacer vers les adductions d'eau adéquates pousseraient de nombreux ménages à se servir encore des puits traditionnels.

Dans la commune, 28% des personnes interrogées estimaient être souvent confrontées à des pénuries en eau (tarissement de leurs puits). Les données ont révélé aussi que la collecte de l'eau était majoritairement à la charge des jeunes filles non mariées (46%) et des femmes mariées (33%). Ces résultats confirment les observations de Watershed (2020) selon lesquelles les défis genre dans le secteur EHA passaient entre autres par la diminution de la charge de travail particulière qui pèse sur les femmes et les filles.

Utilisation des latrines

La faible proportion de la défécation à l'air libre enregistrée dans la Commune (16%) s'expliquerait par l'intervention de plusieurs ONG intervenant dans la fourniture et l'amélioration des services EHA dont l'UNICEF, Sightsaver, etc. Elle serait surtout liée aux progrès effectués par le programme de l'Assainissement Total Piloté par la Communauté (ATPC) qui est une approche intégrée visant à mettre fin à la Défécation à l'Air Libre (FDAL) et maintenir cette cadence. Ce programme de l'ATPC consistait surtout à encourager la communauté elle-même à analyser sa propre situation en matière d'assainissement, ses pratiques en matière de défécation et leurs conséquences, en vue de susciter une action collective visant à atteindre la FDAL. Ces projets ont permis de construire une grande quantité de latrines dans la Commune en plus de la subvention de l'état pour la réalisation ou la réhabilitation des latrines. La campagne de sensibilisation concernant l'utilisation des latrines a porté fruit avec 76% de personnes enquêtées. Ce

résultat confirme les données relatives aux taux nationaux de défécation en plein air en Afrique subsaharienne qui étaient passés de 22% en 2015 à 18% en 2020 (JMP, 2021). Selon les mêmes sources 85% de cette baisse s'est produite dans les zones rurales. De même une étude menée à Bafoussam au Cameroun avait révélé que le mode principal d'évacuation des excréta était les latrines (95%) (Mpakam et al., 2006). Cette amélioration de l'utilisation des latrines pourrait expliquer en partie la baisse des maladies diarrhéiques, l'éradication du choléra et du trachome dans les villages enquêtés. Cependant, on observait une très faible utilisation des latrines au niveau du site des déplacés et par conséquent un taux de défécation à l'air libre plus élevé que la moyenne. D'autres comportements observés dans la commune tels que le non-respect de la fermeture de trou de défécation et le non-respect de l'utilisation des dispositifs de lavage des mains pourraient saper les acquis obtenus. Ces résultats corroborent les travaux de Touré et al. (2020) qui avaient fait les mêmes constats dans les régions de Koulikoro, Ségou et Mopti au Mali. Ces auteurs avaient aussi noté que parmi les dalles de latrines observées, 50% présentaient des souillures et 70% dégageaient de mauvaises odeurs avec une présence de mouches. Du fait de l'absence de structures organisées pour le vidange de latrines et le ramassage des ordures, la majorité des ménages pratiquaient encore des vidanges manuels sans protection et déposait les déchets souvent dans la rue à la merci des eaux de ruissellement pendant l'hivernage.

Lieux de transit des excréta des enfants

Dans l'ensemble de la Commune, les résultats obtenus ont montré qu'il existe une bonne pratique relative à la gestion des excréta des enfants puisque 143 des 210 ménages interrogés (soit environ 68%) déposaient les excréta dans les latrines. Par contre à cause de l'absence de contrôle et de services de ramassage organisés d'ordure, une partie non négligeable (25%) des ménages déversaient leurs ordures dans la rue. Cependant ce niveau est nettement meilleur en comparaison aux résultats de Tekam et al. (2019) qui étaient de trois ménages sur quatre à déverser les ordures dans la rue en zone rurale dans la Commune de Douala au Cameroun. Ces excréta non traités pourraient contaminer les eaux souterraines et les eaux de surface utilisées pour la boisson et l'irrigation et augmenteraient ainsi les risques de contamination (OMS, 2018).

Lavage des mains

Malgré un contexte de la pandémie à COVID-19, le lavage des mains n'est pas encore une pratique assimilée dans cette commune car seulement 12 à 24% des personnes interrogées lavait les mains au sortir des toilettes, avant de manger et de donner manger, après le nettoyage anal des enfants. Ces

proportions étaient encore plus faibles au niveau des déplacés internes (10%). Les moyens utilisés pour le lavage des mains étaient majoritairement de l'eau et du savon (83%) et 17% de l'eau simple. Selon le programme conjoint de suivi OMS/UNICEF, les taux de lavage des mains en Afrique subsaharienne étaient estimés à 40-65% en 2020. Pourtant la proportion de la population mondiale disposant d'installations de base pour se laver les mains avec du savon et de l'eau à la maison est passée de 67 % à 71 % (JMP, 2021). Dans les zones enquêtées, les dispositifs de base sont souvent inexistantes ou s'ils existent, ils sont souvent sans eau ou sans savon. Dans une étude menée au Mali par Touré et al. (2020) aucun ménage ne disposait un récipient contenant de l'eau pouvant être utilisé pour laver les mains à la sortie d'une latrine ; ce qui est similaire à nos résultats. Un réservoir avait été observé devant 94% des latrines scolaires visitées, mais 23,3% seulement de ces réservoirs contenaient de l'eau (Touré et al., 2020). Pour des raisons culturelles, la majorité des membres du ménage utilisaient une seule bassine pour se laver les mains à tour de rôle du plus âgé au plus jeune. Ces pratiques constitueraient une barrière pour la promotion au lavage approprié des mains, surtout dans un contexte sanitaire sans précédent. Or le lavage des mains est un premier niveau d'action efficace pour une meilleure prévention des maladies diarrhéiques (Fewtrell et al., 2005) et surtout de prévention contre la maladie à COVID-19 (UNHCR, 2020 ; JMP, 2021). Il s'agira donc de construire un ensemble cohérent d'actions, alliant infrastructures gérées convenablement (Driss et al., 2018) et comportements appropriés des populations rurales (Zoungrana et al., 2018). Donc il faudrait une meilleure coordination des actions sur le terrain et des campagnes de sensibilisations tenant compte des réalités culturelles, si l'on veut mener à bien dans ces zones étudiées le Programme de développement durable à l'horizon 2030.

Traitement de l'eau à domicile et maladies d'origine hydrique

Le système de traitement le plus fréquemment utilisé était la filtration avec 71%. Par contre il y a une proportion non négligeable de ménages (12%) qui n'applique aucune méthode de traitement. Pourtant, toutes les personnes enquêtées sont conscientes de l'importance du traitement de l'eau avant consommation ; pour éviter les maladies selon elles. Une étude menée à Douala au Cameroun avait aussi montré que trois ménages sur quatre n'utilisaient aucune méthode de traitement de l'eau et 58,14% se servaient d'un filtre (linge) comme outil de potabilisation de l'eau (Tekam et al., 2019). Les mêmes auteurs avaient montré que ceux qui s'approvisionnaient auprès des forages et puits ne pratiquaient aucune méthode de potabilisation de l'eau à domicile. On notait également une faible utilisation des produits chlorés (3%). Ce constat pourrait s'expliquer par la non pertinence de cette technique auprès des ménages ou sa non

maitrise à l'échelle domestique. Avec ces pratiques, les populations s'exposeraient au risque de maladies d'origine hydrique (Sightsavers, 2021) et en particulier les diarrhées (Troeger et al., 2018).

Afin d'agir sur la qualité de l'eau, il s'agit dans un premier temps d'évaluer les risques de contamination, non seulement au point de distribution, mais également pendant le transport, le stockage à domicile et au moment de son utilisation. Ce qui permettra un suivi régulier de la qualité en zone rurale. Watershed (2020) avait mentionné que les analyses de la qualité de l'eau étaient effectuées au moment de la réalisation d'un ouvrage mais malheureusement elles ne sont pas répétées systématiquement. Dans le cas des ménages utilisant les puits traditionnels, il faudra sensibiliser sur l'importance de la mise en œuvre d'un traitement de l'eau à domicile.

L'analyse des données collectées auprès des services de santé locale (SLIS, 2020) de 2016 à 2020 a montré une éradication du trachome et du choléra à la même période. Par contre la vigilance doit être doublée quant à la résurgence des maladies diarrhéiques en 2019, une réapparition et une augmentation du nombre de cas de vers intestinaux ; de même le paludisme connaît une augmentation au fil des années. L'éradication du trachome, du choléra et la diminution du nombre de cas de diarrhée durant les 4 dernières années était en corrélation avec l'amélioration de l'accès à des services EHA. La persistance et le taux élevé du paludisme s'expliqueraient par plusieurs facteurs, notamment la stagnation des eaux dans les rues, les puisards à ciel situés à proximité des toilettes, l'absence de système adéquat de drainage des eaux de ruissellement et le parcage des animaux à l'intérieur des ménages. Tous ces facteurs favoriseraient la multiplication des moustiques vecteurs du paludisme. Il est connu que la transmission des maladies tropicales négligées (MTN) est étroitement liée à des conditions EHA médiocres (OMS, 2016 ; Gupta et al., 2020 ; Sightsavers, 2021). De même une étude a révélé que les dépôts d'ordures étaient principalement à l'origine des infections respiratoires aiguës (Damien et al., 2017).

Cependant ces données recueillies sur l'état sanitaire des populations sont à prendre avec prudence puisqu'elles ne sont pas exhaustives dans la mesure où certains malades ne se rendent pas dans les structures sanitaires et les données des guérisseurs traditionnels ne sont pas comptabilisées.

Propositions issues de l'analyse FFOM

Les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces issues de l'analyse critique sont consignées dans le **Tableau 4**. Cette analyse a permis de dégager des propositions d'amélioration des services de base en EHA dans la commune de Zan Coulibaly et des axes prioritaires pour l'élaboration d'un plan stratégique communal 2020 – 2030.

Propositions d'amélioration EHA issues de l'analyse FFOM

Pour un meilleur accès aux services EHA, il faudrait un accroissement des ressources budgétaires des autorités communales pour répondre efficacement aux besoins EHA. Les campagnes de sensibilisation doivent s'intensifier pour former des populations conscientes des investissements et des efforts fournis par l'Etat et ses partenaires. Les populations doivent être formées au système de suivi et d'entretien des infrastructures EHA afin de pérenniser les progrès réalisés. Il serait aussi indispensable de mettre en place des structures organisées pour la gestion des ordures et le vidange des latrines. Des ateliers de formation sur le traitement approprié de l'eau à l'échelle domestique doivent être initiés. Un accent particulier doit être mis sur le site des déplacés pour alléger leur risque d'exposition aux maladies d'origine EHA.

Axes prioritaires pour un plan stratégique communal 2020 – 2030

Le plan stratégique **communal** s'articulerait autour des cinq axes suivants :

- Accroissement de la performance institutionnelle de la mairie,
- Accès universel à des services d'eau potable améliorés,
- Accès universel à des services adéquats d'assainissement et de gestion des excréta,
- Amélioration des conditions et pratiques d'hygiène,
- Amélioration des conditions EHA pour des personnes en situation vulnérable (déplacés, réfugiés et sinistrés).

Enfin il faudrait alors surveiller et évaluer les résultats obtenus à chaque étape du processus de ce plan stratégique.

Origine	Positif	Négatif
	Forces	Faiblesses
Interne	<ul style="list-style-type: none"> - Le rapprochement des points d'eau améliorés à la population ; - L'eau gérée en toute sécurité dans la majorité des ménages ; - La baisse du taux de diarrhées présumées infectieuses ; - L'abandon progressif de la défécation à l'air ; - L'utilisation des latrines et l'augmentation de la construction/réhabilitation des latrines améliorées ; - La distribution des kits d'hygiène au camp de déplacés. 	<ul style="list-style-type: none"> - Le nombre élevé des latrines non améliorées ; - Persistance de la défécation à l'air libre, particulièrement au niveau du poste de contrôle près du camp des déplacés ; - Le forfait pour les adductions d'eau potable villageoise, motif de la réduction de leur utilisation ; - La faible utilisation des dispositifs de lavage des mains malgré la connaissance des moments clés pour se laver les mains ; - La mauvaise gestion des excréta des enfants ;

		<ul style="list-style-type: none">- La mauvaise gestion des déchets sur le site des déplacés ;- L'irrégularité et la rareté des suivis et des maintenances locales des infrastructures EHA ;- Faible pratique de lavage des mains.
	Opportunités	Menaces
Externe	<ul style="list-style-type: none">- L'intervention croissante des ONG dans le secteur EHA ;- La subvention des dalles des toilettes par les ONG ;- La politique nationale de l'eau, hygiène ;- La disparition de certaines maladies hydrique comme le trachome et la diminution du taux de diarrhées.	<ul style="list-style-type: none">- La mauvaise gouvernance en matière EHA au niveau communal ;- Le faible budget alloué au secteur EHA ;- Absence de politique concrète pour la pérennisation des acquis ;- Présence des déplacés ;- Anarchie au niveau du poste de contrôle routier près du site des déplacés.

Conclusion

Cette étude a permis de faire une analyse critique du diagnostic de l'accès aux services de base EHA dans la commune rurale de Zan Coulibaly au Mali. Des avancées notables relatives à la construction des latrines et des forages ont été enregistrées. Il ressort aussi une éradication du choléra et du trachome. Par contre, certaines pratiques telles que la défécation à l'air libre, le rejet des déchets dans la rue, le non lavage régulier des mains persistent encore. Ces pratiques expliqueraient la persistance de certaines maladies d'origine EHA (diarrhées, paludisme) et surtout la réapparition des maladies dues aux vers intestinaux dans la Commune. Cette étude a révélé qu'au niveau des déplacés internes de la crise de 2012, la situation est encore plus critique. En dépit des progrès réalisés, il ressort que le problème d'approvisionnement en eau, hygiène et assainissement se pose toujours avec acuité dans cette commune. A ce titre, ces résultats constituent une base de données pour mieux orienter les politiques et les actions futures dans cette Commune de manière coordonnée pour développer un système de services publics impliquant chacun afin que tous puissent profiter d'un accès à l'eau potable et à l'assainissement géré en toute sécurité d'ici 2030.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Agence Belge de Développement (ENABEL) pour son appui financier à travers la bourse de mobilité et l'ONG Sightsavers pour son accompagnement technique et matériel sur le terrain.

References :

1. CSCR. (2006). *Rapport du Cadre Stratégique pour la Croissance et la Réduction de la Pauvreté de 2007-2011.*

2. Damien, K. A. K., Maïmouna, F. K. E., Hervé, M. A. B., Jean-Baptiste, K. A., Fernand, K. K., & Valère, D. E. M. (2017). Cartographie De La Sensibilite Aux Maladies Environnementales Respiratoires Dans Le District Sanitaire De Koumassi-Port-Bouët-Vridi (Sud De La Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, *ESJ*, *13*(5), 202. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n5p202>
3. Driss, E., Abdelkrim, A., Baaddi, A., Ismail, K., Kamal, A. O., & Fatiazahrae, E. (2018). Sustainable Management of Household Garbage-Status of Citizens behavior and participation A Case Study of Khenifra region – Morocco. *European Scientific Journal*, *ESJ*, *14*(20), 61. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n20p61>
4. Fewtrell, L., Kaufmann, R., Kay, D., Enanoria, W., Haller, L., & Colford, J. (2005). Interventions dans le domaine de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène pour réduire la diarrhée dans les pays moins développés : revue systématique et méta-analyse. *The Lancet Infectious Disease*, *5*(1), 42–52.
5. Gupta, B. K., Gupta, N. kishor, Agrawal, N., Gupta, B. K., & Chetri, P. (2020). Renal Involvement in Acute Gastroenteritis under 5 years of age in a Tertiary Care Hospital of Western Nepal – A prospective Observational Study. *Scholars Academic Journal of Biosciences*, *8*(3), 68–74. <https://doi.org/10.36347/sajb.2020.v08i03.003>
6. JMP. (2019). *Progrès en matière d'eau, d'assainissement et d'hygiène des ménages 2000-2017. Gros plan sur les inégalités*. New York, Fonds des Nations Unies pour l'enfance (UNICEF) et Organisation mondiale de la Santé (OMS).
7. JMP. (2021). *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2020: five years into the SDGs*. Geneva: World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF).
8. Mpakam, H., Kamgang, B., Kouam, K., Tatietsé, T., & Georges, E. (2006). L'accès à l'eau potable et à l'assainissement dans les villes des pays en développement : cas de Bafoussam (Cameroun). *Vertigo-La Revue Électronique En Sciences de l'environnement*, *7*(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.4000/vertigo.2377>
9. OMS. (2016). L'eau, l'assainissement et l'hygiène pour accélérer les progrès dans la lutte contre les maladies tropicales négligées-Stratégie mondiale, 2015-2020. *Organisation Mondiale de La Santé; Genève, Suisse; Http://Awww.Who.Int/Water_sanitation_health/En/*.
10. OMS. (2018). *Stratégie de l'OMS sur l'eau, l'assainissement et l'hygiène 2018-2025*. Genève: *Organisation mondiale de la Santé, 2018. (WHO/CED/PHE/WSH/18.03)*.
11. OMS. (2019). *Le modèle de cadre réglementaire mondial de l'OMS*

relatif aux dispositifs médicaux incluant les dispositifs médicaux de diagnostic in vitro. Genève : Organisation mondiale de la Santé; 71p. <http://apps.who.int/iris>.

12. Sightsavers. (2021). *Why Water, Sanitation and Hygiene are vital to eliminate NTDs?* <https://www.sightsavers.org/protecting-sight/ntds/wash>. Consulté Le 13 Octobre 2021.
13. SLIS. (2020). *Système Local d'Information Sanitaire. Population - Morbidité. Rapport Annuel d'activité, Section 1-7.*
14. SWA. (2021). *Sanitation and Water for All (SWA): Stratégie 2020-2030 du partenariat SWA Feuilles de route régionales 2021-2025. New York, NY 10017, USA.*
15. Tekam, D. D., Vogue, N., Nkfusai, C. N., Ebode Ela, M., & Cumber, S. N. (2019). Accès à l'eau potable et à l'assainissement: cas de la commune d'arrondissement de Douala V (Cameroun). *Pan African Medical Journal*, 33(244), 1–8. <https://doi.org/10.11604/pamj.2019.33.244.17974>
16. Temgoua, E., Meli Meli, V., Mekui, M., & Ndongson, B. (2019). Rôle des Collectivités Territoriales décentralisées dans la pérennisation des services d'eau et assainissement dans les zones non concédées : cas de la Commune de Dschang. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(5), 122–132. <https://doi.org/DOI:https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i5.10S>
17. Touré, O., Dembélé, B., Maïga, O., Kanté, N., Diakité, C., & Niangaly, A. (2020). Intégration de l'hygiène dans les projets d'eau et d'assainissement exécutés par les ONG nationales au Mali. *Mali Sante Publique, Tome X(01)*, 55–59.
18. Troeger, C., Blacker, B., Khalil, I., Rao, P., Cao, S., Zimsen, S., ... Alvis-Guzman, N. (2018). Estimates of the global, regional, and national morbidity, mortality, and aetiologies of diarrhoea in 195 countries: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet Infectious Diseases*, 18(11), 1211–1228. [https://doi.org/10.1016/s1473-3099\(18\)30362-1](https://doi.org/10.1016/s1473-3099(18)30362-1)
19. UNHCR. (2020). *Practical Guidance for Refugee Settings. WASH Manual, 5-55.*
20. UNICEF, & OMS. (2020). *Situation de l'assainissement dans le monde : un appel pressant à améliorer l'assainissement au profit de la santé, de l'environnement, de l'économie et de la société New York : Fonds des Nations Unies pour l'enfance (UNICEF) et Organisation mondiale de l.*
21. Watershed. (2020). *Context analysis: Watershed program Mali. <http://Watershedwatershed.nl2020/12PDF>.*
22. WSP. (2012). *Water and Sanitation Program. Impacts économiques d'un mauvais assainissement en Afrique.*
23. Zoungrana, D., Bassono, R., Bere, C. A., & Ouedraogo, H. (2018). *La*

référence nationale en matière de services durables d'eau potable et d'assainissement « Commune de Banfora », Plan stratégique communal des services publics d'eau potable et d'assainissement, 44-58. IRC Burkina Faso et la commune de Banfora; Ouagadougou, Burkina Faso.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Identification Des Lésions Hépatiques D'origine Parasitaire Chez Les Bovins De L'abattoir De Daloa (Centre-Ouest De La Côte d'Ivoire)

*Sylla Idrissa,
Kone Mamadou,*

Université Jean Lorougnon GUEDE, UFR Environnement, Laboratoire de Biodiversité et Ecologie Tropicale, Daloa

N'go Kouadio Pacôme,
Université Péléforo Gon Coulibaly, Korhogo

Koffi N'goran Mathurin,
Université Jean Lorougnon GUEDE, UFR Environnement, Laboratoire de Biodiversité et Ecologie Tropicale, Daloa

Toure Alassane,
Laboratoire National d'Appui au Développement Agricole, Laboratoire Central Vétérinaire de Bingerville, Service de Parasitologie Bingerville

Konan Kouakou Kan Aristide,
Université Jean Lorougnon GUEDE, UFR Environnement, Laboratoire de Biodiversité et Ecologie Tropicale, Daloa

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n40p215](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p215)

Submitted: 09 September 2021

Accepted: 22 November 2021

Published: 30 November 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Sylla I., Mamadou K., Pacôme N., Mathurin K., Alassane T., & Aristide K.K., (2021). *Identification Des Lésions Hépatiques D'origine Parasitaire Chez Les Bovins De L'abattoir De Daloa (Centre-Ouest De La Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(40), 215. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p215>

Résumé

Description du sujet. Cette étude relative aux pathologies du foie de bovin a été effectuée à l'abattoir de la ville de Daloa. Elle a concerné 345 bovins de la race Zébu.

Objectifs. Cette étude a pour but de contribuer à la sécurité alimentaire en fournissant des données sur les pathologies hépatiques.

Méthode. Une inspection post mortem faisant appel aux capacités sensorielles, telles que la vue, l'odorat et le toucher a été réalisée. Le foie

suspecté est saisi et fait l'objet d'une incision pour une inspection plus détaillée.

Résultats. Nous avons procédé à la saisie des foies de 110 bovins présentant des lésions prédominantes qui sont de la plus dominante à la moins : la distomatose, l'abcès, la sclérose du foie, la cholangite sténosante, la cholangite fibrosante, l'hépatite nécrosante, la téléangiectasie maculeuse, etc.

Conclusion. Des règles d'hygiène strictes à l'abattoir et à l'endroit de la population bovine doivent être respectées pour limiter la propagation des germes et éviter les contaminations des manipulateurs et des consommateurs.

Mots clés: Bovin, Pathologie, Hygiène, Abattoir, Daloa

Identification Of Liver Lesions Of Parasitic Origin In Cattle From The Slaughterhouse Of Daloa (Center Western Of Côte d'Ivoire)

Sylla Idrissa,

Kone Mamadou,

Université Jean Lorougnon GUEDE, UFR Environnement, Laboratoire de Biodiversité et Ecologie Tropicale, Daloa

N'go Kouadio Pacôme,

Université Péléforo Gon Coulibaly, Korhogo

Koffi N'goran Mathurin,

Université Jean Lorougnon GUEDE, UFR Environnement, Laboratoire de Biodiversité et Ecologie Tropicale, Daloa

Toure Alassane,

Laboratoire National d'Appui au Développement Agricole, Laboratoire Central Vétérinaire de Bingerville, Service de Parasitologie Bingerville

Konan Kouakou Kan Aristide,

Université Jean Lorougnon GUEDE, UFR Environnement, Laboratoire de Biodiversité et Ecologie Tropicale, Daloa

Abstract

Description of the subject. This study on pathologies of bovine liver was carried out at the slaughterhouse in the town of Daloa. It concerned 345 cattle of the Zebu Breed.

Objectives. This study aims to contribute to food security by providing data on hepatic pathologies.

Method. A post-mortem inspection using sensory abilities, such as sight, smell and touch was performed. The suspected liver is seized and incised for further inspection.

Results. We seized the livers of 110 cattle with predominant lesions which are from the most dominant to the least: distomatosis, abscess, sclerosis of the liver, stenosing cholangitis, fibrosing cholangitis, necrotizing hepatitis, macular telangiectasia, etc.

Conclusions. Strict hygiene rules at the slaughterhouse and at the location of the bovine population must be observed to limit the spread of germs and prevent contamination of handlers and consumers.

Keywords: Bovine, Pathology, Hygiene, Slaughterhouse, Daloa

1. Introduction

La filière bovine occupe une forte place dans l'alimentation des populations (FAO/OMS, 2004). Elle représente 60 % des apports en protéines animales, à la diversification et à l'augmentation des revenus des éleveurs (FAO/OMS, 2004). En Côte d'Ivoire, la base de l'économie est constituée par l'agriculture car elle emploie les 2/3 de la population active qui contribue au PIB total pour 34 % et aux recettes d'exportation pour 66 %.

Le bœuf est le ruminant domestique le plus prisé par la population à cause de sa viande accessible à toutes les couches sociales (Konan, 2013). Cependant, certains organes comestibles des bœufs regorgent des zoonoses létales à l'homme (Mebanga, 1993).

En effet, le foie de bœuf occupe une place de premier ordre ; de par son rôle non négligeable dans l'économie, et par la diversité de ses fonctions. Il subit très fortement les agressions microbiennes, parasitaires et toxiques. Selon Mebanga (1993) : « La présence de ces formes parasitaires dans le tissu hépatique est en outre une source de contamination pour l'environnement avec possibilité de pérennisation des maladies animales et risques d'infestation des manipulateurs et des consommateurs ».

L'objectif général de cette étude est de contribuer à la veille sanitaire des pathologies parasitaires zoonotiques liées au foie des bovins. Plus spécifiquement, il s'agissait d'identifier les espèces pathogènes hépatiques des bovins abattus à l'abattoir de Daloa dans un premier temps et dans un deuxième temps déterminer la charge parasitaire de chaque pathogène.

2. Matériel Et Methode

2.1. Présentation Du Site D'étude

Cette étude a été réalisée à Daloa précisément à l'abattoir municipal. Le département de Daloa est situé au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire, entre 6°53' de l'altitude Nord et 6°27' de longitude Ouest. La ville s'étend sur une superficie de 80 km². Daloa est à 141 km de Yamoussoukro, la capitale politique et à 386 km d'Abidjan la capitale économique. Daloa est limitée au Nord par le département de Vavoua, au sud par le département d'Issia et de

Sinfra, à l'Est par le département de Zuénoula et de Bouaflé et à l'ouest par le département de Zoukougbeu (Sylla, 2017), (Figure 1). L'abattoir de Daloa a été construit en 1974 (Sogo, 1995), (Figure 13). Il a une superficie de 192 mètres carré. L'aire de l'abattage fait 16 mètres de longueur et 13 mètres de largeur. Il dispose des commodités telles que : parc de stabulation délimité par un muret d'environ 1,30 mètre de haut recouvert de carrelage en faïence blanche, un parc à bétail, quatre postes d'eau sous pression et des lavoirs, plusieurs locaux de traitements et un coche (Sogo, 1995).

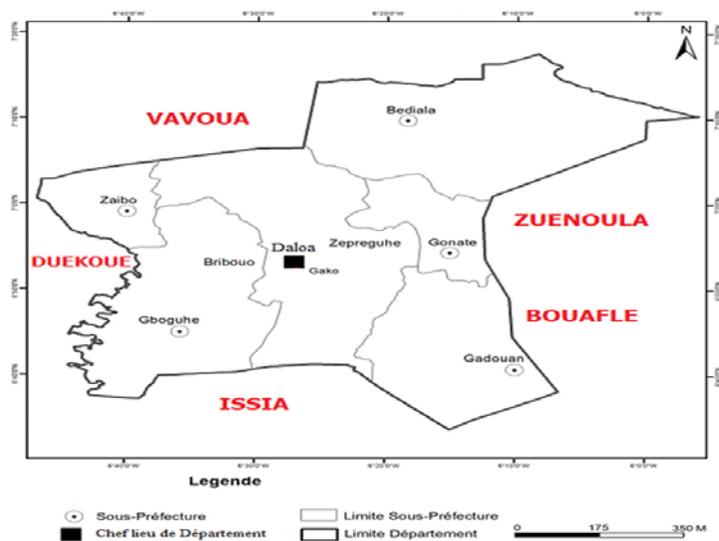


Figure 1 : Localisation du milieu d'étude (Sylla, 2017)

1.1. Matériel

Le matériel biologique est constitué d'échantillons de foie des bovins abattus à l'abattoir de Daloa.

1.2. Méthode

Inspection des foies

Cette étude a été réalisée du 20 Novembre au 21 Décembre 2019. A l'abattoir, nous avons procédé à un enregistrement des animaux immobilisés. Nous avons noté le sexe, la provenance et l'âge de tous les animaux sélectionnés pour l'abattage. En moyenne, environ 20 bœufs sont abattus par jour. Au total, 345 bœufs ont été inspecté au cours de cette étude soit une prévalence de 0,06 % par jour. Deux types d'échantillonnage : in situ et in vitro. Pour le contrôle des viscères, nous nous appuyerons sur la méthode d'inspection post-mortem comme utilisé par **Habiba, (2015)**. Le contrôle des viscères de bovins abattus à l'abattoir de Daloa a été effectué sous la responsabilité de l'inspecteur vétérinaire. L'inspection vétérinaire a lieu après

éviscération totale. L'inspection des foies se fait par observation visuelle des deux faces et du parenchyme après au moins une coupe au couteau du lobe gauche, plusieurs coupes si nécessaires. Les foies peuvent être saisis pour les motifs suivants : présence de douve vivante, douve calcifiée, processus inflammatoire, abcès, coloration anormale ou autre motif. Tous les organes infestés sont partiellement ou totalement saisis selon le degré de l'infestation. Les vétérinaires inspecteurs de l'abattoir examinent l'aspect général du foie notamment l'hypertrophie et l'épaississement des canaux biliaires, puis ils procèdent à une saisie partielle ou à une saisie totale de la masse hépatique pour cause d'infestations.

Coupes histologiques réalisées sur les échantillons

L'étude histologique a été réalisée selon **Habiba, (2015)**. En substance, les échantillons de foies prélevés sont fixés dans le formaldéhyde à 10 % afin de conserver les tissus dans un état aussi proche que possible de l'état vivant permettant de consolider le substrat morphologique et de faciliter la coupe. La déshydratation et l'inclusion dans la paraffine sont assurées à l'aide d'une machine (Automate) qui permet le passage automatique des échantillons par 7 bains successifs (3 bains d'éthanol, 2 bains de xylène et 2 bains de paraffine fondue) pendant 24 heures. Après la mise en bloc qui s'effectue dans des moules formées à l'aide de barres de Leukart. Des coupes de 5µm ont été effectuées et déposées sur des lames portant un film d'eau courante. Ces lames sont ensuite séchées sur des plaques chauffées à 700 C pendant 1 à 2 minutes. Avant la coloration, les coupes sont déparaffinées par passage dans deux bains de xylène et deux bains d'éthanol pendant 10 minutes, les coupes sont hydratées dans un bain d'eau courante. Les lames sont ensuite colorées à l'aide de l'hématoxyline de Mayer pendant 10 minutes. Une lamelle est fixée sur la préparation afin de la protéger.

Identification des lésions hépatiques

L'identification des lésions a été faite par observation macroscopique des symptômes présents sur le foie, appuyée par des clefs d'identifications. Nous nous sommes basées sur la méthode utilisée par **Bendiaf, (2011)**.

2. Resultats

2.1. Identification et prévalence des lésions rencontrées sur les foies anormaux des bovins à l'abattoir

Il a été procédé à l'examen de foie de 345 têtes de bovins de races locales, âgés de (1 à 5 ans) au niveau de l'abattoir municipal de Daloa. Sur les 345 foies examinés, 118 ont été saisis lors des contrôles des viscères soit 34, 20 %. Parmi ceux-ci, dix différentes pathologies ont été identifiées. Il s'agit de l'ictère, l'abcès, la sclérose, la tégangiectasie maculeuse, la distomatose, la

cholangite fibrosante, la cholangite sténosante, l'hépatite nécrotico-hémorragique, cholangite fibrosante sténosante et hépatite nécrosante sévère et hépatite nécrosante multifocale. La pathologie la plus rencontrée a été la distomatose, l'ictère a été la moins observée. Le nombre de cas et la prévalence des pathologies sont inscrits dans le tableau ci-dessous.

Tableau I : Nombre de cas et prévalence des pathologies des foies de bovins

Lésions	Nombre de cas	Prévalence
Abcès hépatique	17	15,45 %
Sclérose du foie	13	11,82 %
Colangite sténosante	08	7,27 %
Télangiectasie maculeuse	05	4,54 %
Distomatose	45	40,92 %
Cholangite fibrosante	06	5,46 %
Hépatite nécrotico-hémorragique	05	4,54 %
Cholangite fibrosante sténosante	04	3,63 %
Ictère	03	2,73 %
Cholangite et hépatite sévère	04	3,64 %
Total	110	100 %

2.2 Pathologies rencontrées sur les foies anormaux des bovins à l'abattoir Ictère

Par observation macroscopique, le foie présente une coloration jaune de la sclère et des muqueuses. Une coupe de couteau dans le foie montre que la coloration est plus foncée à l'intérieur qu'à la surface (Figure 2).

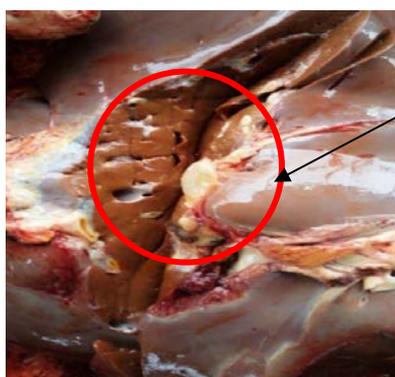


Figure 2 : Ictère

Abcès

Il se manifeste par des amas de pus repartis au hasard sur la surface du foie (Figure 3).

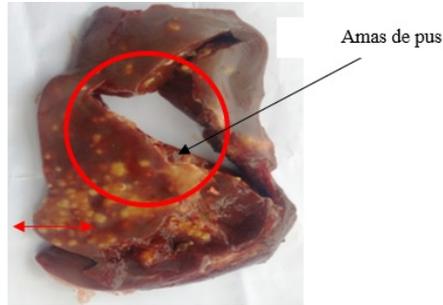


Figure 3 : Abscès multifocale hépatique

Sclérose du foie

Elle se manifeste par la présence de fibres blanchâtres, plus ou moins denses formant des zones scléreuses. Lorsque l'infection est avancée, le foie se présente gonflé et contient du liquide (l'eau) (Figure 4).

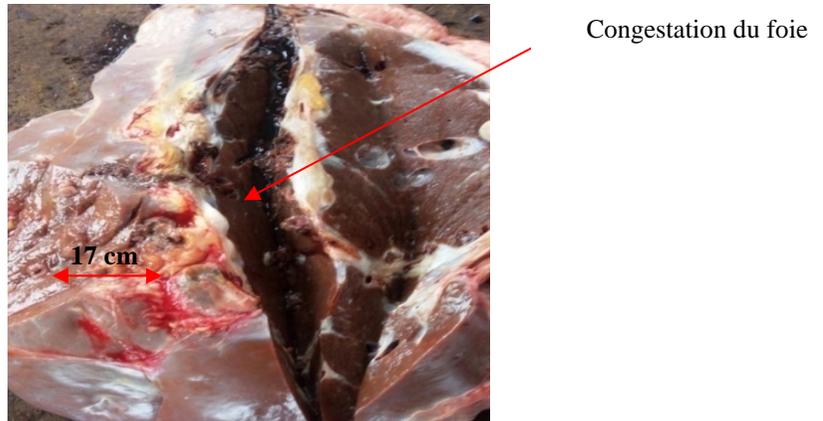


Figure 4 : Sclérose du foie

Télangiectasie maculeuse

Le foie présente de nombreuses masses graisseuses de tailles différentes. (Figure 5).

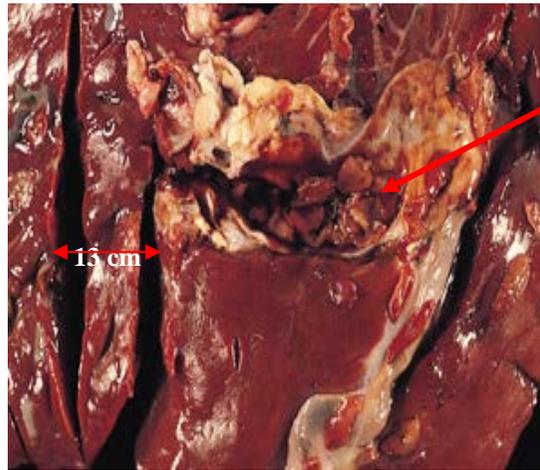


Figure 5 : Télangiectasie maculeuse (hépatite suppurée adjacente)



Distomatose

Les canaux biliaires contiennent des parasites (douve) (Figure 6).



Présence de douve dans les canaux biliaires

Figure 6 : Distomatose

Hépatite nécrosante

Le foie est dur au toucher. Les canaux biliaires sont rigides et contiennent du liquide blanchâtre. Des amas de pus sont inégalement répartis sur le foie (Figure 7).



Foie rigide au toucher

Figure 7 : Hépatite nécrosante

Cholangite fibrosante

Les canaux biliaires sont remplis d'un liquide blanchâtre. Des amas de pus au couleur rouge-brun sont repartis sur la surface du foie (Figure 8).



Figure 8 : Cholangite fibrosante

Cholangite sténosante

Cette pathologie présente des symptômes semblables à cholangite fibrosante. Le foie est dur au touché. Les canaux biliaires sont plus développés, rigides puis remplis de liquide blanchâtre, (Figure 9).

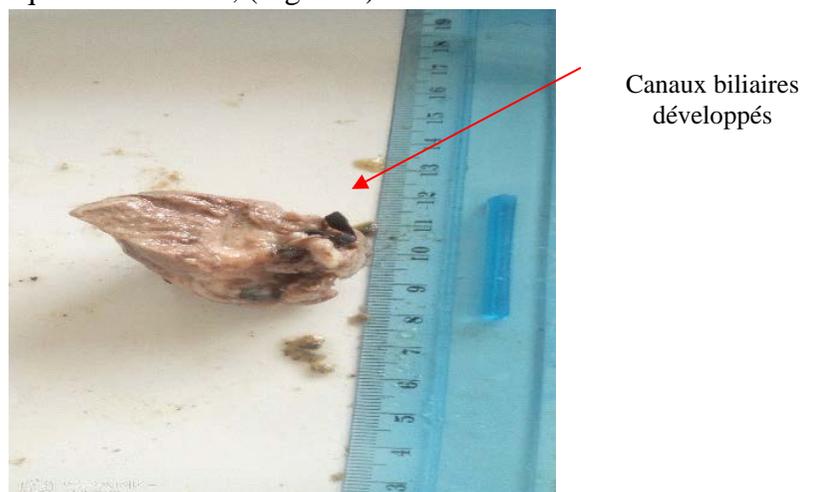


Figure 9 : Cholangite sténosante

Hépatite nécrotico-hémorragique

Le foie paraît jaune à l'œil nu. Une coupe de couteau dans le foie met en lumière canaux biliaires, rigides, et des amas de petits boutons bruns et

blanchâtres. Les amas de pus apparaissent souvent à la surface du foie (Figure 10).



Figure 10 : Hépatite nécrotico-hémorragique

Cholangite fibrosante sténosante et hépatite nécrosante sévère

Les canaux sont rétrécis et fermés. Le foie paraît jaunâtre à l'œil nu et rigide au touché. Des amas de pus aux couleurs variables (noir, rouge-brun) sont repartis à la surface du foie (Figure 11).

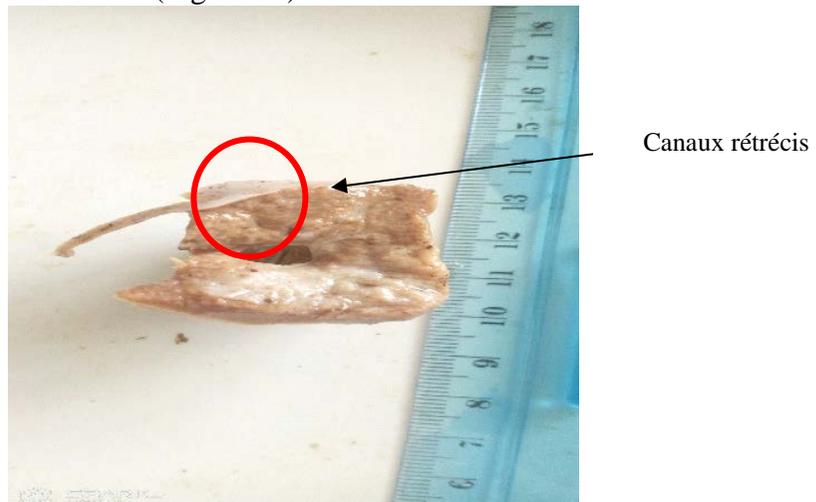


Figure 11 : Cholangite fibrosante sténosante et hépatite nécrosante sévère

Discussion

Sur un total de 345 foies de bovins examinés sous la supervision des agents vétérinaires, 110 foies suspectés ont été saisis. Ce nombre relativement important de saisies indique que les bovins abattus à l'abattoir de Daloa présentent des maladies hépatiques.

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par **Yeo *et al.*, (2017)** dans la région du Poro, par **Blaise & Raccurt (2007)** en Haïti et **Mebanga** à Dakar en 1993. Ces auteurs ont montré que les bovins présentent des maladies dues à plusieurs agents infectieux tels que les parasites, les bactéries, les virus et les champignons.

Les motifs de saisis de foies dans les abattoirs sont divers. Cependant, au cours de nos travaux, les pathologies hépatiques ont été l'un des motifs de saisis de foies. Ce faisant, sur l'ensemble des foies saisis, 10 différentes pathologies ont été révélées par les résultats des analyses anatomopathologiques.

Ce sont l'ictère, l'abcès, la sclérose du foie, la télangiectasie maculeuse, la distomatose, l'hépatite nécrosante, la cholangite fibrosante, la cholangite sténosante, l'hépatite nécrotico-hémorragique, la cholangite fibrosante sténosante et hépatite nécrosante. Parmi ces pathologies, la distomatose a été la plus rencontrée.

Au total, 45 foies soit 38,13 % ont été saisis sous l'influence de cette pathologie.

Ces résultats, sont conformes à ceux de **Blaise & Raccurt (2007)**. Ces auteurs ont enregistré 13770 foies à distomatose sur 15117 foies saisis ; soit 22,8 % en Haïti et 34,8 % au Cameroun. Parmi les pathologies identifiées par Blaise & Raccurt (2007), l'ictère a été moins observé, avec une prévalence de 0,39 %. Au cours de ces travaux, un faible taux (2,54 %) de lésion due à l'ictère par rapport aux autres pathologies rencontrées à l'abattoir de Daloa.

3. Conclusion

L'enquête entreprise au niveau de l'abattoir de Daloa nous a permis de découvrir des pathologies et les parasites hépatiques des bovins abattus dans cette structure. Les principales pathologies recensées sont l'ictère, l'abcès, la sclérose du foie, la télangiectasie maculeuse, la distomatose, l'hépatite nécrosante, la cholangite fibrosante, la cholangite sténosante, l'hépatite nécrotico-hémorragique, la cholangite fibrosante sténosante et hépatite nécrosante. La distomatose à *Fasciola gigantica* a été la pathologie la plus observée. L'ictère a été rarement observée.

Cependant, il est utile, d'entreprendre des enquêtes de séroprévalence des parasitoses et pathologies hépatiques dans différentes régions du pays pour mieux cerner la situation à l'échelle nationale.

References:

1. Akaffou A.N. (2013). Elevage bovin laitier dans la région du Poro (nord Côte d'Ivoire): Situation actuelle et perspectives de développement. Thèse De Doctorat, Thèse De Doctorat, Ecole inter-états des sciences et médecine vétérinaire (E.I.S.M.V), Faculté de

- Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, (Dakar, Sénégal), 113 p.
2. Bendiab H. (2011). Contribution l'étude de la distomatose *Fasciola hepatica* (Linné, 1758): Aspects parasitologique et sérologique. Thèse De Doctorat, Faculté des Sciences Vétérinaires, Surveillance de la chaîne alimentaire de la filière viande. Université MENTOURI de Constantine, (Constantine, Algérie), 117 p.
 3. Coulibaly D. (2013). Politique de développement de l'élevage en Côte d'Ivoire. 9^{ème} conférence des Ministres africains en charge des Ressources Animales, 12-13 juin 2013, Abidjan, Côte d'Ivoire pp 46-54.
 4. Djakaridja .B, Yao Kouassi, Gragnon Biego, G.Acapovi-YAO, . Mavoungou J. et N'Goran Kouakou (2014). Situation épidémiologique des hémoparasites des bovins dans deux zones d'élevage de la Cote d'Ivoire : cas des anciennes régions des Savanes et de la vallée du Bandama. *Article in Revue de médecine vétérinaire · August 2014*, 165(9–10): 297–303.
 5. FAO/OMS (2004). Projet de code d'usage en matière d'hygiène pour la viande. Rapport de la dixième session du codex en matière d'hygiène de la viande 50 p.
 6. Habiba F. (2015). Etude épidémiologique, biochimique et immunologique de la Fasciolose chez les bovins (race locale) dans la région d'Annaba. Thèse De Doctorat, Faculté de Biologie Animale, Université BADJI MOKHTAR-ANNABA, (Annaba, Maroc), 68 p.
 7. Konan R.V. (2013). Système de financement de l'élevage en Côte d'Ivoire: Cas des chaînes de valeurs dans la zone de Toumodi. Thèse De Doctorat, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, (Dakar, Snégal), 133 p.
 8. Mebanga A.S. (1993). Contribution à l'étude des lésions hépatiques d'origine parasitaire des ruminants domestiques. Thèse De Doctorat, Faculté de Médecine Vétérinaire, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, (Dakar, Sénégal), 157 p.
 9. Nkoa (2008). Contribution à l'élaboration d'un guide d'inspection des viandes de boucherie au Sénégal: Cas des ruminants. Thèse De Doctorat, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie, Université Cheick Anta DIOP, (Dakar, Sénégal), 148 p.
 10. Sogo A. (1995). Contribution à la maîtrise de l'hygiène des abattoirs traditionnels de Côte d'Ivoire. Thèse De Doctorat, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie, Université Cheick Anta DIOP, (Dakar, Sénégal), 184 p.

11. Sylla M. (2017). Amélioration de la gestion de l'enherbement dans les périmètres rizicoles périurbains de Daloa (centre-ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, UFR Biosciences, Laboratoire de Botanique, Université Félix Houphouët Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 227 p.
12. Yeo Nawolo, Yahaya Karamoko, Dofara Soro, Zahouli Faustin Zouh Bi et Seïdina Ibrahima Traore (2017). Elevages de bétail dans la région du Poro (Côte d'Ivoire) : Caractérisation et modalités de lutte contre les pathogènes transmis par les tiques. *International Journal of Biological and Chemical Science.*; International formulae Groups. All rights reserved, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 237–246.

Coexistence D'un Lymphome Lymphocytaire Et D'une Leucémie Myéloïde Chronique: A Propos De Deux Observations Au Togo

Padaro Essohana,

Magnang Hèzouwè,

Layibo Yao,

Kueviakoe Irénée MD,

Service d'hématologie clinique, CHU Campus de Lomé, Faculté des Sciences de la Santé/ Université de Lomé, Togo

Mawussi Koffi,

Service d'hématologie, CHU Kara, Faculté des Sciences de la Santé /Université de Kara, Togo

Vovor Ahoefa,

Service d'hématologie, CHU Sylvanus Olympio, Faculté des Sciences de la Santé /Université de Lomé, Togo

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n40p228](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p228)

Submitted: 14 August 2021

Accepted: 08 September 2021

Published: 30 November 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Essohana P., Hèzouwè M., Yao L., Irénée K., & Koffi M., & Ahoefa V., (2021). *Coexistence D'un Lymphome Lymphocytaire Et D'une Leucémie Myéloïde Chronique: A Propos De Deux Observations Au Togo*. European Scientific Journal, ESJ, 17(40), 228.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p228>

Résumé

Les auteurs rapportent deux cas de lymphomes lymphocytaires associés à une leucémie myéloïde chronique (LMC) au Togo. La première association est une coexistence simultanée d'une LMC avec présence du transcrite de fusion bcr-abl chez une patiente de 32 ans, au stade myélocytaire chronique, avec une polyadénopathie ayant nécessité une biopsie ganglionnaire qui a conclu à un lymphome lymphocytaire. Le deuxième cas est une succession à 6 ans 5 mois d'intervalle, chez un patient de 30 ans, d'une LMC avec présence du bcr-abl et d'un chromosome Philadelphie et d'un lymphome lymphocytaire. Ces deux cas sont rapprochés des associations d'hémopathies myéloïdes et lymphoïdes, aiguës ou chroniques. Différentes hypothèses pathogéniques sont passées en revue : responsabilité de la

chimiothérapie mais le diagnostic est parfois simultané ; implication des oncogènes cellulaires ; plus vraisemblablement anomalie clonale de la cellule souche hématopoïétique s'exprimant de façon séquentielle ou simultanée sur les deux lignées filles. A notre connaissance, il s'agit des premières descriptions en Afrique subsaharienne.

Mots clés: Lymphome Lymphocytaire, Leucémie Myéloïde Chronique, Lomé (Togo)

Coexistence of Lymphocytic Lymphoma and Chronic Myeloid Leukemia: A Case of Two Observations in Togo

Padaro Essohana,

Magnang Hèzouwè,

Layibo Yao,

Kueviakoe Irénée MD,

Service d'hématologieclinique, CHU Campus de Lomé, Faculté des Sciences de la Santé/ Université de Lomé, Togo

Mawussi Koffi,

Service d'hématologie, CHU Kara, Faculté des Sciences de la Santé /Université de Kara, Togo

Vovor Ahoefa,

Service d'hématologie, CHU Sylvanus Olympio, Faculté des Sciences de la Santé /Université de Lomé, Togo

Abstract

This paper reported two cases of lymphocytic lymphoma associated with chronic myeloid leukemia (CML) in Togo. The first association is a simultaneous coexistence of a CML with the presence of the transcript bcr-abl, in a 32-year-old woman, at chronic myelocytic stage with polyadenopathy required and lymph node biopsy concluded for lymphocytic lymphoma. The second is the case of a 30-year-old man who developed a lymphocytic lymphoma after 6years and 5 months of following CML. These two cases are comparable to other associations of acute or chronic myeloid and lymphoid blood malignancies that was previously published. Several pathogenic hypothesis were reviewed which takes responsibility for chemotherapy. Nevertheless, the diagnosis is sometimes simultaneous with the involvement of cellular oncogenes. This is a more likely clonal abnormality of the stem cell sequentially or concomitantly expressed in the cells on both lineages. To the

best of our knowledge, these are the first descriptions in South-Saharan Africa

Keywords: Lymphocytic Lymphoma, Chronic Myeloid Leukemia, Lome (Togo)

Introduction

La leucémie myéloïde chronique (LMC) est un syndrome myéloprolifératif caractérisé par la prolifération des cellules de la lignée granuleuse due à une anomalie chromosomique, le chromosome Philadelphie (Ph1) qui engendre un gène hybride bcr-abl, responsable d'une protéine à forte activité tyrosine kinase (Druker et al., 2001). Les lymphomes non hodgkiniens (LNH) désignent des proliférations clonales de cellules des lignées lymphocytaires B ou T à leurs différents stades de différenciation et d'activation. Ils sont responsables du développement de tumeurs au niveau des organes lymphoïdes, notamment ganglionnaires, mais aussi de territoires non lymphoïdes (Cuenca et al., 2009).

La coexistence d'une double prolifération maligne, myéloïde et lymphoïde et particulièrement lymphomateuse, est rare bien que décrite depuis quelques décennies (Martoïa et al., 1987; Doumouchel et al., 1983; Monoharan et al., 1981) et depuis quelques années plusieurs publications décrivent des hémopathies lymphoïdes diversement associées aux hémopathies myéloïdes surtout la LMC (Amy et al., 2018; Xiaorui Fu et al., 2018; Paolo et al., 2018; Smeeta Gajendra et al., 2016). Cette coexistence qu'elle soit spontanée ou non, simultanée ou séquentielle, elle évoque davantage une atteinte de la cellule souche hématopoïétique, se démasquant au niveau de deux lignées filles, qu'une banale coïncidence. A notre connaissance, cette association est très rare en Afrique et au Togo aucun cas n'a été rapporté jusqu'à ce jour. Nous rapportons les deux premiers cas de lymphomes lymphocytiques, l'un diagnostiqué concomitamment avec la LMC et l'autre survenue au cours d'une LMC traitée depuis 6ans 5mois par imatinib.

Observations

Patiente 1

Madame H.K., 32 ans, asthmatique, a été référée de l'hôpital d'Afagnan le 14 janvier 2009 pour prise en charge d'une hyperleucocytose. Le début remonterait à 3 mois plus tôt par la survenue d'une masse à l'hypochondre gauche dans un contexte de sueurs nocturnes, d'amaigrissement et d'aménorrhée non gravidique. Deux mois plus tard, sont apparues des adénopathies cervicales et inguinales. Elle a consulté l'hôpital d'Afagnan d'où elle fut référée devant l'hyperleucocytose à 149.000/mm³.

L'examen à l'entrée a noté : Poids : 61kg, un ECOG à 2, l'abdomen était ballonné avec une splénomégalie type V de Hackett, des adénopathies multiples, cervicales gauches dont la plus grosse mesurait 4cm et inguinales gauches dont la plus grosse mesurait 5cm.

L'hémogramme a montré une hyperleucocytose à $174000/\text{mm}^3$ avec une myélémie polymorphe et importante avec myéloblastes à 2% et promyélocytes à 5%, une anémie à 9,6g/dl non régénérative (réticulocytes : $23000/\text{mm}^3$) et une hyperplaquetose à $635000/\text{mm}^3$. Un myélogramme réalisé le même jour a confirmé l'hyperplasie granuleuse médullaire à 88% avec myéloblastes à 2,5% et promyélocytes à 6,5%. Une leucémie myéloïde chronique au stade myélocytaire chronique a été fortement suspectée et confirmée 6 semaines plus tard par la présence du transcrite de fusion bcr-abl de type b2-a2 réalisé à l'hôpital Henri Mondor à Créteil (France). Devant cette polyadénopathie importante à ce stade de la LMC, nous avons réalisé dans la foulée une biopsie ganglionnaire qui a retrouvé une prolifération de petits lymphocytes matures avec une chromatine dense, d'architecture diffuse pouvant être compatible avec un lymphome lymphocytaire. L'immunomarquage n'a pu être réalisé (plateau technique limité). Les autres bilans biologiques ont montré une augmentation des LDH à 1443 UI/l, une augmentation des PAL à 802UI/L, une augmentation de gamma GT, l'acide urique était normal à 38mg/l, la sérologie VIH négative, la VS était normale à 16mm, l'électrophorèse des protéines sériques était normale, le bilan hépatique et rénal normal. L'échographie abdominale objective une hépatosplénomégalie homogène avec signe d'hypertension portale, une souffrance rénale bilatérale type I et des adénopathies profondes. La TDM, l'immunophénotypage et le caryotype n'ont pu être réalisés faute de moyens financiers.

La patiente a été mise d'emblée sous hydroxyurée à 30mg/Kg/jour associé à l'allopurinol 100mg/ jour et une hyperhydratation. Ce traitement a été remplacé par l'imatinib mésylate 400mg/jour au 15^e jours après la confirmation diagnostique par la présence du transcrite de fusion bcr-abl et la patiente incluse dans le programme GIPAP (Glivec International Patients Assistance Programm) grâce auquel les patients bénéficient gratuitement de Glivec* au Togo. Pour son lymphome, une chimiothérapie de type mini CHOP (Cyclophosphamide, Doxorubicine, Vincristine, Prednisolone) a été préconisée mais l'ordonnance des antimétabolites n'a pu être honorée par manque de moyens financiers.

Sous hydroxyurée puis imatinib, on a noté un début de rémission clinique et hématologique puisque à J21, la splénomégalie était de type III, les globules blancs étaient à $37000/\text{mm}^3$. Malheureusement la patiente a été perdue de vue et de contact et est revenue le 23 mars 2010 (soit 5 mois 9 jours plus tard) dans un tableau d'altération de l'état général, une augmentation du

syndrome tumoral avec une splénomégalie de type IV, des œdèmes des membres inférieurs, et surtout une dyspnée avec douleurs thoraciques dont l'exploration a noté une péricardite avec début de tamponnade. Elle est décédée le 29 mars 2010.

Patient 2

Monsieur M.K., 30 ans, a été référé de l'hôpital secondaire de Bè le 08 août 2012 pour hyperleucocytose à $234900/\text{mm}^3$. Un mois plus tôt, il a présenté des douleurs articulaires, une sensation de lourdeur de l'hypochondre gauche et une plénitude gastrique. Il a consulté à l'hôpital secondaire de Bè puis référé. L'examen à l'entrée a noté : Poids : 61Kg, un très bon état général (ECOG : 0) une splénomégalie type V de Hackett sans hépatomégalie, toutes les aires ganglionnaires étaient libres.

L'hémogramme a objectivé une hyperleucocytose à $396000/\text{mm}^3$ avec une myélémie polymorphe et importante faite de myéloblastes à 2% et promyélocytes à 8%, une anémie à 10,8g/dl arégénérative (réticulocytes : $37\ 000/\text{mm}^3$) et une hyperplaquetose à $568000/\text{mm}^3$. Un myélogramme a confirmé l'hyperplasie granuleuse médullaire à 91,5% avec myéloblastes à 3,5% et promyélocytes à 5,5%. Une leucémie myéloïde chronique au stade myélocytaire chronique a été fortement suspectée et confirmée 15 jours plus tard par la présence du bcr-abl de type b3-a2 réalisé à l'hôpital Henri Mondor à Créteil (France). Les autres bilans biologiques ont montré une augmentation des LDH à 2829UI/l, une hyperuricémie à 94mg/l, le taux des PAL était normal à 356 UI/L, la sérologie VIH négative, présence de l'antigène HbS, la VS était normale à 16mm, l'électrophorèse des protéines sériques était normale, le bilan hépatique et rénal normal.

D'emblée le patient a été inclus au programme GIPAP puis mis sous imatinib mésylate 400mg/jour, dose qui a été réduite à 300mg puis à 200mg en raison des neutropénies profondes. Sous ce traitement on a noté une rémission clinique puis hématologique puisque au contrôle du 12 Juin 2014 (soit 22 mois après) il n'avait pas de splénomégalie et l'hémogramme montrait $4600\ \text{leucocytes}/\text{mm}^3$ dont $2070\ \text{polynucléaires neutrophiles}/\text{mm}^3$.

A partir du 18 septembre 2014 (soit 2ans 1mois après) on a constaté une augmentation progressive de la leucocytose atteignant parfois $21000/\text{mm}^3$ (sans signes d'accélération ni d'acutisation) pour laquelle la dose d'imatinib a été réajustée à 300mg, 400 mg puis à 600mg/jour sans succès. Dans l'hypothèse de l'apparition d'une nouvelle mutation résistante à l'imatinib, un caryotype médullaire a été fait le 29 mai 2016 au laboratoire CERBA en France et a confirmé la présence du chromosome Philadelphie sans aucune autre anomalie surajoutée.

Dans un premier temps le patient a été mis sous imatinib associé à l'hydroxyurée puis à partir de 23 octobre 2018 sous imatinib seul.

Parallèlement à partir du 20 février 2018 (5ans 7mois après) on a noté des adénopathies cervicales droites multiples infracentimétriques dont la taille a augmenté spontanément en décembre 2018 pour atteindre 2,5cm alors que la rémission hématologique est maintenue avec l'hémogramme du 14 janvier 2019 qui montrait des leucocytes à $4200/\text{mm}^3$ avec des polynucléaires neutrophiles à $2100/\text{mm}^3$ et des lymphocytes à $1806/\text{mm}^3$. Une biopsie ganglionnaire a alors été faite le 15 janvier 2019 (6ans 5mois). L'examen anatomopathologique retrouve une prolifération de petits lymphocytes matures, d'architecture diffuse avec des zones nodulaires de cellules plus nucléolées pouvant être compatible avec un lymphome lymphocytaire. L'immunomarquage n'a pu être réalisé (plateau technique limité). L'échographie abdominale et la radiographie du thorax n'ont pas retrouvé d'adénopathies profondes. Le caryotype et le scanner n'ont pu être réalisés pour manque de moyens financiers. Il a un bon état général (ECOG : 1) avec des taux normaux de LDH à 194UI/L et des Béta 2 microglobulines à 1,9mg/l. Le reste du bilan biologique est relativement normal. Une abstention thérapeutique a été préconisée avec une surveillance très rapprochée.

Discussion

Le diagnostic des hémopathies malignes, à la fois myéloïde et lymphoïde chez un même patient, qu'il soit simultané ou séquentiel, est extrêmement rare, avec une incidence globale inférieure à 1% (Hauck et al., 2013). La majorité des cas (66%) ont des présentations séquentielles alors que seulement 34% sont présents simultanément (Laurenti et al., 2011).

Chez notre première patiente, le diagnostic de la LMC et du LNH a été simultané alors que chez le 2^e patient les deux affections se sont succédé à 6 ans 5 mois d'intervalle. Une LMC au stade myélocytaire chronique a été suspectée par la cytologie sanguine et médullaire et confirmée par la présence du transcrit bcr-abl chez la première patiente et chez le 2^e patient par la présence du chromosome Philadelphie. Chez nos deux patients, un LNH de faible malignité histologique puisque d'architecture lymphocytaire à petites cellules donc excluant l'hypothèse d'une crise blastique sur un mode lymphoïde. Des LNH de faible malignité survenue simultanément ou au décours de l'évolution d'une LMC ont été déjà rapportées par trois auteurs (Martoia et al., 1987; Amy et al., 2018; Fujiwara et al., 2018). En Afrique sud saharienne, il s'agit des toutes premières observations à notre connaissance. Des adénopathies sont inhabituelles, présentes seulement dans 7% des 161 LMC suivies par Paolino et al. (1980); leur signification n'est pas univoque : ces adénopathies, de petites à toute petites, plus ou moins généralisées, elles relèvent d'une simple métaplasie myéloïde (3% des LMC); plus volumineuses voire pseudo-sarcomateuses dans 5% des LMC en transformation aiguë selon Rosenthal et al. (1977), de caractère

myéloblastique plus souvent que lymphoblastique, elles accompagnent la crise blastique médullo-sanguine, parfois la précèdent de 2 à 26 mois ou encore la suivent de 3 à 4 mois. Une duplication du Ph1 est fréquemment observée (Martoia et al., 1987). Autrefois exceptionnel, le tableau clinique et l'histologie ganglionnaire correspondant à un LNH authentique agressif au cours d'une LMC, une acutisation sur un mode lymphoblastique étant formellement écarté, cette situation a été rapportée plus tard par plusieurs auteurs (Martoia et al., 1987). Nos patients avaient des adénopathies qui rentraient dans le cadre d'un lymphome indolent et n'étaient pas au stade d'acutisation.

Au cours de la LMC, les proliférations clonales de cellules des lignées lymphocytaires à leurs différents stades de différenciation surviennent généralement au cours de la phase accélérée ou acutisée et représentent 15% des LMC nouvellement diagnostiquées et les territoires les plus fréquemment impliqués dans ces proliférations sont les ganglions lymphatiques, les os, la peau, les tissus mous et le système nerveux central (Amy et al., 2018).

La première association d'un LNH et d'une LMC a été faite pour la première fois par Hanns et al. (1934) et Martoia et al. (1987) qui ont colligé 24 cas certains sans prédominance d'un type histologique et la chronologie de survenue des deux pathologies montrait que dans 14 cas, la LMC précède le LNH de 6 mois à 6 ans (soit 58,33% des cas), toujours traitée ; l'inverse ne survient que 2 fois dans un délai de 2 à 3 ans. Le diagnostic était spontané 8 fois. La LMC est toujours en phase chronique lorsque le lymphome apparaît ; une transformation aiguë ne survient que 6 fois sur 24 en 12 mois ; et aucun parallélisme évolutif ne peut être retenu entre la LMC et le lymphome qui, généralement, domine le pronostic à court ou à moyen terme. Dans notre étude, le diagnostic des deux pathologies a été simultané dans 50% des cas et survenue plus tard dans 50% de cas après un traitement de 6 ans 5 mois. Nos résultats se rapprochent donc de ceux de la littérature (Martoia et al., 1987).

Par contre dans son étude Inverardi et al. (1990) avaient trouvé que la moitié des patients étaient en phase chronique lors de la prolifération lymphoïde et l'autre moitié était en phase accélérée ou acutisée. Les patients qui étaient en phase accélérée ont progressé vers la phase aiguë après 4 mois, impliquant que la prolifération lymphoïde peut annoncer une phase imminente d'acutisation même si la transformation blastique était absente initialement (Inverardi et al., 1990). Une surveillance s'avère donc nécessaire pour ne pas méconnaître une acutisation chez notre 2^e patient. Chez la première patiente le tableau clinique présenté peu avant le décès peut être lié à l'évolution naturelle du LNH mais aussi à une acutisation. Malheureusement nous n'avons pu évaluer aucune des deux éventualités avant son décès.

Toutes ces premières études ont évalué les patients avant l'avènement des inhibiteurs de la tyrosine kinase (ITK) qui ont révolutionné le traitement et le

pronostic de la LMC. Néanmoins même sous ITK, il est indispensable de maintenir le suivi pour ne pas méconnaître une prolifération lymphoïde annonciatrice d'une éventuelle transformation blastique. Dans notre étude, les deux patients ont été mis sous ITK (imatinib). Le deuxième patient, après 6 mois de traitement a présenté des adénopathies alors qu'il était en rémission hématologique et il n'existait pas de signes cytologiques en faveur d'une accélération ou d'une transformation blastique. C'est ce qui nous a poussé à réaliser cette biopsie ganglionnaire qui a retrouvé ce LNH indolent. La même situation a été rapportée par Amy et al. (2018).

La coexistence d'une LMC et d'un LNH est à rapprocher des autres combinaisons, spontanées, de syndromes myéloprolifératifs et lymphoprolifératifs généralement de type B :

- La plus récente est la coexistence d'une leucémie myéломocytaire chronique (LMMC) et l'un lymphome nodulaire de la zone marginale (Paolo et al., 2018);
- La LMC associée à une maladie de Hodgkin (Ritch et al., 1983), une leucémie lymphoïde chronique (Vilpo et al., 1980), un myélome multiple (Doumouchel et al., 1983);
- Une maladie de Vaquez associée à un LNH, un myélome multiple (Heinle et al., 1996), une LLC (Monoharan et al., 1981);
- Une splénomégalie myéloïde associée à une maladie de Waldenström (Broussier et al., 1976), à un LNH (Epstein et al., 1985).

Leur signification mérite d'être discutée, même si aucune conclusion formelle ne peut être retenue. Une coexistence fortuite paraît hautement improbable en raison de la rareté relative de chacune des deux pathologies (Monoharan et al., 1981). Les oncogènes cellulaires localisés sur les segments chromosomiques engagés dans la transformation t (9 ; 22) (q34 ; q11), retrouvée chez notre deuxième patient, peuvent être impliqués. Ainsi l'expression de l'oncogène c-abl situé en position q34 sur le chromosome 9, se trouve amplifiée par la translocation ; il a été isolé d'un rétrovirus, le virus d'Abelson, inducteur de lymphocytes pré-B chez la souris (Marzoia et al., 1987).

Le traitement de l'affection première pourrait jouer un rôle facilitant, par le biais de l'immunodépression induite : on connaît la fréquence des LNH et des cancers chez les sujets atteints de déficits immunitaires congénitaux ou acquis (surtout depuis la survenue de la pandémie du VIH), iatrogènes ou secondaires à un syndrome lymphoprolifératif (Epstein et al., 1985). Certes à chaque fois que la LMC a précédé le lymphome (ou lui a succédé), on retrouvait une irradiation et/ou un traitement par alkylants dont le rôle mutagène et oncogène n'est plus à discuter ; en déduire que le lymphome trouve son origine dans le traitement de la LMC (ou l'inverse), donc ne retenir qu'une relation indiscrète, n'expliquerait pas le petit nombre de cas décrits, les délais de survenue parfois très courts (de quelques mois seulement) et surtout

les observations où le diagnostic est simultané (Doumouchel et al., 1983; Monoharan et al., 1981) comme pour notre première patiente.

C'est pourquoi l'hypothèse d'une maladie de la cellule souche hématopoïétique, extériorisée à deux niveaux et sur deux lignées filles, paraît comme la plus séduisante et la plus conforme aux conceptions actuelles qui font de la LMC une maladie clonale d'une cellule totipotente, précurseur commun des lignées lymphoïdes et myéloïdes (Monoharan et al., 1987) comme viennent l'appuyer la présence du Ph1 dans les lymphocytes B matures et dans les transformations aiguës sur un mode lymphoblastique.

Depuis quelques années, les études cytogénétiques et moléculaires sur les oncogènes cellulaires ont permis d'établir des liens de parenté entre les processus prolifératifs apparemment distincts. En effet les mutations génétiques des oncogènes tels que ceux de la famille du RAS, ou des gènes suppresseurs de tumeurs, tels que p53, ont été retrouvés chez les patients atteints de LMC et de LNH (Hirsch-Ginsberg et al., 1990; Nakatsuka et al., 2002) et théoriquement prédisposés à plusieurs tumeurs malignes. Dans une étude récente, les données de l'étude de contrôle IV randomisée, étude IV de la LMC, ont été analysées pour évaluer l'impact de l'utilisation à long terme des ITK dans le développement de tumeurs malignes secondaires. Les patients LMC sous ITK avaient une incidence standard significativement plus élevée (ratio de 3,33 pour les hommes et de 4,29 pour les femmes) de développer un LNH par rapport à une population allemande. Le délai médian entre le diagnostic de LMC et le diagnostic d'une autre tumeur maligne était de 2,4 ans. En effet les mécanismes de réparation de l'ADN par les ITK pourraient être un potentiel mécanisme de cette découverte basé sur des études précliniques (Amy et al., 2018). Nos deux patients ont bénéficié d'un traitement par ITK qui a permis d'obtenir une bonne rémission clinique et hématologique et le 2^e patient n'a développé son lymphome qu'après un long délai de 6 ans 5 mois.

Les onco-hématologistes et pathologistes doivent être conscients de la possibilité de tumeurs malignes hématologiques concomitantes. Une adénopathie chez un patient atteint de LMC peut représenter une transformation blastique, mais une hémopathie lymphoïde distincte peut également être possible. Lorsque cela est suspecté à l'examen clinique, il est indispensable d'effectuer une évaluation plus poussée en utilisant de nouvelles techniques notamment l'immunohistochimie, la cytométrie en flux, la PCR qui permettent un diagnostic concluant et précis. Comme le traitement de chacune des hémopathies malignes diffère souvent, cette distinction est importante pour permettre aux cliniciens de mieux poser de bonnes indications thérapeutiques.

Conclusion

La séquence LMC – LNH mérite encore d’être rapportée au Togo et en Afrique subsaharienne, non par esprit de collection, mais par intérêt dogmatique et doctrinal. Une banale coïncidence est à écarter, en raison des multiples descriptions de syndromes myéloprolifératifs et lymphoprolifératifs associés. La LMC a valeur d’exemplarité car elle apporte des arguments solides pour une maladie clonale originelle. Des études ultérieures pour évaluer la pathogenèse de la double existence des proliférations malignes, myéloïdes et lymphoïdes, sont nécessaires pour mieux comprendre et gérer les patients.

References:

1. Amy G. Starr, Sushma R. Jonna, Joeffrey J. Chahine, Bhaskar V. Kallakury, & Chaitra S. Ujjani (2018). Concurrent Diagnosis of Chronic Myeloid Leukemia and Follicular Lymphoma: An Unreported Presentation. Hindawi. Case Reports in Hematology Volume, Article ID 7493601, 4 pages <https://doi.org/10.1155/2018/7493601>
2. Broussier, J., Dao, C., & Zittoun, R. (1976). Macroglobulinémie de Waldenström avec splénomégalie myéloïde. *Ann Med Interne*; 127 : 483-90.
3. Cuenca, X., Xhaard, A., & Mounier. N. (2009). Facteurs pronostiques dans les lymphomes non hodgkiniens et les lymphomes de hodgkin. *Bulletin du cancer*; 96 : 461– 473.
4. Doumouchel, P., Casassus, Ph., Giacomini, T., & Lortholary, P. (1983). Coexistence d’un myélome et d’une leucémie myéloïde chronique. *Sem Hôp (Paris)*; 59 : 2191 – 3
5. Druker, BJ., Talpaz, M., Resta, DJ., Peng, B., Buchdunger, E., Ford, JM et al. (2001). Efficacy and safety of a specific inhibitor of the BCR-ABL tyrosine kinase in chronic myeloid leukemia. *N Engl J Med*; 344: 1031-7
6. Epstein, JR., Joshua, DE., Kronenberg, H. (1985). idiopathic myelofibrosis complicated by lymphoma. Report of two cases. *Acta Haematol* ; 73 : 40 – 4.
7. Fujiwara, S. I., Shirato, Y., Ikeda, T. et al. (2018). Successful treatment of follicular lymphoma with second-generation tyrosine kinase inhibitors administered for coexisting chronic myeloid leukemia,” *International Journal of Hematology* ; 107(6) :712–715.
8. Hanns, A., Israel, L., Sacrez, R. (1934). Sarcome lymphoblastique avec image sanguine de leucémie myéloïde chronique. *Strasbourg Med*; 94 : 42 – 3.

9. Hauck, G., Jonigk, D., Kreipe, H. & Hussein, K. (2013). "Simultaneous and sequential concurrent myeloproliferative and lymphoproliferative neoplasms," *Acta Haematologica*; 129 (3) : 187–196.
10. Heinle, EW., Sarasti, HO., Garcia, D., Kenny, JJ., & Werterman, MP. (1996). Polycythemia vera associated with lymphomatous disease and myeloma. *Arch Intern Med*; 118 : 351-55.
11. Hirsch-Ginsberg, C., LeMaistre, A. C., Kantarjian, H. et al. (1990). RAS mutations are rare events in Philadelphia chromosomenegative/ bcr gene rearrangement-negative chronic myelogenous leukemia, but are prevalent in chronic myelomonocytic leukemia. *Blood* 1990 ;76 : 1214 -19.
12. Inverardi, D., Lazzarino, M., Morra, E. et al. (1990). Extramedullary disease in Ph⁺-positive chronic myelogenous leukemia: frequency, clinical features and prognostic significance. *Haematologica* ; 75 : 146–148.
13. Laurenti, L., Tarnani, M., Nichele, I. et al. (2011). The coexistence of chronic lymphocytic leukemia and myeloproliferative neoplasms: a retrospective multicentric GIMEMA experience," *American Journal of Hematology*; 86(1) : 1007–1012.
14. Martoia, R., Lamy, T., Delmaire, P., Algayres, J-P., Rougier, Y., & Laurens, A. (1987). Survenue d'un lymphome non hodgkinien au cours d'une leucémie myéloïde chronique. *Rev Méd Interne*; 8 : 471-474.
15. Monoharan, A., Catovsky, D., Clein, P et al. (1981). Simultaneous or spontaneous occurrence of lympho and myeloproliferativ disorders : a report of four cases. *Br J Haemat*; 48: 111-6.
16. Nakatsuka, S., Hongyo, T., Syaifudin, M., Nomura, T., Shingu, N., & Aozasa, K. (2002). Mutations of p53, c-kit, K-ras, and beta-catenin gene in non-Hodgkin's lymphoma of adrenal gland. *Japanese Journal of Cancer Research*; 93(3): 267–274.
17. Paolo K. Soriano, Taylor Stone, Junaid Baqai, & Sherjeel Sana (2018). A Case of Synchronous Bone Marrow Chronic Myelomonocytic Leukemia (CMML) and Nodal Marginal Zone Lymphoma (NMZL). *American Journal of Case Reports*; 19: 1135-1139.
18. Paulino, W., Infelise, V., Degani, G. et al. (1980). Adénopathie nella leucemie mieloide cronica. *Min Med*; 71 : 2115 – 23.
19. Ritch, PS., Anderson, T., Hanson, GA. et al. (1983). Chronic Granulocytic Leukemia following radiation therapyfor Hodgkin's disease. *Cancer*; 52 : 462- 4.

20. Rosenthal, S., Canellos, GP., De Vita, VT Jr., Gralnick, HR. (1977). Characteristics of blast crisis in chronic granulocytic leukemia. *Blood*; 49 : 705 – 14.
21. Smeeta Gajendra, Archana Sharma, Rashi Sharma, Sunil Kumar Gupta, Nitin Sood, & Ritesh Sachdev (2016). Hodgkin Lymphoma in a Case of Chronic Myeloid Leukemia Treated with Tyrosine Kinase Inhibitors. *Case Report. tjpath.01368. doi: 10.5146.*
22. Vilpo, JA., Klemi, P., Lassila, O., & De la Chapelle, A. (1980). Concomitant presentation of two chronic leukemias : evidence for independant clonal evolution. *Am J Hematol*; 8 :205 11.
23. Xiaorui Fu, Yufeng Shang, Lei Zhang, Ling Li, Xin Li, Xinhua Wang et al. (2018). Analyses and treatment of simultaneous bi-lineage malignancies of myeloid leukemia and lymphoma: Two case reports and a literature review. *Oncology Letters*; 16: 6624-6632.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Caracteristiques Du Système D'exploitation Des Poulets Locaux Dans Deux Zones Agro-Ecologiques (Sud Forestier Et Centre Savanicole) De La Côte D'Ivoire

Loukou N'Goran Etienne,

Maître-Assistant, Département de Biochimie-Génétique, UFR de Sciences
Biologiques, Université Peleforo Gon-Coulibaly, Korhogo,
Côte d'Ivoire

Soro Kouhana,

Assistant, Département de Biochimie-Génétique, UFR de Sciences
Biologiques, Université Peleforo Gon-Coulibaly, Korhogo,

Soro Brahima,

Maitre-Assistant, Laboratoire de Génétiques, UFR Biosciences,
Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan,
Côte d'Ivoire,

Rognon Xavier,

Professor in Animal genetics, UFR Génétique, Elevage et Reproduction,
AgroParisTech/département SVS,
Paris, France

Kayang B. Boniface,

Senior Lecturer, Department of Animal Science, College of Agriculture &
Consumer Sciences, University of Ghana Legon, Ghana,

Youssao Abdou Karim Issaka,

Professeur Titulaire, Département de Production et Santé Animales, Ecole
Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi,
Cotonou, Bénin

Yapi-Gnaoré Chia Valentine,

Directrice Générale du Centre International de recherche-développement sur
l'élevage en zone subhumide (CIRDES),
Avenu du Gouverneur Louveau, Bobo-Dioulasso,
Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n40p240](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p240)

Submitted: 27 October 2021

Accepted: 17 November 2021

Published: 30 November 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Etienne L., Kouhana S., Brahima S., Xavier R., Boniface K., Issaka Y.A.K., & Valentine Y.G.C., (2021). *Caracteristiques Du Système D'exploitation Des Poulets Locaux Dans Deux Zones Agro-Ecologiques (Sud Forestier Et Centre Savanicole) De La Côte D'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(40), 240.
<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p240>

Résumé

Les poulets locaux, malgré leur rôle important dans l'aviculture ivoirienne, souffrent de leur faible productivité. Pour contribuer à l'amélioration de leur productivité, une étude descriptive a été réalisée sur son élevage auprès 206 paysans natifs de deux zones agro-écologiques à l'aide d'un questionnaire. Les résultats indiquent les paysans exploitent les poulets locaux dans un système exclusivement extensif. L'aviculture villageoise est une activité dominée par les hommes (79,60 %) et la considérant comme secondaire (97 %). La plupart de ces aviculteurs sont analphabètes (52,5 %). La rusticité et la qualité organoleptique des produits constituent les principales motivations en faveur de cet élevage dans 82 % cas en moyenne. Ils ont débuté l'élevage par achat (59 %) d'un petit noyau initial, par don ou par héritage (41 %) en zone de forêt et par confiage (60 %) en zone de savane. La 1^{ère} ponte d'une poulette intervient en moyenne à 6 mois d'âge (52,5 %). Un faible effectif (23 poulets) composé en majorité de jeunes sujets (55,21 %), de poules (33,19 %) et de coqs (11,40%) a été observé dans les cheptels. Le plein air intégral (73,30 %) a été le mode privilégié d'élevage en zone de savane. Les épizooties (54,35 %) et les prédateurs (38 %) ont été les premières causes de mortalité. Les produits d'élevage issus de ce système ont été utilisés en autoconsommation (62 %) en zone de forêt et vendus (65 %) en zone de savane. La levée des contraintes caractérisant le système extensif pourrait aider à l'amélioration de la productivité des poules locales.

Mots clés: Amélioration, Système Extensif, Poulet Local, Production

Characteristics Of The System Of Exploitation Of Local Chickens In Two Agro-Ecological Zones (South Forest And Savannah Center) Of Côte d'Ivoire

Loukou N'Goran Etienne,

Maître-Assistant, Département de Biochimie-Génétique, UFR de Sciences Biologiques, Université Peleforo Gon-Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire

Soro Kouhana,

Assistant, Département de Biochimie-Génétique, UFR de Sciences Biologiques, Université Peleforo Gon-Coulibaly, Korhogo,

Soro Brahima,

Maitre-Assistant, Laboratoire de Génétiques, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire,

Rognon Xavier,

Professor in Animal genetics, UFR Génétique, Elevage et Reproduction, AgroParisTech/département SVS, Paris, France

Kayang B. Boniface,

Senior Lecturer, Department of Animal Science, College of Agriculture & Consumer Sciences, University of Ghana Legon, Ghana,

Youssao Abdou Karim Issaka,

Professeur Titulaire, Département de Production et Santé Animales, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin

Yapi-Gnaoré Chia Valentine,

Directrice Générale du Centre International de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide (CIRDES), Avenu du Gouverneur Louveau, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

Abstract

Local chickens play an important role in Ivorian poultry farming, but this animal resource suffers from its low productivity. In order to contribute to the improvement of this productivity, a descriptive study was carried out on its breeding among two hundred and six (206) farmers who were native to two agro-ecological zones using a structured questionnaire. The results indicate that these farmers are exploiting local chickens in an extensive system exclusively. Village poultry farming is an activity dominated by men (79.60%) and considered secondary (97%). Most of these poultry farmers are illiterate

(52.5%) and the rusticity and organoleptic quality of the products are the main motivations for this breeding in an average of 82% cases. They began breeding by purchasing a small nucleus (59%), by gifts or inheritance (41%) in the Forest zone and by entrusting (60%) in the Savannah zone. The first laying of a pullet occurs on average at 6 months of age (52.5%) and the early pullet lays its first eggs between 4 and 6 months (13%). A few chickens (23), the majority of which were youngsters (55.21%), hens (33.19%) and roosters (11.40%), were observed in the flocks. In Savannah areas, free-range rearing (73.30%) was the preferred method of rearing. Epizootics (54.35%) and predators (38%) were the main causes of mortality. The livestock products from this system were used for self-consumption (62%) in the forest zone and sold (65%) in the Savannah zone. Removing the constraints that characterize the extensive system could help to improve the productivity of local chickens.

Keywords: Biodiversity, Carbon, Degradation, Forest, Congo

Introduction

Dans les pays ouest africains, les produits de l'aviculture familiale constituent une source permanente de revenus et servent comme moyen d'accumulation de capital (Guèye, 2003). Dans les campements ou villages isolés des grandes agglomérations, les volailles traditionnelles sont utilisées pour le troc. Un poulet est l'équivalent d'une barre de savon, d'un kg de sel et 5 à 8 poulets permettent de se procurer une chèvre selon Mukiibi-Muka (1992) en Ouganda. Les produits (viande et œufs) issus des poulets locaux sont très appréciés des consommateurs africains (Fotsa, 2008) qui leur octroient de meilleurs prix par rapport aux souches exotiques génétiquement améliorées (Guèye, 2002). Les produits avicoles locaux se retrouvent généralement au centre de nombreuses circonstances de la vie socio-culturelle et religieuse (Bonfoh, 1997 ; Sonaiya *et al.*, 1989). Par ailleurs, l'aviculture traditionnelle est l'une des premières sources de protéines, d'origine animale, domestiques disponibles pour les personnes les plus vulnérables (femmes, enfants et personnes du troisième âge) et constitue un moyen de lutte contre la pauvreté dans les pays en développement (Guèye, 2004, Issa *et al.*, 2012, Nahimana *et al.*, 2019).

En Côte-d'Ivoire, l'aviculture familiale occupe toujours une place importante dans l'industrie avicole malgré le développement rapide du secteur avicole moderne utilisant les races exotiques. En 2013, il a été dénombré plus de 25,54 millions de volailles traditionnelles sur les 58,38 millions que comptait le cheptel avicole ivoirien (EU, 2017). Cette volaille traditionnelle est dominée par la sous-espèce *Gallus gallus domesticus* qui en occupe la première place.

Malgré le rôle socioculturel et économique important joué par l'élevage traditionnel des poulets locaux, il n'existe pas de véritables programmes de valorisation encore moins de gestion de l'aviculture traditionnelle en Côte-d'Ivoire. Pourtant, la Côte d'Ivoire est déficitaire en produits carnés et laitiers (MIRAH, 2014). Son plan de relance pour le développement de l'élevage a adopté comme stratégie, l'amélioration de la production des animaux à cycle court où les volailles occupent une place de choix (MIRAH, 2013). Pour une amélioration efficiente des performances et une meilleure gestion des ressources animales locales, l'organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) recommande l'identification et la caractérisation des systèmes d'élevage et des animaux domestiques d'élevages (FAO, 1984). C'est dans ce contexte que la présente étude de caractérisation des systèmes d'élevage des poulets locaux a été initié dans un projet de valorisation des ressources animales avicoles des pays côtiers. Il s'agit spécifiquement de :

- caractériser les pratiques de l'élevage de la poule locale ;
- apprécier l'importance socio-économique des poulets locaux dans la vie des ménages ruraux;
- relever les contraintes s'opposant à l'amélioration de la productivité de la poule locale dans le milieu rural.

I. Matériel et Méthodes

I.1. Milieu d'étude

I.1.1. Zone de Forêt

Située au Sud-est de la Côte-d'Ivoire, elle est caractérisée par une végétation abondante, un climat attién où la pluviométrie annuelle est en moyenne de 1 600 mm, une température oscillant entre 26 °C et 32 °C et un taux d'hygrométrie dépassant 90 % (FAO, 2005). Cette zone est composée de trois régions administratives dans lesquelles des circonscriptions administratives ont été ciblées (Figure 1):

- ✓ **la région des Lagunes** est située au Sud (circonscription administrative : Alépé). Elle s'étend sur une superficie de 12 949 km² avec 5, 05 millions d'habitants dominés par une population jeune (INS, 2014),
- ✓ **la région du Sud-Comoé** située à l'Est (circonscription administrative : Aboisso) faisant frontière avec le Ghana (pays côtier). Elle couvre une surface de 7 619 km² avec environ 0,6 million d'habitants et une population essentiellement jeune.
- ✓ **la région de l'Agnéby** est à l'Ouest d'Aboisso (circonscription administrative : Agboville). Elle s'étend sur une superficie de 9 093 km² avec 0,7 million d'habitants et une population en majorité jeune (INS, 2014).

L'économie de cette zone est basée sur l'agriculture d'exportation. De vastes étendues de cultures pérennes (cacao, café, hévéa, palmier à huile) sont exploitées.

I.1.2. Zone de savane

La zone de savane dans cette étude est située au Centre-Est de la Côte-d'Ivoire, une zone de transition entre la forêt et la savane. Elle est caractérisée par une végétation arborée, un climat baouléen avec une pluviométrie annuelle de 1 000 mm en moyenne et une température variant entre 22°C et 37°C. La zone de savane comprend deux régions administratives (Figure 1) :

- ✓ **la région des Lacs** situé au Centre-Sud de la Côte-d'Ivoire où deux circonscriptions administratives ont été prospectées (Yamoussoukro et Didiévi). La superficie de la région des Lacs est estimée à 8 663 km² avec une population jeune et un total de 0,8 millions d'habitants (INS, 2014).
- ✓ **la région du Iffou**, au Centre-Est (circonscription administrative : M'Bahiakro) elle couvre environ 19 480 km² avec environ 0,85 millions d'habitants et une population de jeunes.

La zone de savane a une économie basée sur les cultures de rentes (cacao, café, coton, mangue, anacarde).

I.2. Choix des sites d'enquête et des propriétaires de poulets locaux

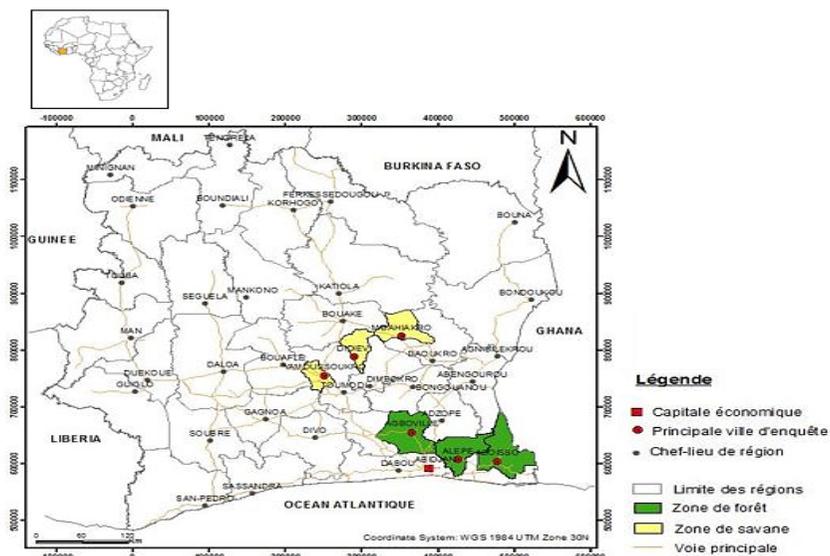
Les sites d'enquêtes ont été choisis sur la base de critère d'éloignement entre les villages ou campements et le centre-ville. La distance minimale acceptable a été de 10 km, elle garantit une bonne répartition des éleveurs sur les différentes zones d'enquête et une meilleure diversité à observer chez les poulets locaux.

Les propriétaires de fermes ont été choisis selon trois critères ; être disposé à se soumettre au questionnaire de l'enquête sur l'élevage de volaille, être éleveur de volaille d'au moins un an et être propriétaire d'au moins 10 têtes de poulets adultes. Ces critères de choix répondent au souci d'un bon échantillonnage afin de mieux cerner le système d'élevage de la poule locale.

I.3. Réalisation de l'enquête et collecte des données

L'enquête sur les poulets locaux a été conduite entre novembre 2006 et juillet 2007 à l'aide d'un questionnaire structuré. Cette enquête à passage unique a eu pour cible les propriétaires de volailles traditionnelles en milieu paysan, en particulier ceux qui possédaient la sous-espèce *Gallus gallus domesticus*. L'enquête a porté essentiellement sur les questions socio-économiques qui concernent la situation sociale du propriétaire de volaille et sur les pratiques d'élevage telles que la conduite du troupeau, la santé animale

et l'utilisation des produits d'élevage. Des données qualitatives et quantitatives ont été collectées auprès de 206 personnes dont 105 propriétaires



de volailles en zone de forêt et 101 en zone de savane provenant de 60 villages et disposant de 4 825 poulets locaux.

Figure 1. Départements et villes de collecte des données dans les deux zones agro-écologiques

I.4. Traitement des données

Les fréquences des variables qualitatives qui sont relatives à la situation sociale de l'éleveur, l'exploitation, la conduite du troupeau et de l'utilisation des produits d'élevage ont été calculées. Les moyennes et les écart-types des variables quantitatives (âge de l'éleveur, taille de la famille, âge de la ferme, surface de l'exploitation, taille du troupeau, paramètres de production) ont également été calculés et suivis de test Z ou de test Khi-deux de comparaisons des fréquences des variables entre les deux zones. La taille des différents cheptels a été obtenue par estimation selon les informations données par le propriétaire. Ces différentes analyses ont été réalisées à l'aide des logiciels XLSTAT version 2016.02.28451 et SPSS® Statistics version 20.

II. Résultats

II.1. Statut socioculturel et économique des propriétaires de volailles

Dans chacune des zones, l'élevage de poulets locaux est pratiqué majoritairement par les hommes, 81 % et 78 % en zone de forêt et de savane, respectivement (Tableau 1). Cette activité est menée par diverses personnes issues de différentes couches sociales : agriculteurs, cultivateurs, enseignants, commerçants et ouvriers agricoles. Cependant, les planteurs et les cultivateurs

ont été les plus nombreux (65 %) dans les deux zones. L'élevage des poulets locaux est en majorité pratiqué par des adultes et des personnes du troisième âge. Ces personnes représentent 78 % et 79 % de l'effectif total des interviewés, respectivement en zone de forêt et en zone de savane. Ils vivent en couple dans 83 % des cas et ont à 90 % des enfants. Plus de la moitié des aviculteurs traditionnels n'ont pas été scolarisés (55 % de cas en zone de savane et 49 % en zone de forêt). Néanmoins, sur l'ensemble des deux zones, 48 % des personnes interrogées l'ont été avec 25 % ayant le niveau d'étude primaire et 23 %, le niveau du secondaire (Tableau 1).

L'aviculture traditionnelle est considérée comme une activité secondaire par les personnes interrogées (Tableau 1) et leur activité principale dans la zone forestière est la production de cultures vivrières (riz, banane plantain, igname, taro) et/ou de cultures industrielles d'exportation (cacao, café, hévéa, palmier à huile, banane dessert). Ces deux types de productions agricoles représentent 57 % de leurs activités. Par contre, en zone de savane, ces aviculteurs sont aussi producteurs de cultures vivrières (igname, manioc, arachide et légumineuses) dans 63 % des cas (Tableau 1). Les autres aviculteurs sont des commerçants, des salariés agricoles, des enseignants, des infirmiers et des ouvriers agricoles.

II.1.1. Types d'exploitation agricole

En zone forestière, les personnes interrogées (40 %) ont, en plus des poulets locaux, d'autres espèces animales telles que des ruminants (36 %), des suidés et autres espèces de volailles (4 %) telles que des pintades, des canards et des dindes. En zone de savane, 43 % des personnes interrogées élèvent d'autres espèces animales ; 40 % de ces personnes pratiquent l'élevage de ruminants et 3 % possédaient des suidés et d'autres espèces de volailles (pintades, canards et dindes).

II.1.2. Motivation en faveur de l'élevage de la poule locale

La poule locale est élevée surtout pour sa rusticité et la qualité organoleptique de ses produits (viande et œuf). Ces deux raisons ont motivé 87 % des propriétaires en zone de forêt et 68 % des propriétaires en zone de savane en faveur de cet élevage (Tableau 1). Certaines personnes pratiquent cette activité par simple tradition (33 %) en zone de savane.

Tableau 1. Statut socio-culturel et économique des propriétaires de poulets locaux dans les deux zones agro-écologiques

Variabiles	Modalités	Forêt	Savane	Test Z
Sexe de l'éleveur	Homme	81,00%	78,20%	NS
	Femme	19,00%	21,80%	NS
	< 35ans	21,90%	20,80%	NS

Tranche d'âge des propriétaires	36 ans<âge<50	52,40%	41,60%	NS
	Age> 50 ans	25,70%	37,60%	NS
Situation matrimoniale	Célibataire	16,20%	13,90%	NS
	Mariage légal	4,80%	3,00%	NS
	Mariage traditionnel	79,00%	82,20%	NS
Formation initiale	Primaire	19,00%	30,70%	NS
	Secondaire	30,50%	9,90%	**
	Supérieur	1,90%	3,00%	NS
Formation professionnelle	Non scolarisé	48,60%	56,40%	NS
	Agro-éleveur	4,80%	2,00%	NS
	Autres	21,90%	24,80%	NS
Activités principales	Aucune	73,30%	73,30%	NS
	Cultivateurs	21,90%	62,40%	**
	Planteurs	34,30%	1,00%	**
	Eleveurs	3,80%	2,00%	NS
Autres espèces	Autres	40,00%	34,70%	NS
	Ruminants	36,20%	39,60%	NS
	Porcins	1,90%	1,00%	NS
	Autres	1,90%	2,00%	NS
Production agricole	Aucune	60,00%	57,40%	NS
	Viviers/ industriels	94,30%	97,00%	NS
Surface exploitation	Aucune	5,70%	3,00%	NS
	0 ha	2,90%	4,00%	NS
	0,25 à 1 ha	18,10%	26,70%	NS
	1,25 à 5 ha	56,20%	60,40%	NS
Motivations de poule locale	Plus de 5 ha	22,90%	8,90%	**
	Qualité	27,60%	22,80%	NS
	Rusticité	20,00%	19,80%	NS
	Qualité/Rusticité	41,00%	24,80%	**
	Tradition	11,40%	32,70%	**

** au seuil de 0,05, la différence entre les proportions des modalités d'une variable dans une même colonne est significative. NS = Non significative au seuil de 5 %

II.2. Conduite d'élevage des poulets locaux

Les fermes visitées ont en moyenne 13 ans d'âge d'existence. La plus récente a été observée en zone de forêt et la plus ancienne en zone de savane, respectivement 1 an et 60 ans d'âge (Tableau 2).

II.2.1. Acquisition du noyau initial

Le mode d'acquisition du noyau initial est l'achat dans 59 % des cas et le don ou l'héritage des volailles dans 41 % des cas en zone de forêt. Par contre, en zone de savane, la réception d'une ou de deux poules confiées à un ami ou à un parent avec partage des descendants après un an d'élevage est le principal mode d'acquisition, suivi d'achat. Dans ces deux zones, la plupart des aviculteurs ont commencé leur élevage avec un petit noyau, soit une ou deux poules lorsqu'ils sont dans un village d'éleveurs de poules locales ou une ou deux poules et un coq lorsqu'ils sont isolés. La taille du troupeau initial a été généralement inférieure à 10 têtes (Tableau 2). Ils provenaient en majorité des élevages voisins, d'un parent, du village le plus proche ou d'un marché de la localité.

II.2.2. Identification des poulets et taille du cheptel

Le mode d'identification des poulets locaux le plus utilisé dans les différentes régions visitées a été la section de doigts des pattes (51,40 %). En zone de savane, en plus de section des doigts (47,50 %), d'autres personnes reconnaissent leurs oiseaux à l'aide de la couleur et des dessins du plumage dans 46 % des cas (Tableau 2).

Tableau 2. Acquisition et taille du noyau d'élevage de la poule locale dans les deux zones

Variables	Modalités	Forêt	Savane	Test Z
Age de la ferme	1 à 5 ans	28,60 %	40,60 %	NS
	6 à 10 ans	38,10 %	24,80 %	NS
	plus de 10ans	33,30 %	34,70 %	NS
Taille du noyau d'élevage	Petit	89,50 %	96,00 %	NS
	Moyen	7,60 %	4,00 %	NS
	Grand	2,90 %	0	NS
Provenance des poulets du noyau	Un seul éleveur	51,40 %	45,50 %	NS
	Plusieurs	18,10 %	10,90 %	NS
	Marché	6,70 %	16,80 %	NS
	Parent	23,80 %	26,70 %	NS
Mode d'identification des poulets	Plumage	41,90 %	45,50 %	NS
	Doigts coupés	51,40 %	47,50 %	NS
	Bagues	1,90 %	3,00 %	NS
	Autre	4,80 %	4,00 %	NS

NS : test Z non significatif au seuil de 5 %

Dans ces cheptels, le sex-ratio a été d'environ 1 mâle pour 3 femelles et de 23 poulets en moyenne par éleveur. Leur structuration par région, par classe d'âge et par sexe dans les deux zones d'enquêtes est consignée dans le tableau 3. Le test de comparaison de proportions relatives aux effectifs d'oiseaux des deux zones est non significatif (Tableau 3) et les sujets jeunes majoritaires ont représenté 55 % de l'effectif total.

Tableau 3. Effectifs de jeunes poulets, de coqs et de poules repartis dans les deux zones agro-écologiques

		Jeunes sujets	Coqs	Poules	Total
Zone de forêt	Agboville	59,81% (558)	10,83% (101)	29,37% (274)	100 % (933)
	Alépé	51,65% (407)	10,53% (83)	37,82% (298)	100 % (788)
	Aboisso	49,87% (389)	13,72% (107)	36,41% (284)	100 % (780)
Zone de savane	Yamoussoukro	54,55% (492)	10,98% (99)	34,48% (311)	100 % (902)
	Didiévi	53,83% (415)	12,58% (97)	33,59% (259)	100 % (771)
	M'Bahiakro	58,83% (383)	9,68% (63)	31,49% (205)	100 % (651)
Total	Forêt	54,14 % (1 354)	11,64 % (291)	34,23 % (856)	100 % (2 501)
	Savane	55,51 % (1 290)	11,14 % (259)	33,35 % (775)	100 % (2 324)
Test Z		NS	NS	NS	NS

Au seuil de 0,05, la différence entre les proportions dans une même colonne est non significative (NS)

II.3. Paramètres de production et de reproduction de la poule locale

II.3.1. Choix des reproducteur(trice)s

Dans les fermes visitées en zone de forêt, le choix du coq reproducteur est essentiellement guidé par l'aspect morphologique de l'oiseau : gros format, haut sur patte et de préférence doré ou argenté. Quant à la poule, le choix est fait sur la base du comportement : docilité, bonne couveuse, bonne protection des poussins. Par contre ce choix, en zone de savane, ces choix sont portés principalement sur l'aspect physique du coq (gros format, couleur du plumage blanche ou perdrix) et sur la docilité de la poule mère (Figure 2).

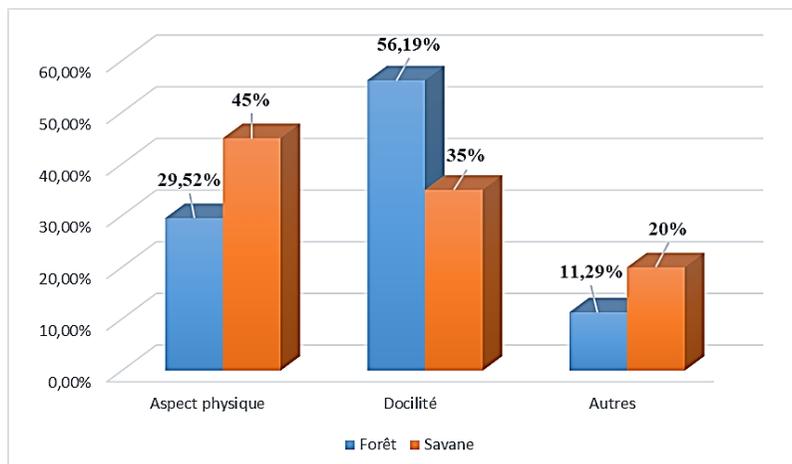


Figure 2. Fréquences des critères de choix des poules et coqs reproducteurs en zones de forêt et de savane

II.3.2. Reproduction

Dans le milieu villageois, la reproduction des poulets locaux est libre et une poule peut être fécondée par plusieurs mâles. Néanmoins, l'éleveur peut reconnaître la mère poule de chaque oiseau de son cheptel. Après les pontes, la couvaison est réalisée naturellement sous poule aussi bien dans la zone de savane que dans la zone de forêt.

II.3.3. Précocité des poulettes à la ponte

Les poulettes locales ont effectué leur 1^{ère} ponte à l'âge de 6 mois en moyenne selon les personnes interrogées. Cependant, certaines poulettes rentrent en ponte entre le 4^e et le 5^e mois de leur vie. D'autres éleveurs ont estimé que la poulette pond ses premiers œufs à l'âge de 10 mois ou plus. Plus de la moitié des éleveurs (52 %) ont estimé que la poulette entre en ponte entre 6^e et 10^e mois d'âge. Les poulettes de la zone de savane semblent beaucoup plus précoces qu'en zone de forêt (Figure 3).

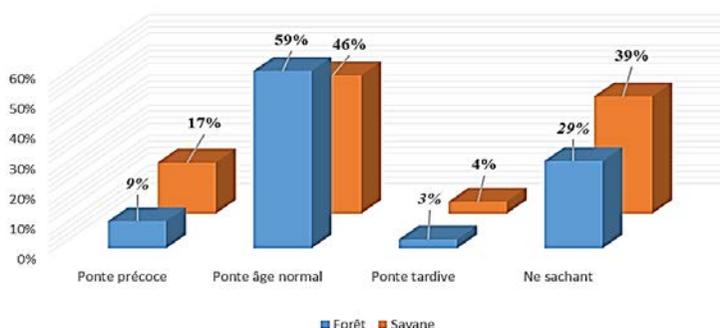


Figure 3. Fréquences de l'âge à la première ponte des poules locales dans différentes classes d'âge par les éleveurs en zones de forêt et de savane

***Ponte précoce** : la 1^{ère} ponte intervient chez la poulette avant l'âge de 6 mois ; **Ponte âge normal** : la 1^{ère} ponte intervient entre le 6^e et le 10^e mois de vie ; **Ponte tardive** : la 1^{ère} ponte intervient chez la poule après 10 mois de vie.*

II.3.4. Performance de ponte des poules locales

La quantité moyenne d'œufs pondus par une poule locale est de 10 œufs par cycle de ponte. Cette quantité varie de 7 à 15 œufs en fonction de l'âge de la poule. Le cycle de ponte est estimé entre 2 et 5 par an et 4 en moyenne. La saison sèche est la période favorable à la ponte (68 %) et à l'éclosion (80 %) en zone de forêt. Quelle que soit la saison (sèche ou pluvieuse), la production d'œufs et l'éclosion s'effectuent normalement dans la zone de savane. Le taux d'éclosion pendant ces deux périodes est de 80 % dans la zone de savane et 60 % dans la zone de forêt.

II.4. Contraintes liées à la conduite de l'élevage de la poule locale

II.4.1. Habitat des poulets locaux

Trois types d'habitat ont été observés dans les deux zones d'étude. L'abri plus parcouru libre (57 %), le plein air intégral (40 %) et le bâtiment permanent (3 %) ont été observés en zone de forêt et le plein air intégral a été majoritairement observé (73,30 %) en zone de savane. Les abris sont construits à base de matériaux locaux. Ils sont faits en terre argileuse battue (banco) et couverts de pailles ou de tôles (Figure 4).



Figure 4. Abris sommaires observés des poulets locaux dans les zones d'étude

II.4.2. Alimentation des poulets locaux

La majorité (95 %) des propriétaires de volailles distribuent des compléments alimentaires à base de céréales aux poulets. D'autres (30,5 %) distribuent en plus des aliments protéiques tels que le poisson rendu en poudre et mélangé aux sons de céréales ou des termites vivants. Par contre, certains propriétaires de volailles (9,5 %) en zone de forêt n'en donnaient pas.

II.4.3. Causes de mortalité des poulets locaux

La mortalité des oiseaux en zone de forêt a été observée surtout chez les poussins et les jeunes poulets. Les maladies aviaires ont été mises en causes par 57 % des personnes interrogées dans les cas de mortalité des poulets. Ensuite les prédateurs tels que les rapaces (éperviers, corbeaux), les carnivores (civette, chats sauvages) et les reptiles (serpents) ont été cités dans 43 % des cas de mortalité. En zone de savane, la mortalité a été observée à tout âge chez les oiseaux. Elle a été provoquée par des maladies aviaires dans 54 % des cas de mortalité. Les prédateurs ont été à l'origine de 14 % des mortalités en zone de savane (Tableau 4).

II.4.4. Soins administrés en cas de maladies ou de prévention aux poulets locaux

La prévention ou le traitement des maladies aviaires est peu pratiqué par les propriétaires de volailles dans les deux zones. Seules quelques personnes utilisent des produits vétérinaires pour prévenir ou traiter les maladies aviaires (15 % en zone de forêt et 8 % en zone de savane). Plusieurs propriétaires de volailles pratiquent l'automédication (42 %) en utilisant des produits pharmaceutiques non conventionnels (de l'ampicilline communément appelée "toupaille", du paracétamol ou de la nivaquine) pour les traitements. D'autres propriétaires utilisent des recettes médicales traditionnelles (écorces, feuilles et fruits des plantes médicinales) contre ces pathologies. En zone de savane, des éleveurs (45,50 %) de volaille n'administraient aucun traitement à leurs oiseaux en zone de savane.

Tableau 5. Conduite d'élevage des poules locales dans les deux zones agroécologiques

Variables	Modalités	Forêt	Savanes	Test Z
Habitat des oiseaux	Bâtiment permanent	2,90%	2,00%	NS
	Abris plus parcourus	57,10%	24,80%	**
	Plein air intégrale	40,00%	73,30%	**
Mode d'alimentation	Céréale seule	55,20%	61,40%	NS
	Céréale + compléments	28,60%	32,70%	NS
	Autres aliments	6,70%	5,00%	NS
	Aucune	9,50%	1,00%	**
Abreuvement	Eau courante	11,40%	20,80%	NS
	Eau de puits	67,60%	61,40%	NS
	Eau de marigot	12,40%	12,90%	NS
	Aucun	8,60%	5,00%	NS
Mortalité suivant l'âge	Adultes	2,90%	8,90%	NS
	Jeunes	19,50%	23,80%	**

Causes de mortalité	Poussins	48,60	41,60%	NS
	Pas d'âge	29,00%	25,70%	**
	Maladies	55,20%	53,50%	NS
	Accidents (noyade, écrasement)	1,90%	13,90%	**
Soins apportés aux oiseaux	Prédations	42,90%	32,70%	NS
	Automédications	43,80%	40,60%	NS
	Traditionnels	16,20%	5,90%	**
	Modernes	15,20%	7,90%	NS
	Aucun	24,80%	45,50%	NS

*** Au seuil de 0,05, la différence entre les proportions des modalités d'une variable dans une même colonne est significative, sinon non significative (NS)*

II.5. Utilisation des produits d'élevage des poulets locaux

En zone forestière, la production de volailles est faite surtout pour l'autoconsommation (62 %). Par contre, en zone de savane, la volaille traditionnelle est produite pour la vente (65 %). Ces ventes sont périodiques ou occasionnelles. Les oiseaux les plus vendus et les plus demandés par les clients sont les mâles (79 %). Cependant, certains aviculteurs ont vendu leurs oiseaux sans tenir compte du sexe (21 %). La vente se fait en général à la ferme ou au domicile du propriétaire de volaille. Quelques rares aviculteurs (9 %) convoient leurs oiseaux au marché hebdomadaire pour la vente et d'autres ne vendent pas (11 %) leurs oiseaux. Dans la zone de forêt comme dans la zone de savane, le prix moyen de vente des poulets locaux en 2006 a été en moyenne respectivement de 2 000F et de 2 500F CFA pour la poule et le coq. Ces prix de vente ont varié de 1 500F CFA à 3 500F CFA.

Discussion

L'élevage de la poule locale est une activité secondaire pour les propriétaires de volaille en milieu rural, il est considéré comme telle par 95 % des interviewés ayant des activités principales (planteurs, cultivateurs, commerçants enseignants et artisans). En zone de forêt, les propriétaires de volailles disposent de grandes surfaces d'exploitation de plus de 5 ha, par contre en zone de savane, les surfaces exploitées sont moins de 5 ha. Cette différence observée, au niveau des surfaces d'exploitation, s'explique par les activités principales qu'exercent les propriétaires de volailles surtout en zone forestière. En effet, les cultivateurs sont aussi des propriétaires de volailles et disposent de grandes surfaces pour la production agricole. L'élevage de la poule locale est dominé par les hommes (89,60 %) dans la présente étude. Ce constat pourrait s'expliquer par la gestion patriarcale de la famille en Côte d'Ivoire qui fait de l'homme est le chef de la famille, propriétaire et gestionnaire des biens. En outre, les femmes possèdent généralement des

cheptels de petites tailles et sont éliminées par les critères de choix des personnes enquêtées (avoir au moins 10 têtes de poulets adultes). Ce qui explique la faible présence de la gente féminine dans cette étude. Un constat similaire a été fait au Sénégal (Fall et Dieng, 2017), au Niger (Amadou *et al.*, 2010), à Dimbokro (Brou *et al.*, 2020) où la majorité des aviculteurs ruraux sont des hommes. Par contre, dans d'autres pays tels que le Maroc, le Sénégal et le Congo, l'élevage de la poule locale est au main des femmes (Missohou *et al.*, 2002 ; Nahimana *et al.*, 2019, Joel *et al.*, 2019). Plus de la moitié (52 %) des éleveurs de la poule locale sont des analphabètes, et cette proportion reflète le faible taux (55 %) d'alphabétisation de la population ivoirienne (MICS, 2016). Ces données corroborent l'idée que l'analphabétisme est une réelle entrave à l'amélioration de l'aviculture traditionnelle familiale (Samson, 2005). En effet, la plupart des éleveurs illettrés qui ont été interviewés ne font ni de la prévention, ni de traitements vétérinaires contre les maladies aviaires dans le milieu rural. Ce manque d'action aux oiseaux constitue un frein à la production de la poule locale.

Dans ces différentes zones d'étude, le propriétaire en plus d'élever la poule locale dispose dans sa ferme d'autres espèces animales telles que les ovins, les caprins, les suidés et d'autres types de volailles (pintades, canards et dindes) dans 40 % des cas. Cette observation est commune à la plupart des exploitations de fermes rurales en Afrique de l'ouest où plusieurs espèces animales cohabitent. Selon des auteurs, l'aviculture familiale exploiterait plusieurs espèces animales dans une même ferme (Nahimana *et al.*, 2019 ; Pindé *et al.*, 2020) augmentant ainsi les risques de contagions entre elles.

La motivation première de l'éleveur de la poule locale dans cette étude est la qualité organoleptique des produits (œufs et viandes) d'élevage et la rusticité des poulets locaux face aux épizooties. En effet, les produits issus de l'élevage de volailles traditionnelles sont bien appréciés par de nombreux consommateurs et propriétaires de volailles. Ce résultat corrobore ceux des travaux de Kolawole (2010) au Nigéria, de Fosta (2008) au Cameroun et de Guèye (2002) au Sénégal qui affirment que ces produits sont bien appréciés et un meilleur prix est octroyé à l'achat d'une poule locale ou d'un coq traditionnel qu'à un poulet de chair (Guèye, 2002).

L'élevage de la poule locale commence par l'acquisition du noyau d'élevage. Elle se fait par dons, héritage, troc ou par achat d'une seule poule chez un éleveur voisin. Une poule peut aussi être confiée à un ami ou un parent avec partage des produits au terme d'un an de reproduction (confiage). Ces mêmes sources d'acquisition du noyau d'élevage ont été rapportées par Fotsa *et al.* (2007) au Cameroun. Ce système pourrait permettre aux plus démunis (femmes et jeunes) du milieu rural surtout en zone de savane de s'adonner facilement à l'élevage de la poule locale.

Pour une meilleure surveillance et une conduite efficace d'un cheptel, l'identification des oiseaux est nécessaire. Elle a été faite de façon rudimentaire par coupure d'un doigt ou observation de couleur du plumage des poulets rendant difficile le décompte du cheptel. En effet, il est difficile à un propriétaire de connaître le nombre exact des oiseaux de son cheptel. Dans cette étude, l'effectif du cheptel a été estimé. Un cheptel de poulets locaux d'une ferme dans la présente étude compte un (1) mâle (coq) pour trois (3) femelles (poules). Ce sex-ratio obtenu est contraire aux recommandations de van Eekeren *et al.* (2004) avec 1 coq pour 10 poules. Il est par contre supérieur à celui observé au Mali avec 1 coq pour 14 poules (Bantiéni et Modibo, 2000). Une étude récente menée par Akoutey *et al.* (2018) au Bénin sur la fertilité des œufs en aviculture traditionnelle a révélée que le meilleur ratio poules-coq est de 10 pour 2. Le rapport (1 pour 3) dans la présente étude donne la possibilité à l'éleveur de prélever des mâles pour l'autoconsommation, les dons, les trocs ou la commercialisation sans affecter significativement la reproduction du cheptel.

Des critères phénotypiques et comportementaux ont guidé le choix de la poule reproductrice. Pour l'éleveur, une bonne mère poule doit être docile et protéger ses poussins contre les intempéries et les prédateurs. Elle doit avoir un plumage perdrix ou fauve. Le mâle reproducteur doit être d'un grand format, haut sur pattes avec un plumage rouge doré à queue noire ou argenté. Ces critères de choix contribueraient à l'amélioration des performances de production des poulets locaux selon les éleveurs. La taille moyenne observée a été de 23 poulets par ferme et sa structuration a été de 55,21 % (12,5) de jeunes sujets, 11,40% (2,5) de coqs et 33,80 % (8) de poules. Tadelles (2003) a rapporté des résultats semblables (8,5 jeunes poulets ; 2,2 coqs et 5,4 poules) dans 5 zones agro-écologiques différentes au Zimbabwe. Cette observation avec un effectif élevé de jeunes poulets dans cette étude est similaire aux résultats des travaux rapportés par Mammo *et al.* (2008) en Ethiopie où le cheptel renfermait 56 % de jeunes sujets. Le faible effectif du cheptel est l'un des caractéristiques du système extensif adopté par les éleveurs dans la présente étude. Ce système est caractérisé par un effectif toujours inférieur à 100 sujets/éleveur (FAO, 2005, Samson, 2005) où les jeunes poulets sont les plus nombreux. La reproduction a été libre dans ce système où les poulets divagants s'exposent à la prédation. Les poulettes survivantes ont pondu leurs premiers œufs à 6 mois d'âge en moyenne, Ce résultat est semblable à celui des travaux d'Ayssiwede *et al.* (2013) qui estime l'âge à la première ponte à 25,5 semaines en Afrique subsaharienne. Des études en Côte d'Ivoire ont rapporté des premières pontes entre le 4^{ème} et le 5^{ème} mois d'âge proche des poules pondeuses exotiques estimée à 20 semaines (ITAVI, 2016). Des éleveurs estiment qu'une poulette entre en ponte à partir du 10^{ème} mois d'âge ; ces poules sont qualifiées de "tardive" (Ayssiwede *et al.*, 2013).

L'amélioration génétique de la productivité des poulets locaux pourrait se baser sur la précocité de certaines poules en milieu local. Dans les exploitations avicoles traditionnelles qui ont été visitées en 2006, le prix d'un coq se négociait entre de 2 500F CFA à 3 500F CFA. Quant à la poule, son prix oscillait entre 1 500F CFA et 2 000F CFA. Au Cameroun, les prix de vente des poulets locaux sont sensiblement égaux à ceux de la Côte-d'Ivoire. Une étude semblable menée par Fotsa *et al.* (2007) a montré qu'un mâle est vendu à 3 000 F CFA en moyenne, la poule est vendue à 2 000 F CFA et qu'un œuf est vendu à 100F CFA. Les prix de vente de ces produits avicoles sont intéressants pour l'éleveur qui n'investit presque pas dans ce système d'élevage extensif. Ces prix ont largement évolué au Congo où une poule se négocie entre 5 à 8 \$ (Joël *et al.*, 2019) Un besoin pressant d'achat de médicaments ou de nourritures pourrait être résolu par la vente de 2 ou 3 coqs par l'éleveur. Une telle activité dont les produits sont comparables à une tirelire (Guèye, 2003) mérite d'être divulguée auprès des couches sociales défavorisées afin d'améliorer leurs revenus, leur alimentation et de lutter contre la pauvreté.

Différents auteurs ont montré que les races locales de poulets sont rustiques, mieux adaptées aux conditions climatiques extrêmes de divers milieux et ont une meilleure résistance à certaines pathologies aviaires (Mpupu *et al.*, 2019 ; Mogesse, 2007). Cependant, plusieurs contraintes s'opposent à la valorisation de ces races locales en milieu rural. Cette étude a révélé que la petite taille du cheptel ($23,43 \pm 14,42$ têtes), le manque de suivi et de soins, la quasi-absence de logement (exposant les poulets aux aléas climatiques et environnementaux avec le ravage périodique du cheptel par les maladies saisonnières) ont été les contraintes majeures liées au système d'exploitation extensive des poulets locaux. Muchadeyi (2007), Chitate et Guta (2001) ont mis en cause ces pressions naturelles dans l'amélioration de la production et la survie de ces poulets. Les épizooties (Newcastle, Gomboro...) ont été désignées par les aviculteurs comme responsables à 57 % de la mortalité de leurs oiseaux dans les deux zones agro-écologiques étudiées. Ces maladies déciment à 70-80 % (Guèye, 1998 ; Khieu, 1998) voire même totalement le cheptel. Ces contraintes sont des facteurs de pertes de diversité génétique, car ils entraînent une érosion génétique par l'élimination de gènes portés spécifiquement par les individus qui disparaissent. La plupart de ces contraintes pourraient être levées si l'éleveur consacrait plus de temps aux soins apportés à ses oiseaux, en considérant que ces volatiles pourraient constituer une source principale de revenu et apporter à la famille de la viande de grande qualité organoleptique et nutritive.

Conclusion

Le système d'exploitation des poulets locaux en Côte d'Ivoire est de type extensif caractérisé principalement par le faible effectif du cheptel dû aux quelques contraintes majeures qui freinent son amélioration. Ces contraintes sont : la forte mortalité due aux épizooties à certaines périodes de l'année et la forte prédation, le manque d'habitats convenables aux oiseaux pour la nuit les exposant aux intempéries et aux prédateurs la quasi absence de soins préventifs et de traitements adéquats aux poulets locaux, l'insuffisance de nourriture naturelle au cours de la divagation et le manque de complément alimentaire.

Cependant dans ce système d'exploitation extensif où la libre reproduction des volailles est la règle, le cheptel se renouvelle facilement suite à une épizootie car adapté à leur environnement.

Toute amélioration de production de la poule passerait nécessairement à la levée de ces contraintes majeures en exploitant la précocité de certaines poules et leur rusticité.

References:

1. Amadou, M.B., Idi, A., & Benabdeljelil, K. (2010). Aviculture familiale rurale au Niger: Alimentation et performances zootechniques. *RIDAF*, 19(1), 5-12.
2. Akoutey A., Tosso M., Guedegbe O., Boko K., Akourki A., & Thon A. 2018. Effets du ratio poules-coqs sur la fertilité des œufs en aviculture traditionnelle de type amélioré au Bénin.
3. Ayssiwede, S.B., Dieng, A., Houinato, M.R.B., Chrysostome, C.A.A.M., Issay, I., Hornick, J.L., and Missouhou, A. (2013). Elevage des poulets traditionnels ou indigènes au Sénégal et en Afrique Subsaharienne: état des lieux et contraintes. In *Annales de Médecine Vétérinaire* (Vol. 158, pp. 101-117). ULg-Université de Liège.
4. Bantiéni, T., Modibo, S. (2000). Caractéristiques des Elevages avicoles suivis par l'APEX dans les Cercles de Kangaba et Dioïla: Définition de Rations d'appoint à tester pour l'aviculture villageoise In: Sonaiya, E.B. (ed). *Issues in Family poultry Research and Development. Proceedings of an International workshop held on December 9-13, 1997 at M'Bour, Senegal*, 111-131.
5. Bonfoh B. 1997. Les dominantes pathologies et les contraintes sur la productivité des poulets dans le système avicole extensif en Gambie : proposition de solution. Thèse de Doctorat de 3e cycle de biologie animale, N° 26, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.
6. Brou G.K.G., Adou C.F.D., Kouassi K.D., & Diomandé D. 2020. Analyse technique de l'élevage du poulet traditionnel en milieu rural dans le Département de Dimbokro en Cote d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 32(2), 121-134.

7. Chitate, F., Guta, M. (2001). Country Report: Zimbabwe. Alders R G and Spradbrow P B (Editors). Actes de l'atelier de planification de la SADC sur le contrôle des maladies de Newcastle des poulets villageois. Du 6 au 9 Mars 2000, Maputo, Mozambique, pp. 47-52.
8. Fall A.K., & Dieng A. 2017. L'aviculture urbaine familiale au Sénégal: caractérisation et rôle socio-économique dans la commune de Thiès. *Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 4(2).
9. FAO. 1984. Animal genetic resource conservation by management, databanks and training. *Animal Production and Health*. Rome, Italy. **44** (1): 89-99.
10. FAO. 2005. Système d'information de la FAO sur l'eau et l'agriculture. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries/cote_divoire/indexfra.stm
11. Fotsa, J.C. (2008). Caractérisation des populations de poules locales (*Gallus gallus*) au Cameroun. Mémoire de Thèse de l'Université de Dschang, Cameroun. 301 p.
12. Fotsa, J.C., Rognon, X., Tixier-Boichard, M., Ngou, N.JD., Poné, KD., Manjeli, Y. et Bordas, A. (2007). Exploitation de la poule locale en zone de forêt humide du Cameroun. *Bulletin de santé et production animale en Afrique*, **55** : 59-73.
13. Guèye, E.F. (1998). Poultry plays an important role in African village life. *World Poultry*, 14 (10) : 14-17.
14. Guèye, E.F. (2002). Employment and income generation through family poultry in low-income food-deficit countries. *World's Poultry Science Journal*, **58** (4): 541-557.
15. Guèye, E.F. (2003). Aviculture familiale et aviculture industrielle : Coopération au lieu de compétition. *Bulletin RIDAF*, **13** (2): 1-2.
16. Guèye, E.F. (2004). Evaluation d'un projet pilote d'aviculture à petite échelle financée par le Fonds International pour le développement Agricole. Etudes de terrain dans les régions de Kolda et Kaolack (Sénégal).- Rome : FIDA.- 26p
17. ITAVI. (2016). Performances techniques et coûts de production en volailles de chair, poulettes et poules pondeuses. 64p
18. INS. (2014). Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) 2014. <https://www.ins.ci>
19. Issa, Y., Mopate, L. Y., & Missohou, A. (2012). Commercialisation et consommation de la volaille traditionnelle en Afrique subsaharienne. *Journal of animal & plant sciences*, 14(3), 1985-1995.
20. Joel E.B.W.A., Monzenga J.C., Mosala F., Rutakaza N., & José E.B. W.A. 2019. Aviculture traditionnelle dans la ville de Kisangani, Province de la Tshopo en République Démocratique du Congo. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 7(3).

21. Khieu B. 1998. Chicken production, food security and renovative extension methodology in the SPFS Cambodia. In: Poultry as a tool in poverty eradication and promotion of gender equality. Actes d'un atelier sur la sécurité alimentaire. Du 22 au 26 Mars 1999. Tune Landboskole, Denmark
22. Kolawole, R. (2010). Frequency and Effect of Spur Gene on Metric Parameters in the Nigerian Local Chicken in a Southern Guinea Savannah Area of Nigeria (Doctoral dissertation, Master's Thesis, Department of Animal Production, Federal University of Technology Minna, Niger State, Nigeria).
23. Mammo, M., Berhan, T., & Tadelle, D. (2008). Village chicken characteristics and their seasonal production situation in Jamma District, South Wollo, Ethiopia. *Livest. Res. Rural Dev.*, 20.
24. MICS, (2016). Enquête à Indicateurs Multiples 2016 : La situation des femmes et des enfants en Côte d'Ivoire. Ministère du Plan et du Développement, 442 p
25. MIRAH, (2014). Plan stratégique de développement de l'élevage, de la pêche et de l'aquaculture en Côte d'Ivoire (PSDEPA 2014-2020). 2014. Tome I : Diagnostic – Stratégie de développement – Orientations stratégiques
26. MIRAH, (2015). MIRAH (2015). Filière avicole : les professionnels ivoiriens présentent l'apport d'une filière stratégique dans l'économie nationale.
<http://www.gouv.ci/actualitearticle.php?d=1&recordID=5502&p=5>
27. Missohou, A., Dieye, P.N., & Talaki, E. (2002). Rural poultry production and productivity in southern Senegal. *Livestock Research for Rural Development*, 14(2), 2002.
28. Mogesse H.H. 2007. Phenotypic and genetic characterization of indigenous chicken populations in Northwest Ethiopia. Ph.D. Thesis. Faculty of Natural and Agricultural Sciences. University of the Free State, Bloemfontein, South Africa. 186 p.
29. Mpupu, B., Mwengi, I., Kawata, C., Kinga, D., & Katunda, O. (2019). Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 2(1), 76-83.
30. Muchadeyi, F.C., Sibanda, S., Kusina, N.T., Kusina, J., Makuza, S. (2004). The village chicken production system in Rushinga District of Zimbabwe. *Livestock Research for Rural Development* 16 (6).
<http://www.lrrd.org/lrrd16/6/much16040.htm>
31. Muchadeyi F.C., Sibanda S., Kusina N.T., Kusina J., Makuza S. 2005. Village chicken flock dynamics and the contribution of chickens to household livelihoods in a smallholder farming are in Zimbabwe. *Tropical Animal Health Production* 37(4): 333-334.

32. Mukiibi-Muka, G. (1992). Epidemiology of Newcastle disease in village chickens and the need to vaccinate them. Newcastle disease in village chicken. Control with thermo-stable oral vaccines. Ed. PB Spradbrow. Proceedings, (39), 155-158.
33. Nahimana, G., Ossebi, W., Missohou, A., and Ayssiwede, S.B. (2019). Analyse de l'importance socio-économique de l'aviculture familiale dans le Département de Salemata au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(7), 3131-3143.
34. Pindé, S., Tapsoba, A. S. R., Traoré, F., Ouédraogo, R., Ba, S., Sanou, M., & Simporé, J. (2020). Caractérisation et typologie des systèmes d'élevage de la poule locale du Burkina Faso. *Journal of Animal & Plant Sciences* Vol.46 (2): 8212-8225
35. Samson K.N. (2005). Productivity and socio-cultural aspects of local poultry phenotypes in coastal Kenya, *M.Sc Thesis*. The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark.
36. Sonaiya, E.B., Olori, V.E. (1989). Village chicken production in south-western Nigeria. Dans les Actes d'un Atelier International sur le Développement de l'Aviculture Rural en Afrique. (Sonaiya, E.B., Ed), 13-16 Novembre 1989, Ile-Ife, Nigeria, pp. 243-247.
37. UE, (2017). Etat des lieux des filières de production végétales et animales et revue des politiques agricoles. Côte d'Ivoire.
38. Van Eekeren, N. Maas, A. Saatkamp, H.W. and Verschuur, M. (2004). L'aviculture à petite échelle dans les zones tropicales. *Agrodok 4* (4e éd), Wageningen, Pays-Bas, 83 p.
39. Zaman M A., Sorensen P. and Howliger M R: 2006. Egg production performances of a breed and three crossbreeds under semi-scavenging system of management.
<https://ir.ucc.edu.gh/xmlui/handle/123456789/4464>



Overview of the Effectiveness of Aspirin, Ibuprofen, Acetaminophen On Teeth

Mehrasa Nikandish,

Student, Bachelor Program of Pharmacy

Melika Alyari,

Student, Program of Dentistry

Mohammadreza Javaheri,

Student, Program of Dentistry

Tamar Goderidze

University of Georgia, School of Health Sciences and Public Health,
Georgia, Tbilisi

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n40p263](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p263)

Submitted: 01 November 2021

Accepted: 26 November 2021

Published: 30 November 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Nikandish M., Alyari M., Javaheri M., & Goderidze T., (2021). *Overview of the Effectiveness of Aspirin, Ibuprofen, Acetaminophen On Teeth*. European Scientific Journal, ESJ, 17(40), 263.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p263>

Abstract

The usage of medications like aspirin, ibuprofen and acetaminophen is well-accepted as pain relieving agents worldwide. Aspirin is a medication that is used not only for relieving pain but also for decreasing the risk of heart attack. Acetaminophen and ibuprofen have a significant role in decreasing chronic pain and inflammation. There is a deep connection between the dental procedures and the patients medicine intake. These effects can be known as side effects and damage the natural structure of the tooth or can be any disturbance in dental procedures especially in surgery and tooth extractions. Recognition of common medications and their effects is an important aspect not only for physicians but also for dentists and oral surgeons. The database of this article was derived from valid sources such as PubMed, Google scholar and Web of Science. The search method included the primary keywords like “aspirin”, “ibuprofen” and “acetaminophen” combined with “teeth”, “tooth extraction”, “oral cavity”, “dental procedures”, and/or “bleeding time”. Our results illustrated that a long-term application of aspirin favorably affects the

patients who are suffering from angina, stroke or myocardial infarctions. Other findings confirmed that ibuprofen has antipyretic, analgesic and anti – inflammatory features. Effective characteristics of paracetamol as the medicine of choice for the treatment of post-exodontia pain was demonstrated according to several studies. In this review article we provide details about the effects of the three aforementioned medications, their usage in the dental field and any adverse effects on healthy tooth structures.

Keywords: Aspirin, Ibuprofen, Acetaminophen, Heart Attack, Pain, Dental Procedures, Surgery, Tooth Extraction

Introduction

The nonsteroidal anti – inflammatory drugs (NSAIDs) are categorized as medications which reduce or relieve pain. NSAIDs provide analgesic and antipyretic effects. Analgesic effect means pain killing (as a painkiller), and antipyretic effect means fever reducing effect of this medication. Also in higher doses, NSAIDs can provide anti – inflammatory effects. The anti – inflammatory and analgesic properties work by inhibiting identified isoenzymes of prostaglandin G/H synthase that are known also as cyclooxygenase (COX), that are COX1 and COX2. Aspirin, ibuprofen and naproxen are the most common examples of this group of medications and they are available as over the counter medicines in most countries. The paracetamol that is known as acetaminophen is generally not included in NSAID’s classification because of its low level of activity against inflammation (anti – inflammatory). It can treat pain mainly with blockage of COX-2 mostly in the central nervous system, not much in other parts of the body.

Materials and methods

A literature search was undertaken of international databases (Google scholar, PubMed, and Web of Science) to provide a comprehensive overview of existing research evidence about the interactions between some medications like aspirin, ibuprofen and acetaminophen and their effect on teeth. The search strategy involved the primary keywords like “aspirin”, “ibuprofen” and “acetaminophen” combined with “teeth”, “tooth extraction”, “oral cavity”, “dental procedures”, and/or “bleeding time”. Only papers written in English were included; publication date was not restricted. During the study, care was taken to inspect the dates of papers (for they had the most accurate and updated information possible) and ensured its trustworthiness through the databases referred to. This article generally is a collection and overview of several published articles about the effect and impact of medications like aspirin, ibuprofen and acetaminophen on teeth.

Results

Our results demonstrated that the long-term usage of aspirin effectively influences the patients who are suffering from angina, stroke or myocardial infarctions. Many studies have shown that a low dose of ASA can have an effect on bleeding time while others have shown that there were no effects on bleeding after extraction of teeth.

Another promising finding approved that ibuprofen has antipyretic, analgesic and anti – inflammatory properties and a mixture of acetaminophen and Ibuprofen may reduce tooth sensitivity.

A further novel finding is that the paracetamol has a slight anti-inflammatory property. The results of the studies found clear support for the analgesic feature of paracetamol in the treatment of postoperative dental pain. Superior results are seen for the safe and effective features of the paracetamol as the medicine of choice for the treatment of post-exodontia pain.

Effect of aspirin on teeth

The acetylsalicylic acid (ASA) is known as aspirin as its generic name. It is used as an analgesic, anti-inflammatory, antipyretic and for prevention of platelet aggregation. It is suggested to patients suffering from angina, stroke or myocardial infarctions, to use aspirin for the long term. Many studies have proved bleeding associated with ASA (Anonymous, 2002).

The ASA suppresses the assembly of prostaglandin (PG) and thromboxane (Thx) by the inactivation of cyclooxygenase enzyme. Additionally it blocks Thx A2 leading to a defect in platelet aggregation. The function in platelets results in reduction of the incidence of embolism. The Antiplatelets Trialists' Collaboration in an exceedingly meta-analysis of 135,000 patients in around 300 studies has shown the prophylactic effect of ASA on patients who have suffered from myocardial infarct, angina or stroke, which the vascular events were reduced by 20–25% and mortality reduced by 12% (Antiplatelets Trialists' Collaboration, 1994). The effect of aspirin on platelets is calculated by bleeding time. Many studies have shown that a low dose of ASA can have an effect on bleeding time (Yokoyama et al., 2008; Marshall et al., 1997). However, others have shown that there were no effects on bleeding after extraction of teeth (Krishnan et al., 2008).

The investigated dental extraction in three groups, Group 1 patients stopped the use of aspirin before dental extraction, Group 2 continued aspirin during the dental extraction and Group 3 did not use aspirin. They found that no significant differences in bleeding time were evident among all three groups and they recommended that patients should continue taking ASA during dental extraction (Krishnan et al., 2008).

Discontinuing the use of ASA before dental extraction was also investigated and they recommended that the use of ASA did not have to be

discontinued before dental extraction (Aframian et al. 2007). Although the effects of aspirin on the oral mucosa are well-documented, there is little documentation of the effects of aspirin-chewing on the enamel and dentin. The common factor in these cases is that aspirin was the only possible cause of the tooth erosion. Dentists should be aware of the effects of aspirin-chewing on tooth structure and advise their patients accordingly. The aspirin is a common, chronically administered preventive treatment for cardiovascular disease, but is often discontinued prior to invasive dental procedures because of concern for bleeding complications. We hypothesized that aspirin does not cause increased bleeding following a single tooth extraction. Thirty-six healthy persons requiring a tooth extraction were randomized to receive 325 mg/day aspirin or placebo for 4 days. Cutaneous bleeding time (BT) and platelet aggregation tests were obtained prior to extraction. The primary outcome measure, oral BT, and secondary bleeding outcomes were evaluated during and following extraction. No significant baseline differences, except for diastolic blood pressure, were found between groups. There were no differences in oral BT, cutaneous BT, secondary outcome measures, or compliance. Whole-blood aggregation results were significantly different between the aspirin and placebo groups. These findings suggest that there is no indication to discontinue aspirin for persons requiring single-tooth extraction.

Effect of Ibuprofen on teeth

The odontogenic pain can be caused by release of inflammatory mediators or noxious physical stimuli. The hydrodynamic theory is the most widely known theory that explains tooth sensitivity. This theory expresses that some kinds of rapid movement of fluids that are found in the dentinal tubules, and following stimulus application, results in the activation of sensory nerves in the inner dentin part of the tooth or in the pulp. The physical stimuli can activate nociceptors on dentinal tubules, leading to the dental pain perception. Inflammatory mediators can depolarize or sensitize the nociceptors on pulpal tissue.

This process includes two major groups of enzymes: lipoxygenases and cyclooxygenases (COX). The COX pathway induces prostaglandins production, known as an essential role for the pathogenesis of pulpal disorder. The involvement of prostanoids directly in some kinds of pulpal pain was proposed especially when the intravenous (IV) administration of NSAIDs (non – steroidal anti – inflammatory drugs), that are known to stop and block the pathway of COX, resulted in the inhibition of nerve stimulation activity in cat pulp significantly (Hargreaves et al., 2002).

Discoloration of teeth varies in appearance, etiology, severity, localization and adherence level of tooth structure. After eruption of tooth, pulp necrosis and

aging are considered as the main reasons of intrinsic discoloration. Tea, coffee, red wine, oranges, carrots and tobacco can also give rise to the extrinsic stain (Hattab et al., 1999; Watts et al., 2001). Although the polishing and scaling of teeth can remove many extrinsic stains, the results may not be satisfactory. For treatment of discolored teeth, vital tooth bleaching can be considered as a highly successful and non – invasive method (Christensen, 1998).

There are different methods for vital bleaching of teeth, but the basic approaches consist of mass market bleaching products, dentist – supervised bleaching of night guard and power or in – office bleaching (Al Shethri et al., 2003).

The tooth sensitivity and gingival irritation are considered as the most common side effects related to vital tooth bleaching (Tam, 1999).

Currently, inflammatory mediators can play a vital role in external tooth bleaching, but as it is understood, the mechanisms of sensitivity of teeth especially after external bleaching of teeth have not been determined completely. Some studies and researches have attempted evaluating the histology of pulp after bleaching, but with opposite results. The damages that are related to structural pulp were not perceived in human premolars which were exposed to 35 percent hydrogen peroxide in vivo that had been submitted and extracted for some kinds of histological evaluation 30 days after exposure (Robertson et al., 1980).

Ibuprofen is an NSAID which inhibits COX, thus inhibiting prostaglandin synthesis. There are two different types of cyclooxygenase (considered as COX-1 and COX-2). Ibuprofen inhibits both of them (COX 1 and COX 2). It is obvious that Ibuprofen's antipyretic, analgesic and anti – inflammatory activity is principally achieved through the inhibition of COX – 2.

The NSAID category of medications is widely used as the pre – medication for in – office treatment of bleaching in some dental practices and also unpublished data from an experiment clinically recommended that a combination of acetaminophen and Ibuprofen may decrease sensitivity of tooth from in – office bleaching (Charakorn et al., 2009).

Effect of acetaminophen on teeth:

N-acetyl-p-aminophenol is the chemical name for paracetamol (acetaminophen), which is used as an antipyretic and analgesic. It is a nonopioid analgesic with antipyretic properties and is efficient in pain relief with a low risk of side effects (Moore et al., 1986). It is one of the most widely used analgesics, and it is available without prescription all around the world. The analgesics such as paracetamol (acetaminophen) and ibuprofen are administered and used to treat postoperative third molar pain (Coulthard et al., 2014). In cases that other nonsteroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs)

aren't appropriate, paracetamol is the analgesic of choice. For the treatment of post-exodontia pain, paracetamol is a safe and effective medicine.

Paracetamol (acetaminophen) is commonly associated with the nonsteroidal anti-inflammatory drugs (NSAID) family, and is known to have a minor anti-inflammatory effect (Rang, 2003). The suppression of prostaglandin production by the enzyme cyclo-oxygenase is believed to be the primary mechanism by which NSAIDs generate analgesia (Malmberg et al., 1992). The exact mechanism of action is still unknown. Paracetamol is considered to be a selective inhibitor of the newly discovered COX-3 enzyme, a cyclo-oxygenase-1 variation, in the central nervous system, according to many studies. This inhibition could be the main mechanism by which paracetamol reduces pain and probably temperature (Chandrasekharan et al., 2002).

There is a considerable body of research which shows that paracetamol suppresses cyclo-oxygenase by lowering the cyclo-oxygenase enzyme's high oxidative state and oxygen radical co-substrates (Aronoff et al., 2006).

In a variety of clinical studies, paracetamol has been found to be an effective analgesic in the treatment of postoperative dental pain (Kiersch et al., 1994). Since pain intensity after third molar surgery is considered to reach its peak between 3 and 5 hours after surgery, this pain model is used to assess the effectiveness of a single analgesic dose (Fisher et al., 1988).

According to a study, paracetamol at a dosage of 500 mg three times a day (1.5 g) is enough to achieve consistent pain control following exodontia as long as the surgical stress to the tissues is limited. The findings of this study are based on cases when elective orthodontic extractions were performed without the presence of an infection (Deshpande et al., 2014).

The outcomes of research involving a wide variety of forms of surgery, such as inguinal hernia surgery, caesarean section, orthopaedic surgery, and wisdom tooth removal, were used to determine the efficacy and safety of paracetamol (Toms et al., 2008; Derry et al., 2009).

The patients with toothaches frequently utilize paracetamol to relieve acute dental pain.

While acetaminophen is safe when used as directed, it can cause serious side effects such as liver failure and damage if taken in excessive amounts. Patients with dental discomfort are known to abuse nonprescription analgesics, according to a previous study. The patients with dental pain had a higher rate of non-prescription analgesic overuse, and acetaminophen is commonly used to treat dental pain, so we assumed that patients with dental pain may be at a higher risk of unintentional acetaminophen overdose than patients taking acetaminophen for other reasons. Patients with dental pain should be asked about their analgesic use and instructed on how to use non-prescription analgesics safely (Vogel et al., 2011). However, so far just one

study has looked at paracetamol in connection to third molar removal discomfort after surgery (Weil et al., 2007).

The most relevant comparison was between 400 mg of ibuprofen and 1,000 mg of paracetamol, as these are the most regularly administered amounts in clinical practice.

Weil et al. (2012) investigated 2048 individuals (1148 of them were given paracetamol and 892 were given a placebo) and found that paracetamol provided statistically significant pain alleviation and pain severity at both 4 and 6 hours when compared to placebo.

The number of patients who reported adverse effects was not statistically significant, with overall 19% in the paracetamol group and 16% in the placebo group (Weil et al., 2007).

Abbreviations:

NSAIDs: nonsteroidal anti – inflammatory drugs

ASA: acetyl salicylic acid

PG: prostaglandin

THX: thromboxane

BT: bleeding time

COX: cyclooxygenases

IV: intravenous

Conclusion

This overview of recently published related articles shows the importance of knowing side effects of common medications that are frequently used by the patients and their effects on tooth structure and their role in surgical procedures. The dosage of antiplatelets like aspirin must be controlled before the tooth extraction and surgical dental procedures because it can cause non-stop bleeding which is dangerous for the body. There is a significant role of ibuprofen in dentistry not only for its pain relieving effect, but also for its effect of color changing of the tooth and clinical bleaching. The acetaminophen is also an effective analgesic which is mostly used as the painkiller specially after dental procedures. There are many similarities between the ibuprofen and acetaminophen but both are so common medications with varied effects on the body and tooth. In our future research we would like to go more through details in microscopic changes in teeth which were caused by these three medications.

References:

1. Aframian, D.J., Lalla, R.V. and Peterson, D.E., 2007. Management of dental patients taking common hemostasis-altering medications. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 103, pp.S45-e1.

2. Al Shethri, S., Matis, B. A., Cochran, M. A., Zekonis, R., & Stropes, M. (2003). A clinical evaluation of two in-office bleaching products. *Oper Dent*, 28(5), 488-95.
3. Anonymous, 2002. Drug Information for Health Care Professionals. United States Pharmacopeia Drug Information, vol. 1. 22nd ed., Greenwood Village Co., Micromedex, 2002, p. 2591.
4. Aronoff, D.M., J.A. Oates, and O. Boutaud, New insights into the mechanism of action of acetaminophen: its clinical pharmacologic characteristics reflect its inhibition of the two prostaglandin H 2 synthases. 2006.
5. Bushra, R. and Aslam, N., 2010. An overview of clinical pharmacology of Ibuprofen. *Oman medical journal*, 25(3), p.155.
6. Chandrasekharan, N.V., Dai, H., Roos, K.L.T., Evanson, N.K., Tomsik, J., Elton, T.S. and Simmons, D.L., 2002. COX-3, a cyclooxygenase-1 variant inhibited by acetaminophen and other analgesic/antipyretic drugs: cloning, structure, and expression. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(21), pp.13926-13931.
7. Charakorn, P., Cabanilla, L. L., Wagner, W. C., Foong, W. C., Shaheen, J., Pregitzer, R., & Schneider, D. (2009). The effect of preoperative ibuprofen on tooth sensitivity caused by in-office bleaching. *Operative dentistry*, 34(2), 131-135.
8. CHRISTENSEN, G. J. (1998). Bleaching teeth: report of a survey, 1997. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 10(1), 16-20.
9. Collaborative overview of randomised trials of antiplatelet therapy--I: Prevention of death, myocardial infarction, and stroke by prolonged antiplatelet therapy in various categories of patients. *Antiplatelet Trialists' Collaboration*. 1994. *BMJ.*; 308(6921):81-106.
10. Coulthard, P., E. Bailey, and N. Patel, Paracetamol (acetaminophen) for pain after oral surgery. *Oral Surgery*, 2014. 7(2): p. 81-86.
11. Derry, C., Derry, S., Moore, R. A., & McQuay, H. J. (2009). Single dose oral ibuprofen for acute postoperative pain in adults. *The Cochrane database of systematic reviews*, 2009(3), CD001548.
12. Fisher, S.E., Frame, J.W., Rout, P.G. and McEntegart, D.J., 1988. Factors affecting the onset and severity of pain following the surgical removal of unilateral impacted mandibular third molar teeth. *British dental journal*, 164(11), pp.351-354.
13. Hargreaves KM. Pain mechanisms of the pulpodentin complex. *Seltzer and Bender's Dental Pulp*. Carol Stream, IL: Quintessence Publishing Co, Inc. 2002:188-94.

14. Hattab, F. N., Qudeimat, M. A., and AL-RIMAWI, H. S. (1999). Dental discoloration: an overview. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 11(6), 291-310.
15. Kiersch, T., S. Halladay, and P. Hormel, A single-dose, double-blind comparison of naproxen sodium, acetaminophen, and placebo in postoperative dental pain. *Clinical therapeutics*, 1994. 16(3): p. 394-404.
16. Krishnan B, Shenoy NA, Alexander MJ *Oral Maxillofac Surg*. 2008 Oct; 66(10):2063-6.
17. Malmberg, A.B. and T.L. Yaksh, Antinociceptive actions of spinal nonsteroidal anti-inflammatory agents on the formalin test in the rat. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 1992. 263(1): p. 136-146.
18. Marshall P.W., Williams A.J., Dixon R.M., Growcott J.W., Warburton S., Armstrong J., Moores J. A comparison of the effects of aspirin on bleeding time measured using the simple method and closure time measured using the PFA-100 in healthy volunteers. *British Journal of Clinical Pharmacology*. 1997;44:151–155.
19. Moore, P.A., Werther, J.R., Seldin, E.B. and Stevens, C.M., 1986. Analgesic regimens for third molar surgery: pharmacologic and behavioral considerations. *The Journal of the American Dental Association*, 113(5), pp.739-744.
20. Robertson, W. D., & Melfi, R. C. (1980). Pulpal response to vital bleaching procedures. *Journal of endodontics*, 6(7), 645-649.
21. Tam, L. (1999). The safety of home bleaching techniques. *Journal (Canadian Dental Association)*, 65(8), 453-455.
22. Toms, L., McQuay, H. J., Derry, S., & Moore, R. A. (2008). Single dose oral paracetamol (acetaminophen) for postoperative pain in adults. *The Cochrane database of systematic reviews*, 2008(4), CD004602.
23. Watts, A.M. and Addy, M., 2001. Tooth discoloration and staining: a review of the literature. *British dental journal*, 190(6).
24. Weil, K., Hooper, L., Afzal, Z., Esposito, M., Worthington, H. V., Van Wijk, A. J., & Coulthard, P. (2008). Paracetamol for pain relief after surgical removal of lower wisdom teeth. *Australian Dental Journal*, 53(2), 184-185.
25. Yokoyama T., Yamasaki F., Yamashita K., Manabe M., Suwa K. Bleeding time prolonged by daily low dose aspirin is shortened by one medium dose aspirin. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 2008;52:1126–1130.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Impact Des Aménagements Hydroélectriques Sur Le Peuplement Des Poissons Du Lac De Barrage De Buyo Et De La Zone Périphérique (Côte d'Ivoire)

*Yao Kouassi Anderson,
Konan Yao Aristide,
Bamba Mamadou,
N'Zi Konan Gervais,*

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

Koné Tidiani,

Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Environnement, Laboratoire de Biodiversité et Ecologie Tropicale, Daloa, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n40p273](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p273)

Submitted: 21 May 2021
Accepted: 12 October 2021
Published: 30 November 2021

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

Cite As:

Anderson Y.K., Aristide K.Y., Mamadou B., Gervais N.K., & Tidiani K., (2021). *Impact des aménagements hydroélectriques sur le peuplement des poissons du lac de barrage de Buyo et de la zone périphérique (Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(40), 273
<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p273>

Résumé

L'objectif de ce travail était de déterminer l'impact des variations des niveaux d'eau sur la distribution des poissons dans le lac de Buyo et le cours principal du fleuve Sassandra. Les campagnes ont lieu de Juin 2018 à Mai 2019. Les changements hydrologiques ont été observés après la mise en eau d'un deuxième barrage sur le fleuve Sassandra. Ces changements hydrologiques ont eu un impact sur la diversité piscicole. Les poissons ont été capturés à l'aide des filets maillants et des nasses artisanales. Ces poissons sont repartis en 6 ordres, 14 familles et 42 espèces. Dans le lac de Buyo, l'espèce *Synodontis punctifer* domine le peuplement en période de crue alors que *Coptodon zillii* est prépondérante en période de décrue. Dans le cours principal l'espèce *Synodontis punctifer* domine le peuplement durant les périodes d'ouverture et de fermeture des vannes du barrage, cette espèce est plus adaptée aux changements hydrologiques. Une bonne organisation du peuplement est observée en période de crue dans le lac. Dans le cours

principal, une bonne organisation du peuplement est avérée en période de décrue lorsque les vannes du barrage sont fermées. Le modèle de prévision a montré que dans le lac de Buyo, la richesse spécifique est influencée positivement les cotes de retenue mais négativement par le débit d'apport d'eau et le volume d'eau déversé. Dans le milieu fluvial, le modèle a montré que la richesse spécifique est influencée négativement par la profondeur et le débit d'eau turbiné mais influencé positivement par la vitesse du courant.

Mots clés: Aménagements Hydroélectriques, Lac De Buyo, Fleuve Sassandra, Peuplement De Poissons, Niveau D'eau

Impact Of Hydropower Developments On The Fish Population Of The Buyo Dam Lake And The Surrounding Area (Ivory Coast)

*Yao Kouassi Anderson,
Konan Yao Aristide,
Bamba Mamadou,
N'Zi Konan Gervais,*

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

Koné Tidiani,

Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Environnement, Laboratoire de Biodiversité et Ecologie Tropicale, Daloa, Côte d'Ivoire

Abstract

The objective of this work was to determine the impact of water level variations on fish distribution in Lake Buyo and the main course of the Sassandra River. The campaigns will take place from June 2018 to May 2019. The hydrological changes are proven after the impoundment of a second dam on the Sassandra River. These hydrological changes have had an impact on fish diversity. The fish were caught using gillnets and artisanal traps. These fish are divided into 6 orders, 14 families and 42 species. In Lake Buyo, the species *Synodontis punctifer* dominates the population during the flood period while *Coptodon zillii* is predominant during the low water season. In the mainstream, the species *Synodontis punctifer* dominates the population during the periods of opening and closing of the gates of the dam, this species is more adapted to hydrological changes. A good organization of the population is observed during the period of flooding in the lake. In the main river, a good organization of the population is proven during the flood period when the gates of the dam are closed. The predictive model showed that in Lake Buyo, the

species richness is positively influenced by the impoundment rating but negatively by the inflow rate and the volume of water discharged. In the fluvial environment, the model showed that the specific richness is negatively influenced by the depth and the turbinated water flow but positively influenced by the current speed.

Keywords: Hydropower Developments, Buyo Lake, Sassandra River, Fish Population, Water Level

Introduction

L'impact des barrages sur les peuplements de poissons et sur la biodiversité aquatique est de plus en plus fréquent dans les pays en voie de développement. Pour de nombreux auteurs, ces impacts portent sur la réduction d'habitats aquatiques, les obstacles physiques aux migrations longitudinales de poissons et la prolifération d'espèces introduites fortement compétitrices devenant invasives au détriment des espèces endémiques (McCartney, 2009). Parmi les fleuves de Côte d'Ivoire, le fleuve Sassandra a subi deux aménagements à l'origine de la création des lacs de barrage de Buyo et de Soubré. Suite à la construction du barrage de Buyo, la cuvette lacustre a fait l'objet d'une exploitation excessive due à la présence d'une forte communauté de pêcheurs allochtones aguerris aux différentes techniques de pêche (Vanga, 2001 ; 2004) et du non-respect de l'environnement physique et social du lac (Nugent, 1997 ; Golé-Bi *et al.*, 2004). Par ailleurs, la mise en eau récente du barrage de Soubré plus en aval de celui de Buyo semble avoir accéléré les processus de dégradation de l'environnement biophysique et l'atteinte grave à la biodiversité aquatique. En effet, l'alimentation de son réservoir d'eau dépend de celui de Buyo. Après la construction de ce deuxième barrage, les atteintes à l'environnement aquatique ce sont accentués. Dès lors, on assiste à un changement des conditions hydrologiques de l'hydrosystème suite aux lâchers d'eau sporadique et une baisse de la production piscicole du lac de Buyo. Or depuis la mise en eau de ce deuxième barrage, les études d'impact environnemental prenant en compte la gestion de la faune piscicole de ce complexe fluvio-lacustre sont parcellaires. Pourtant, les variations du débit sous l'influence des barrages ont des impacts majeurs sur les habitats aquatiques et les populations de poissons (Stalnaker *et al.*, 1989 ; Mueller *et al.*, 2011 ; Pacini *et al.*, 2013). La partie du lac de Buyo située à l'intérieur du Parc National de Taï (PNT) et le cours principal du fleuve Sassandra ne sont pas épargnés de ces perturbations, or ces milieux constituent des zones de conservation (OIPR, 2015) et des frayères pour plusieurs espèces des poissons (N'Dri *et al.*, 2020). Le présent article se propose d'étudier l'impact des variations hydrologiques générés par des activités hydroélectriques sur la

distribution des poissons dans le lac de Buyo et sa zone périphérique afin de formuler des recommandations pour protéger cet hydrosystème.

Materiel Et Methodes

Zone D'étude

Le fleuve Sassandra se situe à l'ouest de la Côte d'Ivoire, il prend sa source en Guinée et reçoit plusieurs affluents : sur la rive droite coule le Bafing et le N'Zo et sur la rive gauche coulent la Lobo et la Davo (Girard *et al.*, 1971). Le lac de Buyo présente un hydrogramme caractérisé par une période des hautes eaux et une période de basses eaux (Yapo *et al.*, 2008). Pour la période allant de juin 2018 à mai 2019, les hautes eaux s'étendent d'août à février et les basses eaux, de mars à juillet. La zone d'étude retenue pour ce travail correspond au segment du lac de Buyo située dans la réserve N'zo (OIPR, 2006) et l'aval du barrage hydroélectrique de Buyo. Huit (8) stations ont été sélectionnées. Parmi ces stations, cinq sont situés dans la partie lacustre et trois dans la partie fluviale. (Figure 1).

Récolte des données

Les poissons ont été échantillonnés dans le lac de Buyo de la réserve N'zo et dans le cours inférieur du Sassandra entre juin 2018 et mai 2019 à l'aide d'une batterie de 10 filets monofilaments de vide de maille 6, 8, 10, 15, 18, 20, 25, 30, 35 et 40 mm de 30 m de longueur pour une hauteur de chute de 1,5 m et cinq (5) nasses artisanales appâtées. Les filets et nasses ont été posés le soir entre 17h et 18h et visité le lendemain entre 6 h et 7h. Les nasses sont visitées chaque jour au même moment que les filets maillants. Des échantillons issus des pêcheurs commerciaux ont été ajoutés à nos données. Ces derniers utilisent plusieurs types d'engins tels que les filets maillants, les nasses artisanales, les éperviers, les sennes de plage, des palangres et des bambous piège. Les poissons capturés ont été identifiés selon les clés d'identification de Pauguy *et al.* (2003 a et b) et pesés à l'aide d'une balance électronique de type SF-400 de précision 0, 1g. Les données hydrologiques coïncident aux jours pour jours avec les périodes d'échantillonnage des poissons, ces données concernent entre autres la cote du réservoir (CR), le volume d'eau déversée (VED), le débit des apports d'eau (DAE), le débit d'eau déversé (DED), le débit d'eau turbiné (DET) ont été fournies par Compagnie Ivoirienne d'Electricité de Buyo entre juin 2018 et mai 2019.

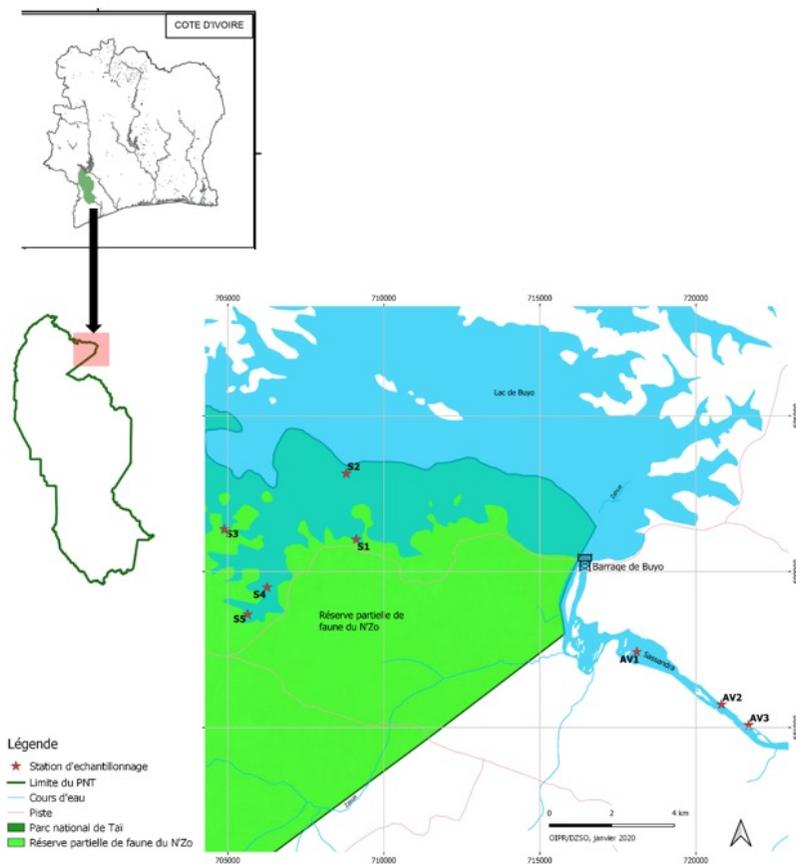


Figure 1 : Localisation des sites d'échantillonnages

Analyse des données

Les poissons issus de la pêche commerciale ont été combinés avec ceux de la pêche expérimentale pour l'analyse des données. Dans la présente étude, les données du peuplement ont été exprimées en termes de richesse spécifique, d'abondance numérique et pondérale.

Les variations, de l'abondance numérique et pondérale en fonction des mois sont comparées au moyen du test de Kruskal-Wallis. Le test de Mann-Whitney a servi à comparer les débits d'eau déversée par le barrage de Buyo avant et après la construction du barrage de Soubré. Par ailleurs, ce test a permis de comparer la richesse spécifique, les indices de Shannon (H') et équitabilité (J), l'abondance numérique et pondérale en fonction des périodes de crue et de décrue dans le lac et entre les périodes d'ouverture et de fermeture des vannes du barrage dans le cours principal. Une modélisation des données a été effectuée en utilisant la régression linéaire multiple ou régression de Pearson pour trouver la meilleure équation linéaire de prévision de la richesse spécifique en liaison avec les paramètres hydrologiques (Kamelan, 2014 ; Laë

et Mahé, 2002). Étant donné que le milieu lacustre et le milieu fluvial présentent des caractéristiques hydromorphologiques différentes, nous avons testé la prédiction de modélisation entre les richesses spécifiques et les caractéristiques hydrologiques propre à chaque zone d'étude. L'objectif étant d'obtenir un meilleur coefficient de détermination R^2 , qui traduit une excellente capacité prédictive du modèle, nous avons donc retenue le modèle qui montre une valeur élevée de R^2 pour chaque zone d'étude. Le test de régression linéaire multiple a été réalisé à l'aide du logiciel XLSTAT version 2016.02.

Resultats

Paramètres hydrologiques

La figure 2 montre les variations mensuelles des débits d'eaux déversées au niveau du barrage de Buyo avant et après la construction du barrage de Soubré. La courbe de l'évolution des débits d'eau déversée montre qu'avant la construction de ce deuxième barrage, les lâchers d'eau étaient faits seulement durant les mois d'août à novembre. Après la mise en eau du barrage de Soubré, le débit d'eau déversée est passé de 201,58 m³/s à 920,28 m³/s. Le test de Mann-Whitney a montré une différence significative entre le débit d'eau déversé avant et après la construction du deuxième barrage.

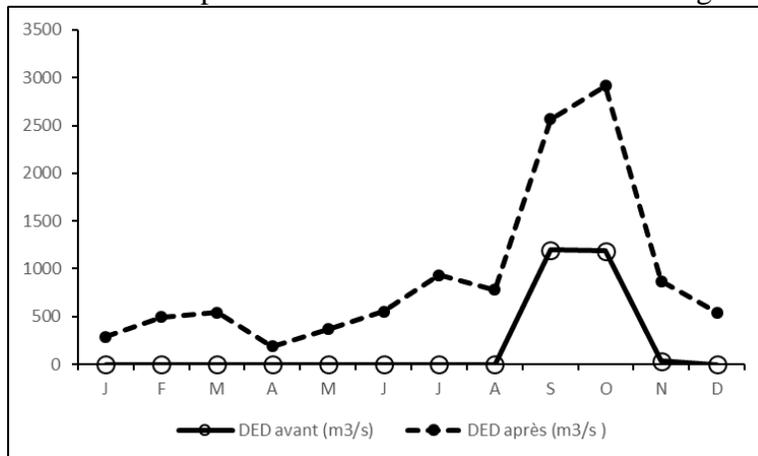


Figure 2 : Débit mensuel moyenne d'eau déversée (DED) avant et (DED) après la construction du deuxième le barrage de Soubré au poste de Buyo (2015-2020).

Données sur l'ichtyofaune

Inventaire du peuplement

La composition de la richesse spécifique du complexe fluvio lacustre se répartit en 42 espèces appartenant à 6 ordres, 12 genres et 14 familles. Dans cette composition ichtyologique, on distingue 37 espèces dulçaquicoles, 3 espèces estuariennes (*Sarotherodon melanotheron*, *Sarotherodon Galilaeus* et *Coptodon guineensis*), 2 espèces introduites (*Heterotis niloticus* et

Oreochromis niloticus), et 1 Cichlidae hybride (*Tilapia guineensis* x *Tilapia Zillii*). (Tableau 1). Dans la partie lacustre, 35 espèces ont été observées dont les Cichlidae, les Mormyridae et les Cichlidae sont les plus diversifiés. Dans la partie fluviale, les 28 espèces recensées ont été dominées par les Alestidae, les Mochokidae et les Cichlidae.

Tableau 1. Liste des espèces de poissons échantillonnées dans la partie lacustre et la partie fluviale (de juin 2018 à mai 2019).

Familles	Espèces	Code	Partie lacustre	Partie fluviale
Clupeidae	<i>Pellonula leonensis</i>	Pe. le	+	
Arapaimidae	<i>Heterotis niloticus</i> **	He.ni	+	
Mormyridae	<i>Marcusenius furcoidens</i>	Ma. fu		+
	<i>Marcusenius ussheri</i>	Ma. us	+	+
	<i>Marcusenius senegalensis</i>	Ma. se	+	+
	<i>Mormyrops anguilloides</i>	Mo. an	+	+
	<i>Mormyrus rume</i>	Mo. Ru	+	+
Alestidae	<i>Brycinus longipinnis</i>	Br. lo	+	+
	<i>Brycinus imberi</i>	Br. im	+	+
	<i>Brycinus nurse</i>	Br. nu	+	+
	<i>Brycinus macrolepidotus</i>	Br. ma		+
	<i>Alestes baremoze</i>	Al. ba		+
Hepsetidae	<i>Hepsetus odoe</i>	He. od	+	
Distichodontidae	<i>Distichodus rostratus</i>	Di. ros	+	
Latidae	<i>Lates niloticus</i>	La. nil	+	+
Cyprinidae	<i>Enteromius macrops</i>	En. ma	+	
	<i>Enteromius ablabes</i>	En. ab	+	
	<i>Labeo coubie</i>	La. co	+	+
	<i>Labeo parvus</i>	La. pa		+
	<i>Labeo senegalensis</i>	La. se	+	
	<i>Raiamas senegalensis</i>	Ra. se		+
Schilbeidae	<i>Schilbe mandibularis</i>	Sc. ma	+	+
	<i>Schilbe intermedius</i>	Sc. in	+	
Claroteidae	<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	Ch. ni	+	+
	<i>Chrysichthys maurus</i>	Ch. ma	+	+
	<i>Chrysichthys Johnelsis</i>	Ch. jo	+	
Mochokidae	<i>Synodontis punctifer</i>	Sy. pu	+	+
	<i>Synodontis koensis</i>	Sy. ko	+	+
	<i>Synodontis bastiani</i>	Sy. ba	+	+

	<i>Synodontis schall</i>	<i>Sy. sc</i>		+
Clariidae	<i>Clarias anguillaris</i>	<i>Cl.an</i>	+	+
	<i>Heterobranchus longifilis</i>	<i>He. lo</i>	+	
Malapteruridae	<i>Malapterurus electricus</i>	<i>Ma. el</i>	+	+
	<i>Pollimyrus isidori</i>	<i>Po.is</i>		+
Cichlidae	<i>Hemichromis bimaculatus</i>	<i>He.bi</i>	+	+
	<i>Hemichromis fasciatus</i>	<i>He. fa</i>	+	
	<i>Oreochromis niloticus</i> **	<i>Or.ni</i>	+	+
	<i>Sarotherodon galilaeus</i> *	<i>Sa.ga</i>	+	
	<i>Sarotherodon melanotheron</i> *	<i>Sa. me</i>	+	
	<i>Coptodon guineensis</i> *	<i>Co.gu</i>	+	
	<i>Coptodon zillii</i>	<i>Co. zi</i>	+	+
	<i>Tilapia hybride (T.guinensis x T. Zillii)</i> ***	<i>TI. hy</i>	+	+
14	42	35	28	

+ = présence, *= espèces estuariennes, **= espèces introduites

Abondance numérique

Au total, 1623 individus ont été dénombrés dans le lac de Buyo et 558 individus dans la partie fluviale. Les espèces les plus abondantes dans le lac de Buyo sont les *Coptodon zillii* avec 23,59 % du nombre d'espèces inventoriées après vient *Synodontis punctifer* 22,05% et *Chrysichthys nigrodigitatus* 12,93%. Les autres espèces font moins de 10 % en termes d'abondance numérique (figure 3). Dans la partie fluviale ce sont les espèces *Synodontis puncter* (43,01 %) et *Chrysichthys nigrodigitatus* (13,97%) qui sont les plus prépondérants. Les autres familles dominent le peuplement à une contribution chacune de moins de 10% de l'abondance totale du peuplement (figure 4

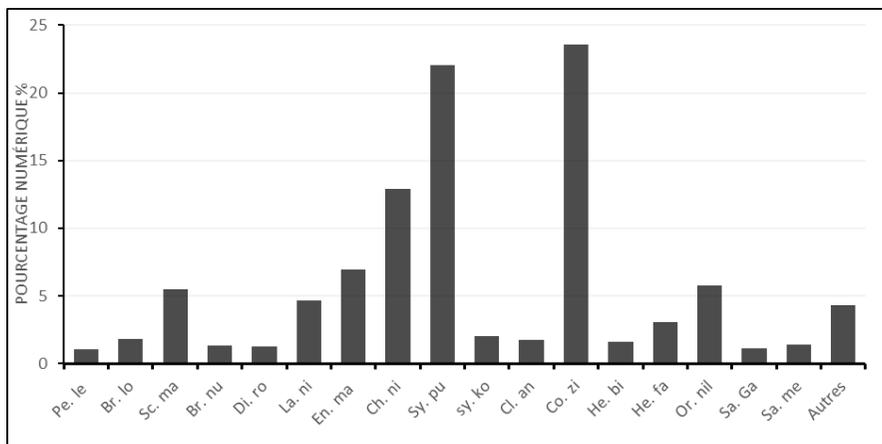


Figure 3 : Pourcentage numérique des espèces de poissons échantillonnées dans le lac de Buyo (de juin 2018 à mai 2019)

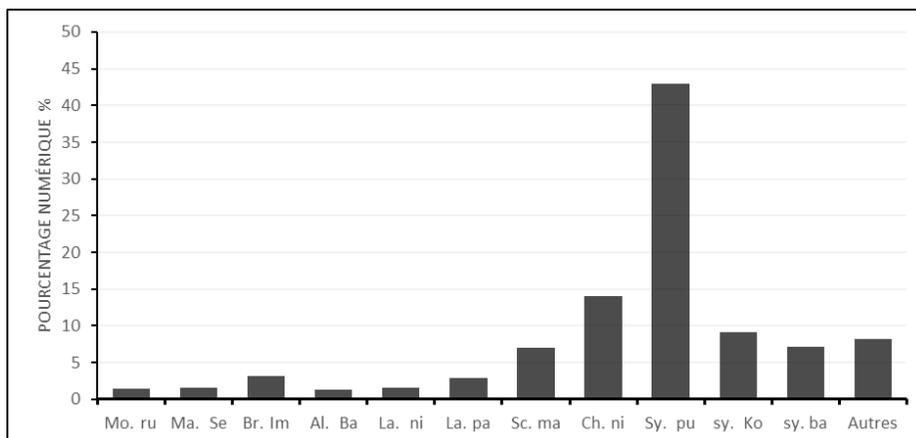


Figure 4 : Pourcentage numérique des espèces de poissons échantillonnées dans le cours principal du fleuve Sassandra (de juin 2018 à mai 2019)

Relation entre les données hydrologiques et la diversité biologique

Variation spatio-temporelle de la richesse spécifique

Dans le lac de Buyo, la richesse spécifique a varié de 10 à 20 espèces. Le pic mensuel de la richesse spécifique est observé durant en janvier qui correspond à un mois de fermeture du barrage. Dans le cours principal, la richesse spécifique atteint son pic en mars où les vannes du barrage sont fermées. La différence mensuelle de la richesse spécifique entre les mois n'est pas significative selon le test de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). (Figure 5)

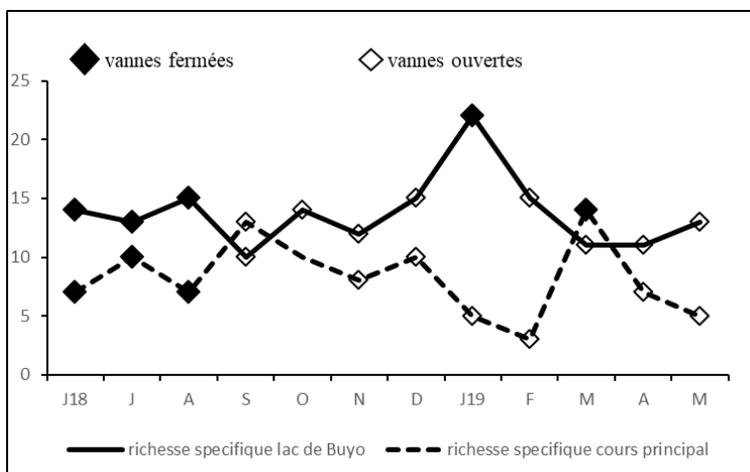


Figure 5 : Variation mensuelle de la richesse spécifique du lac de Buyo et du cours principal en fonction de l’ouverture et la fermeture des vannes du barrage de Buyo (de juin 2018 à mai 2019)

Dans le lac de Buyo, l’espèce *Synodontis punctifer* domine en termes de nombre le peuplement en période de crue (22,15%) alors que l’espèce *Coptodon zillii* est prépondérante en période de décrue (37,97%) (Figure 6). Dans le cours principal l’espèce *Synodontis punctifer* domine le peuplement durant les périodes d’ouverture (crue) et de fermeture des vannes (décrue) respectivement 47% et 31,97% (Figure 7).

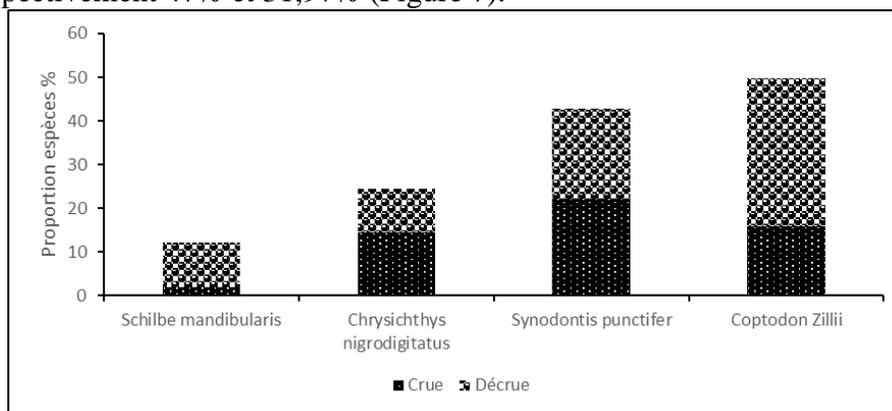


Figure 6 : Proportion des espèces prépondérantes en périodes de crue et de décrue dans le lac de Buyo (de juin 2018 à mai 2019)

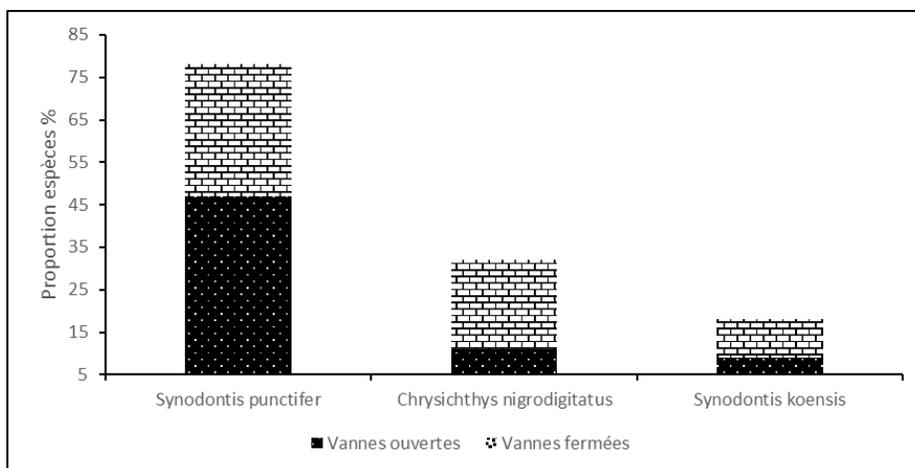


Figure 7 : Proportion des espèces prépondérantes suivant les périodes d’ouverture et la fermeture des vannes dans le cours principal du fleuve Sassandra (de juin 2018 à mai 2019).

Variation spatio temporelle des indices diversité de Shannon (H') et d'équitabilité (J)

Les indices de diversité de Shannon (H') et d'équitabilité (J) ont varié en fonction de la zone d'étude et en fonction des niveaux d'eau. Dans le lac de Buyo, les indices de Shannon et d'équitabilité ont une valeur plus élevée en hautes eaux ($H'_{HE}=2,56$; $J_{HE}= 0,72$) qu'en basses eaux ($H'_{BE}=2,07$; $J_{BE}=0,71$). H' et J présentent des valeurs maximales en novembre et janvier et des valeurs minimales en période de basse eau en mai (Figure 8). Dans le cours principal, les valeurs des indices de Shannon et d'équitabilité sont plus élevées en basses eau (période de fermeture régulière des vannes) ($H'_{BE}=2,22$; $J_{BE}=0,71$) qu'en hautes eaux (période d'ouverture régulière des vannes) ($H'_{HE}=1,94$; $J_{HE}=0,64$) (Figure 9). H' et J présentent des valeurs maximales en septembre alors que leurs valeurs minimales sont observées en février. Le test de Mann-Whitney a montré une différence significative pour H' et J durant les deux périodes de niveau d'eau dans les deux zones d'étude

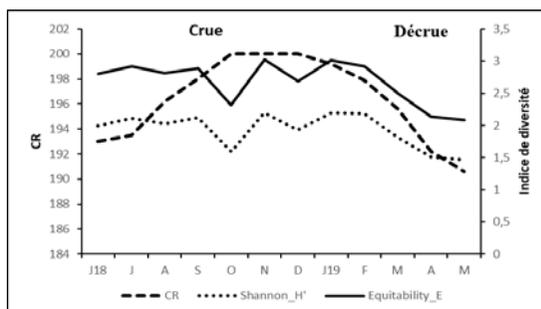
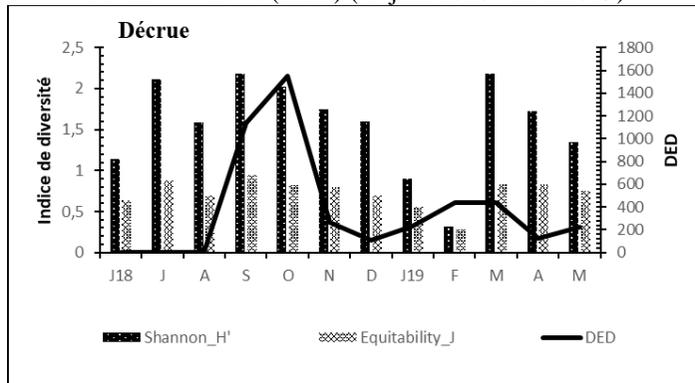


Figure 8 : variation mensuelle des indices de Shannon (H') d'équitabilité (J) dans le lac de Buyo en fonction des cotes de retenue (CR) d'eaux du lac de Buyo (de juin 2018 à mai 2019)

Figure 9 : Variation mensuelle des indices de diversité (H' et J) en fonction des débits d'eaux déversées (DED) (de juin 2018 à mai 2019).



Variation spatio-temporelle de l'abondance numérique et pondérale

Dans le lac de Buyo, l'abondance numérique et l'abondance pondérale atteignent leur pic en août lors des moyennes eaux (cote 196,2 m) (Figure 10 et Figure 11). Les faibles valeurs de l'abondance numérique et pondérale sont observées pendant la période des hautes eaux allant de Septembre à Janvier, période où la cote de retenue est de l'ordre de 198 à 199,2 m. Dans le cours principal, le pic de l'abondance numérique est observé en août où les vannes du barrage sont fermées. (Figure 12). Par contre le plus petit nombre d'individus est observé en mai qui correspond à un DED de 227 m³/s. Concernant l'abondance pondérale, le pic est observé en octobre où le débit déversé atteint son pic (1549,54 m³/s) (Figure 13). Le test de Kruskal-Wallis a montré une différence significative de l'abondance numérique et pondérale mensuelle dans les deux zones d'étude.

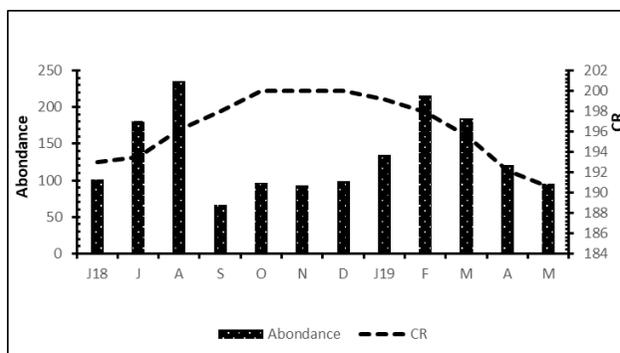


Figure 10 : Variation mensuelle de l'abondance numérique de poisson dans le lac de Buyo en fonction de l'évolution des cotes de retenue d'eau (CR) (de juin 2018 à mai 2019).

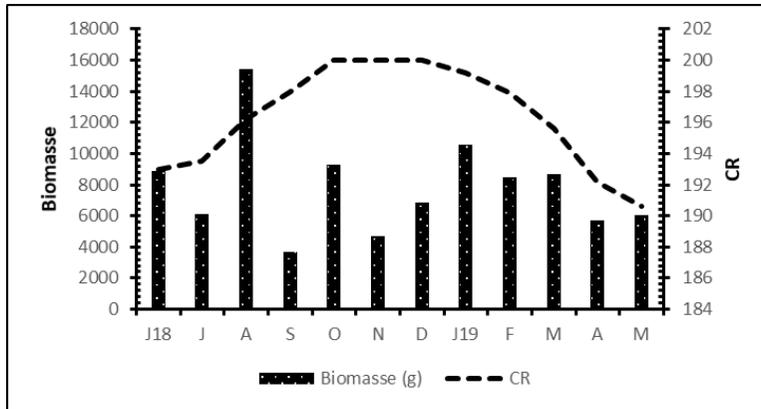


Figure 11 : Variation mensuelle de l'abondance pondérale des poissons du fleuve Sassandra en fonction des cotes de retenue (CR) (de juin 2018 à mai 2019).

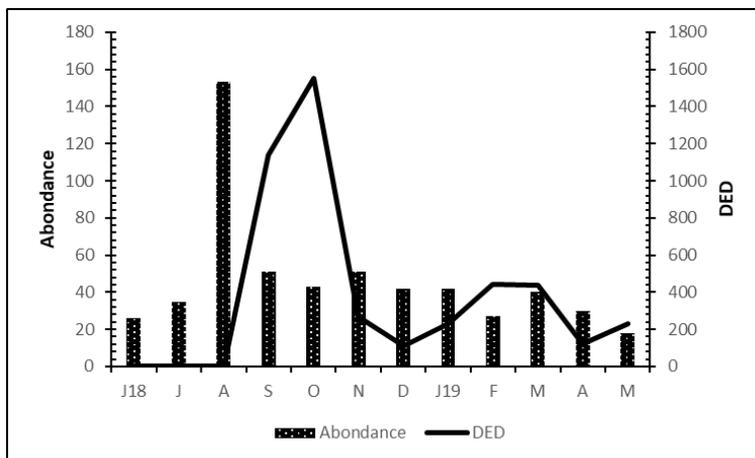


Figure 12 : Variation mensuelle d'abondance numérique des poissons du fleuve Sassandra en fonction du débit d'eau déversée (DED) (de juin 2018 à mai 2019).

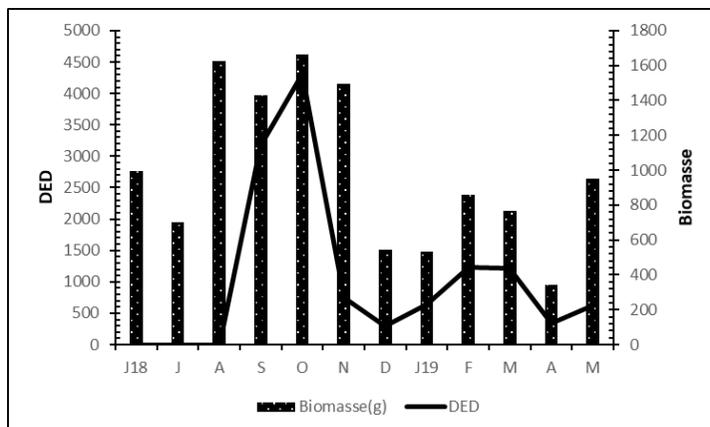


Figure 13 : Variation mensuelle de l'abondance pondérale des poissons du fleuve Sassandra en fonction du débit d'eau déversée (DED) (de juin 2018 à mai 2019).

Modèle de prédiction de l'évolution de la richesse spécifique en fonction des variables hydrologiques

La régression linéaire multiple révèle qu'en milieu lacustre (Figure 14), la richesse spécifique est influencée positivement par la cote de retenue (+14,69*log (CR)) et négativement par le débit des apports d'eau dans le lac (DAE) (-0,51*log (DAE)) et le volume d'eau déversée (VED) (-0,25*log(VED)). On obtient un bon coefficient de détermination $R^2= 0,77$. L'équation de la droite de régression s'écrit :

$$RS = -29,73+14,69*\log (CR)-0,51*\log (DAE)-0,25*\log(VED)$$

Avec : Rs = Richesse spécifique, CR= Cote de Retenue ; DAE= Débit des apports d'eau dans le lac ; VED= Volume d'eau déversée du lac par le barrage.

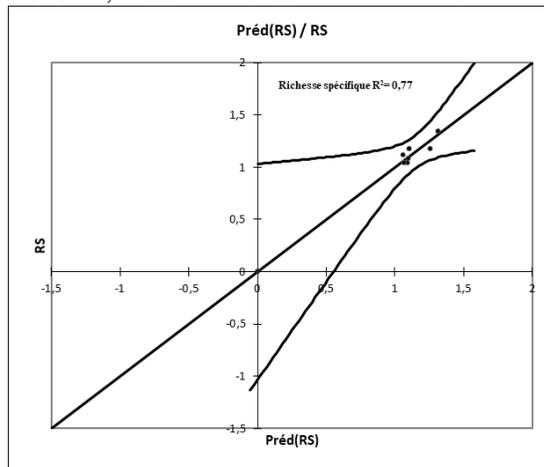


Figure 14 : Corrélation entre valeurs observées et valeurs estimées par le modèle en milieu lacustre (de juin 2018 à mai 2019).

Rs : Richesse spécifique observée, Préd(Rs) : Richesse spécifique prédite par le modèle

Dans le milieu fluvial (figure 15), la richesse spécifique est influencée négativement par la profondeur (-0,57*log (prof)) et le débit d'eau turbinée (DET) (-0,79*log (DET)), alors qu'elle est influencée positivement par la vitesse du courant d'eau (+2,71*log (VitessC)). On obtient une corrélation meilleure avec coefficient de détermination $R^2= 0,94$. L'équation de la droite de régression s'écrit :

$$RS = 2,34-0,57*\log (prof) +2,71*\log (VitessC) -0,79*\log (DET)$$

Avec RS =richesse spécifique ; prof= profondeur ; VitessC= Vitesse du courant d'eau ; DET= Débit d'eau turbinée

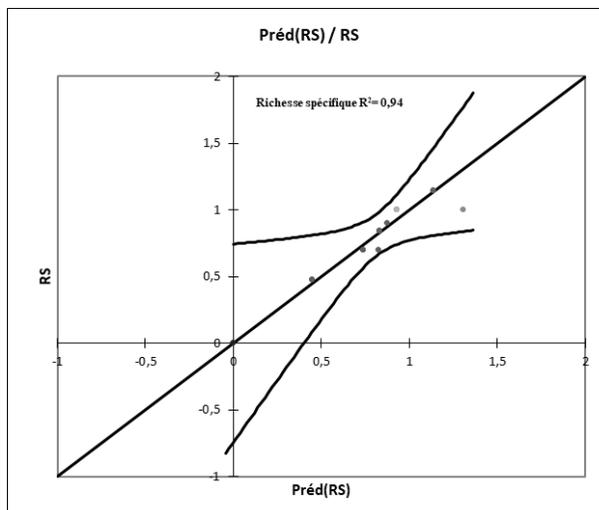


Figure 15 : Corrélation entre valeurs observées et valeurs estimées par le modèle en milieu fluvial (de juin 2018 à mai 2019).

Rs : Richesse spécifique observée, Préd(Rs) : Richesse spécifique prédite par le modèle

Discussion

L'observation des débits d'eau déversée avant (201,58 m³/s) et après (920,28 m³/s) la mise en eau du barrage de Soubré serait à l'origine du changement hydrologique avéré dans le complexe fluvio-lacustre. La hausse et la chute annuelle des niveaux d'eau est un des paramètres déterminants de la productivité des écosystèmes aquatiques. La modification de la saisonnalité du débit d'eau suite à la construction d'un deuxième barrage aura un impact considérable sur les flux d'eau saisonniers du Sassandra mais aussi et surtout des conséquences majeures sur l'ichtyofaune. En effet, la montée des eaux nourrit l'écosystème, stimule le comportement de frai et génère des refuges pour les poissons au cours des phases clés de leur cycle biologique (Reid et Sydenham, 1979) alors que son retrait brusque entraîne une perte d'habitat et de nourriture. Pour la majorité des espèces dans le fleuve Sassandra, le pic annuel de débit est l'élément déclencheur de la ponte, la plupart des espèces se reproduisent pendant les hautes eaux entre juillet et novembre (Kouassi *et al.*, 2019, N'Dri *et al.*, 2020). Les variations spontanées du régime hydrologique liés aux aménagements hydroélectriques sur le fleuve Sassandra auraient probablement des effets sur les sites de ponte (N'Dri *et al.*, 2020), la survie des larves (Franklin et Smith, 1963), la croissance et le recrutement des stocks de pêche (Boxrucker *et al.*, 2005). Ces résultats sont identiques à ceux de Laë (1992) dans le fleuve Niger, de Winemiller *et al.* (2016) dans les fleuves Amazon, Congo et Mekong, de Gourène *et al.* (1999) dans la Bia et le Bamdama, Koné (2000) dans la Bia et le lac de barrage d'Ayamé. En effet, ces auteurs ont montré respectivement que la mise en place de plusieurs barrages sur un cours d'eau est susceptible d'entraver la production

halieutique, la survie, la distribution et la reproduction des poissons. L'ouverture des vannes pourrait provoquer l'assèchement des nids des cichlidae qui pondent en milieu peu profond dans le lac. Dans la partie aval, l'ouverture spontanée des vannes pourrait inonder les frayères. Les aménagements hydroélectriques seraient un danger pour les sites de frai. Selon Mingelbier *et al.* (2005), l'assèchement ou l'inondation des zones de reproduction peut compromettre le succès de reproduction des poissons.

L'ichtyofaune du lac de Buyo et le cours principal du fleuve reflètent la composition taxonomique des travaux antérieurs. La partie du lac de Buyo qui fait l'objet d'étude est en communication permanente avec la rivière N'zo et le cours principal supérieur du fleuve Sassandra. Il est aussi en communication temporaire avec certaines rivières tributaire du Parc National de Taï (PNT) pendant les crues. La restriction de la zone d'étude dans la présente étude ne nous permet pas d'affirmer une possible disparition des espèces dulçaquicoles non inventoriées mais existant dans la littérature. Cependant lors de nos enquêtes, plusieurs pêcheurs affirment ces dernières années une rareté absolue et/ ou une disparition de certaines espèces telles que (*Parachanna obscura*, *Hepsetus odoe*). Gourène *et al.* (1999) ont signalé la disparition de *Citharinus eburneensis* dans la Bia suite à la construction des barrages d'Ayamé.

Dans le lac de Buyo, les Cichlidae (23,59%) sont les plus représentés numériquement. Ce résultat est en conformité avec les travaux antérieurs (Traoré., 1996 ; Kouamé., 2010 ; Goli Bi *et al.*, 2019 ; N'Dri *et al.*, 2020). La composition de l'ichtyofaune du lac de Buyo est semblable à celle observée dans la plupart des milieux lacustre africains tels que, les lacs Ihéma (Rwanda), Kainji (Nigéria), Kangimi (Nigéria), Tiga (Nigéria), Georges (Uganda) et Toho-todougba (Bénin) où les cichlidés constituent les composantes importantes de l'ichtyofaune (Gwahaba, 1975 ; Ita, 1982 ; Balogun, 1986 ; Plisnier *et al.*, 1988 ; Adite et Winemiller, 1997 ; Balogun, 2005). Contrairement aux travaux de Kouamé *et al.* (2008) où les Alestidae dominaient le peuplement dans le même milieu d'étude, c'est plutôt les Mochokidae qui dominent en nombre d'individus et en nombre d'espèces dans la présente étude. Ces familles sont les plus diversifiées dans le cours principal du Sassandra. En effet, selon Yao *et al.* (2010) les espèces du genre *Synodontis* se nourrissent d'aliments provenant des zones de bordure tels que : les insectes terrestres, les fruits, les graines et les feuilles qui tombent de la végétation marginale. Le niveau d'eau toujours élevé suite à l'ouverture des vannes rendrait ces aliments accessibles aux poissons, ce qui expliquerait l'existence de l'espèce *Synodontis Schall* dans nos captures ; l'espèce déclarée absente par Kouamé (2010) dans le même milieu. L'espèce *Synodontis punctifer* serait la plus adaptée aux changements hydrologiques induit par les aménagements hydroélectriques étant donné que cette espèce est prépondérante durant les périodes de crue et de décrue dans les deux zones d'étude. Des résultats

similaires ont été observés dans le fleuve Bandama où l'ouverture et la fermeture des vannes des barrages hydroélectriques de Kossou et de Taabo a favorisé la prolifération de l'espèce *Distichodus rostratus* (Berté *et al.*, 2008). Dans le lac de Buyo, la richesse spécifique est plus abondante durant les périodes de hautes eaux (11 à 26 espèces) que celle des basses eaux (3 à 16 espèces). Aussi l'évolution mensuelle de la richesse spécifique a révélé une dominance en janvier où le niveau d'eau commence à baisser. Ces résultats sont en accord à ceux de Montchowui *et al.* (2008) dans le lac Hlan. Pour ces auteurs, les variations mensuelles de la richesse spécifique sont beaucoup plus liées aux migrations des espèces entre le lac et ses rivières associées pendant les périodes de faibles et hautes eaux. Ainsi, la fermeture prolongée des vannes du barrage de Buyo crée des montées d'eau qui facilitent une liaison entre le lac et les cours d'eaux environnant. Cette liaison crée une diversité d'habitat pour les poissons. Cette hypothèse est corroborée par les variations mensuelles de poissons pêchés dans la réserve N'zo qui varie d'une saison hydrologique à l'autre. L'ouverture et la fermeture récurrente du barrage de Buyo à la demande de celui de Soubré serait source de déphasage entre les variations saisonnière des fluctuations d'eaux du lac de Buyo et l'aval du barrage. Le barrage de Buyo était strictement fermé de juin à août 2018. Cette fermeture peu prolongée des vannes du barrage créerait une période de restauration et d'équilibre environnemental favorables au développement des poissons. Ce qui explique que les indices de Shannon et d'équitabilité ont une valeur plus élevée lors des crues ($H'_{HE}=2,56$; $J_{HE}=0,72$) qu'en décrue ($H'_{BE}=2,07$; $J_{BE}=0,71$). L'abondance et la biomasse atteignent leurs pics en août, car ce mois représenterait une période de stabilité et de transition hydrologique (passage de basse eau en haute eau). Les faibles valeurs de l'abondance numérique entre septembre et janvier serait due à l'accessibilité accrue de plusieurs habitats permettant aux poissons d'échapper à la prédation. Contrairement au milieu lacustre, les valeurs des indices de Shannon et équitabilité sont plus élevées en période de décrue (vannes fermée) ($H'_{BE}=2,22$; $J_{BE}=0,71$) qu'en période de crue (vannes ouvertes) ($H'_{HE}=1,94$; $J_{HE}=0,64$). Des résultats similaires ont été obtenus par De Mérona *et al* (1987) à l'aval du barrage de Tucurui sur le Tocantins au Brésil où après la fermeture du barrage les peuplements de poissons montraient une certaine stabilité. Pendant les périodes d'ouverture régulière des vannes du barrage, la capture diminue ce qui explique la baisse de l'abondance. En effet, le débit de lâcher d'eau des vannes endommagent les engins de pêche érigés dans le lit du fleuve cela favorise une baisse de capture durant ces périodes. Les espèces de grandes tailles tels que les Mochokidae et Claroteidae dominent lors des inondations au profit des espèces de petites tailles telles que Alestidae et les Clupeidae. Ce qui traduirait le pic de biomasse observé en octobre lorsque le débit d'eau déversée atteint le pic ($1549,54 \text{ m}^3/\text{s}$). Selon Gourène *et al.* (1999)

après la formation des lacs de barrage, certaines espèces s'adaptent aux nouvelles conditions de vie tandis que d'autres, ne pouvant s'y maintenir, finissent par disparaître. Ce constat a été relevé par De Mérona (2005) dans le Petit-Saut. En effet, cet auteur a observé une dominance d'espèce pendant les crues lors de l'ouverture des vannes par rapport aux périodes de fermeture. Ainsi, la dominance de *Synodontis punctifer* durant les crues en aval serait liée aux apports d'eau continuels dans le fleuve. Cependant, le barrage de Buyo constituerait une barrière physique pour la reproduction de cette espèce. Dans le barrage hydroélectrique de Taabo, Oussou *et al.* (2018) affirment que *Synodontis punctifer* croît en aval puis migrent en amont pour frayer en saison de crue. Selon Daget *et al.* (1988), les barrages constituent en Afrique de véritable entrave aux espèces migratrices car ces derniers ne disposent pas pour la plupart des passes à poisson ; c'est le cas du barrage de Buyo. La prédominance de l'espèce *Coptodon zillii* pendant la décrue serait due à une disponibilité accrue de nourriture. En effet, selon Nobah *et al.* (2019), ces espèces appartiennent au groupe des consommateurs primaires, leur spectre alimentaire serait dû à la disponibilité, à l'abondance des proies et aux saisons hydrologiques du milieu. Ainsi, pendant les décrues, la diminution du niveau d'eau favoriserait la concentration du plancton et l'accessibilité jeunes pousses que les poissons broutent en surface (Konan *et al.*, 2008).

La régression linéaire multiple révèle qu'en milieu lacustre la richesse spécifique est influencée positivement par la cote de retenue ($+14,69 \cdot \log(\text{CR})$) et négativement par le débit des apports d'eau (DAE) ($-0,51 \cdot \log(\text{DAE})$) et le volume d'eau déversé (VED) ($-0,25 \cdot \log(\text{VED})$). En effet le nombre d'espèces du milieu lacustre augmenterait pendant que les cotes de retenues augmentent. Le nombre d'espèces diminuerait pendant que le débit des apports d'eau et le volume d'eau déversé augmente. Selon Lévêque (2006), la variabilité hydrologique a des conséquences importantes la dynamique des peuplements de poissons. En effet, les précipitations occasionnent des eaux de ruissellement qui drainent les substances nutritives (nitrites, nitrates et phosphates) provenant des activités agricoles de la zone périphérique vers le milieu lacustre situé dans le parc. L'apport probable de ces éléments nutritifs et de sédiments seraient la cause de la diminution de la richesse spécifique. Un tel phénomène a été observé par Kamelan (2014) dans les cours d'eau de l'espace Taï. Aussi, le vidange en eau du lac crée une perte d'habitat et de ressource alimentaire pour les poissons. Dans le milieu fluvial, la richesse spécifique est influencée négativement par la profondeur ($-0,57 \cdot \log(\text{prof})$) et le débit d'eau turbinée ($+0,79 \cdot \log(\text{DET})$), alors qu'elle est influencée positivement par la vitesse du courant d'eau. Dans les milieux fluviaux, la vitesse du courant est un paramètre clé pour la survie de l'espèce. Les poissons du milieu fluvial seraient adaptés au courant fort étant donné que les vannes sont fréquemment ouvertes. Dans les deux milieux d'étude, la richesse

spécifique est influencée négativement par les débits d'eau (DET, DAE, DED). En effet, de nombreuses études ont démontré qu'une altération du débit naturel des cours d'eau par des installations hydro-électriques, a un effet négatif à l'échelle des populations et communautés de poissons (Carlisle *et al.* 2011, Dieterman et Galat, 2004).

Conclusion

Le régime hydrologique du fleuve Sassandra a été modifié après la mise en eau d'un deuxième barrage. Ces modifications hydrologiques ont affecté la distribution des poissons. Sur 42 espèces récoltées, *Coptodon zillii* et *Synodontis punctifer* dominent le peuplement respectivement dans le lac de Buyo et le cours principal du fleuve Sassandra. L'abondance de ces espèces a varié en fonction des niveaux d'eau. Dans le lac, *Coptodon zillii* domine en saison de décrues alors que *Synodontis punctifer* prédomine en période de crue. Dans le cours principal, *Synodontis punctifer* domine aussi bien en saison des crues (l'ouverture des vannes) qu'en décrues (fermeture des vannes). Dans le lac de Buyo, la richesse spécifique est influencée négativement par le débit d'apport d'eau et le volume d'eau déversé. Dans le milieu fluvial, la richesse spécifique est influencée négativement par la profondeur et le débit d'eau turbiné par l'usine hydroélectrique. La fermeture peu prolongée des vannes du barrage (juin, juillet, août 2018) a été très favorable aux peuplements des espèces. Vu les conséquences des variations du régime hydrologiques sur les poissons, il serait souhaitable de maintenir les crues du lac à des cotes maximale (cote 200 m) durant les mois de juillet à novembre (période de reproduction de plusieurs espèces de poissons).

Remerciements

Nous remercions l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR) en particulier le Capitaine Assié Djê Yao Hartman qui nous a permis d'échantillonner dans la réserve N'zo et zone périphérique. Nos remerciements vont à l'endroit de Professeur Koné Tidiani de nous avoir associé à ce projet de recherche. Nous remercions également N'DRI Olga Rosemonde et Soro Mamadou qui nous ont aidé pour échantillonnages des données sur le terrain.

References:

1. Adite A. & Winemiller K. O., 1997. Trophic ecology and ecomorphology of fish assemblages in coastal lakes of Benin, West Africa. *Ecoscience*, 4(1), 6-23.
2. Balogun J. K., 1986. Fish distribution in Kainji lake, Nigeria. *Journal of fish biology*, 29 (4), 489-498.

3. Balogun J. K., 2005. Fish distribution in a small domestic water supply reservoir: A case study of Kangimi Reservoir, Kaduna, Nigeria Journal. Applied. Sciences Environnement .832-837.
4. Berté S., Kouamélan E. P., Ouattara N. I., Koné T., N'Douba V. & Kouassi N. J., 2008. Régime alimentaire de *Distichodus rostratus* (Characiformes, Distichodontidae) dans un bassin Ouest africain (fleuve Bandama, Côte d'Ivoire). Sciences et Nature 5 (2) : 167-176.
5. Boxrucker J.C., Summers G.L. & Gilliland E.R., 2005. Effects of the extent and duration of seasonal flood pool inundation on recruitment of threadfin shad, white crappies, and largemouth bass in Hugo Reservoir, Oklahoma. North American Journal of Fisheries Management, 25 (2) :709-716.
6. Carlisle D.M., Wolock D.M. & Meador M.R., 2011. Alteration of streamflow magnitudes and potential ecological consequences: A multiregional assessment. Frontiers in Ecology and the Environment 9 : 264-270.
7. Daget, J., Gaigher, I. C. & Ssentongo, G. W. 1988. Conservation, pp. 481-491. In : Biologie et écologie des poissons d'eau douce africains (Levêque, C., Bruton, M.N. & Ssentongo, G. W., eds). ORSTOM, Paris.
8. DE Mérona B., DE Carvalho J. L. & Bittencourt M. M., 1987. Les effets immédiats de la fermeture du barrage de Tzzcurui (Brésil) sur Z'ichtyofaune en aval. *Rev. Hydrobiol. trop.* 20 (1) : 73-34 (1987).
9. De Mérona B., 2005. Le fleuve, le barrage et les poissons : Le barrage de Petit-Saut sur le Sinnamary en Guyane française. IRD Éditions, PARIS.
10. Dieterman D.J & Galat D.L., 2004. Large-scale factors associated with sicklefin chub distribution in the Missouri and lower Yellowstone rivers. Transactions of the American Fisheries Society 133 :577-587.
11. Franklin D.R & Smith L.L., 1963. Early life history of the northern pike, *Esox lucius* L., with special reference to the factors influencing the numerical strength of year classes. Transactions of the American Fisheries Society, 92 (2) : 91-110.
12. Girard G., Sircoulon J. & Touchebeuf P., 1971. Aperçu sur les régimes hydrologiques. In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire (Avenard J. M., Eldin M., Girard G., Sircoulon J., Touchebeuf P., Guillaumet J. L., Adjanohoun E. & Perraud A., eds.). Mémoire ORSTOM 50 : 109-155.
13. Golé-Bi G., Kouassi J.D. & Sérikpa D., 2004. Contribution socio-économique de la pêche artisanale en Côte d'Ivoire. FAO, Rapport d'étude, DFID/PMEDP : 105 p.

14. Goli Bi B.E.P., Kamelan T.M., Kien K.B., Berté S. & Kouamélan E.P., 2019. The spatiotemporal Dynamics of the fish assemblage of the man-made Lake Buyo (Côte d'Ivoire, West Africa). *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 11(3):72-85.
15. Gourène, G., Teugels, G. G., Hugué, B. & Thys van den Audenaerde, D. F. E. 1999. Evaluation de la diversité ichthyologique d'un bassin ouest africain après la construction d'un barrage. *Cybium*, 23 : 147-160.
16. Gwahaba J.J., 1975. The distribution, population density and biomass of fish in an equatorial lake, Lake Georges, Uganda. *Proc. R. Soc., Lond.*, 190 : 393-414.
17. Ita E.O., 1982. Fisheries survey of Tiga Lake, Kano State, Nigeria. *Kainji. Lake Research Report* : 67-74.
18. Kamelan T.M., 2014. Peuplement ichthyologique de quelques hydrosystèmes de l'espace taï (côte d'ivoire). Thèse de Doctorat. Université Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 190 P
19. Konan KJ, Atsé BC, Kouassi NJ. 2008. Habitudes et stratégies alimentaires de *Tylochromis jentinki jentinki* (Cichlidae) dans la lagune Ébrié (Côte d'Ivoire). *Cybium*, 32 (1) : 3-8.
20. Koné T., 2000. Régime alimentaire et reproduction d'un tilapia lagunaire (*Sarotherodon melanocheilus* Rüppell, 1852) dans la rivière Bia et le lac de barrage d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Katholieke Universiteit Leuven, 253 p.
21. Kouamé K. A., Yao S. S., Gooré Bi G., Kouamélan E. P., N'Douba V. & Kouassi N. J., 2008. Influential environmental gradients and patterns of fish assemblages in a West African basin. *Hydrobiologia*, 603 : 159-169.
22. Kouamé K.A., 2010. Diversité biologique et habitudes alimentaires de quelques espèces de poissons dans le cours inférieur du bassin du fleuve Sassandra (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat. Université Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 219 p.
23. Laë R., 1992. Influence de l'hydrologie sur l'évolution des pêcheries du delta central du Niger de 1966 à 1989. *Aquatic living resources*, 5(2): 115-126.
24. Laë R & Mahé G., 2002. Crue, inondation et production halieutique : Un modèle prédictif des captures dans le delta intérieur du Niger In: Gestion intégrée des ressources naturelles en zone inondable tropicales (en ligne). Marseille : IRD Édition.
25. Lévêque C., 2006. Variabilité du climat et des régimes hydrologiques. *In* : Les poissons des eaux continentales africaines : Diversité, écologie, utilisation par l'homme (Lévêque C. & Paugy D., Eds). IRD, Paris : 31-43.

26. McCartney M., 2009. Living with dams: managing the environmental impacts. *Water Policy*, 11 (1): 121-139.
27. Mingelbier, M., Brodeur, P., & Morin, J. (2005). Recommandations concernant les poissons et leurs habitats dans le Saint-Laurent fluvial et évaluation des critères de régularisation du système lac Ontario–Saint-Laurent.
28. Montchowui., Chikou A., Kogbeto M.J. & Lalèyè P., 2008. Biodiversité et structure des communautés de poissons du lac Hlan au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 2 (2) : 196-206.
29. Mueller M., Pander J. & Geist J., 2011. The effects of weirs on structural stream habitat and biological communities. *Journal of Applied Ecology*, vol. 48, p. 1450-1461.
30. Nobah, C. S. K., Kouame, K. A., Coulibaly, S., Atse, B. C., & Kouamelan, E. P., 2019. Habitudes alimentaires du *Coptodon* hybride issu des croisements naturels entre *Coptodon zillii* (Gervais, 1848) et *Coptodon guineensis* (Günther, 1862) de la lagune Ebrié (Côte d’Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(7), 3307-3319.
31. N’Dri O.R., Konan Y.A., Monney A.I. & Kone T., 2020. Inventaire spécifique et caractéristiques de quelques frayères du lac de Buyo dans le Parc National de Taï (Sud-Ouest Côte d’Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 145 : 14902-14913.
32. Nugent G.C., 1997. Côte d’Ivoire : Assistance en matière de législation portant sur les pêches Continentales. Rapport sur l’Aménagement des pêches continentales. F.A.O., Programme de Coopération Technique. TCP/IVC/4553, 86 p.
33. OIPR., 2006. Plan d’aménagement et de gestion du Parc National de Taï, 99 p.
34. OIPR., 2015 : plan d’aménagement et de gestion du PNT. 2014-2018, 26p.
35. Oussou K.H., Soro Y., Diaha N. C., N’guessan Y, N’Da K. Etude comparée de la reproduction de *Synodontis punctifer* (Daget, 1964) en amont et en aval du barrage hydroélectrique de Taabo, Côte d’Ivoire. *Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology*. 8 (1) : 001-013.
36. Pacini N., Donabaum K., de Villeneuve P. H., Konecny R., Pineschi G., Pochon Y., Salerno F., Schwaiger K., Tartari G., Wolfram G. & Zieritz I., 2013. Water-quality management in a vulnerable large river : the Nile in Egypt. *International Journal of River Basin Management* 11 (2) : 205-219.

37. Paugy D., Lévêque C. & Teugels G. G., 2003a. Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome 1. IRD (Paris), MNHN (Paris), MRAC (Tervuren), 457 p.
38. Paugy D., Lévêque C. & Teugels G. G., 2003b. Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome 2. IRD (Paris), MNHN (Paris), MRAC (Tervuren), 815 p.
39. Plisnier P. D., Micha, J. C., & Frank V., 1988. Biologie et exploitation des poissons du lac Ihema (Bassin Akagera, Rwanda).
40. Reid G.M. & Sydenham H., 1979. A checklist of Lower Benue river fishes and an ichthyogeographical review of the Benue River (West Africa). *Journal of Natural History* 13, 4167.
41. Stalnaker C. B., Milhous R. T., & Bovee, K. D., 1989. Hydrology and hydraulics applied to fishery management in large rivers. In *International Large River Symposium*. 106 : 13-30.
42. Thomas T. H. & Adams W. M., 1999. Adapting to dams: Agrarian change downstream of the Tiga Dam, Northern Nigeria. *World Development* 27 (6) : 919-935.
43. Traoré K., 1996. State of knowledge on Ivorian inland fisheries. Consultation report. FAO Project TCP/IVC/4553, IDESSA, Bouaké, Côte d'Ivoire.
44. Vanga A. F., 2001. Conséquences socio-économiques de la gestion des ressources naturelles cas des pêcheries dans les lacs d'Ayamé et de Buyo (Côte d'Ivoire). Thèse : de doctorat, Université d'Abobo-Adjamé, 196 p.
45. Vanga A. F., 2004. Conséquences socio-économiques de l'expulsion des pêcheurs étrangers en Côte d'Ivoire : lacs d'Ayamé et de Buyo. *Revue Européenne des Migrations Internationales*, 20 (1) : 197-205.
46. Yao S.S., Kouamé K. A, Ouattara N. I., Goores BI G. & Kouamélan E. P., 2010. Preliminary data on the feeding habits of the endemic species *Synodontis koensis* Pellegrin, 1933 Siluriformes, Mochokidae) in a West African River (Sassandra River Basin, Côte d'Ivoire). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 396 (04) : 1-12.
47. Yapo O. B., Mambo V., Sanogo T. A. & Houenou P.V., 2008. Etude Analytique des Caractéristiques Chimiques d'un Lac Eutrophe en Milieu Tropical : La Conductivité comme Indicateur de Trophie du Lac de Buyo (Côte d'Ivoire). *Journal de la Société Ouest Africaine de Chimie*, 25 : 87-108.
48. Winemiller K. O., McIntyre P. B., Castello L., Fluet-Chouinard E., Giarrizzo T., Nam S., Baird I. G., Darwall W., Lujan N. K, Harrison I., Stiassny M. L., Silvano R. A., Fitzgerald D. B., Pelicice F. M., Agostinho A. A., Gomes L. C., Albert J. S., Baran E., Petrere Jr M., Zarfl C., Mulligan M., Sullivan J. P., Arantes C. C., Sousa L. M.,

Koning A. A., Hoeinghaus D. J., Sabaj M., Lundberg J. G., Armbruster J., Thieme M. L., Petry P., Zuanon J., Torrente Vilara G., Snoeks J., Ou C., Rainboth W., Pavanelli C. S., Akama A., van Soesbergen A., Sáenz L., 2016. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*, 351(6269), 128-129.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Evaluation Des Polluants Emergents (Parabènes, Triclosan Et Triclocarban) Dans Les Baies D'Azito, Du Banco Et De Marcory (Abidjan, Côte D'Ivoire)

Kouakou Kouamé,

Laboratoire des Sciences de l'Environnement (LSE), Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Gestion de l'Environnement (UFR-SGE),
Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire

Etchian Assoi Olivier,

Laboratoire de Biologie et de Cytologie Animales, Unité de Formation et de Recherche en Sciences Naturelles (UFR-SN), Université Nangui Abrogoua, ,
Côte d'Ivoire

Seka Yapoga Jean,

Laboratoire des Sciences de l'Environnement (LSE), Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Gestion de l'Environnement (UFR-SGE),
Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire

Yapo Ossey Bernard,

Laboratoire des Sciences de l'Environnement (LSE), Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Gestion de l'Environnement (UFR-SGE),
Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire

Laboratoire Central de l'Environnement du Centre Ivoirien Anti-Pollution (LCE-CIAPOL), Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n40p297](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p297)

Submitted: 21 May 2021

Accepted: 12 October 2021

Published: 30 November 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Kouamé K., Olivier E.A., Jean S.Y., & Bernard Y.O., (2021). *Evaluation Des Polluants Emergents (Parabènes, Triclosan Et Triclocarban) Dans Les Baies D'Azito, Du Banco Et De Marcory (Abidjan, Côte D'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(40), 297.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p297>

Résumé

L'objet de cette étude est d'évaluer les risques environnementaux liés aux polluants émergents (parabènes, triclosan et triclocarban) par le calcul de l'indice de risque afin de prévenir des dangers liés à la contamination de certaines espèces aquatiques. En effet, les polluants émergents originaires des produits pharmaceutiques et des produits de soins personnels représentent un

danger pour l'environnement. Le calcul de l'indice de risque des espèces aquatiques (bactéries, protozoaires, algues, crustacés, oursins, mollusques, poissons) exposées aux polluants émergents (parabènes, triclosan et triclocarban) a montré que celui-ci est proche de la valeur limite (1) dans certaines baies lagunaires Ebrié. Les baies d'Azito et de Banco, présentent des risques pour certaines espèces aquatiques. L'indice de risque obtenu par le quotient de concentration du polluant dans le milieu (PEC) et la concentration la plus faible pour laquelle on ne prévoit aucun effet sur l'environnement (PNEC), montre le risque du triclosan dans les algues au niveau de la baie d'Azito (IR= 1,71). Dans les baies d'Azito et du Banco, les algues, les crustacés, les oursins et les mollusques exposés au triclocarban sont montrés dangereux (IR> 1). L'exposition des espèces aquatiques aux polluants émergents (triclosan et triclocarban) est plus élevée dans la baie du Banco (1,71 à 29,5) que dans la baie d'Azito (1,01 à 6,93). Les espèces aquatiques telles que les algues, les oursins et les mollusques se sont montrées vulnérables au triclosan.

Mots clés: Polluants Émergents, Parabènes, Triclosan, Triclocarban, Baies, Milieu Aquatique

Evaluation Of Emerging Pollutants (Parabens, Triclosan And Triclocarban) In Azito, Banco And Marcory Bays (Abidjan, Ivory Cost)

Kouakou Kouamé,

Laboratoire des Sciences de l'Environnement (LSE), Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Gestion de l'Environnement (UFR-SGE),
Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire

Etchian Assoi Olivier,

Laboratoire de Biologie et de Cytologie Animales, Unité de Formation et de Recherche en Sciences Naturelles (UFR-SN), Université Nangui Abrogoua, ,
Côte d'Ivoire

Seka Yapoga Jean,

Laboratoire des Sciences de l'Environnement (LSE), Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Gestion de l'Environnement (UFR-SGE),
Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire

Yapo Ossey Bernard,

Laboratoire des Sciences de l'Environnement (LSE), Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Gestion de l'Environnement (UFR-SGE),
Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire

Laboratoire Central de l'Environnement du Centre Ivoirien Anti-Pollution (LCE-CIAPOL), Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the environmental risks related to emerging pollutants (parabens, triclosan and triclocarban) by calculating the risk index in order to prevent the dangers related to the contamination of certain aquatic species. Indeed, the emerging pollutants originating from pharmaceutical products and personal care products represent a danger for the environment. The calculation of the risk index of aquatic species (bacteria, protozoa, algae, crustaceans, sea urchins, mollusks, fish) exposed to emerging pollutants (parabens, triclosan and triclocarban) has shown that it is close to the limit value (1) in some Ebrié lagoon bays. The bays of Azito and Banco, present risks for some aquatic species. The risk index obtained by the quotient of the concentration of the pollutant in the environment (PEC) and the lowest concentration for which no effect on the environment is expected (PNEC), shows the risk of triclosan in algae in Azito bay (IR= 1.71). In Azito and Banco bays, algae, crustaceans, sea urchins and mollusks exposed to triclocarban are shown to be hazardous (IR> 1). Exposure of aquatic species to the emerging pollutants (triclosan and triclocarban) is higher in Banco Bay (1.71 to 29.5) than in Azito Bay (1.01 to 6.93). Aquatic species such as algae, sea urchins,

and mollusks were found to be vulnerable to triclosan.

Keywords: Emerging Pollutants, Parabens, Triclosan, Triclocarban, Bays, Aquatic Environment

Introduction

L'on s'inquiète de plus en plus de la présence des micropolluants, tels que pharmaceutique et personnel produits de soins (PPCP), dans les milieux aquatiques. En effet, l'utilisation excessive de ces produits (dentifrice, rince-bouche, savons, shampooings, lotions, déodorants, etc.) génère l'accumulation des micropolluants dans les eaux usées domestiques et les effluents des usines pharmaceutiques qui sont transportés dans les milieux aquatiques (Gilbert, 2011) sans traitement en Côte d'Ivoire. Ainsi, la lagune Ebrié, subit une pression des activités humaines à cause de sa forte croissance démographique depuis le début du siècle (Ahoussi *et al.*, 2012). Les services d'assainissement de la ville d'Abidjan étant quasiment inexistant, la lagune Ebrié est confrontée aux déversements abusifs d'eaux résiduaires sans aucun traitement préalable (Arfi *et al.*, 1981; Haskoning, 1999). La détérioration de la qualité des eaux de la lagune Ebrié, les conditions écologiques, le développement socioéconomique de la ville d'Abidjan sont devenus un problème complexe. Ces agissements participent à la pollution de substances émergentes telles que les parabènes, le triclosan et le triclocarban contenues dans ces différentes eaux. Reconnus comme perturbateurs endocriniens, les polluants émergents contenus dans les PPCP ont des effets environnementaux sur les espèces aquatiques tels que leur féminisation, la diminution de leur mobilité, le décès d'un grand nombre, etc. (Green *et al.*, 2004). Bien que les connaissances des effets des PPCP sur les organismes aquatiques ont évolué de façon significative (Fent *et al.*, 2006; Arnold *et al.*, 2014), à ce jour, il y a peu de données sur la contamination du milieu aquatique par ces composés. Une analyse qualitative et quantitative de certaines espèces aquatiques est envisagée pour déterminer la probabilité qu'une exposition à un ou des agresseurs environnementaux engendre des effets néfastes sur la santé humaine (MSSS, 2002). Ainsi, ce travail vise à évaluer les risques environnementaux liés aux polluants émergents (parabènes, triclosan et triclocarban) par le calcul de l'indice de risque afin de prévenir des dangers liés à la contamination de certaines espèces aquatiques.

Cadre géographique de la zone d'étude

La lagune Ebrié, avec une superficie de 566 km² (Varlet, 1978), s'étire sur 125 km le long du littoral de la Côte d'Ivoire, entre 3°40' et 4°50' Ouest, à la latitude de 5°50' Nord, avec une profondeur moyenne de 4,8 m, et renferme plusieurs baies (Figure 1).

La partie centrale de la lagune Ebrié proprement dite, appelée lagune d'Abidjan, occupe une aire de 77 km² comprise entre Azito et l'île Bouley à l'Ouest et les baies d'Abou-Abou et d'Abata à l'Est. Cette superficie représente moins de 15 % de la lagune Ebrié avec un volume d'environ 2,7.10⁹ m³ (Durand et Guiral, 1994).

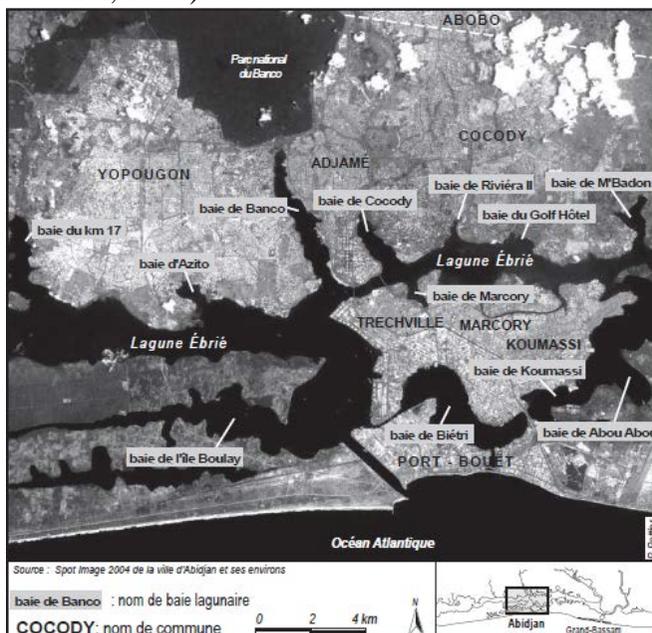


Figure 1 : Le système lagunaire et ses baies (source Pottier *et al.*, 2004).

Présentation des sites d'études

Cette étude se porte sur la partie estuarienne typique en face d'Abidjan (Figure 1), en raison de l'accentuation de la pollution dans diverses baies. Elles se définissent comme étant des échancrures raisonnablement longues par rapport à la largeur de l'entrée et qui sortent du chenal principal de la lagune. Les baies estuariennes de la lagune Ebrié subissent une forte influence des eaux continentales principalement du fleuve Comoé. En effet la lagune Ebrié possède des baies qui sont plus nombreuses sur le rive Nord que sur la rive Sud (Varlet, 1978) et représentent près du cinquième de la surface du plan d'eau (99 sur 523 km²). Elles sont moins importantes dans le tiers central du système.

En effet, si l'état de la lagune est alarmant, celui des baies l'est d'avantage où le renouvellement de l'eau se fait mal (Varlet, 1978). Ainsi, les baies sont des lieux d'accumulation intense de polluants. Les baies soumises à notre étude sont toutes situées dans la métropole abidjanaise. Ce sont les baies de Yopougon (Azito), du Banco et de Marcory (Figure 2). Elles sont situées au cœur de la ville d'Abidjan et subissent de forte pression anthropique. De plus, ces trois baies peuvent être parcourues en une journée.

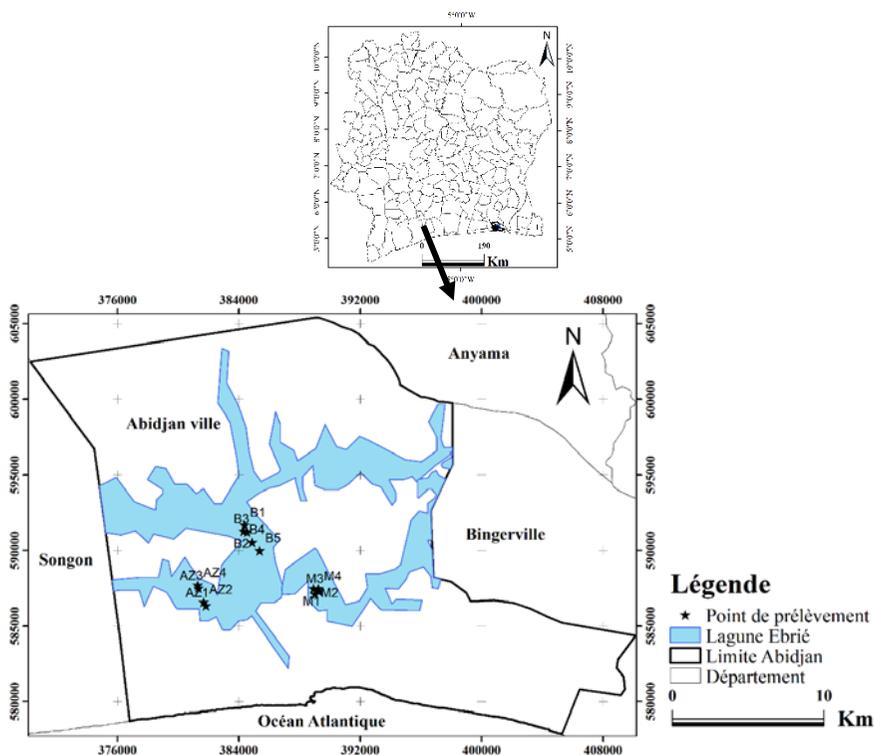


Figure 2 : Localisation de la zone d'étude et points de prélèvement

Baie d'Azito

La baie d'Azito est située à l'ouest de la lagune Ebrié, précisément dans la commune de Yopougon. Sa superficie est de 1,58 km². Cette baie est alimentée par les réseaux de drainage des eaux usées de la commune de Yopougon. Les sources de pollution sont les rejets de la zone industrielle de Yopougon et les rejets urbains et domestiques ainsi que les rejets d'effluents du CHU de Yopougon (Varlet, 1978).

Baie du Banco

La baie du Banco est située au Nord de la lagune Ebrié, entre le quartier de Yopougon, Attékoubé (Mossikro) et celui du Plateau. Elle possède une superficie de 3,55 km² et est allongée dans la direction NW-SE donc parallèle au canal de Vridi. Sa profondeur varie de 5 à 10 m du Sud vers le Nord. Cette baie est alimentée par les réseaux de drainage et par la rivière du Banco qui, reçoit des eaux usées des communes de Yopougon et Abobo. Les sources de pollution sont les eaux savonneuses des lavandières du Banco, les rejets de la zone industrielle de Yopougon et les rejets urbains domestiques d'Adjamé, de Yopougon et d'Attékoubé (Varlet, 1978).

Baie de Marcory

Elle est située dans l'agglomération abidjanaise entre les quartiers résidentiels de Marcory et Biafra de Treicheville. Avec une superficie de 49,8 hectares en 1955, elle est aujourd'hui passée en dessous de 38,9 ha (Varlet, 1978). Cette baie a subi une réduction considérable de plus de 10,9 hectares due au colmatage. Elle réceptionne les eaux usées de toutes les concessions environnantes et est aussi le dépotoir des vendeurs installés sur les berges. Elle reçoit des déchets de nombreuses industries de Marcory et les eaux polluées des égouts de Treichville et de Marcory.

Approche méthodologique

Le travail consiste à prévenir des risques sur certaines espèces aquatiques de la lagune Ebrié contaminées par des polluants émergents tels que les parabènes, le triclosan et le triclocarban contaminés par la lagune Ebrié. Pour y arriver, la sélection des points d'échantillonnage s'est faite selon un choix raisonné en considérant à la fois la densité de la population riveraine sur les berges, les activités anthropiques aux environs de la baie et les points de rejets des eaux usées vers la baie.

Les échantillons d'eaux ont été prélevés dans trois différentes baies (Azito, Banco, Marcory). Préalablement, le flaconnage en verre (250 mL) pour le prélèvement a été plongé 24 heures dans une solution à l'hexane et lavé à l'eau distillée. Ces bouteilles en verre ont permis d'éviter la dégradation des composés ou la contamination des échantillons.

Après le conditionnement des bouteilles, les eaux brutes des sites ont été prélevé à l'aide de bouteille niskin. Ainsi, la baie d'Azito qui reçoit les effluents industriels, en particulier de la société Gandour (fabriquant de produits cosmétiques) et du CHU de Yopougon a subi des campagnes d'échantillonnage pendant les périodes des pluies (juin et juillet 2019), de crue (octobre et novembre 2019) et d'étiage (janvier et février 2020) de la lagune Ebrié. La baie du Banco qui subit la pression des eaux de savon d'innombrables laveurs de linges a été prélevée tout au long des mêmes campagnes. La baie de Marcory qui reçoit les eaux usées domestiques susceptibles de polluer l'environnement aquatique est également échantillonné au même titre que les autres sites. Ainsi, au bout de six (6) mois, six (6) campagnes d'échantillonnage ont été menées sur les trois baies. Au terme des investigations sur les différents sites, treize (13) échantillons d'eau brute sont prélevés par campagne. Les bouteilles de PIREX de 250 mL pleines d'échantillons d'eau sont stockées dans une glacière à 4°C. Une fois au laboratoire, elles ont été conservées dans un réfrigérateur à 4°C.

Analyse

L'analyse des échantillons d'eaux consiste à prélever une quantité suffisante pour déterminer la concentration des conservateurs (Pharmacopée Européenne Ed 9.0, 2017).

Evaluation environnementale

L'évaluation des risques environnementaux constitue le lien entre les sciences de l'environnement et la gestion des risques. Elle vise à fournir des données suffisantes pour la prise de décision concernant la protection de l'environnement contre les effets dangereux des substances chimiques comme les parabènes. L'évaluation des risques environnementaux est basée sur une stratégie visant à comparer les estimations des concentrations d'effet (PNEC) et d'exposition (PEC ou MEC) et se déroule en quatre étapes (Breitholtz *et al.*, 2006 ; Mamy *et al.*, 2008 ; Steenhout, 2015):

- Identification des dangers : il s'agit d'identifier les effets dangereux d'une substance et de déterminer les données scientifiques nécessaires à l'évaluation du degré du risque.
- Evaluation des effets : il s'agit d'estimer la relation quantitative entre la dose et l'effet d'une substance. Cette étape vise à calculer la concentration prédite sans effet sur l'environnement ou PNEC. Pour ce faire, la NOEC (No Observed Effect Concentration) qui présente la concentration la plus élevée de la substance testée n'entraînant pas d'effet observé, est convertie en PNEC en appliquant des facteurs d'incertitude dépendant de la qualité des tests (généralement situés entre 10 et 10.000). Les données peuvent provenir des tests de toxicité à court et à long termes. Il est à noter que les relations dose-effet dépendent de la durée et de l'intensité de l'exposition. Toutefois, cette relation est difficile à vérifier pour les perturbateurs endocriniens. Les parabènes, par exemple, sont capables d'entraîner des effets toxiques sur les organismes aquatiques lors des expositions continues et à très faibles doses (Sumpter et Johnson, 2005). Il serait ainsi intéressant d'améliorer les tests d'écotoxicité chronique reflétant la réalité des expositions aux perturbateurs endocriniens afin de diminuer l'incertitude lors du calcul du PNEC.
- Evaluation de l'exposition : il s'agit d'estimer la concentration d'exposition prédite (PEC) pour les compartiments environnementaux. Ce paramètre traduit l'étendue de l'exposition environnementale à la substance testée et prend en compte son comportement et devenir dans l'environnement. Il est à noter que le manque de données et la variabilité des conditions d'exposition peuvent augmenter l'incertitude par rapport à l'estimation du PEC (Concentration prévisible dans l'environnement (mg/L ou µg/L)).
- Caractérisation du risque : Elle comprend la description de la nature et de l'intensité du risque, l'évaluation du degré d'incertitude et l'estimation de la probabilité du risque. La caractérisation du risque (IR) d'une substance est exprimée par le quotient PEC/PNEC ou MEC/PNEC (PNEC= Concentration prévisible sans effet (mg/L ou

µg/L)). Il ne s'agit pas du risque réel de la substance mais d'une estimation relative de la probabilité d'effets néfastes qui augmente avec l'augmentation de ce quotient. L'estimation du risque relatif d'une substance permettra par la suite d'orienter l'aménagement du risque.

Cependant, un facteur de 10 s'appliquera car les essais issus de la NOEC, de la LOEC et de la EC₅₀ disponibles sont obtenus à long terme pour les niveaux trophiques différents. L'indice de risque (IR) des polluants émergents est déterminé selon la relation suivante :

$$IR = \frac{PEC}{PNEC} \quad \text{ou} \quad IR = \frac{MEC}{PNEC}$$

Où IR= Indice de Risque ; PEC = Concentration prévisible dans l'environnement (mg/L ou µg/L) ou MEC= Concentration mesurée dans l'environnement (mg/L) ; PNEC= Concentration prévisible sans effet (mg/L ou µg/L). Lorsque IR est inférieur à 1 (IR < 1), aucun effet néfaste n'est prévu et l'écosystème est considéré comme protégé. Des effets néfastes pourraient survenir lorsque QR est égal à 1. De probables effets néfastes surviendront pour un quotient de risque supérieur à 1 (IR > 1) (Marchand et Tissier, 2006).

Résultats

L'indice de risque obtenu par calcul de certaines espèces aquatiques telles que les bactéries, les protozoaires, les crustacés, les oursins, les mollusques les poissons, et les algues pour les parabènes, le triclosan, le triclocarban et/ou le méthyltriclosan est consigné dans les tableaux ci-après. Les tableaux 1 et 2 présentent l'indice de risque dans la baie d'Azito. L'exposition des espèces aquatiques dans cette baie pour les parabènes et le méthyltriclosan ne présente aucun risque (IR < 1). Les espèces telles que les protozoaires, les crustacées, les mollusques, les oursins et les poissons exposées au triclosan ne sont pas alarmant ainsi que les protozoaires et les poissons exposés au triclocarban. Par contre, les algues présentent un risque au triclosan (IR= 1,71). Des menaces sont observés chez les espèces comme les algues (IR= 1,01), les crustacées (IR= 6,93), les oursins (IR= 2,73) et les mollusques (IR= 2,44) qui sont exposés au triclocarban. Ces différents risques sont obtenus en temps sec.

La baie du Banco enregistre des dangers importants chez les espèces aquatiques. Dans les tableaux 3 et 4, les parabènes et le méthyltriclosan sont sans danger. De même qu'à Azito, les algues présentent des risques pour le triclosan mais pendant les trois saisons lagunaires. Aussi, semble-t-il que ce composé est dangereux pour les oursins et les mollusques en période de crue. Quant au triclocarban, il est avéré menaçant pour les espèces aquatiques telles que les algues, les crustacées, les oursins et les mollusques pendant les saisons

de pluie, de crue et d'étiage. La probabilité d'exposition au triclocarban est très élevée au Banco. Elle varie de 1,98 à 29,5.

Les tableaux 5 et 6 montrent l'indice de risque au niveau de la baie de Marcory. La probabilité d'exposition des polluants émergents est inférieure à 1 ($IR < 1$). A Marcory, les espèces aquatiques exposées aux polluants émergents ne montrent pas de signe alarmant.

Tableau 1 : Indices de risque (IR) calculés pour les parabènes à Azito.

Parabènes	Groupe taxonomique	LOEC (mg/L)	NOEC (mg/L)	Référence	PNEC (µg/L)	Concentrations des PB dans l'eau à Azito					
						Saison d'été		Saison des pluies		Saison des crues	
						PEC (µg/L)	IR	PEC (µg/L)	IR	PEC (µg/L)	IR
MeP	Bactéries	2,9		1	2 90	0,21	7,24.10 ⁻⁴	0,171	5,90.10 ⁻⁴	0,02	6,90.10 ⁻⁵
	Protozoaires	11,5		1	11 50	0,21	1,83.10 ⁻⁴	0,171	1,49.10 ⁻⁴	0,02	1,74.10 ⁻⁵
	Daphnia	15		1	15 00	0,21	1,4.10 ⁻⁴	0,171	1,14.10 ⁻⁴	0,02	1,33.10 ⁻⁵
	Poissons	25		2	25 00	0,21	8,4.10 ⁻⁵	0,171	6,84.10 ⁻⁵	0,02	8.10 ⁻⁶
	Algues	50		3	50 00	0,21	4,2.10 ⁻⁵	0,171	3,42.10 ⁻⁵	0,02	4.10 ⁻⁶
EtP	Bactéries	0,55		1	55	0,489	8,89.10 ⁻³	0,232	4,22.10 ⁻³	0,473	8,6.10 ⁻³
	Algues	10		3	10 00	0,489	4,89.10 ⁻⁴	0,232	2,32.10 ⁻⁴	0,473	4,73.10 ⁻⁴
	Protozoaires	10,7		1	10 70	0,489	4,57.10 ⁻⁴	0,232	2,17.10 ⁻⁴	0,473	4,42.10 ⁻⁴
	Daphnia	12		1	12 00	0,489	4,07.10 ⁻⁴	0,232	1,93.10 ⁻⁴	0,473	3,94.10 ⁻⁴
	Poissons	17		2	17 00	0,489	2,88.10 ⁻⁴	0,232	1,36.10 ⁻⁴	0,473	2,78.10 ⁻⁴
PrP	Bactéries	0,9		1	90	0,519	5,77.10 ⁻³	0,667	7,41.10 ⁻³	0,472	5,24.10 ⁻³
	Poissons	2,5		2	2 50	0,519	2,08.10 ⁻³	0,667	2,67.10 ⁻³	0,472	1,89.10 ⁻³
	Protozoaires	2,6		1	2 60	0,519	1,99.10 ⁻³	0,667	2,56.10 ⁻³	0,472	1,81.10 ⁻³
	Daphnia	6		1	6 00	0,519	8,65.10 ⁻⁴	0,667	1,11.10 ⁻³	0,472	7,87.10 ⁻⁴
	Algues	10		3	10 00	0,519	5,19.10 ⁻⁴	0,667	6,67.10 ⁻⁴	0,472	4,72.10 ⁻⁴
BuP	Bactéries	0,7		1	70	0,14	2.10 ⁻³	0,04	5,71.10 ⁻⁴	0,072	1,03.10 ⁻³
	Algues		0,8	4	80	0,14	1,75.10 ⁻³	0,04	5.10 ⁻⁴	0,072	9.10 ⁻⁴

	Poissons	1		2	1 00	0,14	$1,4 \cdot 10^{-3}$	0,04	$4 \cdot 10^{-4}$	0,072	$7,2 \cdot 10^{-4}$
	Protozoaires	2,5		1	2 50	0,14	$5,6 \cdot 10^{-4}$	0,04	$1,6 \cdot 10^{-4}$	0,072	$2,88 \cdot 10^{-4}$
	Daphnia	3,2		1	3 20	0,14	$4,37 \cdot 10^{-4}$	0,04	$1,25 \cdot 10^{-4}$	0,072	$2,25 \cdot 10^{-4}$
	Bactéries	0,02		1	2	0,054	$2,7 \cdot 10^{-2}$	0	0	0,036	$1,8 \cdot 10^{-2}$
	Protozoaires	0,48		1	48	0,054	$1,12 \cdot 10^{-3}$	0	0	0,036	$7,5 \cdot 10^{-4}$
BzP	Algues		0,52	4	52	0,054	$1,04 \cdot 10^{-3}$	0	0	0,036	$6,92 \cdot 10^{-4}$
	Daphnia	1,2		1	1 20	0,054	$4,5 \cdot 10^{-4}$	0	0	0,036	$3 \cdot 10^{-4}$
	Poissons	1,7		2	170	0,054	$3,18 \cdot 10^{-4}$	0	0	0,036	$2,12 \cdot 10^{-4}$

1 : Bazin et al., (2010), 2: Dobbins et al., (2009), 3: Madsen et al., (2001), 4 : Yamamoto et al., (2011)

Tableau 1 : Indices de risque (IR) calculés pour le TCS, le MeTCS et le TCC à Azito.

Concentrations du TCS, du MeTCS et du TCC dans l'eau à Azito											
						Saison sèche		Saison des pluies		Saison des crues	
Groupes taxonomiques	LOEC (µg/L)	NOEC (µg/L)	EC50 (µg/L)	Référence	PNEC (µg/L)	PEC (µg/L)	IR	PEC (µg/L)	IR	PEC (µg/L)	IR
TCS	Protozoaires		1063	1	106,3	0,036	$3,39 \cdot 10^{-4}$	0	0	0	0
	Algues			5	0,021	0,036	1,71	0	0	0	0
	crustacés		280	4	28	0,036	$1,28 \cdot 10^{-3}$	0	0	0	0
	Oursins	0,39		6	0,039	0,036	$9,23 \cdot 10^{-1}$	0	0	0	0
	Mollusques	0,66		2	0,066	0,036	$5,45 \cdot 10^{-1}$	0	0	0	0
	Poissons		160	3	16	0,036	$2,25 \cdot 10^{-3}$	0	0	0	0

MeT CS	Algues	170	7	17	0,081	$4,76.10^{-3}$	0,04	$2,35.10^{-3}$	0,099	$5,82.10^{-3}$
	crustacés	75	4	7,5	0,081	$1,08.10^{-2}$	0,04	$5,33.10^{-3}$	0,099	$1,32.10^{-2}$
	Oursins	1000	3	100	0,081	$8,1.10^{-4}$	0,04	4.10^{-4}	0,099	$9,9.10^{-4}$
	Poissons	64	3	6,4	0,081	$1,26.10^{-2}$	0,04	$6,25.10^{-3}$	0,099	$1,55.10^{-2}$
TCC	Protozoaires	295	1	29,5	0,07	$2,37.10^{-3}$	0	0	0	0
	Algues	0,69	9	0,069	0,07	1,01	0	0	0	0
	crustacés	0,101	8	0,0101	0,07	6,93	0	0	0	0
	Oursins	0,256	10	0,0256	0,07	2,73	0	0	0	0
	Mollusques	0,287	2	0,0287	0,07	2,44	0	0	0	0
	Poissons	100	10	10	0,07	7.10^{-3}	0	0	0	0

1: Gao et al., (2015), 2: Geiß et al.,(2016), 3: Macedo et al., (2017), 4: Farré et al., (2008), 5: Bazy, (2018), 6: Hwang J, et al., (2014), 7: Sofia et al., (2017), 8: Guidice et Young (2010), 9: Orvos et al., (2002), 10: Torres et al., (2016)

Tableau 3: Indices de risque (IR) calculés pour les parabènes au Banco.

Parabènes	Groupe taxonomique	LOEC (mg/L)	NOE C (mg/L)	Référence	PNEC (µg/L)	PEC (µg/L)	Concentrations des PB dans l'eau au Banco					
							Saison sèche		Saison des pluies		Saison des crues	
							IR	PEC (µg/L)	IR	PEC (µg/L)	IR	PEC (µg/L)
MeP	Bactéries	2,9		1	2 90	0,103	$3,55.10^{-4}$	0,663	$2,29.10^{-3}$	0,104	$3,59.10^{-4}$	

	Protozoaires	11,5		1	11 50	0,103	$8,96.10^{-5}$	0,663	$5,76.10^{-4}$	0,104	$9,04.10^{-5}$
	Daphnia	15		1	15 00	0,103	$6,87.10^{-5}$	0,663	$4,42.10^{-4}$	0,104	$6,93.10^{-5}$
	Poissons	25		2	25 00	0,103	$4,12.10^{-5}$	0,663	$2,65.10^{-4}$	0,104	$4,16.10^{-5}$
	Algues	50		3	50 00	0,103	$2,06.10^{-5}$	0,663	$1,33.10^{-4}$	0,104	$2,08.10^{-5}$
EtP	Bactéries	0,55		1	55	0,348	$6,33.10^{-3}$	0,179	$3,25.10^{-3}$	0,104	$1,89.10^{-3}$
	Algues	10		3	10 00	0,348	$3,48.10^{-4}$	0,179	$1,79.10^{-4}$	0,104	$1,04.10^{-4}$
	Protozoaires	10,7		1	10 70	0,348	$3,25.10^{-4}$	0,179	$1,67.10^{-4}$	0,104	$9,72.10^{-5}$
	Daphnia	12		1	12 00	0,348	$2,9.10^{-4}$	0,179	$1,49.10^{-4}$	0,104	$8,67.10^{-5}$
	Poissons	17		2	17 00	0,348	$2,05.10^{-4}$	0,179	$1,05.10^{-4}$	0,104	$6,12.10^{-5}$
PrP	Bactéries	0,9		1	90	0,188	$2,09.10^{-3}$	0,276	$3,07.10^{-3}$	0,273	$3,03.10^{-3}$
	Poissons	2,5		2	2 50	0,188	$7,52.10^{-4}$	0,276	$1,10.10^{-3}$	0,273	$1,09.10^{-3}$
	Protozoaires	2,6		1	2 60	0,188	$7,23.10^{-4}$	0,276	$1,06.10^{-3}$	0,273	$1,05.10^{-3}$
	Daphnia	6		1	6 00	0,188	$3,13.10^{-4}$	0,276	$4,6.10^{-4}$	0,273	$4,55.10^{-4}$
	Algues	10		3	10 00	0,188	$1,88.10^{-4}$	0,276	$2,76.10^{-4}$	0,273	$2,73.10^{-4}$
BuP	Bactéries	0,7		1	70	0,026	$3,71.10^{-4}$	0,059	$8,43.10^{-4}$	0,028	4.10^{-4}
	Algues		0,8	4	80	0,026	$3,25.10^{-4}$	0,059	$7,37.10^{-4}$	0,028	$3,5.10^{-4}$
	Poissons	1		2	1 00	0,026	$2,6.10^{-4}$	0,059	$5,9.10^{-4}$	0,028	$2,8.10^{-4}$
	Protozoaires	2,5		1	2 50	0,026	$1,04.10^{-4}$	0,059	$2,36.10^{-4}$	0,028	$1,12.10^{-4}$
	Daphnia	3,2		1	3 20	0,026	$8,12.10^{-5}$	0,059	$1,84.10^{-4}$	0,028	$8,75.10^{-5}$
BzP	Bactéries	0,02		1	2	0,181	$9,05.10^{-2}$	0,623	$3,11.10^{-1}$	0,199	$9,95.10^{-2}$
	Protozoaires	0,48		1	48	0,181	$3,77.10^{-3}$	0,623	$1,30.10^{-2}$	0,199	$4,14.10^{-3}$
	Algues		0,52	4	52	0,181	$3,48.10^{-3}$	0,623	$1,20.10^{-2}$	0,199	$3,83.10^{-3}$
	Daphnia	1,2		1	1 20	0,181	$1,51.10^{-3}$	0,623	$5,19.10^{-3}$	0,199	$1,66.10^{-3}$

Poissons 1,7 2 170 0,181 1,06.10⁻³ 0,623 3,66.10⁻³ 0,199 1,17.10⁻³

1 : Bazin et al., (2010), 2: Dobbins et al., (2009), 3: Madsen et al., (2001), 4 : Yamamoto et al., (2011)

Tableau 4: Indices de risque (IR) calculés pour le TCS, le MeTCS et le TCC au Banco.

Concentrations du TCS, du MeTCS et du TCC dans l'eau à Banco												
						Saison sèche			Saison des pluies		Saison des crues	
Groupe taxonomique	LOEC (µg/L)	NOEC (µg/L)	EC50 (µg/L)	Référence	PNEC (µg/L)	PEC (µg/L)	IR	PEC (µg/L)	IR	PEC (µg/L)	IR	
TCS	Protozoaires		1063	1	106,3	0,038	3,57.10 ⁻⁴	0,036	3,38.10 ⁻⁴	0,127	1,19.10 ⁻³	
	Algues			5	0,021	0,038	1,81	0,036	1,71	0,127	6,05	
	crustacés		280	4	28	0,038	1,36.10 ⁻³	0,036	1,28.10 ⁻³	0,127	4,53.10 ⁻³	
	Oursins	0,39		6	0,039	0,038	9,74.10 ⁻¹	0,036	9,23.10 ⁻¹	0,127	3,26	
	Mollusques	0,66		2	0,066	0,038	5,76.10 ⁻¹	0,036	5,45.10 ⁻¹	0,127	1,92	
	Poissons		160	3	16	0,038	2,37.10 ⁻³	0,036	2,25.10 ⁻³	0,127	7,94.10 ⁻³	
MeTCS	Algues		170	7	17	0,153	9. 10 ⁻³	0,29	1,70.10 ⁻²	0,193	1,13.10 ⁻²	
	crustacés	75		4	7,5	0,153	2,04.10 ⁻²	0,29	3,87.10 ⁻²	0,193	2,57.10 ⁻²	
	Oursins		1000	3	100	0,153	1,53.10 ⁻³	0,29	2,9.10 ⁻³	0,193	1,93.10 ⁻³	
	Poissons	64		3	6,4	0,153	2,39.10 ⁻²	0,29	4,53.10 ⁻²	0,193	3,01.10 ⁻²	
TCC	Protozoaires		295	1	29,5	0,137	4,64.10 ⁻³	0,298	1,01.10 ⁻²	0,232	7,86.10 ⁻³	
	Algues			9	0,069	0,137	1,98	0,298	4,32	0,232	3,36	
	crustacés		0,101	8	0,0101	0,137	13,6	0,298	29,5	0,232	23,0	
	Oursins		0,256	10	0,0256	0,137	5,35	0,298	11,6	0,232	9,06	
	Mollusques	0,287		2	0,0287	0,137	4,77	0,298	10,4	0,232	8,08	

Poissons 100 10 10 0,137 1,37.10⁻² 0,298 2,98.10⁻² 0,232 2,32.10⁻²

1: Gao *et al.*, (2015), 2: Geiß *et al.*, (2016), 3: Macedo *et al.*, (2017), 4: Farré *et al.*, (2008), 5: Bazy, (2018), 6: Hwang J, *et al.*, (2014), 7: Sofia *et al.*, (2017), 8: Guidice et Young (2010), 9: Orvos *et al.*, (2002), 10: Torres *et al.*, (2016)

Tableau 5: Indices de risque (IR) calculés pour les parabènes à Marcory.

						Concentrations des PB dans l'eau à Marcory					
						Saison sèche		Saison des pluies		Saison des crues	
Parabènes	Groupe taxonomique	LOEC (mg/L)	NOEC (mg/L)	Référence	PNEC (µg/L)	PEC (µg/L)	IR	PEC (µg/L)	IR	PEC (µg/L)	IR
MeP	Bactéries	2,9		1	2 90	0,132	4,55.10 ⁻⁴	0,043	1,48.10 ⁻⁴	0,053	1,83.10 ⁻⁴
	Protozoaires	11,5		1	11 50	0,132	1,15.10 ⁻⁴	0,043	3,74.10 ⁻⁵	0,053	4,61.10 ⁻⁵
	Daphnia	15		1	15 00	0,132	8,8.10 ⁻⁵	0,043	2,86.10 ⁻⁵	0,053	3,53.10 ⁻⁵
	Poissons	25		2	25 00	0,132	5,28.10 ⁻⁵	0,043	1,72.10 ⁻⁵	0,053	2,12.10 ⁻⁵
	Algues	50		3	50 00	0,132	2,64.10 ⁻⁵	0,043	8,6.10 ⁻⁶	0,053	1,06.10 ⁻⁵
EtP	Bactéries	0,55		1	55	0,081	1,47.10 ⁻³	0,074	1,34.10 ⁻³	0,056	1,02.10 ⁻³
	Algues	10		3	10 00	0,081	8,1.10 ⁻⁵	0,074	7,4.10 ⁻⁵	0,056	5,6.10 ⁻⁵
	Protozoaires	10,7		1	10 70	0,081	7,57.10 ⁻⁵	0,074	6,91.10 ⁻⁵	0,056	5,23.10 ⁻⁵
	Daphnia	12		1	12 00	0,081	6,75.10 ⁻⁵	0,074	6,17.10 ⁻⁵	0,056	4,67.10 ⁻⁵
	Poissons	17		2	17 00	0,081	4,76.10 ⁻⁵	0,074	4,35.10 ⁻⁵	0,056	3,29.10 ⁻⁵
PrP	Bactéries	0,9		1	90	0,039	4,33.10 ⁻⁴	0,031	3,44.10 ⁻⁴	0,136	1,51.10 ⁻³
	Poissons	2,5		2	2 50	0,039	1,56.10 ⁻⁴	0,031	1,24.10 ⁻⁴	0,136	5,44.10 ⁻⁴
	Protozoaires	2,6		1	2 60	0,039	1,5.10 ⁻⁴	0,031	1,19.10 ⁻⁴	0,136	5,23.10 ⁻⁴
	Daphnia	6		1	6 00	0,039	6,5.10 ⁻⁵	0,031	5,16.10 ⁻⁵	0,136	2,27.10 ⁻⁴
	Algues	10		3	10 00	0,039	3,9.10 ⁻⁵	0,031	3,1.10 ⁻⁵	0,136	1,36.10 ⁻⁴

BuP	Bactéries	0,7		1	70	0,033	$4,71.10^{-4}$	0,012	$1,71.10^{-4}$	0,008	$1,14.10^{-4}$
	Algues		0,8	4	80	0,033	$4,12.10^{-4}$	0,012	$1,5.10^{-4}$	0,008	1.10^{-4}
	Poissons	1		2	1 00	0,033	$3,3.10^{-4}$	0,012	$1,2.10^{-4}$	0,008	8.10^{-5}
	Protozoaires	2,5		1	2 50	0,033	$1,32.10^{-4}$	0,012	$4,8.10^{-5}$	0,008	$3,2.10^{-5}$
	Daphnia	3,2		1	3 20	0,033	$1,03.10^{-4}$	0,012	$3,75.10^{-5}$	0,008	$2,5.10^{-5}$
BzP	Bactéries	0,02		1	2	0,038	$1,9.10^{-2}$	0,331	$1,65.10^{-1}$	0,036	$1,8.10^{-2}$
	Protozoaires	0,48		1	48	0,038	$7,92.10^{-4}$	0,331	$6,89.10^{-3}$	0,036	$7,5.10^{-4}$
	Algues		0,52	4	52	0,038	$7,31.10^{-4}$	0,331	$6,36.10^{-3}$	0,036	$6,92.10^{-4}$
	Daphnia	1,2		1	1 20	0,038	$3,17.10^{-4}$	0,331	$2,76.10^{-3}$	0,036	3.10^{-4}
	Poissons	1,7		2	170	0,038	$2,23.10^{-4}$	0,331	$1,95.10^{-3}$	0,036	$2,12.10^{-4}$

1 : Bazin et al., (2010), 2: Dobbins et al., (2009), 3: Madsen et al., (2001), 4 : Yamamoto et al., (2011)

Tableau 6: Indices de risque (IR) calculés pour le MeTCS et le TCC à Marcory.

Concentrations du TCS, du MeTCS et du TCC dans l'eau à Marcory											
Saison sèche											
Saison des pluies											
Saison des crues											
Groupe taxonomique	LOEC (µg/L)	NOEC (µg/L)	EC50 (µg/L)	Référence	PNEC (µg/L)	PEC (µg/L)	IR	PEC (µg/L)	IR	PEC (µg/L)	IR
MeTCS	Algues		170	7	17	0,045	$2,65.10^{-4}$	0,013	$7,64.10^{-5}$	0,063	$3,70.10^{-4}$
	crustacés	75		4	7,5	0,045	6.10^{-4}	0,013	$1,73.10^{-4}$	0,063	$8,4.10^{-4}$
	Oursins		1000	3	100	0,045	$4,5.10^{-5}$	0,013	$1,3.10^{-5}$	0,063	$6,3.10^{-5}$
	Poissons	64		3	6,4	0,045	$7,03.10^{-4}$	0,013	$2,03.10^{-4}$	0,063	$9,84.10^{-4}$
TCC	Protozoaires		295	1	29,5	0,008	$2,71.10^{-4}$	0,000	0	0,000	0
	Algues		0,69	9	0,069	0,008	$1,16.10^{-1}$	0,000	0	0,000	0

crustacés	0,101	8	0,010	0,008	$7,92 \cdot 10^{-1}$	0,000	0	0,000	0
Oursins	0,256	10	0,026	0,008	$3,12 \cdot 10^{-1}$	0,000	0	0,000	0
Mollusques	0,287	2	0,029	0,008	$2,78 \cdot 10^{-1}$	0,000	0	0,000	0
Poissons	100	10	10	0,008	$8 \cdot 10^{-4}$	0,000	0	0,000	0

1: Gao *et al.*, (2015), 2: Geiß *et al.*, (2016), 3: Macedo *et al.*, (2017), 4: Farré *et al.*, (2008), 5: Bazy, (2018), 6: Hwang J, *et al.*, (2014), 7: Sofia *et al.*, (2017), 8: Guidice et Young (2010), 9: Orvos *et al.*, (2002), 10: Torres *et al.*, (2016)

Discussion

Le quotient PEC/PNEC montre des dangers dans les baies lagunaires (Azito, Banco) pour certaines espèces aquatiques. Dans ces estuaires les polluants émergents identifiés sont le triclosan et le triclocarban. Ces substances sont susceptibles de générer des effets négatifs à long terme sur l'environnement et donc son utilisation devrait être réduite également d'un point de vue écotoxicologique. Ainsi, l'exposition des espèces aquatiques telles que les algues, les crustacées, les oursins et les mollusques montre un potentiel toxique élevé ($IR > 1$) dans les eaux aux polluants émergents (triclosan et triclocarban). La consommation des produits contenant les polluants émergents et leur rejet dans les baies lagunaires sont la conséquence du risque du triclosan et du triclocarban. Le lexiviat des ordures ménagères sur les berges, les eaux usées domestiques rejetées sans traitement présentent également un danger lié à certains polluants émergents (triclosan, triclocarban). En effet, selon les auteurs comme Moutier (2018), Geara-Matta (2012), Garcia-Gavin *et al.*, (2011), Schnuch *et al.*, (2007) la contamination des milieux aquatiques par les polluants émergents est due aux rejets d'eaux usées domestiques. La présence du triclosan dans la baie d'Azito montre un risque de 1,17 en saison d'été. Dans la baie de Banco (tableau 4), le risque de ce polluant est perçu dans les saisons d'été (1,81), saison des pluies (1,71) et saison des crues (de 1,92 à 6,05). Certains auteurs comme Botta et Dulio (2014) et Zhao *et al.*, (2010) ont déterminé le risque lié à ce biocide et au TCS. Zhao *et al.*, (2010) ont montré le risque environnemental dans trois cours d'eau et ont évalué un risque supérieur à 3 dans une des rivières chinoises étudiées, les deux autres rivières ne présentant pas de risque. Les travaux de Botta et Dulio, (2014) révèlent un risque supérieur à 1 dans le cas du TCS. Ce qui aurait classé le triclosan comme substance susceptible de produire des effets négatifs à long terme sur l'environnement et d'un point de vue écotoxicologique. Malgré des concentrations élevées de méthyl-triclosan dans le milieu aquatique, son exposition aux espèces aquatiques ne présente aucun risque dans les baies d'Azito, de Banco et de Marcory. Par ailleurs, (Steenhout, 2015) a présenté des données expérimentales sur les effets écotoxicologiques du méthyl-triclosan sur la base de données QSAR dont le PNEC est de 15 ng/l et de 0,05 µg/L pour le triclosan. Selon cette étude le méthyl-triclosan a une toxicité inférieure à celle du triclosan. Les études effectuées par Lindstrom *et al.*, (2002) ont montré que le potentiel écotoxique du MeTCS issu de la dégradation du TCS peut être plus élevé que celui de la substance initiale. L'utilisation régulière du triclosan et du triclocarban, dans les produits cosmétiques et d'hygiène corporelle représente donc une préoccupation d'un point de vue toxicologique et un risque pour la santé

publique. Dans la baie d'Azito, les valeurs de l'indice de risque de triclocarban en saison d'étiage sont supérieures à 1. Elles varient de 1,01 à 6,93. Le risque d'exposition des espèces aquatiques (algues, crustacées, oursins, mollusques) de ce polluant est élevé. L'indice de risque oscille entre 1,98 à 13,6 en saison d'étiage, de 4,32 à 29,5 en saison des pluies et de 3,36 à 23 en saison des crues. Les risques liés aux parabènes sont sans effet pour les espèces aquatiques ciblés selon les résultats obtenus malgré leur présence dans les eaux des baies. En effet, les concentrations des polluants dits émergents obtenus dans les différentes matrices environnementales envisageraient des risques écotoxicologiques. Dans une étude réalisée exclusivement sur les parabènes Brausch et Rand (2011) montrent que le risque est varié en fonction de la concentration. Ils estiment qu'en dépit des effets œstrogéniques des PrP, BuP et BzP, les risques écotoxicologiques des parabènes sont minimes compte tenu du facteur 1000 (toxicité aiguë) séparant les concentrations généralement retrouvées dans l'environnement de celles induisant une toxicité. De même, Yamamoto *et al.*, (2011) qui ont effectué une évaluation du risque environnemental des parabènes, pris individuellement ou groupés, en comparant les concentrations mesurées dans l'environnement (PEC ou MEC) à des concentrations dans l'environnement prédites sans effet (PNEC), ont conclu l'absence de risque (PEC est inférieur au PNEC). De plus, les milieux environnementaux comportent un grand nombre de substances aux effets parfois additifs voire synergiques. Une évaluation du risque plus juste devrait donc inclure les principaux autres micropolluants possédant un effet sur le système endocrinien. Selon Haman *et al.*, (2015), la préoccupation majeure tient au manque d'information concernant l'occurrence et la toxicité des dérivés chlorés de parabènes qui sont moins facilement dégradables. Une étude *in vivo* réalisée par SCCP (2005) montre que le butylparabène est susceptible d'influencer le développement postnatal du système de reproduction masculin, avec un effet sur la capacité de production de sperme. Dans cette même étude, il est autorisé une concentration maximale de 0,4% dans les produits cosmétiques de parabènes (méthyl- et l'éthylparabène) afin de l'utiliser sans risques. L'accumulation des polluants émergents et leur dégradation et/ou leur transformation dans les baies lagunaires d'Abidjan a des influences à court ou à long terme sur les espèces aquatiques et les populations qui exploitent et utilisent ces ressources naturelles (Flavien *et al.*, 2019). Ceci à cause de la forte pression anthropique exercée sur les eaux de la lagune Ebrié.

Conclusion

Le travail de l'évaluation du risque des espèces aquatiques à l'exposition des polluants émergents dans les baies lagunaires ivoiriennes a montré l'existence du danger. Les risques du triclosan et du triclocarban sont

observés sur les espèces aquatiques telles que les algues, les crustacées, les oursins et les mollusques. Les baies d'Azito et de Banco présentent le danger de risque pour les polluants émergents. L'utilisation régulière des produits contenant le triclosan, le triclocarban et les parabènes ainsi que leur rejet dans les eaux lagunaires reste inquiétant pour les espèces aquatiques mais pour les hommes. Malgré que les parabènes et le méthyltriclosan ne présentent pas de risque, ils ne devraient pas être négligés. Il est à noter que ces perturbateurs endocriniens peuvent s'accumuler dans la chair des espèces aquatiques même à très faibles doses d'exposition.

References:

1. Ahoussi K. E., Koffi Y. B., Loko S., Kouassi A. M., Soro G. et Biémi J. (2012). Caractérisation des éléments traces métalliques (Mn, Ni, Zn, Cd, Cu, Pb, Cr, Co, Hg, As) dans les eaux superficielles de la commune de Marcory, Abidjan Côte d'Ivoire : cas du village d'Abia Koumassi. *Geology Ecology Tropical.*, 36: 159-174
2. Arfi R, Dufour P, Maurer D. (1981). Phytoplancton et pollution : première étude en baie de Biétri (Côte d'Ivoire). Traitement mathématique des données. *Oceanology. Acta.*, 4: 319330
3. Arnold K. E., Brown A. R., Ankley G. T., Sumpter J. P. (2014). Médicament de l'environnement : évaluation des risques de produits pharmaceutiques pour la faune et les écosystèmes. *Philos. Trans. R. Soc. BB*, 369: 20130569.
4. Bazin I., Gadal A., Touraud E. et Roig B. (2010). Hydroxy Benzoate Preservatives (Parabens) in the Environment: Data for Environmental Toxicity Assessment. *Environmental Pollution* 16: 245-257.
5. Bazy S. (2018). Impact éco-toxicologique du triclosan sur le milieu aquatique : analyse des données de la littérature, Thèse en Pharmacie, Université Claude Bernard – Lyon 1, 99p.
6. Botta F, Dulio V. (2014). Etude - Contaminants émergents dans les eaux de surface continentales (données 2012) – Eaufrance, 139p.
7. Brausch, J. M. et Rand, G. M. (2011). A review of personal care products in the aquatic environment: *Environmental concentrations and toxicity. Chemosphere*, 82:1518-1532.
8. Breitholtz, M., Rudén, C., Hansson, S. O. et Bengtsson, B. E. (2006). Ten challenges for improved ecotoxicological testing in environmental risk assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 63, 324-333.
9. Dobbins, L.L., Usenko, S., Brain, R.A. et Brooks, B.W. (2009). Probabilistic ecological hazard assessment of parabens using daphnia magna and pimephales promelas. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 28, 2744–2753.

10. Durand J. R. et Guiral D. (1994) Hydroclimat et hydrochimie. In : Environnement et ressources aquatiques de Côtes d'Ivoire. Tome 2 : les milieux lagunaires, Durand J. R., Dufour P., Guiral D. et Zabi S. G. F. éditeurs. Editions de l'ORSTOM, Paris, 59-90.
11. Farré M., Asperger D., Kantiani L., González S., Petrovic M. et Barceló D. (2008). "Assessment of the acute toxicity of triclosan and methyl triclosan in wastewater based on the bioluminescence inhibition of *Vibrio fischeri*." *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 390(8): 1999-2007.
12. Flavien E. D., Moudachirou I., Coovi G. A., Valdina A., Mahutondji P. D. et, Daouda M. (2019). Impacts des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques sur les poissons: Cas des Tilapias du lac Nokoué au Sud du Bénin (Afrique de l'Ouest) *European Scientific Journal* December 2019 edition Vol.15, No.36 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857-7431
13. Fent K., Weston A. A. et Caminada D. (2006). Écotoxicologie des produits pharmaceutiques humains. *Aquatic Toxicology*, 76: 122-59.
14. Gao L., Yuan T. et Cheng P. (2015). "Effects of triclosan and triclocarban on the growth inhibition, cell viability, genotoxicity and multixenobiotic resistance responses of *Tetrahymena thermophila*," *Chemosphere*, vol. 139, pp. 434–440.
15. Geiß C., Ruppert K., Heidelberg T. et Oehlmann J. (2016). The antimicrobial agents triclocarban and triclosan as potent modulators of reproduction in *Potamopyrgus antipodarum* (Mollusca: Hydrobiidae). *J Environ Sci Health Part A Tox Hazard Subst Environmental Engineering.*; 51(13):1173-9.
16. Gilbert, S. (2011). Devenir des polybromodiphényléthers et des alkylphénols dans les filières de traitement des eaux usées : cas des fonctionnements optimisés par temps sec et dégradés par temps de pluie. Sciences de la Terre. *Thèse Université Paris-Est*, 299p.
17. Giudice B. D. et Young T. M. (2010). "The antimicrobial triclocarban stimulates embryo production in the freshwater mudsnail *Potamopyrgus antipodarum*," *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 29, no. 4, 966–970 pp.
18. Green R. E. , Newton I., Shultz S., Cunningham A. A., Gilbert M., Pain D. J., Prakash V. (2004). Diclofenac poisoning as a cause of vulture population declines across the Indian subcontinent, *Journal Applied Ecology*, 793-800.
19. Haman, C., Dauchy, X., Rosin, C. et Munoz, J. F. (2015). Occurrence, fate and behavior of parabens in aquatic environments: A review. *Water Research*, 68, 1-11.

20. Haskoning. (1999). Dépollution de la lagune Ebrié, Abidjan. Mission de reconnaissance, 37p.
21. Hwang J., Suh S.-S., Chang M., Yun Park S., Ryu T.K. et Lee S. (2014). Effects of triclosan on reproductive parameters and embryonic development of sea urchin, *Strongylocentrotus nudus*. *Ecotoxicology Environmental Safety*. ; 100 :148-52.
22. Lindström, A., Mu, M. D., et Wa, C. (2002). Occurrence and Environmental Behavior of the Bactericide Triclosan and Its Methyl Derivative in Surface Waters and in Wastewater, 36(11), 2322–2329.
23. Macedo S., Torres T. et Santos M. M. (2017). Methyl-triclosan and triclosan impact embryonic development of *Danio rerio* and *Paracentrotus lividus*, *Ecotoxicology* 26:482–489
24. Madsen T., Boyd H.B., Nylén D., Pedersen A.R., Petersen G.I. et Simonsen F. (2001). Environmental and Health Assessment of Substances in Household Detergents and Cosmetic Detergent Products, *Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen*, 240p.
25. Mamy L., Benito E. B. et Gabrielle B. (2008). Evaluer les risques environnementaux des pesticides : Exemple du désherbage des cultures résistantes ou non au glyphosate. *Innovations Agronomiques*, INRA, 3, pp.121-143. hal-01192112.
26. Marchand M. et Tissier C. (2006). Évaluation du risque chimique dans l'environnement marin : exemple d'application aux installations industrielles du Nord-Cotentin, *Hydroécologie Appliquée* (2006) Tome 15, pp. 43–85.
27. MSSS (ministère de la Santé et des Services sociaux, Québec). (2002). Orientations ministérielles relatives à l'utilisation exceptionnelle des mesures de contrôle : Contention, isolement et substances chimiques, 27p.
28. Orvos, D. R., Versteeg, D. J., Inauen, J., Capdevielle, M., Rothenstein, A. et Cunningham, V. (2002). Aquatic toxicity of triclosan. *Environmental Toxicology. Chemistry*. 21(7):1338-1349.
29. Pharmacopée Européenne Ed 9.0. (2017)
30. Pottier P., Kouadio Affian K., Djagoua M. V., Anoh K. P., Kra Y., Armand Kangah A. et Robin M. (2004). La lagune Ébrié à l'épreuve de la pression anthropique, p 165-184.
31. SCCP. (2005). Extended Opinion of the Scientific Committee on Consumer Products on Parabens, underarm cosmetics and breast cancer/0874/05, 19p.

32. Sofia M., Tiago T. et Miguel M. S. (2017). Methyl-triclosan and triclosan impact embryonic development of *Danio rerio* and *Paracentrotus lividus*, *Ecotoxicology* volume 26, 482–489.
33. Steenhout, A. (2015). Analyse systémique des risques chimiques, ENVIF-517. Université Libre de Bruxelles, Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire.
34. Sumpter, J. P. et Johnson, A. C. (2005). Critical review. Lessons from endocrine disruption and their application to other issues concerning trace organics in the aquatic environment. *Environmental Science and Technology*, 39, 4321-4332.
35. Torres T., Cunha I., Martins R. et Santos M. (2016). "Screening the Toxicity of Selected Personal Care Products Using Embryo Bioassays: 4-MBC, Propylparaben and Triclocarban," *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 17, no. 10, 1762p.
36. Varlet F. (1978). Le régime de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Traits physiques essentiels, Trav. Doc. ORSTOM 83, p.164.
37. Yamamoto, H., Tamura, I., Hirata, Y., Kato, J., Kagota, K., Katsuki, S., Yamamoto, A., Kagami, Y. et Tatarazako, N. (2011). Aquatic toxicity and ecological risk assessment of seven parabens: Individual and additive approach. *Science of the Total Environment*, 410-411, 102-111.
38. Yasin M., Baugh P. J., Bonwick G.A., Davies D. H., Hancock P., Leinoudi M. (1996). Analytical method development for the determination of synthetic pyrethroid insecticides in soil by gas chromatography-mass spectrometry operated in negative-ion chemical-ionization mode, *Journal of Chromatography A*, Volume 754, Issues 1–2, 22 N, 235-243,
39. Zhao, J.-L., Ying, G.-G., Liu, Y.-S., Chen, F., Yang, J.-F., Wang, L. (2010) Occurrence and risks of triclosan and triclocarban in the Pearl River system, South China: From source to the receiving environment. *Journal Hazardous Materials* 179:215-222.
40. Zhang, T., Yu, G., Wang, B., Fiedler, H., Huang, J. et Deng, S. (2009). Bioanalytical characterization of dioxin-like activity in sewage sludge from Beijing, China. *Chemosphere* 75, 649–653.