

European Scientific Journal, *ESJ*

November 2022

European Scientific Institute, ESI

The content is peer reviewed

ESJ Natural/Life/Medical Sciences

November 2022 edition vol. 18, No. 36

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

ISSN: 1857-7431 (Online)

ISSN: 1857-7881 (Print)

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

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

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

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

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

Sincerely,

Daniel B. Hier, MD

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

Editor in Chief

International Editorial Board

Jose Noronha Rodrigues,
University of the Azores, Portugal

Nino Kemertelidze,
Grigol Robakidze University, Georgia

Jacques de Vos Malan,
University of Melbourne, Australia

Franz-Rudolf Herber,
University of Saarland, Germany

Annalisa Zanola,
University of Brescia, Italy

Robert Szucs,
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

Georgios Vousinas,
University of Athens, Greece

Asif Jamil,
Gomal University DIKhan, KPK, Pakistan

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

Dejan Marolov,
European Scientific Institute, ESI

Noor Alam,
Universiti Sains Malaysia, Malaysia

Rashad A. Al-Jawfi,
Ibb University, Yemen

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

Hans W. Giessen,
Saarland University, Saarbrucken, Germany

Frank Bezzina,
University of Malta, Malta

Monika Bolek,
University of Lodz, Poland

Robert N. Diotalevi,
Florida Gulf Coast University, USA

Daiva Jureviciene,
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

Anita Lidaka,
Liepaja University, Latvia

Rania Zayed,
Cairo University, Egypt

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

Lydia Ferrara,
University of Naples, Italy

Byron A Brown,
Botswana Accountancy College, Botswana

Grazia Angeloni,
University “G. d’Annunzio” in Chieti, Italy

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

Cinaria Tarik Albadri,
Trinity College Dublin University, Ireland

Mahammad A. Nurmamedov,
State Pedagogical University, Azerbaijan

Henryk J. Barton,
Jagiellonian University, Poland

Assem El-Shazly,
Zagazig University, Egypt

Saltanat Meiramova,
S.Seifullin AgroTechnical University, Kazakhstan

Rajasekhar Kali Venkata,
University of Hyderabad, India

Ruzica Loncaric,
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

Stefan Vladutescu,
University of Craiova, Romania

Anna Zelenkova,
Matej Bel University, Slovakia

Billy Adamsen,
University of Southern Denmark, Denmark

Marinella Lorinzi,
University of Cagliari, Italy

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

N. K. Rathee,
Delaware State University, USA

Michael Ba Banutu-Gomez,
Rowan University, USA

Adil Jamil,
Amman University, Jordan

Habib Kazzi,
Lebanese University, Lebanon

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

Henry J. Grubb,
University of Dubuque, USA

Daniela Brevenikova,
University of Economics, Slovakia

Genute Gedviliene,
Vytautas Magnus University, Lithuania

Vasilika Kume,
University of Tirana, Albania

Mohammed Kerbouche,
University of Mascara, Algeria

Adriana Gherbon,
University of Medicine and Pharmacy Timisoara, Romania

Pablo Alejandro Olavegogeochea,
National University of Comahue, Argentina

Raul Rocha Romero,
Autonomous National University of Mexico, Mexico

Driss Bouyahya,
University Moulay Ismail, Morocco

William P. Fox,
Naval Postgraduate School, USA

Rania Mohamed Hassan,
University of Montreal, Canada

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

Tilahun Achaw Messaria,
Addis Ababa University, Ethiopia

George Chiladze,
University of Georgia, Georgia

Elisa Rancati,
University of Milano-Bicocca, Italy

Alessandro Merendino,
University of Ferrara, Italy

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

Anastassios Gentzoglani,
University of Sherbrooke, Canada

Awoniyi Samuel Adebayo,
Solusi University, Zimbabwe

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

Berenyi Laszlo,
University of Miskolc, Hungary

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

Omar Arturo Dominguez Ramirez,
Hidalgo State University, Mexico

Bupinder Zutshi,
Jawaharlal Nehru University, India

Pavel Krpalek,
University of Economics in Prague, Czech Republic

Mondira Dutta,
Jawaharlal Nehru University, India

Evelio Velis,
Barry University, USA

Mahbubul Haque,
Daffodil International University, Bangladesh

Diego Enrique Baez Zarabanda,
Autonomous University of Bucaramanga, Colombia

Juan Antonio Lopez Nunez,
University of Granada, Spain

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

Ashgar Ali Ali Mohamed,
International Islamic University, Malaysia

A. Zahoor Khan,
International Islamic University Islamabad, Pakistan

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

Andrzej Palinski,
AGH University of Science and Technology, Poland

Jose Carlos Teixeira,
University of British Columbia Okanagan, Canada

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

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

Francisco Raso Sanchez,
University of Granada, Spain

Simone T. Hashiguti,
Federal University of Uberlandia, Brazil

Tayeb Boutbouqalt,
University, Abdelmalek Essaadi, Morocco

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

Ismail Ipek,
Istanbul Aydin University, Turkey

Olena Kovalchuk,
National Technical University of Ukraine, Ukraine

Oscar Garcia Gaitero,
University of La Rioja, Spain

Alfonso Conde,
University of Granada, Spain

Jose Antonio Pineda-Alfonso,
University of Sevilla, Spain

Jingshun Zhang,
Florida Gulf Coast University, USA

Rodrigue V. Cao Diogo,
University of Parakou, Benin

Olena Ivanova,
Kharkiv National University, Ukraine

Marco Mele,
Unint University, Italy

Okyay Ucan,
Omer Halisdemir University, Turkey

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

Matti Raudjarv,
University of Tartu, Estonia

Cosimo Magazzino,
Roma Tre University, Italy

Susana Sousa Machado,
Polytechnic Institute of Porto, Portugal

Jelena Zascerinska,
University of Latvia, Latvia

Umman Tugba Simsek Gursoy,
Istanbul University, Turkey

Zoltan Veres,
University of Pannonia, Hungary

Vera Komarova,
Daugavpils University, Latvia

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

Stephane Zingue,
University of Maroua, Cameroon

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,
University of Catanzaro, Italy

Nikolett Deutsch,
Corvinus University of Budapest, Hungary

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

Brian Sloboda,
University of Maryland, USA

Murtaz Kvirikvaia,
Grigol Robakidze University, Georgia

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

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

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

Paul Waithaka Mahinge,
Kenyatta University, Kenya

Aicha El Alaoui,
Sultan My Slimane University, Morocco

Marija Brajčić,
University of Split, Croatia

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

Belen Martinez-Ferrer,
Univeristy Pablo Olavide, Spain

Rachid Zammar,
University Mohammed 5, Morocco

Fatma Koc,
Gazi University, Turkey

Calina Nicoleta,
University of Craiova, Romania

Shadaan Abid,
UT Southwestern Medical Center, USA

Sadik Madani Alaoui,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Patrizia Gazzola,
University of Insubria, Italy

Krisztina Szegedi,
University of Miskolc, Hungary

Liliana Esther Mayoral,
National University of Cuyo, Argentina

Amarjit Singh,
Kurukshetra University, India

Oscar Casanova Lopez,
University of Zaragoza, Spain

Emina Jerkovic,
University of Josip Juraj Strossmayer, Croatia

Carlos M. Azcoitia,
National Louis University, USA

Rokia Sanogo,
University USTTB, Mali

Bertrand Lemennicier,
University of Paris Sorbonne, France

Lahcen Benaabidate,
University Sidi Mohamed Ben Abdellah, Morocco

Janaka Jayawickrama,
University of York, United Kingdom

Kiluba L. Nkulu,
University of Kentucky, USA

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

George C. Katsadoros,
University of the Aegean, Greece

Elena Gavrilova,
Plekhanov University of Economics, Russia

Eyal Lewin,
Ariel University, Israel

Szczepan Figiel,
University of Warmia, Poland

Don Martin,
Youngstown State University, USA

John B. Strait,
Sam Houston State University, USA

Nirmal Kumar Betchoo,
University of Mascareignes, Mauritius

Camilla Buzzacchi,
University Milano Bicocca, Italy

EL Kandoussi Mohamed,
Moulay Ismai University, Morocco

Susana Borrás Pentinat,
Rovira i Virgili University, Spain

Jelena Kasap,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Massimo Mariani,
Libera Università Mediterranea, Italy

Rachid Sani,
University of Niamey, Niger

Luis Aliaga,
University of Granada, Spain

Robert McGee,
Fayetteville State University, USA

Angel Urbina-Garcia,
University of Hull, United Kingdom

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

Marko Andonov,
American College, Republic of Macedonia

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

Leyla Yilmaz Findik,
Hacettepe University, Turkey

Vlad Monescu,
Transilvania University of Brasov, Romania

Stefano Amelio,
University of Unsubria, Italy

Enida Pulaj,
University of Vlora, Albania

Christian Cave,
University of Paris XI, France

Julius Gathogo,
University of South Africa, South Africa

Claudia Pisoschi,
University of Craiova, Romania

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

Joseph Ntale,
Catholic University of Eastern Africa, Kenya

Kate Litondo,
University of Nairobi, Kenya

Maurice Gning,
Gaston Berger University, Senegal

Katarina Marosevic,
J.J. Strossmayer University, Croatia

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

Syed Shadab,
Jazan University, Saudi Arabia

Koffi Yao Blaise,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Mario Adelfo Batista Zaldivar,
Technical University of Manabi, Ecuador

Kalidou Seydou,
Gaston Berger University, Senegal

Patrick Chanda,
The University of Zambia, Zambia

Meryem Ait Ouali,
University IBN Tofail, Morocco

Laid Benderradji,
Mohamed Boudiaf University of Msila, Algeria

Amine Daoudi,
University Moulay Ismail, Morocco

Oruam Cadex Marichal Guevara,
University Maximo Gomes Baez, Cuba

Vanya Katarska,
National Military University, Bulgaria

Carmen Maria Zavala Arnal,
University of Zaragoza, Spain

Francisco Gavi Reyes,
Postgraduate College, Mexico

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

Patricia Randrianavony,
University of Antananarivo, Madagascar

Roque V. Mendez,
Texas State University, USA

Kesbi Abdelaziz,
University Hassan II Mohammedia, Morocco

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

Ilknur Bayram,
Ankara University, Turkey

Elenica Pjero,
University Ismail Qemali, Albania

Gokhan Ozer,
Fatih Sultan Mehmet Vakif University, Turkey

Veronica Flores Sanchez,
Technological University of Veracruz, Mexico

Camille Habib,
Lebanese University, Lebanon

Larisa Topka,
Irkutsk State University, Russia

Paul M. Lipowski,
Creighton University, USA

Marie Line Karam,
Lebanese University, Lebanon

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

Mohamed Berradi,
Ibn Tofail University, Morocco

Visnja Lachner,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Sangne Yao Charles,
University Jean Lorougnon Guede, Ivory Coast

Omar Boubker,
University Ibn Zohr, Morocco

Kouame Atta,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Patience Mpanzu,
University of Kinshasa, Congo

Devang Upadhyay,
University of North Carolina at Pembroke, USA

Nyamador Wolali Seth,
University of Lome, Togo

Akmele Meless Simeon,
Ouattara University, Ivory Coast

Mohamed Sadiki,
IBN Tofail University, Morocco

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

Gamal Elgezeery,
Suez University, Egypt

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

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

Seka Yapi Arsene Thierry,
Ecole Normale 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 Superieure d'Abidjan, Ivory Coast

Sophia Barinova,
University of Haifa, Israel

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

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

Aderewa Amontcha,
Universite d'Abomey-Calavi, Benin

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

Rene Mesias Villacres Borja,
Universidad Estatal De Bolivar, Ecuador

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

Qamil Dika,
Tirana Medical University, Albania

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

Hariti Hakim,
University Alger 3, Algeria

Emel Ceyhun Sabir,
University of Cukurova, Turkey

Salomon Barrezueta Unda,
Universidad Tecnica de Machala, Ecuador

Belkis Zervent Unal,
Cukurova University, Turkey

Elena Krupa,
Kazakh Agency of Applied Ecology, Kazakhstan

Carlos Angel Mendez Peon,
Universidad de Sonora, Mexico

Antonio Solis Lima,
Apizaco Institute Technological, Mexico

Roxana Matefi,
Transilvania University of Brasov, Romania

Bouharati Saddek,
UFAS Setif1 University, Algeria

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

Serigne Modou Sarr,
Universite Alioune DIOP de Bambey, Senegal

Nina Stankous,
National University, USA

Lovergine Saverio,
Tor Vergata University of Rome, Italy

Fekadu Yehualashet Maru,
Jigjiga University, Ethiopia

Karima Laamiri,
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

Raoufou Pierre Radji,
University of Lome, Togo

Juan Carlos Rodriguez Rodriguez,
Universidad de Almeria, Spain

Satoru Suzuki,
Panasonic Corporation, Japan

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

Russell Kabir,
Anglia Ruskin University, UK

Nasreen Khan,
SZABIST, Dubai

Luisa Morales Maure,
University of Panama, Panama

Lipeng Xin,
Xi'an Jiaotong University, China

Harja Maria,
Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Romania

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

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

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

Bertin Desire Soh Fotsing,
University of Dschang, Cameroon

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

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

Abdelfettah Maouni,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Alina Stela Resceanu,
University of Craiova, Romania

Alilouch Redouan,
University Abdelmalek Saadi, Morocco

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

Sufi Amin,
International Islamic University, Islambad Pakistan

Sanja Milosevic Govedarovic,
University of Belgrade, Serbia

Elham Mohammadi,
Curtin University, Australia

Andrianarizaka Marc Tiana,
University of Antananarivo, Madagascar

Ngakan Ketut Acwin Dwijendra,
Udayana University, Indonesia

Yue Cao,
Southeast University, China

Audrey Tolouian,
University of Texas, USA

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

Hanaa Ouda Khadri Ahmed Ouda,
Ain Shams University, Egypt

Rachid Ismaili,
Hassan 1 University, Morocco

Tamar Ghutidze,
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

Emine Koca,
Ankara Haci Bayram Veli University, Turkey

David Perez Jorge,
University of La Laguna, Spain

Irma Guga,
European University of Tirana, Albania

Jesus Gerardo Martínez del Castillo,
University of Almeria, Spain

Mohammed Mouradi,
Sultan Moulay Slimane University, Morocco

Marco Tulio Ceron Lopez,
Institute of University Studies, Mexico

Mangambu Mokoso Jean De Dieu,
University of Bukavu, Congo

Hadi Sutopo,
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

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

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

Amaya Epelde Larranaga,
University of Granada, Spain

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

Saly Sambou,
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Daniela Di Berardino,
University of Chieti-Pescara, Italy

Dorjana Klosi,
University of Vlore "Ismail Qemali, Albania

Abu Hamja,
Aalborg University, Denmark

Stankovska Gordana,
University of Tetova, Republic of Macedonia

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

Maria Leticia Bautista Diaz,
National Autonomous University, Mexico

Bruno Augusto Sampaio Fuga,
North Parana University, Brazil

Anouar Alami,
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

Vincenzo Riso,
University of Ferrara, Italy

Janhavi Nagwekar,
St. Michael's Hospital, Canada

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

Xi Chen,
University of Kentucky, USA

Fateh Mebarek-Oudina,
Skikda University, Algeria

Nadia Mansour,
University of Sousse, Tunisia

Jestoni Dulva Maniago,
Majmaah University, Saudi Arabia

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

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

Enriko Ceko,
Wisdom University, Albania

Laura Fischer,
National Autonomous University of Mexico, Mexico

Mauro Berumen,
Caribbean University, Mexico

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

Maria Carlota,
Autonomous University of Queretaro, Mexico

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

Bhupendra Karki,
University of Louisville, Louisville, USA

Evens Emmanuel,
University of Quisqueya, Haiti

Iresha Madhavi Lakshman,
University of Colombo, Sri Lanka

Francesco Scotognella,
Polytechnic University of Milan, Italy

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

Rawaa Qasha,
University of Mosul, Iraq

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

Hani Nasser Abdelhamid,
Assiut University, Egypt

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

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

Ilenia Farina,
University of Naples "Parthenope, Italy

Luisa Zanolla,
Azienda Ospedaliera Universitaria Verona, Italy

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

Adriana Burlea-Schiopoiu,
University of Craiova, Romania

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

Branislav Radeljic,
Necmettin Erbakan University, Turkey

Anita Mandaric Vukusic,
University of Split, Croatia

Barbara Cappuzzo,
University of Palermo, Italy

Roman Jimenez Vera,
Juarez Autonomous University of Tabasco, Mexico

Lucia P. Romero Mariscal,
University of Almeria, Spain

Pedro Antonio Martin-Cervantes,
University of Almeria, Spain

Hasan Abd Ali Khudhair,
Southern Technical University, Iraq

Qanqom Amira,
Ibn Zohr University, Morocco

Farid Samir Benavides Vanegas,
Catholic University of Colombia, Colombia

Nedret Kuran Burcoglu,
Emeritus of Bogazici University, Turkey

Julio Costa Pinto,
University of Santiago de Compostela, Spain

Satish Kumar,
Dire Dawa University, Ethiopia

Favio Farinella,
National University of Mar del Plata, Argentina

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

Salwa Alinat,
Open University, Israel

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

Rasool Bukhsh Mirjat,
Senior Civil Judge, Islamabad, Pakistan

Samantha Goncalves Mancini Ramos,
Londrina State University, Brazil

Mykola Nesprava,
Dnoproperovsk State University of Internal Affairs, Ukraine

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

Manotar Tampubolon,
Universitas Kristen, Indonesia

Giacomo Buoncompagni,
LUMSA University of Rome, Italy

Elza Nikoleishvili,
University of Georgia, Georgia

Mohammed Mahmood Mohammed,
University of Baghdad, Iraq

Oudgou Mohamed,
University Sultan Moulay Slimane, Morocco

Arlinda Ymeraj,
European University of Tirana, Albania

Luisa Maria Arvide Cambra,
University of Almeria, Spain

Charahabil Mohamed Mahamoud,
University Assane Seck of Ziguinchor, Senegal

Ehsaneh Nejad Mohammad Nameghi,
Islamic Azad University, Iran

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

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

Harouna Issa Amadou,
Abdou Moumouni University of Niger

Achille Magloire Ngah,
Yaounde University II, Cameroun

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

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

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

Table of Contents:

A Goal Programming Model for Dispatching Trucks in an Underground Gold Mine.....1

Suliman Emdini Gliwan

Kevin Crowe

Tuberculosis in Vaccinated versus Unvaccinated Children with BCG Vaccine in Niamey: Epidemiological, Diagnostic and Outcome Aspects.....16

Samaila Aboubacar

Soumana Alido

Kamaye Moumouni

Mamoudou Abdou Djafar

Garba Moumouni

Gagara Issoufou Madougou Assiatou

Moussa Ounteini Abasse

Marou Soumana Boubacar

Ide Amadou Habiba

Nanaito Nafissatou

Georges Thomas Ibrahim

Epidemiology of Injuries in the Radiology Department of a Teaching Hospital.....24

Joseph C. Eze

Victor K. Nwodo

Emmanuel E. Ezugwu

Julius A. Agbo

Marvelous C. Ikechukwu

Favour C. Obasi

Assessment of the Potential for Greenhouse Gas Emission Mitigation by the Methanization of Slaughterhouse Waste in the District of Abidjan (Côte d'Ivoire).....34

Tiangoua Kone

Amenan Lydie Clarisse Mangoua-Allali

Assamoi Béatrice Ama-Cauphys

Pantchie Hadidjata Kone

Pétémanagnan Jean-Marie Ouattara

Lacina Coulibaly

Caracterisation et Renforcement des Proprietes Geotechniques des Briques de Terre avec Rajout de Paille de Riz.....55

Bakayoko Soumaila

Brahima Koné

Mosso Kotchi Alex

Kouakou Conand Honore

Factors Influencing Bursting Strength of Single Jersey Knitted Fabrics.....68

Ariful Islam

Mohammad Billal Hossain

Emdadul Haq

Ahmed Saber Shraavan

Arafat Rahman

État des Lieux de la Faune Sauvage Mammalienne dans le Département de Sipilou, Ouest de la Côte d'Ivoire.....76

Kouakou Hilaire Bohoussou

Kouamé Bertin Akpatou

Kouassi Alphonse Yao

Caracterisaion Sedimentologique et Lithostratigraphique de Deux Puits de la Zone d'Eboinda, Sud-est de la Côte d'Ivoire.....95

Koré Élysée Guede

Chiaye Larissa Koffi

Yapi Désiré Sosthène Ronald Atto

Kassi Adjoua Maryline-Audrey Edjeme

N'ga-Yah Rosine Adina Befu-Kandet Messou

N'goran Jean-Paul Yao

Chorologie des Familles de Cochenilles (Hemiptera: Coccoidea) dans la Parcelle Permanente de Rabi (Sud-ouest Gabon).....117

Léotard Rochat Sima Owono

Christophe Roland Zinga Koumba

Ephrem Nzengue

Aubin Armel Koumba

Benjamin Normark

Geneviève Lydie Acapovi-Yao

Luc Salako Djogbenou

Jacques François Mavoungou

Amino Acids Profile of Five Leafy Vegetables Mainly Consumed in Western Côte d'Ivoire.....137

Zoro Armel Fabrice

Toure Abdoulaye

Kouassi Kouamé Appolinaire

Diversité et Éthologie des Mammifères sur Deux Îles du Nord du Parc National de Taï, Sud-Ouest, Côte d'Ivoire.....148

Djaha André Koffi

Yao Célestin Kouakou

Jarvis Brumel Kopoin

Koffi Jean-Claude Béné

Abdoulaye Diarrassouba

Adama Tondossama

Impact de l'Orpillage sur les Ecosystemes Forestiers du Secteur de Souanke, Republique du Congo.....169

Noël Watha-Ndoudy

Claude Mélaine Dipakama

Jean de Dieu Nzila

Isidore Nguelet-Moukaha

Victor Kimpouni

Impacts de la Demi-lune Sylvopastorale sur la Revégétalisation des Plateaux dans le Département de Ouallam (Niger).....199

Moussa Abdou Ousseini

Dan Gumbo Iro

Dan Lamso Nomaou

Rabiou Habou

Harouna Seibou Abdoul-Salam

Caractéristiques Agronomiques et Identification des Facteurs Déterminant la Faible Productivité des Agroforêts à Cacaoyers (Theobroma Cacao L.) au Togo.....224

Kadanga Pana

Tchabi Atti

Ablede Komlan Adigninou

Ametefe Komivi Exonam

Kondow Moubarak

**Reconstitution Lithostratigraphique des Formations Albiennes du Puits
k1 du Bassin Offshore Ivoirien: Identification des Réservoirs.....246**

T.M. Kesse

A.F.A. Kouao

F. Y. P. Assalé

S. Tiene, S. Monde

**Caractéristiques de la dynamique des Oiseaux d'eau sur le bras majeur
de la Komadougou dans les Communes de Diffa et Gueskerou,
(Niger).....264**

Issiaka Youssoufa

Karema Ary Madou Kaoulé

Assane Anabi Toudjani

Grema Moustapha

Mahamane Ali

**Evaluations Gîtologique et Environnementale des Activités Minières
Artisanales Liées à l'Or de Doumbiadougou, Duékoué, Ouest de la Côte
d'Ivoire.....278**

Zié Ouattara

Odon Clément N'Cho

Gnamba Franck Emmanuel Gouédji

Gbélé Ouattara

Yacouba Coulibaly

**Connaissances et Pratiques des Pharmaciens et Auxiliaires des Officines
de Pharmacie de la Ville de Parakou Face aux Topiques Auriculaires en
2021.....294**

Fatiou Alabi Bouraïma

Appolinaire Koukouroum

Samaké Djibril

Alexis do Santos

François Avakoudjo

Marius Flatin

Spéro Raoul Hounkpatin



A Goal Programming Model for Dispatching Trucks in an Underground Gold Mine

Suliman Emdini Gliwan, PhD Candidate
Kevin Crowe, Associate Professor

Faculty of Natural Resources Management,
Lakehead University, ON, Canada

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n36p1](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p1)

Submitted: 03 August 2022
Accepted: 04 November 2022
Published: 30 November 2022

Copyright 2022 Author(s)
Under Creative Commons BY-NC-ND
4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Gliwan S.E. & Crowe K. (2022). *A Goal Programming Model for Dispatching Trucks in an Underground Gold Mine*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (36), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p1>

Abstract

The cost of transporting mined materials in an underground mine is major. This cost typically represents between 50 to 60 percent of a mine's total operating costs. The problem of dispatching trucks in an underground gold mine is of major economic importance and warrants the use of a decision support model. The developments of a realistic decision-support model for the dispatching problem in an underground gold mine were addressed in this paper. The problem must address multiple conflicting objectives, and therefore, a goal programming model was formulated. The model was applied to a case study, the Red Lake underground gold mine, in Ontario, Canada. The results showed major improvements in meeting the multiple objectives of this problem versus a single objective model. The results also illustrate the flexibility that the dispatching problem (in underground gold mines) yields when solved for multiple objectives using a goal programming model.

Keywords: Truck Dispatching Problem, Underground Mine, Goal Programming

Introduction

The movement of mined ore in an underground mine typically represents between 50 to 60 percent of a mine's total operating costs (Newman et al., 2010; Fadin et al., 2017). Therefore, the dispatching of trucks in an

underground mine is a daily decision of major economic consequence and warrants the use of a decision support model. In dispatching problem addressed in this paper, a set of trucks must be assigned to a set of trips and to a set of mining levels with each containing different grades of ore. The assignment of trucks must be made in such a way that four objectives are met. They are; transportation costs are minimized, the ounces of gold retrieved are maximized, the number of shovels used is minimized, and the total number of trucks required is minimized for a given shift. Given that this problem has multiple conflicting objectives, a goal programming model is developed and tested in this paper. The objective of this paper is therefore to formulate and evaluate a goal programming model of the truck-dispatching problem for underground gold mines.

The paper is structured as follows: first, a review of the literature relating to this dispatching problem is given. Second, the problem modeled is defined (with a conceptual figure). Third, the mathematical formulation of the model is presented. Fourth, a description of the case study on which the model is to be evaluated, the Red Lake gold mine in Ontario, Canada, is presented. Finally, the results of the model are presented, and the merits of the model are observed and evaluated in the discussion.

Previous Studies

The truck dispatching problem in the mining industry has received minor but consistent attention by researchers who specializes in optimization models. The problem has received wider attention for above-ground mines than for below-ground mines. Indeed, there are few studies that have been made for truck-dispatching in underground ground mines (Mahdi et al., 2014). Newman et al. (2010), in their review paper on operations research models used in mining, observed that rather than one universal dispatching model for the mining industry, there exists a great diversity of models for this problem. This is because the different types of mine structures require different objective functions and different constraints. Hence, there is no universal model of the truck dispatching problem (in either above- or below-ground mining) given the great diversity of mines structures (Newman et al., 2010). In this review, we will examine the diversity of optimization models that have been recently formulated for the truck dispatching problem in both above-ground and underground mines.

Ercelebi et al. (2009) used a linear programming model to improve the truck-to-shovel dispatching system and established a method of accurately determining the optimal number of trucks. They also applied the single objective model to an open-pit coal mine in Turkey. Nehring et al. (2010) formulated a mixed integer programming model and applied it to a transportation system that used trucks and shovels in an underground mine in

order to maximize net revenue within a shift. Song et al. (2013) formulated a linear programming model to solve the truck and shovel dispatch problem in an open-pit mine. This paper focuses on maximizing the total transportation (in tonnes) of ore and waste material in a given shift. Zhang et al. (2015) presented a new model of the truck dispatching problem in an open-pit iron mine by using integer programming to represent the optimal number of discrete trips for trucks to make between loading sites and dumping sites in one shift. However, their results showed reduced transportation operating costs of 15%. Schulze and Zimmerman (2017) used a mixed integer programming model to optimize the objective function of maximizing the total material moved by a set of loader-trucks in an underground potash mine.

Simulation-based optimization was recently used by Ozdemir et al. (2019) to optimize a truck/shovel dispatching problem in an open-pit mine. The objective function of the optimization model was to maximize the total material moved in a shift. Wang et al. (2020) recently used a Genetic Algorithms Model (GAM) to solve the truck dispatching problem for an underground mine in China. In addition, their model had the objective to maximize production at the shift level (tonnes moved per shift) as it is subject to constraints on the number of loading locations available, the capacity of the trucks, the material quantities available in each level, and the distance between loading levels. The results showed that the optimization model improved operational productivity by 8%.

Based on our literature review, we can identify the following trends: a) many researchers have shown that the use of a truck dispatching optimization model has improved the shift-level productivity in their mines; b) no researchers have (to our knowledge) formulated a goal programming model for this problem in underground gold mines. Hence, the research presented in this paper is an innovation on a problem of major economic consequence in underground gold mines.

Methods

The description of the methods used in this research has three parts. First, the problem modeled is defined and illustrated with a conceptual figure. Second, the new mathematical formulation of the goal programming model for dispatching trucks in an underground gold mine is presented. Third, the data acquired from the case study, Red Lake's underground gold mine in Ontario, Canada, are described.

Definition of the Problem Modeled

A conceptual figure (of a small problem instance) of the dispatching problem modeled in this paper is presented in Figure 1 below. In Figure 1, first observe that there are 6 levels in the problem instance. These represent

different levels in the underground gold mine, and each level supplies gold ore of a different grade (in grams per tonne) and a fixed number of tonnes of ore are available per shift. Second, observe the elevator. The elevator is the point of demand for gold ore. It carries gold ore to the surface where there is a target-demand in ounces of gold per day. The elevator also has a capacity constraint on the number of tonnes of gold ore it can move in one shift. Third, observe the distances between the 6 levels and the elevator. The distance and the slope of the path between each supply point and the elevator determines the transportation cost, of which all are different for each level. Fourth, observe that level 1 and 3 have a shovel assigned. This means that, in the particular solution illustrated in Figure 1, level 1 and 3 have been selected as supply points to meet the shift's demand. If a level has been selected, then it is assigned a shovel. There is a constraint on and cost for the number of shovels that can be used for any given shift. Finally, observe that, for each level selected, there is also a truck assigned. Trucks assigned can be of different sizes and each size can move a fixed number of tonnes per trip.

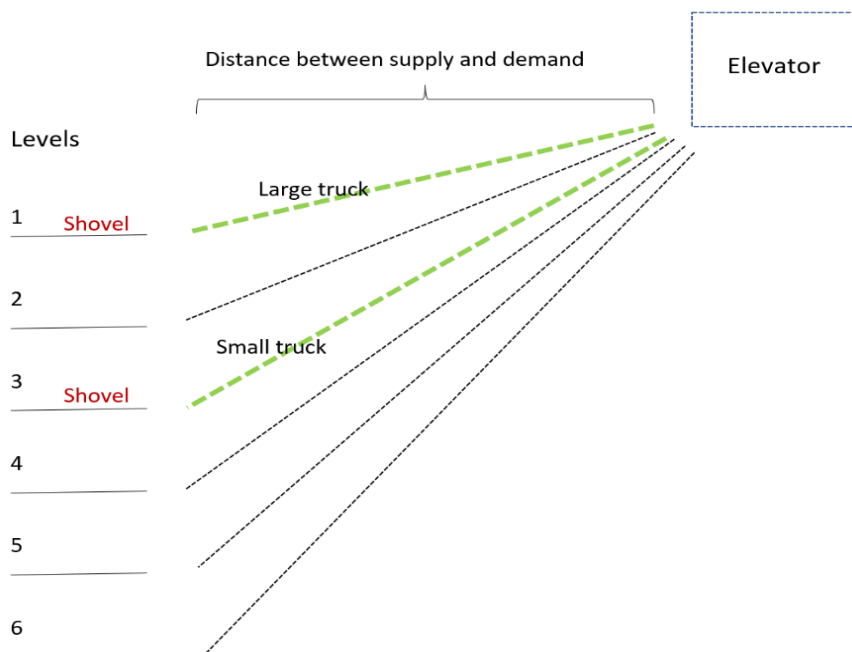


Figure 1. Conceptual Figure of the Problem Modeled

The problem to be solved is assigned a number of truck-trips (for each truck size) such that the following four goals can be met in a shift:

1. the gold goal (ounces per shift);
2. the goal for transportation cost (\$);
3. the goal for the number of shovels; and
4. the goal for the number of trucks and truck sizes used.

Since these four goals can conflict with one another, the problem is modeled as a goal programming model. The model is to be used not only to find the optimally satisfying solution for the decision-maker, but also to explore and quantify trade-offs to support the decision made.

Mathematical Formulation of the Model

The mathematical formulation of the goal programming model for dispatching trucks in an underground gold mine is presented below.

Indices and Sets

- i, I = index and set of levels within the mine.
 j, J = index and set of truck-types, by capacity.

Parameters

- a_{ij} = fraction of total shift time (C) required for one complete truck-trip assigned to level i using truck type j .
 b_j = number of minutes required to load truck type j .
 C = total number minutes in a shift.
 M = arbitrarily large number.
 e_j = capacity of truck type j (tonnes).
 D = total demand for gold ore per shift at the elevator (tonnes).
 S_i = supply of gold ore at level i , during the shift (tonnes).
 c_{ij} = cost of trip needed for transporting one truckload of gold ore from level i using truck j .
 q_i = grams per tonne of gold ore at level i .
 G_{ta} = goal value for transportation cost (\$)
 G_{tk} = goal value for number of trucks required.
 G_s = goal value for number of shovels required.
 G_g = goal value for mass of gold removed (grams)
 p_{ta} = percent deviation factor for transportation goal variable = $1/G_{ta}$.
 p_{tk} = percent deviation factor for truck goal variable = $1/G_{tk}$.
 p_s = percent deviation factor for shovel goal variable = $1/G_s$.
 p_g = percent deviation factor for transportation goal variable = $1/G_g$.
 w_{ta} = penalty weight for transportation goal variable.
 w_{tk} = penalty weight for truck goal variable.
 w_s = penalty weight for shovel goal variable.
 w_g = penalty weight for gold goal variable.

Decision Variables

- x_{ij} = number of trips assigned to level i using truck type j .
 y_j = total number of trucks of type j required.
 z_i = 1 if shovel at level i is used, 0 otherwise.

Accounting Variables

s = total number of shovels required in a shift.
 t = total number of trucks required in a shift.

Goal Variables

g_{ta}^+ , g_{ta}^- = positive and negative deviations, respectively, from transportation goal (\$).

g_{tk}^+ , g_{tk}^- = positive and negative deviations, respectively, from truck goal (number).

g_g^+ , g_g^- = positive and negative deviations, respectively, from gold goal (grams).

g_s^+ , g_s^- = positive and negative deviations, respectively, from shovel goal (number).

Objective Function

Minimize the total weighted percent deviations from all four goals.

$$(w_{ta} * p_{ta} * g_{ta}^+) + (w_{tk} * p_{tk} * g_{tk}^+) + (w_s * p_s * g_s^+) + (w_g * p_g * g_g^-) \quad [1]$$

Subject to

The total number of trucks required, of each type, is a function of the trucks assigned to all levels.

$$\sum_{i \in I} a_{ij} x_{ij} = y_j \quad \text{for each } j \in J \quad [2]$$

$$\sum_{j \in J} y_j = t \quad [3]$$

If a level is assigned a truck, then it is also assigned a shovel.

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \leq M z_i \quad \text{for each } i \in I \quad [4]$$

The total number of shovels required in a shift is the sum of all shovels assigned to all levels.

$$\sum_{i \in I} z_i \leq s \quad [5]$$

There is a limit on the number of trucks that can be assigned to each level and this is based on the total time required to load all assigned trucks within the period of one shift.

$$\sum_{j \in J} b_j x_{ij} \leq C \quad \text{for each } i \in I$$

[6]

The total number of truck-trips is limited by the total demand per shift, in tonnes, at the elevator.

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} e_j x_{ij} \leq D$$

[7]

The total number of truck-trips, assigned to each level, is limited by the total gold ore available at each level.

$$\sum_{j \in J} e_j x_{ij} \leq S_i \quad \text{for each } i \in I$$

[8]

The deviation from the goal in transportation-cost is a function of the total number of truck-trips assigned, the cost of each trip, and the chosen goal for transportation cost.

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} + g_{ta}^- - g_{ta}^+ = G_{ta}$$

[9]

The deviation from the goal for the number of trucks assigned is based on the total trucks assigned (t).

$$t + g_{tk}^- - g_{tk}^+ = G_{tk}$$

[10]

The deviation from the goal for the number of shovels assigned is based on the total shovels assigned (s).

$$s + g_s^- - g_s^+ = G_s$$

[11]

The deviation from the goal for total gold removed is a function of the truck-trips assigned to each level and the grade at each level.

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} q_j x_{ij} + g_g^- - g_g^+ = G_g$$

[12]

Constraints on Decision Variables

$$x_{ij} \geq 0 \text{ and integer}$$

[13]

$$y_i \geq 0$$

[14]

$$z_i \in \{0, 1\}$$

[15]

The objective function [1] is used to minimize the total weighted percent deviation from all goal variables. By default, all weights are valued at 1 unless otherwise stated. Equation [2] defines the number of trucks, t , required per shift for each truck-type. The total number of trucks required is defined in Equation [3]. Equation [4] defines whether or not a shovel is used at a given level. Since the use of a shovel (z_i) is triggered by the dispatching of a truck to that level (x_{ij}), the variable representing the use of a shovel (z_i) must be binary for this equation to work (see Equation 15). Equation [5] defines the total number of shovels used in a shift. Equation [6] limits the maximum number of shovels required at each level to be 1. This constraint is based on the reasoning that the total number of minutes that a shovel may be used in loading trucks may not be more than the number of minutes in a shift. Equation [7] limits the total ore removed during the shift from exceeding the total demand for the shift. Equation [8] limits the ore removed by dispatched trucks, of varying capacities, from exceeding the supply of ore at each level. Equation [9] defines the goal variables for transportation. Each trip dispatched is a round-trip from the demand point (the elevator) to the supply-point at a given level of the shovel. The key importance here is the parameter c_{ij} , which varies for each level, depending on the distance travelled and slope at which a truck is required to travel, both empty and full. Equations [10] and [11] define the goal variables for trucks and shovels. Equation [12] defines the goal variables for gold. It should be noted that the goal for gold (by historical convention) is in ounces, and that this goal is based on the estimated grams of gold per tonne of gold ore, which varies from level to level. Equation [13] ensures that the number of trips dispatched to each level is integer. Equation [14] constrains the number of each truck type required to be non-negative. This variable, for the work in this paper, was not constrained to be integer. This is because an integer constraint requires excessive computing time, and the variable only needed to be rounded up in order to interpret the number of trucks of each type required by the dispatching solution. Equation [15] ensures that the variable representing whether a shovel is used at a given level or not is binary.

Case Study Definition

The underground gold mine in Red Lake, Ontario (Canada), has been in operation for more than 50 years. This history has resulted in 52 levels reaching a depth below surface of 2.4 km. Figure 2 (below) illustrates that the first 38 levels are connected to a main shaft into which mined material is dumped. However, at the bottom of level 38 is an elevator which carries the mined material to the surface. Figure 2 also illustrates that, below level 38,

there are 14 levels which are not connected to the main shaft. Material mined from these levels (levels 39 to 52) must be transported by trucks to the elevator at level 38. In general, the deeper the location of each level, the more costly is the transportation required to service it. The problem in this case study is the dispatching of trucks, per shift, to these 14 levels (levels 39-52) such that the multiple objectives (described above) are optimally satisfied.

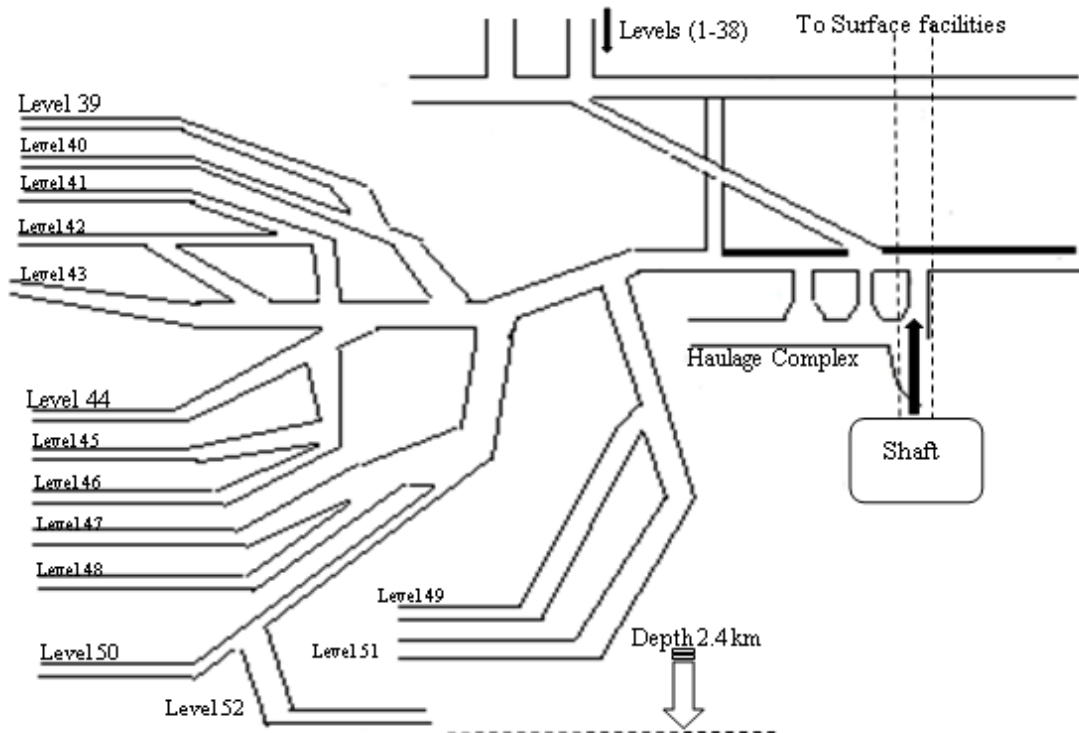


Figure 2. Underground Transportation Network for Trucks at Red Lake Mine

At present, there is no optimization model used for dispatching trucks at the Red Lake mine. Dispatching decisions, made at the beginning of each shift, are supported using analysis of data on spreadsheets. The managers of Red Lake mine expressed interest in the development of an optimal dispatching model because the cost of trucking materials in the underground mine is a major one. The mine's managers wanted a model that addresses several objectives as follows: optimize gold production, transportation costs, shovels required, and the number of truck types and sizes required. Given these four objectives, the analysts and decision-makers at Red Lake wanted a model that could support decisions on the trade-offs involved between competing objectives. For these reasons, a goal programming model was formulated and evaluated.

Transportation, shovel, and trucking data were provided by the managers at Red Lake mine for parameters in the goal programming model. There were only two truck sizes used. Data on the gold grades in the mine were not provided. Our industrial partner, understandably, wished to keep these values on grade private. The parameters for the grade of ore were therefore generated using a random number generator such that each level was randomly assigned (with equal probability) a grade between 5 and 15 grams of gold per tonne of ore. This range of grades is realistic for a typical gold mine, and the fact that the values assigned are not real does not compromise the evaluation of our optimization model.

Results

Since the decision-makers at the Red Lake mine were interested in quantifying the trade-offs among the competing objectives in this problem, a pre-emptive method was used in applying the goal programming model. In the pre-emptive method of goal programming (Eschenbach et al., 2001), goals are ordered according to priorities, and the values assigned to each goal are determined by executing a sequence of scenarios. For example, in the results shown in Table 1 (below), the first scenario was run with gold as the top priority. Therefore, gold was the *only goal* used in the model’s objective function in scenario 1. The achieved value for gold, in scenario 1, was then used as the gold goal’s value in scenario 2. This sequential method was used for directing the assignment of all goal values.

The priorities underlying the pre-emptive method were selected in consultation with the decision-makers at Red-Lake. The priorities of the objectives were ranked as follows:

1. Gold removed
2. Transport cost
3. Shovels used
4. Trucks used

The results of the four scenarios are shown in Table 3.1 (Note: the values in square brackets are *achieved* values of goals that were not optimized in the objective function but resulted from the optimal solution).

Table 1. Results for Four Scenarios using Pre-emptive Method

| Scenario | Goals in Objective Function | Goal Values | | | | Achieved Values | | | |
|----------|-----------------------------|-------------|----------------|----------|---------|-----------------|----------------|----------|---------|
| | | Gold (g.) | Transport (\$) | #Shovels | #Trucks | Gold (g.) | Transport (\$) | #Shovels | #Trucks |
| 1 | Gold | 10,000 | | | | 7,570 | [5,848] | [10] | [11] |
| 2 | Gold + Transportation | 7,570 | 5,000 | | | 7,553 | 4,984 | [11] | [8] |

| | | | | | | | | | |
|---|---|-------|-------|---|---|-------|-------|---|-----|
| 3 | Gold + Transportation + Shovels | 7,570 | 5,000 | 9 | | 7,509 | 5,007 | 9 | [6] |
| 4 | Gold + Transportation + Shovels + Trucks | 7,570 | 5,000 | 9 | 4 | 7,425 | 5,024 | 9 | 4 |

The results in Table 1 yield several observations. First, in scenario 2, one can observe the trade-off between gold removed and transportation costs by comparing the achieved values for these goals in scenarios 1 and 2. Here, we observe that by adding transportation cost as a goal in scenario 2, transportation costs were reduced from \$5,848 per shift to \$4,984. Furthermore, a reduction of 14.8% was achieved by lowering the total gold removed by less than 1% (from 7,563 g to 7,553 g). The improved solution of scenario 2 shows the benefit of dispatching trucks for both gold and transportation costs simultaneously using this model.

Second, scenario 2 also shows that the reduction in transportation costs resulted in an increase in the number of shovels used (from 10 to 11). Why did this happen? By comparing the solution of scenario 1 with scenario 2 (see Table 2, below), we observe two things. First, that when the goal was only for gold, the solution was easy to form by simply sending the smaller trucks to the levels with the richest deposits, regardless of cost. Smaller trucks were sent because carrying smaller discrete volumes of ore makes it easier to remove, as closely as possible, the total discrete volume of ore supplied at the ore-rich levels than if one dispatched a discrete set of larger trucks. Second, Table 2 also shows that different levels (in scenario 1 versus 2) were accessed in order to reduce transportation costs. However, recalling that the depth of a level influences its transportation cost, we can observe that scenario 2 added the less costly levels (44 and 46) and removed the more costly level (50). Hence, scenario 2 showed an unintended consequence of adding the objective to reduce transportation costs. Furthermore, in order to reduce transportation costs and to meet the gold goal, an extra level was added to the solution requiring an extra shovel. This unintended consequence shows the need for adding shovels as an objective in a goal programming model of this dispatching problem.

Third, scenario 3 (in Table 1, above) shows that by adding a goal of 9 shovels to the model's objective function, we were able to meet this objective and improve upon the solution in scenario 2, which entailed 11 shovels and a reduction in shovel cost of 18.2%. This improvement came with a small trade-off, i.e., a reduction in gold removed in scenario 3 versus scenario 2 (less than 0.1%) and a slight increase in transportation cost (less than 0.1%). Table 2 also shows that the solution for scenario 3 is radically different from that of

scenario 2. These results show that, with a slight trade-off for two objectives, it is possible to achieve a major improvement in the third objective. Hence, the solution to scenario 3 illustrates how well the dispatching problem in an underground gold mine is flexible and suitable for multiple objective optimization through goal programming.

Table 2. Solutions for Four Scenarios (Note: the values in the scenario columns represent the number of trips dispatched to each level, for each truck type)

| Level | Truck Capacity (tons) | Scenario | | | |
|-------|-----------------------|----------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 39 | 17 | 5 | 5 | 5 | 1 |
| 40 | 17 | 5 | 1 | 5 | 1 |
| 41 | 17 | 6 | 1 | 5 | 1 |
| 42 | 17 | 4 | 0 | 2 | 0 |
| 43 | 17 | 4 | 1 | 1 | 0 |
| 44 | 17 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| 45 | 17 | 5 | 0 | 2 | 2 |
| 46 | 17 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 47 | 17 | 4 | 0 | 0 | 3 |
| 48 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 49 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 | 17 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 51 | 17 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| 52 | 17 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| 39 | 30 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 40 | 30 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 41 | 30 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| 42 | 30 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| 43 | 30 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 44 | 30 | 0 | 0 | 2 | 1 |
| 45 | 30 | 0 | 3 | 2 | 2 |
| 46 | 30 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 47 | 30 | 0 | 2 | 2 | 1 |
| 48 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 49 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 51 | 30 | 0 | 2 | 1 | 2 |
| 52 | 30 | 0 | 2 | 2 | 2 |

Finally, scenario 4 (see Table 1) shows that by adding a fourth objective (i.e., the number of trucks required), the overall solution was further refined. Comparing scenarios 3 and 4, we observe that the number of trucks was reduced from 6 to 4 (33.3% reduction). This came with a trade-off of reducing the gold removed by less than 1% and of increasing the transportation cost by less than 1%. The number of shovels used remained the same. Table 2 also shows that the solutions of scenarios 3 and 4 differ in a predictable manner. Furthermore, the number of trips assigned to the larger capacity

trucks was greatly increased in scenarios 4 in order to meet the targets with fewer trucks. Therefore, scenario 4 illustrates the model's ability to engage in the exploration of meaningful trade-offs given trucks and truck-sizes as an objective in the problem.

Discussion

The results illustrate how the goal programming model presented in this paper may be useful to decision-makers for the problem of dispatching trucks in an underground gold mine. We now discuss several reasons for this conclusion.

First, the nature of the problem is such that it is flexible enough to be solved effectively for multiple objectives simultaneously. For example, the solution in scenario 2 lowered transportation costs by 14.8%, while also lowering gold achievement by less than 1%. This was clearly a favourable trade-off made possible by some flexibility (i.e., multiple means) in solving the problem, but what do the results in Table 1 really imply about the flexibility of this problem? Three observations are required before we can answer this question. First, given the great economic importance of mining levels with the highest grade of gold, it might appear that a greedy solution, in which levels with the highest grades of gold are mined first, would be the most valuable. This is true in terms of the gold objective. The results show (see Table 1) that the highest possible number of gold ounces that can be mined in a shift occur in scenario 1, which has only one objective: gold. Second, the solution to scenario 2 (see Figure 2) in which both gold and transportations goals are optimized simultaneously shows that the set of levels selected in scenario 2 differs greatly from the set of levels selected in scenario 1. Third, even though the set of levels selected in scenario 2 are radically different from those selected in scenario 1, the number of gold ounces mined in these two scenarios differs by less than 1%. These three observations imply that the variation in gold grade between levels (described in Methods) is such that there are multiple near-optimal solutions with regard to the gold objective. This is an important implication, for it means that, although maximizing gold production is the first objective in this problem, there are multiple ways to achieve this, in practice, since there are multiple near-optimal solutions. This flexibility in planning, shown in the results, also illustrates the great value of using an optimization model with multiple objectives when planning for a dispatching problem in an underground gold mine.

A second reason for the usefulness of this model is illustrated in the results on optimizing the number of shovels and trucks used. The results in Table 1 show that when shovels and trucks are included as objectives in the model, a reduction in shovel costs by 18.2% and a reduction in trucks used by 33.3% is possible. This reduction has two important implications for

operations. First, a reduction in the number of trucks used implies that the operational problem of live dispatchers avoiding wait-times at loading or unloading points is reduced in difficulty. Second, a reduction in the number of shovels used implies less idle-time for shovels, which is an unproductive cost. Once again, the results on the objectives for shovels and trucks shows the surprising and valuable flexibility that this problem offers when solved for multiple objectives.

A third reason for the usefulness of this model is that it allocates trucks and shovels to multiple levels at the beginning of the shift. Some truck-dispatching models are “live” and are concerned with the scheduling of truck movements in order to optimize shovel productivity and minimize wait-times at loading and unloading points (Newman et al., 2010). Such models are valuable, but they assume that optimal mining levels and truck-trips and numbers and sizes have already been selected. Hence, this model is useful in that it addresses a valuable planning problem that should be solved before the problem of “live” dispatching is solved.

Conclusion

In this chapter, we have presented a new formulation of the truck dispatching model for an underground gold mine. The model was formulated as a goal programming model and applied to Red Lake’s gold mine in Ontario, Canada. The results showed that major reductions in transportation costs, shovels used, and trucks required can be achieved with a minimal decrease (less than 1%) in the maximum quantity of gold that can be removed in a shift. The results illustrate the valuable flexibility that this problem offers when solved for multiple objectives. Given the scale of these reduced costs, this model will be a valuable addition to the decision-makers seeking to increase the efficiency of their dispatching decisions both before and during operations in an underground gold mine.

Future research on the problem of modeling this dispatching problem would be in exploring the applicability of a goal programming as a useful approach for modeling the dispatching problem in different types of underground mines, i.e., to determine whether its benefits can be expanded to mines other than gold mines.

References:

1. Ercelebi, S. G. & Bascetin, A. (2009). *Optimization of shovel-truck system for surface mining*. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 109(7), 433-439.
2. Fadin, A. Y. F. & Moeis, A. O. (2017). *Simulation-optimization truck dispatch problem using look-ahead algorithm in open pit mines*. International Journal of GEOMATE, 13(36), 80-86.

3. Mahdi, R. & Morteza, O. (2014). *Determining the Most Effective Factors on Open-pit Mine Plans and Their Interactions*. In *Mine Planning and Equipment Selection* (pp. 197-207). Springer, Cham.
4. Nehring, M., Topal, E. & Knights, P. (2010). *Dynamic short-term production scheduling and machine allocation in underground mining using mathematical programming*. *Mining Technology*, 119(4), pp. 212-220.
5. Red Lake Gold Mine, Owner of Newmont Goldcorp Inc. reports dated December 31, 2015; *Technical Operations reports*, dated December 2017, and *Technical Operations reports* for the first and second quarters of 2019.
6. Newman, A. M., Rubio, E., Caro, R., Weintraub, A. & Eurek, K. (2010). *A review of operations research in mines planning*. *Interfaces*, 40(3), 222-245.
7. Ozdemir, B. & Kumral, M. (2019). *Simulation-based optimization of truck-shovel material handling systems in multi-pit surface mines*. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 95, 36-48.
8. Schulze, M. & Zimmerman, J. (2017). *Staff and machine shift scheduling in a German potash mine*. *Journal of Scheduling*, vol. 20, no. 6. pp. 635–656.
9. Song, Z., Rinne, M. & Wageningen A. (2013). *A review of real-time optimization in underground mining production*. *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, 113, pp. 889-897.
10. Wang, H., Tenorio, V., Li, G., Hou, J. & Hu, N. (2020). *Optimization of Trackless Equipment Scheduling in Underground Mines Using Genetic Algorithms*. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 37(5), 1531-1544.
11. Zhang, L. & Xia, X. (2015). *An integer programming approach for truck-shovel dispatching problem in open-pit mines*. *Energy Procedia*, 75, 1779-1784.3.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Tuberculosis in Vaccinated versus Unvaccinated Children with BCG Vaccine in Niamey: Epidemiological, Diagnostic and Outcome Aspects

Samaila Aboubacar

Soumana Alido

Service de Pédiatrie, Hôpital National Amirou Boubacar Diallo de Niamey, Niger. Faculté des Sciences de la Santé, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

Kamaye Moumouni

Faculté des Sciences de la Santé, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger Service de Pédiatrie A, Hôpital National de Niamey, Niger

Mamoudou Abdou Djafar

Service de Pédiatrie,

Hôpital National Amirou Boubacar Diallo de Niamey, Niger

Garba Moumouni

Service de Pédiatrie A, Hôpital National de Niamey, Niger

Gagara Issoufou Madougou Assiatou

Moussa Ounteini Abasse

Service de Pneumo-phtisiologie,

Hôpital National Amirou Boubacar Diallo de Niamey, Niger

Marou Soumana Boubacar

Faculté des Sciences de la Santé,

Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

Ide Amadou Habiba

Nanaito Nafissatou

Service de Pédiatrie,

Hôpital National Amirou Boubacar Diallo de Niamey, Niger

Georges Thomas Ibrahim

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

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n36p16](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p16)

Submitted: 23 August 2022

Accepted: 21 November 2022

Published: 30 November 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Aboubacar S., Alido S., Moumouni K., Djafar M.A., Moumouni G., Assiatou G.I.M., Abasse M.O., Boubacar M.S., Habiba I.A. & Nafissatou N. (2022). *Tuberculosis in Vaccinated versus Unvaccinated Children with BCG Vaccine in Niamey: Epidemiological, Diagnostic and Outcome Aspects*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (36), 16.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p16>

Abstract

Introduction: Tuberculosis remains a public health problem worldwide. The BCG vaccination is one of the response means. The objective of this work was to study the impact of BCG vaccination on morbidity and mortality related to childhood tuberculosis in Niamey. **Patients and methods:** It was a multicenter prospective and comparative study from January to September 2017 in two-referral hospital centers of Niamey and the National Anti-Tuberculosis Center. The study population consisted exclusively of children aged 0 to 15 years old suffering from tuberculosis. Epidemiological, diagnostic, and evolving aspects in vaccinated and unvaccinated children were studied. Statistical tests used were Pearson's Chi² and Fisher's exact test ($p < 0.05$). **Results:** Ninety-one children were studied. The BCG vaccination rate was 60.4%. The mean age of children was 6 years 11 months [3 months-15 years]. Children under 2 years of age were less affected (11%) in vaccinated children than in unvaccinated children (3.2%). No association was found between the duration of tuberculosis signs ($p = 0.37$), expression of tuberculin skin test ($p = 0.43$), and the children's BCG vaccination status. On the other hand, there was a significant link between vaccination status and the occurrence of complications ($p = 0.014$), and death risk ($p = 0.003$). **Conclusion:** This study shows that children's BCG vaccination status correlates with some aspects of tuberculosis. Unvaccinated children have a significantly higher risk of complications and death from TB.

Keywords: BCG vaccination; Children; Tuberculosis; Niger

Introduction

Tuberculosis is the most common specific bacterial disease and still remains a global public health problem, especially in developing countries, due to its morbidity and mortality. In 2015, according to WHO estimates, at least one million children contracted tuberculosis each year worldwide (O.M.S., 2016). In Niger, the overall incidence is 95 cases per 100.000 habitants (PNLT, 2017). Control of tuberculosis in children is traditionally based on early diagnosis and treatment of pulmonary tuberculosis, identification of contacts, and vaccination with the BCG vaccine (O.M.S., 2016). The objective of this study was to investigate the impact of the BCG vaccine on tuberculosis morbidity and mortality in children.

Patients and methods

Type, period, and setting of the study

This was a prospective multicenter and comparative study from January to September 2017 at two referral hospital centers of Niamey (national hospital of Niamey and Amirou Diallo national hospital), and the National Anti-Tuberculosis Center in Niger.

Study population

All children aged 0 to 15 years with all forms of tuberculosis were included. Children with sickle cell disease and those living with HIV/AIDS were excluded. Variables studied were BCG vaccination status, children's age, and diagnostic and evolving aspects.

Diagnostic criteria

Diagnosis of tuberculosis was suspected in children who had a long-lasting fever with night sweats, an altered general state of asthenia, anorexia, and weight loss. The diagnostic suspicion was supported by paraclinical criteria which are a tuberculin intradermal reaction test (IDRT) ≥ 10 mm, an accelerated sedimentation rate (≥ 20 mm at the first hour), exudative character and hyperlymphocytosis of the effusions (ascites and pleurisy), or histology of the adenopathies showing granulomatous lymphadenitis with caseous necrosis. Radiologically, it was the presence of suspicious parenchymal opacities such as miliaria, caverns, or alveolar-interstitial opacities. And finally, therapeutic criteria consisted of well-conducted antituberculosis treatment according to the national protocol of tuberculosis management. In some cases, diagnosis is confirmed by the positivity of microscopic examination (sputum, gastric fluid).

Data analysis

Data analysis was performed using Epi-Info7 version 7.2.1 software. The relationship between categorical variables was estimated using Pearson's Chi² test and Fisher's exact test ($p < 0.05$). Risk quantification was done by estimating the Odds Ratio (OR) and its confidence interval (CI) to 95%.

Results

Children's characteristics

Ninety-eight cases of tuberculosis were collected during the study period. Four cases of HIV/AIDS infection and 3 cases of sickle cell disease were excluded. A total of 91 patients were studied. BCG vaccination rate was 60.4%. The mean age of children was 6 years 11 months [3 months-15 years]. Children under 2 years of age were less affected (11%) in vaccinated children than in unvaccinated children (3.2%).

Diagnostic aspects

Table 1 represents diagnostic aspects of tuberculosis. The mean duration of signs before admission was 40 days [21 to 120 days], with no relationship to BCG vaccination status ($p=0.37$). Tuberculin skin test (TST) was positive in 41.6% of vaccinated children versus 29.6% of unvaccinated children ($p=0.43$). Extrapulmonary localization was more frequent in vaccinated children (39.6%) than in unvaccinated children (29.6%), but there was no relationship ($p=0.35$).

Table 1. Link between diagnostic aspects and BCG vaccination status

| Variables | BCG Vaccination | | OR | CI | P |
|--------------------------|-----------------|-----------|------|-------------|------|
| | Yes N (%) | No N (%) | | | |
| Duration of signs (days) | | | | | |
| ≤30 | 29 (31.9) | 20 (22) | 0.89 | [0.37-2.09] | 0.37 |
| >30 | 26 (28.6) | 16(17.5) | | | |
| Result of TST | | | | | |
| Positive | 38 (41.7) | 27 (29.6) | 1.12 | [0.24-4.83] | 0.43 |
| Negative | 5 (5.5) | 4 (4.4) | | | |
| Localization | | | | | |
| Pulmonary | 19 (20.9) | 9(9.9) | 0.83 | [0.33-2.06] | 0.35 |
| Extrapulmonary | 36(39.6) | 27(29.6) | | | |

Therapeutic and evolving aspects

All patients were treated according to the therapeutic regime for new cases according to the national protocol for the management of tuberculosis. Evolution was more favorable in vaccinated children (55%) than in unvaccinated children (28.6%). The difference was significant ($OR=3.78$; CI [1.17-13.43], $p=0.01$). Complications such as bronchopulmonary sequelae were less frequent in vaccinated children (4.4%) than in unvaccinated children (6.6%) [$p=0.014$]. Death was observed in 1.1% of vaccinated patients versus 7.7% of unvaccinated ($OR=12.69$; CI [1.84-300.81], $p=0.003$).

Discussion

Based on the results observed, it was an interaction between BCG vaccination and TB morbidity and mortality in children. Mainly study limitation was related to the small sample size, related to the short study period.

Children under the age of two years were the least affected, with no relationship to age groups. This was reported in a study in Madagascar where the authors reported more cases of tuberculosis in the group of children over two years old than in the others (Randriatsarafara and *al.* 2014). In general, the low prevalence of tuberculosis, and even infections, could be explained by the protective role of breastfeeding (WHO, 2001). Vaccination coverage was

60.4%. A similar result was reported by Soumana and *al.* (2016) and Randrianambinina and *al.* (2015) with 65.5% of children vaccinated with the BCG vaccine each. However, they are lower than those reported by Randriatsarafara and *al.* (2014) and Ba and *al.* (2015) who found 82.5% and 84.5% of vaccinated patients respectively. In Niger, BCG vaccination is systematically given to children from birth. The low vaccination rate reported in this study could be explained by that child with TB often came from poor families with limited access to health services.

The average duration of signs of tuberculosis before admission was not related to the child's vaccination status in this study. The long diagnostic delay observed could be explained by ignorance of signs of the disease, but also by the beliefs of parents. Many of them were still trying traditional treatment before the consultation. TST expression was not associated with the BCG vaccination status. The same finding was made by Tinsa and *al.* (2009). However, Seddon and *al.* (2016) found a significant difference in TST results according to age group. In his study, vaccinated children under 5 years of age were more likely to have a positive TST than those who were not vaccinated. The vaccination status of children did not influence pulmonary or extra-pulmonary localization of tuberculosis. No cases of tubercular meningitis were observed, but two cases of miliary tuberculosis were found. Most authors have shown that BCG vaccination protects against the severe forms of tuberculosis (disseminated forms and neuro-meningeal forms) in children (Valin and *al.* (2012), Schmiedel and *al.* (2015), Abubakar and *al.* (2013), Bourdin et *al.* (2006)). However, in the series of Sfaihi and *al.* (2019), BCG vaccination did not protect children from tuberculosis. In this case, the presence of one of the severe forms in vaccinated children could be explained by low organism immune capacities or massive contamination.

The tuberculosis course was more favorable in vaccinated children than in unvaccinated children. A significant association was found between vaccination status and mortality. Unvaccinated children had more death risk from tuberculosis than vaccinated children. Harris and *al.* (2016) demonstrated a death risk from tuberculosis of 151 per 100,000 for children not protected by the BCG vaccine. Other studies and meta-analyses have reported increased mortality in a group of children not vaccinated with the BCG vaccine (Favorov and *al.* (2012), Schmiedel and *al.* (2015), Abubakar and *al.* (2013), Moran et *al.* (2010)). Grare and *al.* (2010) reported that in Swedish, Czech, and German experiences, cessation of routine vaccination was associated with a real but limited increase in tuberculosis incidence in children. However, despite these observations, BCG vaccination recommendations should be made on local epidemiological factors.

Conclusion

This study shows that the BCG vaccination status of children correlates with some aspects of tuberculosis. Unvaccinated children have a significantly higher risk of complications and death from TB. Thus, fighting against tuberculosis must be intensified through a combination of several strategies, such as vaccination, active screening and adequate case management, and promotion of research for new vaccines, diagnostics, and therapeutics.

Conflict of interest: None

Authorship: SA and MOA and GIMA designed the research protocol; IAH, NN, and MSB collected the data; SA, KM, and SA participated wrote the manuscript; and MAD, GM, and GTI proofread and edited the final document.

References:

1. Abubakar, I., Pimpin, L., Ariti, C., Beynon, R., Mangtani, P., Sterne, J.A.C., Fine, P.E.M., Smith, P.G., Lipman, M., Elliman, D., Watson, J.M., Drumright, L.N., Whiting, P.F., Vynnycky E. & Rodrigues L.C. (2013). Systematic review and meta-analysis of the current evidence on the duration of protection by bacillus Calmette-Guérin vaccination against tuberculosis. *Health Technol Assess*, 17(37), 1–372.
2. Ba, I.D., Ba, A., Faye, P.M., Thiongane, A., Deme Ly, I. & Ba, M. (2015). Tuberculose de l'enfant au Sénégal : Aspects épidémiologiques, cliniques, thérapeutiques et évolutifs. *Med Afr Noire*, 62(4), 200-207.
3. Bourdin, B., Fine, P.E. & Dye, C. (2006). Effect of BCG vaccination on childhood tuberculous meningitis and miliary tuberculosis worldwide: a meta-analysis and assessment of cost-effectiveness. *Lancet*, 367, 1173-80.
4. Favorov, M., Ali, M., Tursunbayeva, A., Aitmagambetova, I., Kilgore, P., Ismailov, S. & Chorba, T. (2012). Comparative Tuberculosis (TB) Prevention Effectiveness in Children of Bacillus Calmette-Guérin (BCG) Vaccines from Different Sources, Kazakhstan. *PLoS ONE*, 7(3), e32567.
5. Grare, M., Derelle, J., Dailloux, M. & Laurain, C. (2010). Difficultés du diagnostic de la tuberculose chez l'enfant : intérêt du test Quantiféron TB GoldWIn-Tube. *Arch Pediatr*, 17, 77–85.
6. Harris, R.C., Dodd, P.J. & White, R.G. (2016). The potential impact of BCG vaccine supply shortages on global paediatric tuberculosis mortality. *BMC Medicine*, 14, 138-47.

7. Ministère de la Santé Publique, Programme National de Lutte contre la Tuberculose., 2017. Guide technique national de la tuberculose, 3^{ème} édition. PNLT, Niamey.
8. Moran, M.O., Marion, S.A., Elwood, K., Patrick, D. & Fitz, G.M. (2010). Facteurs de risque de développement de la tuberculose : un suivi des sujets-contact de cas de tuberculose pendant 12 années. *Int J Tuberc Lung Dis*, 14(9), 1112–1119.
9. O.M.S. (2016). Rapport sur la lutte contre la tuberculose dans le monde. OMS, Genève.
10. World Health Organization. (2001). Global Strategy for Infant and Young Child Feeding-Optimal duration of exclusive breastfeeding. Geneva, WHO.
11. Randrianambinina, F., Randrianambinina, H., Razafimanjato, N.N., Rakotoarisoa, J.C. & Rakotovao, J.L. (2015). Aspects chirurgicaux des complications des tuberculoses pulmonaire et pleurale de l'enfant. *J Func Vent Pulm*, 19(6), 31-38.
12. Randriatsarafara, F.M., Vololonarivelo, E.B.E., Rabemananjara, G.N.N., Randrianasolo, O.J.B., Rakotomanga, J.D.M. & Randrianarimanana, V.D. (2014). Facteurs associés à la tuberculose chez l'enfant au Centre Hospitalier Universitaire Mère-Enfant de Tsaralalàna, Antananarivo: une étude cas-témoins. *PAM J*, 19, 224-237.
13. Schmiedel, Y. & Zimmerli, S. (2015). Tuberculose : prévention, latence et multirésistance. *Forum Médical Suisse*, 15(41), 918-924.
14. Seddon, J.A., Paton, J., Nademi, Z., Keane, D., Williams, B., Williams, A., Welch, S.B., Liebeschütz, S., Riddell, A., Bernatoniene, J., Patel, S., Martinez-Alier, N., McMaster, P. & Kampmann, B. (2016). The impact of BCG vaccination on tuberculin skin test responses in children is age dependent: evidence to be considered when screening children for tuberculosis infection. *Thorax*, 71, 932–939.
15. Sfaihi, L., Bouraoui, A., Kalamoun, I., Kammoun, T., Jallouli, H., Akrou, A. & Hachicha, M., (2010). La tuberculose extrapulmonaire chez les enfants vaccinés par le BCG dans le sud tunisien. *J Pediatr Puericult*, 23, 328-334.
16. Soumana, A., Kamaye, M., Ngoumbouté, I., Dima, H., Daouda, B. & Guéro, T. (2016). La tuberculose chez l'enfant: A propos de 29 cas colligés dans deux hôpitaux de Niamey et au Centre National Antituberculeux. *Mali Médical*, 31(4), 1-8.
17. Tinsa, F., Essaddam, L., Fitouri, Z., Nouria, F., Douira, W., Ben Becher, S., Boussetta, K. & Bousnina, S. (2009). Tuberculose extrapulmonaire chez l'enfant: étude de 41 cas. *La Tunisie Médicale*, 87(10), 693-698.

18. Valin, N. & Chouaïd, C. (2012). La tuberculose en France en 2010 : épidémiologie, clinique et microbiologie. *Rev Mal Resp*, 29, 267-76.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Epidemiology of Injuries in the Radiology Department of a Teaching Hospital

Joseph C. Eze

Victor K. Nwodo

Emmanuel E. Ezugwu

Department of Radiography and Radiological Sciences,
Nnamdi Azikiwe University, Nnewi Campus

Julius A. Agbo

Department of Medical Radiography and Radiological Sciences,
University of Nigeria, Enugu Campus

Marvelous C. Ikechukwu

Favour C. Obasi

Department of Radiography and Radiological Sciences,
Nnamdi Azikiwe University, Nnewi Campus

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n36p24](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p24)

Submitted: 27 July 2022

Accepted: 21 November 2022

Published: 30 November 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Eze J.C., Nwodo V.K., Agbo J.A., Ikechukwu M.C. & Obasi F.C. (2022). *Epidemiology of Injuries in the Radiology Department of a Teaching Hospital*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (36), 24. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p24>

Abstract

Background: Injury has become a public health problem all over the world, and it is associated with high morbidity and mortality. **Objective:** This paper focuses on determining the epidemiology of injuries in the Radiology Department of Nnamdi Azikiwe University Teaching Hospital, Nnewi. **Method:** A retrospective research design was adopted for this study. Request forms of patients were collected from the register in the department. Five hundred and twenty (520) request forms were collected but twenty one (21) were excluded because they did not contain sufficient information needed for the study. The picture and archives communication system (PACS) was also utilized to ensure that information obtained from the register corresponds with the patients who took part within the period of the study. Data was analyzed descriptively using SPSS version 20. Results were presented in frequency

tables and percentages. **Results:** The injuries involved 376 (75.2%) males and 123 (24.8%) females. Road traffic accident accounted for 67.5%, and it was the most occurring injury. Injuries due to fighting accounted for 2 (0.4%), which was the least occurring. Most injuries (18.8%) occurred within the age range of 21-30years, which was closely followed by the age range of 31-40 years (18.2%). Majority of the injuries involved the whole spine (18.5%), which is also followed by chest injuries (18.2%). **Conclusion:** The injuries recorded involved many body parts and more males than females were affected. Road traffic accident was the major cause of the injuries.

Keywords: Epidemiology, Hospital, Injury, Radiology, Teaching

Introduction

Injury is also known as trauma and it can cause damages to the body. Injury has become a public health problem worldwide and it is associated with high morbidity and mortality (Dee, 1990; Park, 2000; Krug et al., 2000). It has been noted that injury accounts for 9.6% of global mortality burden, leading to over five million deaths annually and 138 million disability adjusted life years (DALYs) (Lozano et al., 2010). People living in low- and middle-income countries (LMICs) experience this burden more due to minimal or absence of equipment to handle the injuries (Chandran et al., 2010; WHO, 2004). The cause of injuries varies from place to place. Road traffic accidents, falls, assaults, firearm injuries, burns, sports injuries, animal bites, and industrial accidents are some causes of trauma or injuries (Chalya et al., 2013; Demyttenaere et al., 2009). Previous studies revealed that road traffic accident is the most common cause of injury.

There is a prediction that deaths from road traffic accidents would increase from 1-2 million in 2002 to 1.9 million globally, making it the third leading cause of DALYs (Murray et al., 1994). In Nigeria (which is a developing country), there is increasing industrialization, high velocity vehicles, increasing ethno-religious clashes, and recently widespread terrorist attacks which has resulted to sudden, unexpected mass casualties that has affected secondary and tertiary health centers (Hardy, 2017).

Patients with any form of injury are presented first in the trauma or accident and emergency unit before being referred to any other unit of the hospital, where more information about the injury is ascertained. Most of the patients who present with injury pass through the radiology department for one imaging procedure or another. Radiology service is mainly diagnostic and provides the clinicians with relevant information about the degree of the injury. There is paucity of information on the type and cause of injuries recorded in the radiology department. This study is therefore aimed at

evaluating the epidemiology of injury in the radiology department of a teaching hospital.

Materials and Methods

This study was a retrospective study of injured patients who presented themselves to the radiology department of Nnamdi Azikiwe University Teaching Hospital, Nnewi, from January 2016 to September 2019. The hospital is the only federal teaching hospital in Anambra state and therefore serves as a referral center. Information about the patients were collected from the department's register leading to retrieval of the patients' request forms. A total of 520 request forms were collected, but 21 were excluded because they did not contain adequate information needed for the study. Those that had the complete information, including the age, gender and cause of injury, were then utilized for the study. The picture and archives communication system (PACS) were also utilized to ensure that information obtained from the register corresponds with the patient attended to within the period of the study.

Method of Data Analysis

Data was analyzed using statistical package for social sciences (SPSS) version 20. Descriptive statistics was used and results were presented in frequency tables and percentages.

Results

Table 1. Distribution of age and gender of patients

| Age range (yrs) | Male n (%) | Female n (%) | Total |
|-----------------|------------|--------------|------------|
| < 1 | 4 (0.8) | | 4 (0.8%) |
| 1-10 | 30 (6.0) | 15 (3.0) | 45 (9.0) |
| 11- 20 | 36 (7.2) | 13 (2.6) | 49 (9.8) |
| 21- 30 | 94 (18.8) | 16 (3.2) | 110 (22.0) |
| 31-40 | 91 (18.2) | 22 (4.4) | 113 (22.6) |
| 41-50 | 51 (10.2) | 13 (2.6) | 64 (12.8) |
| 51-60 | 22 (4.4) | 27 (5.4) | 49 (9.9) |
| 61-70 | 30 (6.0) | 11 (2.2) | 41 (8.2) |
| 71-80 | 12 (2.4) | 5 (1.0) | 17 (3.4) |
| 81-90 | 6 (1.2) | 1 (0.2) | 7 (1.4) |
| Total | 376 (75.4) | 123 (24.6) | 499 (100) |

Table 1 shows that majority of the individuals involved in injury were males. Most of the injuries recording 18.8% and 18.2% occurred within the age range of 21-30 years respectively.

Table 2. Aetiology of injuries

| Injuries | Frequency | Percentage (%) |
|------------------|-----------|----------------|
| Road traffic | 337 | 67.52 |
| Fall from height | 64 | 12.83 |
| Sports injury | 20 | 4.01 |
| Dislocation | 19 | 3.81 |
| Gunshot | 10 | 2.00 |
| Violence | 42 | 8.42 |
| Animal bite | 5 | 1.00 |
| Fight | 2 | 0.41 |
| Total | 499 | 100 |

Table 2 shows that the major cause of injury, registering 67.5%, was road traffic accident, while Fall from height was the second cause of injury. Fighting was the least cause of injuries which was recorded (0.4%).

Table 3. Aetiology of injuries according to age

| Age (yrs) | Road traffic accident | Sports injury | Fall from height | Gun shot | Dislocation | Violence | Animal bite | Fighting |
|-----------|-----------------------|---------------|------------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| <1 | | | 4 (0.8) | | | | | |
| 1-10 | 26 (5.2) | 1(0.2) | 3 (0.6) | | | 4 (0.8) | | |
| 11-20 | 33 (6.6) | 4 (0.8) | | | 1 (0.2) | 11 (2.2) | | |
| 21-30 | 72 (14.4) | 10 (2.0) | 12 (2.4) | 3 (0.6) | 4 (0.8) | 11 (2.2) | | |
| 31-40 | 76 (15.2) | 5 (1.0) | 13 (2.6) | 7(1.4) | 5 (1.0) | 6 (1.2) | | 2 |
| (0.4) | | | | | | | | |
| 41-50 | 53 (10.6) | | 7 (1.4) | | 4 (0.8) | | | |
| 51-60 | 27 (5.4) | | 17 (1.4) | | 2 (0.4) | 2 (0.4) | | |
| 61-70 | 33 (6.6) | | | | 3 (0.6) | 4 (0.8) | 3 (0.6) | |
| 71-80 | 5(1.0) | | 6(1.2) | | | | | |
| 81-90 | | | 2(0.4) | | | | | |
| TOTAL | 337(67.52) | 20(4.01) | 64(12.83) | 10(302) | 19(3.81) | 42(8.42) | 3(0.6) | 2(0.4) |

Table 3 shows that most of the RTAs occurred at the age range of 31-40 years. Animal bite and fighting were the least cause of injuries and it occurred within the age range of 61-70 years and 31-40 years respectively.

Table 4. Location of injuries

| Location | Frequency | Percentage (%) |
|-------------------------------------|-----------|----------------|
| Skull | 37 | 6.4 |
| Paranasal sinus/ Paranasal space | 8 | 1.4 |
| Mandible | 7 | 1.2 |
| Cervical spine | 49 | 8.6 |
| Thoracic spine | 8 | 1.4 |
| Shoulder | 21 | 3.7 |
| Clavicle | 4 | 0.7 |
| Shoulder | 4 | 0.7 |
| Chest | 104 | 18.2 |
| Ribs | 10 | 1.8 |
| Abdomen | 8 | 1.4 |
| Arm/humerus | 13 | 2.3 |
| Elbow | 2 | 0.4 |
| Forearm | 4 | 0.7 |
| Hand | 15 | 2.6 |
| Wrist | 10 | 1.8 |
| Pelvis/Hip | 20 | 3.5 |
| Lumbosacral | 5 | 0.9 |
| Complete spine | 106 | 18.5 |
| Thigh/Femur | 32 | 5.6 |
| Knee | 15 | 2.6 |
| Leg/Tibia fibula | 35 | 6.1 |
| Foot | 24 | 4.2 |
| Ankle | 27 | 4.7 |
| TOTAL | 572 | 100 |

Table 4 shows the types of injury recorded at the radiology unit, with whole spinal injury recording 106 (18.5%) as the commonest. This was followed by chest injuries which accounted for 104 (18.2%) of the cases. The least affected part was the elbow, recording 0.4%.

Discussion

Findings from this study has shown that most patients that sustained injuries at the time of the study were 376(75.2%) males and 123(24.8%) females. This is in agreement with some previous studies (Thanni & Kehinde, 2006; Peden et al., 2012; Elachi et al., 2015; Puvanachandra et al., 2022). From observations, males are usually more involved in travelling along the roads than females as they seek to meet the needs of their families. In the course of this, some get involved in one form of injury or the other, and this may be the reason why the number of males is higher than that of females in this study.

Consequently, this present study shows that the injuries were recorded mostly within the age range of 21-30 years and is closely followed by the age range of 31-40 years with males forming the majority. These age ranges involve young adults who are at the active stage of their lives. This finding is in agreement with other previous studies (Monini et al., 2000; Museru et al., 2001; Kobusingye et al., 2002). Of these patients, 442(84.4%) sustained multiple injuries as compared to 78(15.6%) that had single injuries. This could be as a result of the source/cause of their injuries being traumatic.

From this study, it can be seen that the leading cause of injury was road traffic accidents. This is in agreement with other previous studies (Chalya et al., 2013; Tadessa et al., 2014; Santosh et al., 2021). The roads within the study area are in very bad condition and sometimes very unmotorable. As a result, commuters still have to use these roads either to go to work or to the market to source for their daily bread. The attitude of the road users may also be another contributing factor because even when the roads are good, drivers are seen to be reckless, they overspeed, and they even go to the extent of disobeying traffic rules. Sometimes, the regulatory agents do not help matters because they do not punish traffic defaulters, but they rather collect gratifications from them and set such defaulters free. Nigeria is a low income country with high poverty level and because of this, many vehicles seen on the roads are not road worthy. Some of the vehicles are under hire purchase and because of this, some of these drivers resort to overspeeding in order to meet up with the amount of money they have to remit to thier employers. It is also possible that some drive when they are drunk. The above mentioned factors may be the reasons for the high rate of road traffic accidents in this study.

Falls from height contributed to 12.8% of the aetiologies of injury recorded. It was the second leading cause of injury. This finding is close to that of Onyemaechi et al. (2018) who recorded 16%. However, Thanni and Kehinde (2006) and Elachi et al. (2015) reported low prevalence of 2.6% and 1.9% respectively. Huda et al. (2012) in India reported a fall prevalence of 29.5%. This injury was noticed more among males within the young adult age range. Fall from height may be as a result of climbing of trees, especially palm

trees and other economic trees. It may also result from slipping on wet floors or even from storey buildings. The cause of fall was however not recorded in this study.

Other causes of injury in this study include; gunshots 10(2%), dislocation 19(3.8%), sports 20(4.0%), from animal bite 5(1.0%) and 2(0.4%) as a result of fighting. In this study, it was observed that multiple injuries (84.4%) occurred more than single injuries (15.6%). More males were also involved in multiple injuries than females.

The most common site or region of injury in our study is the entire spine. This is contrary to the findings of Onyemaechi (2018) who stated that the lower limb was the most common site of injury. The skeletal muscle and head regions were the most affected body region as recorded by Chalya et al. (2010) and Aninpelu et al. (2007). In their study, Deepark et al. (2020), however, observed that the most affected body region was the soft tissue. The reason for this difference may be because our study was restricted to the radiology department while that of Onyemaechi was done in the emergency unit. It is most likely that some of the patients seen in the emergency unit were not referred to the radiology department. Most of the injuries were due to RTA and this may have contributed to the spine being the commonest site of injury. Individuals who fell from a height most of the times end up with spinal injury.

Conclusion

Most of the patients that sustained injuries within the period of the study were males and the major cause of their injuries was road traffic accident. Most injuries recorded were injuries to the spine, and this is followed by chest injuries. People that sustained injuries from accident were mostly from age 21-30 years and 31-40 years.

Recommendations

It is recommended that the citizens should adhere to traffic rules and regulation to help reduce road traffic accidents, which is the major cause of injury.

The government should construct good quality roads to reduce road traffic accidents.

Road users should also obey traffic rules.

Limitations of the Study

The injuries that were recorded does not represent the total injuries in the entire hospital because not all patients that present to the hospital with injuries were sent to the radiology department.

The mortality rate of those that presented in the department with injuries were not considered.

References:

1. Aninpolu, O.V., Oladele, A.O, Amusa, Y.B, Ogundikpe, O.K, Adeolu, A.A, & Komolafe, E.O. (2007). Review of road traffic accident admissions in a Nigerian Tertiary Hospital. *East Central African Journal of Surgery*. 12(1):64-67.
2. Chalya, P.L., Dass, R.M, Mchembe, M.D., Mbelenge, N., Ngayomela, I.H., Chandika, A.B., Gilyoma, J.M., & Mabula, J.B. (2013). City wide trauma experience in Mwanza Tanzania: A need for urgent intervention. *Journal of Trauma Management outcome*, 7:9 <http://www.traumamanagement.org/content/7/1/9>
3. Chalya, P.L., Mabula, J.B., Ngayomela, I.H., Kanamba, E.S, Chandika, A.B, Gilti, G., Mawala, B., & Balumaka, D.D. (2010). Motorcycle injuries as an emerging public health problems in Mwanza city, north western Tanzania. *Health Resources*, 12: 214-22.
4. Chandran, A., Hyder, A., & Peek-Asa, C. (2010). The global burden of unintentional injuries and agenda for progress. *Epidemiology Review*: 32 (1); 110-20
5. Dee, J.L. (1990). Injuries in developing countries; emerging health problem. *Bulletin of the World Health Organization*, 77:518-524
6. Deepark, S., Prem, P.P., & Kapil, A. (2020). An epidemiological study of injuries in Karnali, Nepal. *Journal of Emergencies In Trauma and Shock*. 13(1): 30-34
7. Demyttenaere, S.V., Nansamba, C., Nganwa, A., Mutto, M., Lett, R., & Razek, T. (2009). Injury in Kampala Uganda: 6 years later. *Canadian Journal of Surgery*, 52:146-50.
8. Elachi, I.C., Yongu, W.T., Odoyo, O.O, Mue, D.D., Ogwuche, E.I., & Ahadu, C.N. (2015). An epidemiological study of the burden of trauma in Makurdi, Nigeria. *International Journal Critical Illness and Injury Science*; 5: 99-102.
9. Hardy, P.A., & Paul, A. J. (2017). *Chronic Pain Management: The Essentials*. Cambridge University Press. p. 10. ISBN 978-1-900151-85-6. OCLC 36881282. Archived from the original on 3 October 2015
10. Huda, N., Parekh, P., Rahman, M., Afzal, M., & Siddique, H.Q. (2012). Demographic distribution of fracture at a tertiary care hospital in Western U.P (India). A retrospective study. *Journal of Orthopaedic Trauma Rehabilitation*: 5:1.
11. Kobusingye, O.C., Guwattude, D., Owor, G., & Lett, R. (2002). Citywide trauma experience in Kampala Uganda, a call for intervention. *Injury Preview*, 8:133-136
12. Krug, E.G., Sharma, G.K., & Lozano, R. (2000). The global burden of injuries. *American Journal of Public Health*, 90:523-526

13. Lozano, R., Nagazi M., Foreman, K., Lim, S., Shibuya, K., Aboyans, V., et al. (2012). Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: A systematic reviewed analysis for the global burden of disease study. *Lancet*. 380 (9859): 2096-128.
14. Monini, M., Rezaishairaz, H., & Zafarghandi, M.R. (2000). Characteristics and outcome of injured patients treated in urban trauma centres in Iran. *Journal of Trauma*, 48: 503-507.
15. Museru, L.M., Leshabani, M.T, Grob, U., & Lisokotola, L.N.M. (2001). The pattern of injuries seen in patients in the orthopaedic/trauma wards of Muhinimbili medical centre. *Central African Journal of Medicine*. 47: 203-209
16. Murray, C.J., Lopez, A.D, & Jamison, D.T. (1994). The global burden of disease in 1990: Summary Results, Analysis and future directions. *BullWorld Health Organisation*.72: 495-509
17. Onyemaechi, N.O.C., Nwankwo, O.E., & Ezeadawi, R.A. (2018) Epidemiology of injuries in a nigerian tertiary hospital. *Nigerian Journal of Clinical Practice*; 21 (6): 752-757.
18. Park, K. (2000). In textbook of social and preventive medicine. 17th edition. Edited by Park K. Jabalpur: Banarsidas CO: 304-305
19. Peden, M., McGee, K., & Sharma, G. (2002). The injury chart book. A graphical overview of the global burden of injuries, Geneva Switzerland. World health organization. Available from <http://www.whglobdoc.who.Int/publications19241562204pdf> [Last accessed 2016 August 25]
20. Puvanachandra, P., Sseumugabo, B., Balugaba, B.E., Ivers, R., Kobusingye, O., & Peden, M. (2022). The epidemiology and characteristics of injuries to under 5s in a secondary city in Uganda: a retrospective review of hospital data. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*; 1-6. <https://doi.org/10.1080/17457300.2022.2089686>.
21. Santosh, B., Dein, M., Jullie, M., Elisha, J., Sunijsha, B., Dhurba, A., Sunil, R.A., & Sunil, K.J. (2021). The epidemiology of injuries in Nepal: Findings from a hospital injury surveillance study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*; 18(23): 12701.
22. Tadasse, B., Tekolu, S., Nega, B., & Sayoum, N. (2014). Pattern of injuries and associated variables as seen in the emergency department at Tikur Anbissa specialized referral hospital, Addis Ababa, Ethiopia, *East Central African Journal of Surgery*: 19: 73-82

23. Thanni, L.O. & Kehinde, O.A. (2006). Trauma at a Nigerian teaching hospital: Pattern and documetation of presentation. *African Health Science* 6: 104-7
24. World Health Organization (2004). Injury and violence; the facts online. Available from <http://www.who.int/violence-injuryprevention/key-facts/vip-key-facts.pdf>.

Assessment of the Potential for Greenhouse Gas Emission Mitigation by the Methanization of Slaughterhouse Waste in the District of Abidjan (Côte d'Ivoire)

Tiangoua Kone
Amenan Lydie Clarisse Mangoua-Allali
Assamoi Béatrice Ama-Cauphys
Pantchie Hadidjata Kone
Pétémanagnan Jean-Marie Ouattara
Lacina Coulibaly

Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique (LEBA)
Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n36p34](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p34)

Submitted: 17 October 2022
Accepted: 17 November 2022
Published: 30 November 2022

Copyright 2022 Author(s)
Under Creative Commons BY-NC-ND
4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Kone T. Mangoua-Allali A.L.C., Ama-Cauphys A. B., Kone P.H., Ouattera P.J. & Coulibaly L. (2022). *Assessment of the Potential for Greenhouse Gas Emission Mitigation by the Methanization of Slaughterhouse Waste in the District of Abidjan (Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (36), 34. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p34>

Abstract

Abattoirs are a source of huge waste that contributes to global greenhouse gas (GHG) emissions and, thus, to global warming and climate change. This study aimed to evaluate the GHG emission mitigation potential of a biodigester to be installed at the abattoir of Port-Bouët in the District of Abidjan. Mathematical methods developed by Hashimoto, Gwogon, and Amahrouch and an empirical method were used to assess this mitigation potential. The results showed that regardless of the methods, biogas volumes increased from 2013 to 2017 and decreased in 2018. The highest daily biogas production was obtained in 2017 for all the methods. According to Hashimoto's method, the biogas volume was 564.50 m³ in a biodigester of 2792.64 m³. Gwogon's method led to a biogas volume of 724.15 m³ for a 2228.14 m³ biodigester. The calculated volume of biogas with the Amahrouch method was 557.03 m³ for a 2785.17 m³ biodigester. The empirical method showed a maximum biogas volume of 631.31 m³. The amount of CO₂ avoided per kilogram of dung ranged from 41579.88 to 71561.17 kg CO_{2e}, 41643.46

to 71670.58 kg CO₂e, 41689.19 to 71749.30 kg CO₂e for Gwogon, empirical and Hashimoto methods, respectively. The values ranged from 41694.30 to 71758.10 kg CO₂e for the Amahrouch method. These results show a biodigester's tremendous environmental and economic potential for treating the waste of the slaughterhouse of Port-Bouët.

Keywords: Biodigester, Biomethanization, Biogas, Methane, Greenhouse gases emissions, Abattoir, Waste

Introduction

Both renewable and non-renewable energy are fundamental pillars of economic, political, and social development (Desarnaud, 2016; Berahab, 2019). Indeed, energy allows populations to benefit from comfort, productivity, and mobility. Moreover, access to affordable energy for all is part of the Sustainable Development Goals to eradicate poverty, protect the planet and ensure prosperity for all by 2030 (UNDP, 2015).

Unfortunately, in Africa, despite abundant reserves of fossil and renewable energy resources (Berahab, 2019), nearly 600 million people live without access to energy (Bass and Tchanche, 2020). In this continent, a pronounced energy deficit is marked by untimely power outages (Capri, 2019) and a lack of fuel gas.

Therefore, biomass such as wood and charcoal are the primary energy sources for most African populations (Forestry Economics and Policy Division, 2008; Madon, 2017). However, using these sources contributes to deforestation, thus to the disappearance of forest cover (MAP, 2009).

It is necessary to be able to quantify greenhouse gas (GHG) emissions and their relative impact on the environment, but also to identify the main sources and solutions to achieve the mitigation targets to fit into the Sendai framework (UNISDR, 2015). Also, for some years, the United Nations encouraged countries to turn to renewable energy sources (Ekouedjen, 2017).

Thus, biomethanization is a promising environmental approach to reducing pressure on forest resources and investing in fossil fuels (Bardou et al., 2013). To this end, biomethanization allows for the stabilization of organic matter from waste while producing biogas that can be used as a renewable energy source and mitigating GHG emissions (Joseph et al., 2009; ATEE, 2011; Rivard, 2015).

Studies by Guarino and Carotenuto (2016) showed that the biogas produced in the biomethanization process contains in generally approximately 50% to 75% methane (CH₄) and 25% to 50% carbon dioxide (CO₂). Biomethanization is particularly suitable for wet waste rich in organic matter with cellulosic dominance, such as animal waste, manure, litter, etc. (Farinet, 2012; Rakotoniaina, 2012).

The situation in Côte d'Ivoire, regarding energy access, is not very different from that of other African countries. Indeed, electricity is mainly produced by hydroelectric plants and thermal plants using charcoal, natural gas, etc. (Koua et al., 2015). However, energy sources for cooking remain firewood and charcoal (Kouadio, 2019). They account for two-thirds of total energy consumption (Koua et al., 2015).

Yet, the country has significant quantities of urban waste, including slaughterhouse waste, that can be recovered for energy. Managing this waste remains problematic. For example, at the Port-Bouët slaughterhouse, liquid waste (blood, sewage) is discharged through septic tanks into the lagoon without any prior treatment, while solid waste (litter, dejecta, food scraps, horns, bones, muttonchops, etc.) is mostly transported and disposed of at the municipal landfill.

These practices can have adverse environmental consequences (Zalaghi et al., 2014), whereas slaughterhouse waste could be transformed through biomethanization to produce biogas and digestate (De, 2012).

Indeed, waste treatment for methane recovery could help mitigate waste-induced GHG emissions and thus reduce global warming and climate change.

The country is preparing to mitigate its GHG emissions by up to 30.41% by 2030, as committed in its Nationally Determined Contribution (NDC) under the Paris Agreement on climate (République de Côte d'Ivoire, 2022). Thus, a set of mitigation measures was adopted in priority sectors.

In this regard, especially for the waste sector, the recovery and use of methane through biological waste treatment could have a high potential for GHG emissions mitigation. This study reflects on the potential for reducing GHG emissions through the methanization of the abattoirs' waste as a contribution to NDC implementation. The objective of this study is to evaluate the potential for GHG emission mitigation by a biodigester to be installed at the abattoir of Port-Bouët in the District of Abidjan as a pilot project. More specifically, it aims to: (i) estimate the daily biogas production from 2013 to 2018 according to the mathematical methods of Hashimoto, Gwogon, and Amahrouch, and an empirical method, (ii) evaluate the environmental benefits of the biodigester by estimating the avoided GHG emissions according to the methods mentioned above.

Material and methods

Site of study

This study was conducted at the slaughterhouse of Port-Bouët located in the city of Port-Bouët in the Autonomous District of Abidjan. This city covers an area of 110 km² and is surrounded by the Ebrié Lagoon and the Atlantic Ocean. The slaughterhouse of Port-Bouët is located in the center of

the city, not far from the public hospital, the Town Hall, and the Port-Bouët I Sudents' residence (Diarrassouba, 2011). The slaughterhouse was established in 1959 to slaughter an average of 50 to 60 steers per day. However, to back to 2018, the slaughterhouse reached 500 cattle slaughtered per day (Dagnogo, 2018).

The biodigester feeding substrate

The substrate used to feed the biodigester was composed of animal excrement and other waste from the slaughtering process. The choice of the abattoir waste to carry out the current study was justified by their availability and ease of use by the microorganisms (chemical nature, ease of enzymatic hydrolysis of polymers). Also, their granulometry and water content (possibility of pumping or not) are advantageous to facilitate fermentation. Moreover, these wastes have a high methanogenic potential.

According to Dagnogo (2018), the waste produced at the slaughterhouse between 2013 and 2018 consisted mainly of litter and dung (Table I). Of these wastes, dung was be used to assess the biogas production potential at the site of the slaughterhouse of Port-Bouët. Indeed, the litter produced is used by residents as fertilizer for market gardening, while the dung is transported and discharged at the municipal landfill.

Table 1. Evolution of waste production (Litter and Dung) at the abattoir of Port-Bouët from 2013 to 2018

| Year | Liter (t/y) | Dung ² (t/y) | Total (t/y) |
|------|-------------|-------------------------|-------------|
| 2013 | 3458 | 3420 | 6878 |
| 2014 | 3484 | 3983 | 7467 |
| 2015 | 3850 | 4142 | 7992 |
| 2016 | 3750 | 5260 | 9010 |
| 2017 | 3680 | 5886 | 9566 |
| 2018 | 6360 | 5600 | 11960 |

t = ton y= year

Methods

Designing the biodigester and estimating biogas and methane production by mathematical methods

Mathematical method of Hashimoto

The method developed by Hashimoto has been used in several studies, including those of Coudure and Castaing (1997), and Peter (2009). This method allows for determining the total volume of the biodigester and the biogas, including several parameters (relations from 1 to 9).

- **Total volume V_t (m^3) of the biodigester:**

The total volume V_t (m^3) of the biodigester is the sum of the useful volume (V_u) and the biogas volume (V_b), as follows:

$$V_t = V_u + v_b \quad (1)$$

Where:

V_t = total volume of the biodigester (m^3);
 V_u = useful volume of the biodigester (m^3); and,
 V_b = biogas volume (m^3).

- **Biogas volume (V_b)**

The volume of biogas V_b (m^3) potentially produced is given by equation (2):

$$V_b = P_s \times V_u = \frac{B_0 \times S \times V_u}{HRT} \left[1 - \frac{K}{HRT \times \mu_m - 1 + K} \right] \quad (2)$$

Where:

V_b = biogas volume (m^3);
 P_s = specific biogas production;
 V_u = useful volume (m^3);
 S = volumetric load;
 HRT = hydraulic retention time;
 K = inhibition constant; and,
 μ_m = growth rate per day.

K depends on the load S according to equation (3), while the microorganisms daily growth rate (μ_m) varies linearly with temperature shown according to equation (4):

$$K = 0,8 + 0,0016 \times e^{0,06 \times S} \quad (3)$$

$$\mu_m = 0,013(T) - 0,129 \quad (4)$$

- **Biogas specific production (P_s)**

The expression of the specific production P_s is then given by equation (5).

$$P_s = \frac{B_o \times S}{HRT} \left[1 - \frac{K}{HRT \times \mu m - 1 + K} \right] \quad (5)$$

- **Volumetric load (S)**

The Volumetric load (S) is given as follows:

$$S = \frac{m \times C}{V_u} \quad (6)$$

Where:

- S= volumetric load;
- m = mass of the substrate to be digested;
- C= concentration; and,
- V_u = useful volume (m³).

- **Useful volume of the biodigester (V_u)**

The useful volume (V_u) of the biodigester is a function of the flow rate (Q) and the hydraulic retention time (HRT):

$$V_u = HRT \times Q = \frac{HRT \times m \times (1 + x)}{\rho} \quad (7)$$

Where:

- V_u = useful volume of the biodigester (m³);
- Q= flow rate;
- m= mass of substrate to be digested;
- HRT= hydraulic retention time; and,
- ρ= substrate density.

- **Débit (Q)**

$$Q = v(1 + x) = \frac{m(1 + x)}{\rho} \quad (8)$$

Where:

- Q= flow rate;
- x= ratio of water (m³);
- m= mass of substrate;
- v= volume occupied by the mass of substrate according to equation (9):

$$v = \frac{m}{\rho} \tag{9}$$

Where:

m = mass of substrate (kg);
 ρ = density of substrate (kg/m³).

- **Total volume of the biodigester (V_t)**

Taking into account the previous, the total volume of the biodigester (V_t) is estimated according to equations (10) and (11).

$$V_t = Q \left[HRT + B_0 S \left(1 - \frac{K}{(HRT \times \mu_m - 1 + K)} \right) \right] \tag{10}$$

Meaning:

$$V_t = \frac{m(1+x)}{\rho} \left[HRT + \frac{B_0 \times C \times \rho}{HRT(1+x)} \left(1 - \frac{K}{(HRT \times \mu_m - 1 + K)} \right) \right] \tag{11}$$

Gwogon's mathematical method

The daily biogas production is obtained from the mass (m) of waste produced per day following relationship 12 (Gwogon, 2013):

$$\text{Daily biogas production} = \frac{m \times P}{100} \times MO \tag{12}$$

Where:

m= mass (t or kg);
 P= biogas productivity in (m³/ton or m³/kg of organic matter);
 OM= organic matter.

P is taken as 390 m³/t of organic matter and the daily methane production is calculated assuming that the biogas is composed of 60% methane (equation (13)):

$$\text{Daily methane production} = \text{Daily biogas production} \times \frac{60}{100} \tag{13}$$

The biodigester is designed as a cylindrical tank with its bottom as a half-sphere shape. The total volume (m^3) of the biodigester is calculated according to equation (14):

$$\begin{aligned} \text{Total volume} &= \text{Residence time of the substrates} \\ &\times \text{Daily volume of the substrates} \end{aligned} \quad (14)$$

With:

$$\text{Total volume} = \text{Volume of the Cylyncric part} + \text{Volume of the hemisphere} \quad (15)$$

Amahrouch's mathematical method

Amahrouch (2013) calculates the biodigester volume for dung substrate as follows:

- **Volume of input mixture per day**

The volume of water is added to the volume of substrate.

$$Q = B.F + V_e \quad (16)$$

Where:

Q: volume of input mixture;
BF: volume of the substrate;
Ve: volume of water.

- **Useful volume of the biodigester**

The useful volume of the biodigester is proportional to the volume of the input mixture and the hydraulic retention time.

$$V_u = Q \times HRT \quad (17)$$

Where:

V_u : Volume utile;
HRT: Hydraulic retention time.

- **Potential biogas production**

The potential biogas production (V_b) depends on each substrate's useful volume and specific biogas production (P_s).

$$V_b = V_u \times P_s \quad (18)$$

For cow dung, the specific biogas production is estimated to be $P_s = 0.25 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ biodigester/day}$.

- **Total volume of the biodigester**

In the case of a fixed dome biodigester, in addition to the useful volume (V_u) corresponding to the input mixture volume, the biodigester's total volume must account for the volume of biogas potentially produced (V_b).

$$V_t = V_u + V_b \quad (19)$$

Then:

$$V_t = \left(1 + \frac{1}{P_s}\right) V_b \quad (20)$$

$$V_t = (1 + P_s) Q \times HRT \quad (21)$$

Generally speaking, this theoretical volume is sufficient to avoid any risk of overpressure, which could cause an explosion of the installation in extreme cases.

$$Q = \frac{V_t}{(1 + P_s) \times HRT} \quad (22)$$

Estimation of biogas and methane production by the empirical method

Several authors have developed empirical methods for estimating the biogas produced based on laboratory experiments. The abacus according to Norsoa (2016) was used to determine the biogas production. For $HRT = 60$ days, $T = 250 \text{ }^\circ\text{C}$, and 1 kg of dung, the volume of biogas was estimated to be 34 L or 0.034 m^3 . Therefore, with a mass m (kg) of dung per day (Table 2), we expect the daily biogas production (V_b) according to equation (23).

$$V_b = m \times 0,034 \text{ m}^3 \quad (23)$$

Table 2. Dung production at the Port-Bouët slaughterhouse from 2013 to 2018.

| Year | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Dung (kg/d) | 10788.64 | 12564.66 | 13066.24 | 16593.06 | 18567.82 | 17665.61 |

Ecological Footprint Assessment

Amount of greenhouse gases avoided

The approach consisted in estimating the amount (Q_i) of greenhouse gases ($CH_4 + CO_2$) contained in the biogas produced before energy recovery by combustion, then calculate the amount (Q_d) of CO_2 released during biogas combustion. The amount of the avoided greenhouse gas (Q_e) was obtained by taking the difference between Q_i and Q_d (Kadjo, 2018).

Amount (Q_i) of greenhouse gas from biogas

In this section, the amount of CH_4 contained in the biogas produced was estimated because gas emissions in the form of CO_2 related to organic substrates are not considered GHG emissions because they are part of a short cycle, unlike CO_2 emissions related to fossil energy use. After evaluating the amount of biogas produced and determining the volume percentage of methane, the amount of greenhouse gases from the biogas is estimated.

According to ADEME (2009), the calculation of the methane emissions to elaborate the greenhouse gas balance is realized according to equation (24):

$$CH_4(k_g CO_2e) = Q_i = MB \times \text{Methanogenic Potential} \times FE \times \text{conversion factor} \quad (24)$$

Where:

MB = raw material (kg);

FE = emission factor taken at 78%;

methanogenic potential ($m^3 CH_4 / kg MB$); and,

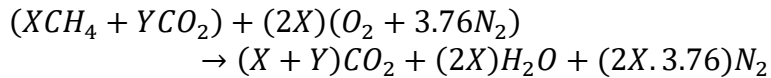
Conversion factor of CH_4 to CO_2 equivalent = $25 gCO_2/gCH_4$ (IPCC, 2007).

Quantity (Q_d) of CO_2 released during biogas combustion

The amount (Q_d) of CO_2 released during biogas combustion was determined according to equations 25 and 26.

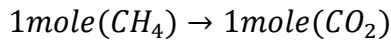
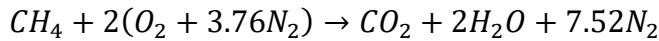
✓ Biogas combustion ($CH_4 + CO_2$):

Let X and Y be the molar proportions of CH_4 and CO_2 contained in the biogas to be burned.



✓ Methane combustion:

Methane is the only component of biogas with a calorific value, unlike carbon dioxide (CO₂) and nitrogen (N₂). Therefore, methane combustion is described as follows:



$$n(CH_4) = \frac{V_{CH_4}}{V_m}$$

where:

V_{CH_4} = volume of methane in the biogas (L);

$$V_m = 22.4L/mol.$$

Note that:

$$V_{CH_4}(L) = V_{biogaz}(L) \times \%CH_4 \tag{25}$$

Thus,

$$n = \frac{V_{biogaz} \times \%CH_4}{22.4} \tag{26}$$

This leads to:

$$n_{CH_4} = n_{CO_2} = \frac{V_{biogaz} \times \%CH_4}{22.4} \tag{27}$$

$$m_{CO_2} = n_{CO_2} \times M_{CO_2} = \frac{V_{biogaz} \times \%CH_4 \times 44}{22.4} \tag{28}$$

With:

$$M_{CO_2} = \frac{44g}{mol} \quad (29)$$

Where: M_{CO_2} = the molar mass of carbon dioxide

$$Q_d(g) = m_{CO_2}(g) = 1964 \times V_{biogas}(litre) \times \%CH_4 \quad (30)$$

$$Q_d(g) = m_{CO_2}(g) = 1964 \times V_{biogas}(m^3) \times \%CH_4 \quad (31)$$

Finally, the amount of GHG avoided (Q_e) by the valorization of biogas produced from the dung was estimated by equation (32):

$$Q_e = Q_i - Q_d \quad (32)$$

Where:

Q_e = Amount of greenhouse gases avoided;

Q_i = Amount of greenhouse gases from biogas;

Q_d = Amount of CO_2 released during the combustion of the biogas.

Results and discussion

Designing of the biodigester and assessment of biogas and methane production by mathematical methods

Mathematical method of Hashimoto

Hashimoto's method shows in Figure 1 the evolution of the daily biogas and methane production according to the biodigester volume over six years. A correlation was observed between the biodigester volume, and the amount of biogas and methane produced. Indeed, biogas and methane production increases with biodigester volume regardless of the year. The biogas occupies about less than 1/5 of the biodigester volume. On the other hand, an increase in the amount of biogas was observed from 2013 (328 m³ to 564.50 m³) to 2017 (1622.63 m³ and 2792.64 m³). For methane production, the volume produced was 196.80 m³ in 2013 and 338.70 m³ in 2017. In 2018, there was a decrease in biogas production (537.07 m³) and methane as well (322.24 m³).

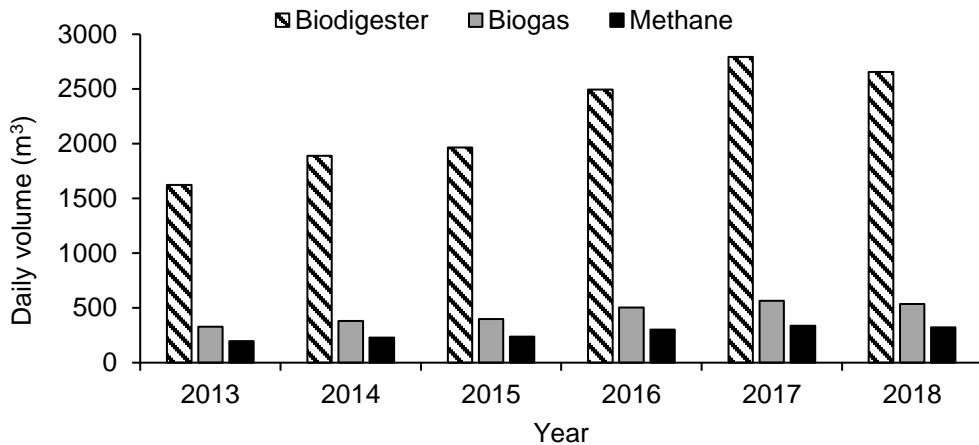


Figure 1. Evolution of the daily biogas and methane production according to the volume of the biodigester by the Hashimoto method

Gwogon's mathematical method

The evolution profiles of the daily production of biogas and methane and the biodigester volume according to the Gwogon method are shown in Figure 2. Overall, the daily production of biogas and methane and the biodigester volume gradually increased from 2013 until 2017. However, there was a decrease in 2018. The biodigester with the lowest volume (1294.64 m³) in 2013 recorded the lowest volumes of biogas (420.76 m³) and methane (252.45 m³). On the other hand, in 2017, the biodigester of a larger volume (2228.14 m³) produced 724.15 m³ and 434.49 m³ of biogas and methane, respectively, that is, the highest production of biogas and methane

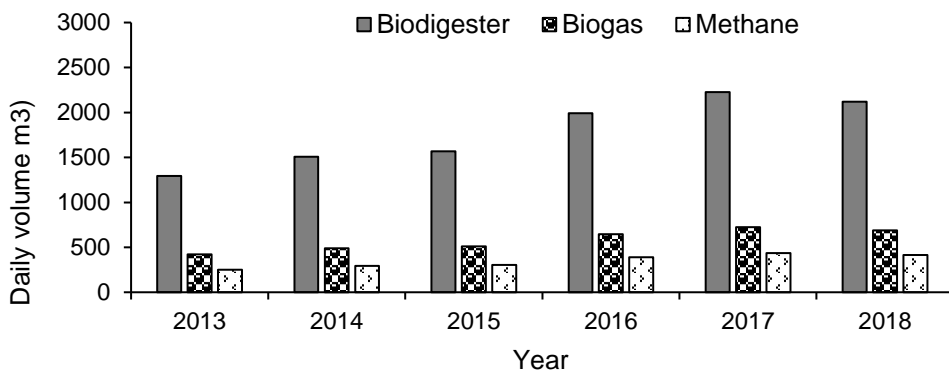


Figure 2. Evolution of the daily biogas and methane production according to the volume of the biodigester by the Gwogon method

Amahrouch mathematical method

Figure 3 shows the daily amounts of biogas and methane produced from 2013 to 2018 and the corresponding biodigester volume according to the mathematical calculations of Amahrouch. The daily biogas and methane production increased until 2017 but decreased slightly in 2018. This production was minimal in 2013, with 323.66 m³ of biogas and 194.20 m³ of methane. On the other hand, this production reached a maximum in 2017 with 557.03 m³ of biogas and 334.22 m³ of methane. The biodigesters that recorded these values in 2013 and 2017 have volumes of 1618.30 and 2785.17 m³, respectively.

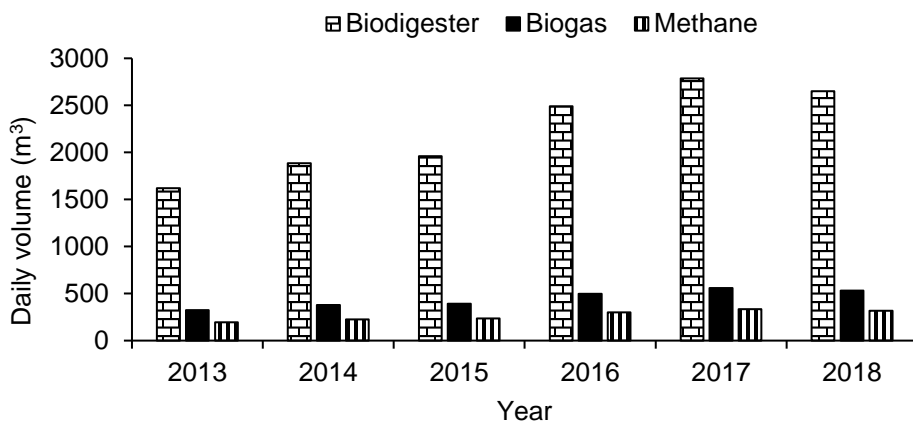


Figure 3. Evolution of the daily biogas and methane production according to the volume of the biodigester by the Amahrouch method

Estimation of biogas and methane production by the empirical method

Figure 4 shows the evolution of daily biogas and methane production per year according to the empirical method. This production increased from 2013 to 2017, then decreased in 2018. The maximum volume of biogas (631.31 m³) and methane (378.78 m³) was recorded in 2017, while the minimum volumes of biogas (366.81 m³) and methane (220.09 m³) appeared in 2013.

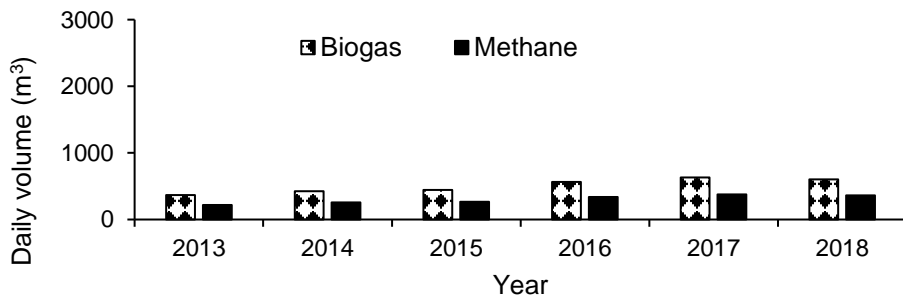


Figure 4. Evolution of the daily biogas and methane production from 2013 to 2018 according to the empirical model

Comparison between mathematical methods and the empirical method

It should be noted that methods are different from each other. The empirical method showed biogas volume values higher than those calculated by Hashimoto and Amahrouch. Indeed, in 2017, biogas production was 631.31 m³/d, 557.03 m³/d, and 564.50 m³/d for the empirical, Hashimoto, and Amahrouch methods, respectively. The highest volume of biogas produced (724.15 m³/d) was estimated by Gwogon's model.

The relative uncertainty was evaluated based on the 2017 highest biogas production.

- Relative uncertainty between the Hashimoto model and the empirical model:

$$\nabla_{pv} = \frac{|564,50 - 631,31|}{100} = 0,6681 m^3$$

- Relative uncertainty between the Gwogon model and the empirical model:

$$\nabla_{pv} = \frac{|724,15 - 631,31|}{100} = 0,9284 m^3$$

- Relative uncertainty between the Amahrouch model and the empirical model:

$$\nabla_{pv} = \frac{|557,03 - 631,31|}{100} = 0,7428 m^3$$

The uncertainty values between the models are not such as to call into question the results obtained from these models.

The Hashimoto model had the lowest uncertainty value compared with the empirical model, whereas the Gwogon model recorded the highest relative uncertainty.

Evaluation of the Ecological Footprint with mathematical methods

Figure 5 plots the amounts of CO₂ avoided per kilogram of dung according to the mathematical methods of Hashimoto, Gwogon, and Amahrouch from 2013 to 2018. From 2013 to 2018, the amounts of CO₂ avoided per year were roughly the same for each method regardless of the individual year. Indeed, the amounts of CO₂ avoided are as follows: Gwogon's method (41579.88 to 71561.17 kg CO_{2e}), Hashimoto's method (41689.19 to

71749.30 kg CO_{2e}), and Amahrouch's method (41694.30 to 71758.10 kg CO_{2e}).

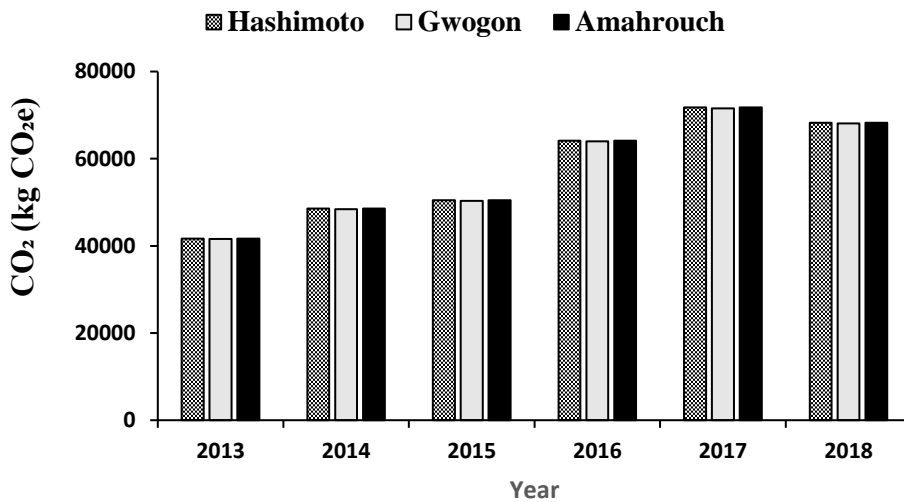


Figure 5. Greenhouse gases avoided per kilogram of dung from 2013 to 2018 following the mathematical methods of Hashimoto, Gwogon, and Amahrouch

Evaluation of the Ecological Footprint with the Empirical Method

Figure 6 shows the amount of gas avoided from 2013 to 2018 using the empirical model. Results show that managing waste such as cow dung at the slaughterhouse of Port-Bouët through the production and valorization of biogas could avoid 41,643.46 to 71,670.58 kg of CO_{2e} from 2013 to 2018.

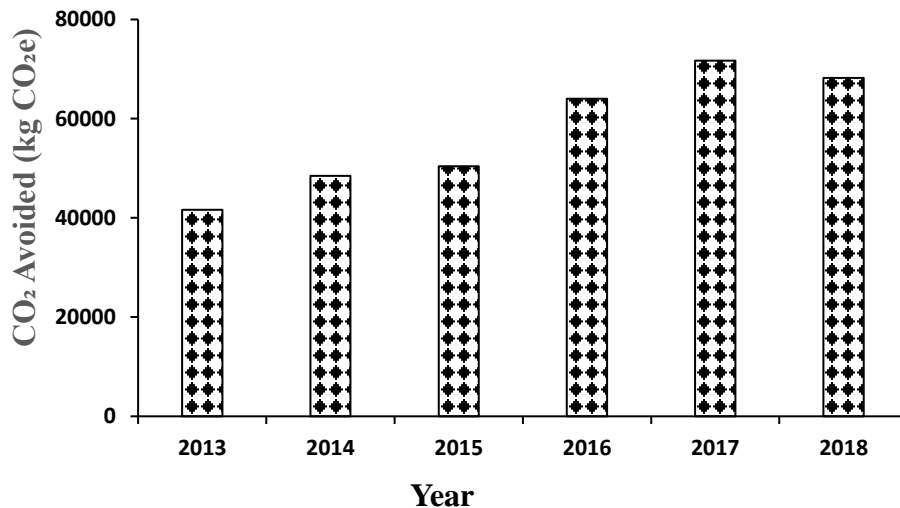


Figure 6. Amounts of gas avoided gas from 2013 to 2018 according to the empirical model

Discussion

This study assessed the GHG mitigation potential of a biodigester for dung waste treatment at the slaughterhouse of Port-Bouët. More specifically, the daily biogas production from 2013 to 2018 was estimated using the mathematical methods of Hashimoto, Gwogon, and Amahrouch and an empirical method to estimate the amount of CO₂ avoided per kilogram of dung.

Based on the results, the highest daily biogas production was obtained in 2017 for all methods. This could be due to the increase in dung production since 2013, reaching a peak in 2017.. For instance, waste production was 16593.06 kg/d in 2016 and grew to 18567.82 kg/d in 2017. Thus, biogas production evolves with waste production. Indeed, biogas production depends on the amount and quality of the substrate. This quality is essentially considered through its percentage of methane (CH₄). Indeed, the higher the percentage of methane, the better the biogas quality (Akrou, 1992).

By comparing the daily quantities of biogas produced according to the various methods, one notices that the methods of Hashimoto and Amahrouch give approximately the same results, i.e., similar amounts of biogas produced. On the other hand, with Gwogon's approach, one obtains quantities of biogas higher than those of Hashimoto and Amahrouch. For the empirical method, biogas quantities are higher than those determined by Hashimoto and Amahrouch methods. However, these quantities are lower than those estimated with Gwogon's method.

These results would be explained by the various parameters influencing biogas production (Sawyer et al., 2019). Indeed, these parameters can slow down or block the biogas production process if their values are outside the required range (Angelidaki et al., 2009).

The main parameters were hydraulic retention time (HRT), substrate pH, nutrients, feed rate, amount of substrate to feed the biodigester, fermentation temperature, agitation quality, residence time, volatile fatty acids, and free ammonia concentration (Tchouate Héteu and Martin, 2003; Sawyer et al., 2019). It should be added that the number of these parameters considered in the different methods applied in the present study differ.

Moreover, the biodigester total volume results, estimated with both Hashimoto and Amahrouch models, were quite similar. This could be explained by the fact that the calculation of this volume with both methods is a function of the biodigester's useful volume and biogas volume (Norsoa, 2016).

In the Gwogon model, the volume of the biodigester was obtained as a function of the hydraulic retention time and the substrate volume used.

These different values are substantially in the same order of magnitude and considerably show that the quantities of greenhouse gases that emanated

into the atmosphere during these six years are synonymous with intense activity in the said slaughterhouse. And this activity is set to intensify further. The optimized management of this waste would improve the atmosphere's quality by reducing high methane emissions. Thus, choosing the anaerobic digestion process could be a continuous digester of the mixed type where the substrate is introduced daily with liquid. Currently, steady digestion is the most demanded and the most developed in the anaerobic sector since it has the following characteristics:

- Treatment of a substrate that does not exceed 15% dry matter (DM) in the digester.
- Has a single tank.
- Daily introduction of the substrate into the biodigester, thus allowing regular gas production..
- Ease of work when loading and emptying the substrate. The continuous system consisted of a reactor where the methanation was produced and a gasometer (gas tank) to store the gas..

Furthermore, it would be relevant to (i) make a mixture of waste (dung, litter, grease, wastewater loaded with blood) to have the best possible yields of biogas and (ii) reduce the environmental impacts of waste, including health and greenhouse gas mitigation.

Conclusion

This study aimed to evaluate the potential of a biodigester to mitigate GHG emissions. It showed that the methanization of the putrescible organic residues is a viable solution for the sustainable management of abattoirs' waste. Indeed, the mathematical methods of Hashimoto, Gwogon, and Amahrouch and the empirical approach were suitable for estimating the quantities of biogas produced and the CO₂ equivalent avoided per kilogram of dung. This shows that the methanization of cow dung waste has a positive impact on the environment since the capture of biogas makes it possible to limit the release of methane, a greenhouse gas, into the atmosphere, thus contributing to the fight against global warming. Therefore, implementing a biodigester plant at the abattoir of Port-Bouët in the District of Abidjan could help Côte d'Ivoire achieve its climate commitments as in the NDC under the Paris Agreement on climate.

References:

1. ADEME (2009). Guide méthodologique pour le suivi d'une installation de méthanisation. APESA et Biomasse Normandie, Rapport final, 55p. <https://fr.scribd.com/document/124513740/guide-methodologique-suivi-methanisation>. Consulté le 17.01.2020.

2. Akrouit J. (1992). Étude énergétique de la fermentation méthanique des fientes de volailles : Optimisation des facteurs influant et modélisation du système. Thèse de Doctorat, École Nationale des Ingénieurs de Tunis, Tunisie. 250p.
3. Amahrouch A. (2013). Le biogaz, Royaume du Maroc Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER), Maroc 37p.
4. Angelidaki, I., Alves, M., Bolzonella, D., Borzacconi, L., Campos, J., Guwy, A., Kalyuzhnyi, S., Jenicek, P. Lier, J.V. (2009), Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: A proposed protocol for batch assays. *Water Science and Technology*, 59 : 927-934.
5. ATEE (2011). Guide de bonnes pratiques pour les projets de méthanisation. 117p.
6. Bardou C. , Durrmann V. , Haddad M. , Phung N. D. (2013). Méthanisation et Biomasse : quelles solutions pour quelles nuisances. Institut national des sciences appliqués., rennes, 46p. <https://ademontoir.fr/>
7. Bass M. et Tchanche B. (2020). Analyse de la gouvernance Africaine du secteur de l'énergie. *Journal of Renewable Energies* 23 : 86 -108
8. Berahab R. (2019). Energies renouvelables en Afrique : Enjeux, défis et opportunités. Policy Center for the New South. 36p. <https://media.africaportal.org/documents>
9. Capri R. (2019). Analyse des déterminants de la consommation d'électricité des ménages en Côte d'Ivoire entre 1960 et 2017. *Journal of Economics and Finance*, 10 (3): 44-66
10. Coudure R. & Castaing J. (1997). Bilan de fonctionnement d'une unité de méthanisation de lisier de porc. Journée recherche porcine en France, 29, 335-342.
11. Dagnogo K. (2018). Gestion des déchets à l'abattoir de Port-Bouët. Rapport d'activités 2018 de la Direction des abattoirs et de l'hygiène du District Autonome d'Abidjan, Abidjan, Côte d'Ivoire, 13p.
12. De A. (2012). Méthanisation des boues de stations : Règle de l'art et état des lieux sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse. Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse, France, 56p.
13. Desarnaud G. (2016). Électrifier durablement l'Afrique et l'Asie. IFRI centre énergie.32p <https://www.connaissancedesenergies.org/>
14. Diarrassouba K. A. (2011). Etude diagnostique des conditions de préparation et d'inspection des viandes de boucherie aux abattoirs du district d'Abidjan. Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, 131p.
15. Ekouedjen E. K. (2017). Modélisation de l'influence du ratio carbone sur azote (C/N) de la matière organique sur la composition molaire du

- biogaz. Mémoire de Master de Recherche à Université d'Abomey-Calavi du Bénin/ Efficacité Energétique et Energies Renouvelables. 68p.
16. Farinet J-L. (2012). Compostage et méthanisation en régions chaudes. Cirad. Journées Thématiques Biomasse & Bioénergies. IUT de St Pierre La Réunion, 30 mai – 01 juin 2012
 17. Forestry Economics and Policy Division (2008). Étude FAO: Forêts.82p. <https://www.fao.org/3/i0139f/i0139f.pdf>
 18. Guarino G. & Carotenuto C. (2016). “Does the C / N ratio really affect the Bio-methane Yield ? A three years investigation of Buffalo Manure Digestion,” 49, 463–468.
 19. Gwogon M. G. (2013). Etude de faisabilité sur la production de l'électricité à partir du biogaz à Edéa (Cameroun). Mémoire de Master spécialisé en génie électrique énergétique et énergie renouvelable, 2IE, Ouagadougou, Burkina Faso, 48p.
 20. Joseph O., Rouez M., Métivier-Pignon H., Bayard R., Emmanuel E., Gourdon R. (2009). Adsorption of heavy metals on to sugar cane bagasse: Improvement of adsorption capacities due to anaerobic degradation of the biosorbent. *Environmental Technology*, 30(13) : 1371-1379.
 21. Kadjo B. S. (2018). Essai de production de biogaz à partir de déchets solides ménagers par un réacteur anaérobie type batch. Mémoire Master des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire, 43p.
 22. Koua B. K., Koffi P. M. E, Gbaha P., Touré S. (2015). Present status and overview of potential of renewable energy in Côte d'Ivoire. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* ,41 : 907-914
 23. Kouadio A. (2019). Approvisionnement en énergie domestique et problèmes environnementaux dans le District de Yamoussoukro en Côte d'Ivoire. *Revue Espace Géographique et Société Marocaine*, 26 : 231-247
 24. Madon G. (2017). Le bois, énergie de première nécessité en Afrique- une ressource trop souvent négligée. *Afrique contemporaine*, 1-2 (N° 261-262) : 201 - 222
 25. MAP (2009). Le secteur de l'énergie au Burkina Faso, rapport général de synthèse, Burkina Faso, 187p.
 26. Norosoa I. R. (2016). Suivi et analyse d'une installation de production de biogaz in-situ : élaboration d'un outil de calculs de dimensionnement de biodigester. Mémoire Master, Université d'Antananarivo, Madagascar, 88p.
 27. Peter J. J. (2009). Plan Energi : Biogas–green energy, Faculty of Agricultural Sciences, Aarhus University, 36p.

28. Rakotoniaina V. A. (2012). Co-méthanisation des déchets fermiers et alimentaires : expérimentation et modélisation. Sciences agricoles. Université de la Réunion, Reunion.184p
29. Rivard J. P. (2015) la biométhanisation de fumier de bovin à une température psychrotrophe. these de doctorat, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Abitibi-Témiscamingue. Canada, 264p.
30. Sawyerr N., Trois C., Workneh T., Okudoh V. (2019). An overview of biogas production: fundamentals, applications and future research. International Journal of Energy Economics and Policy, 9(2) : 105-116
31. Tchouate Héteu, P. et J. Martin. 2003. Conversion biochimique de la biomasse : aspects technologiques et environnementaux. Working paper no 3. Université Catholique De Louvain. 27p
32. Zalaghi A., Lamchouri F., Toufik H. & Merzouki M. (2014). Valorisation des matériaux naturels poreux dans le traitement des lixiviats de la décharge publique non contrôlée de la ville Taza. Environ. Sci. 5(5): 1643-1652.

Caracterisation et Renforcement des Proprietes Geotechniques des Briques de Terre avec Rajout de Paille de Riz

Bakayoko Soumaila

Brahima Koné

Mosso Kotchi Alex

Département de Pédologie, UFR-STRM,
Université Felix Houphouët-Boigny

Kouakou Conand Honore

Département de Géomatériaux, UFR-STRM,
Université Felix Houphouët-Boigny

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n36p55](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p55)

Submitted: 12 August 2022
Accepted: 16 November 2022
Published: 30 November 2022

Copyright 2022 Author(s)
Under Creative Commons BY-NC-ND
4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Soumaila B., Koné B., Mosso K.A. & Kouakou C.H.(2022). *Caracterisation et Renforcement des Proprietes Geotechniques des Briques de Terre avec Rajout de Paille de Riz*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (36), 55. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p55>

Résumé

Les briques de terre stabilisées peuvent être une bonne alternative pour résoudre le problème de logement si les typologies de sol, les horizons de prélèvement de sol et les quantités de liants bon marché comme la paille de riz sont identifiés. Une étude a été réalisée sur les sols prélevés dans l'horizon B de Ferralsols et d'Acrisols ainsi que sur un échantillon de Kaolin ont été utilisés pour les fabrications d'adobe. Les briques de terre crue ont été fabriquées avec différentes proportions de paille de riz (0,2% ; 0,4% ; 0,6% ; 0,8% et 1%) et soumises à des tests de compressibilité et de flexion. Les résultats obtenus montrent que le dosage à 0,4% de paille a été optimal, avec une résistance à la compression de 1,04 - 1,2 N/mm² pour les Ferralsols prélevés à une profondeur de 113 cm -30 m et 0,21- 0,65N/mm² pour les Acrisols (74 -122 cm). La proportion optimale de paille était 0,2% pour la flexion (0,01 - 0,06N/mm²) avec une valeur plus élevée (0,06 N/mm²) pour le kaolin issu du Ferralsol plinthic, justifiant cette recommandation pour une meilleure résistance à la flexion. Le Ferrasol Stagnic dosé à 0,4% de paille

peut être recommandé pour une meilleure résistance des briques à la compression.

Mots-clés : Sol, briques stabilisées, paille de riz, essai de compression, essai de flexion

Characterization and Strengthening of Geotechnical Properties of Earthen Bricks Adding Rice Straw

Bakayoko Soumaila

Brahima Koné

Mosso Kotchi Alex

Département de Pédologie, UFR-STRM,
Université Felix Houphouët-Boigny

Kouakou Conand Honore

Département de Géomatériaux, UFR-STRM,
Université Felix Houphouët-Boigny

Abstract

The bricks of soil stabilized may constitute a promising alternative to solve the problem of housing provided that the typologies of soil, sampling horizons and quantities of cheap bonds like rice straw are identified. This study was carried out on the soil samples collected from the B horizon of Ferralsols and Acrisols, as well as on a sample of Kaolin used to manufacture Adobe. Mud bricks were made with different proportion of rice straw (0.2% ; 0.4% ; 0.6% ; 0.8% and 1%), and subjected to compressibility and flexion tests. The results showed that the 0.4% straw backing is optimal, it gives a compressive strength of 1.04 – 1.2 for Ferralsols collected at the depth of 113 cm - 30 m and 0.21 – 0.65N/mm² in Acrisols (74 - 122 cm). The optimal straw proportion was 0.2% for Kaolin from Ferrasol Plinthic, supporting this recommendation for bending resistance. Ferrasol Plinthic with 0.4% straw may be recommended for a better resistance of the bricks to compression.

Keywords: Soil, stabilized bricks, rice straw, compression, bending

Introduction

L'utilisation de la terre comme matériau de construction a longtemps été adoptée du fait de son accessibilité et de sa maniabilité. Aujourd'hui, il y'a un regain d'intérêt de cette pratique suite à la crise du logement dans les pays en développement (Frouard, 2005) et notamment, en Côte d'Ivoire.

Contrairement aux autres matériaux modernes (ciment, béton, bois et acier), la terre à l'état naturel peut être utilisée dans la construction avec de nombreux avantages environnementaux, sociaux, culturels, mais aussi économiques (Bahar, 2011). Cependant, à l'état cru, ce matériau ne résiste pas aux intempéries mettant en cause la durabilité des ouvrages construits. Beaucoup de bâtisses en terre crue (adobe et torchis) et particulièrement celles construites avec des matériaux sans aucun traitement associé sont vouées à des sérieux problèmes de stabilité, d'usure progressive voire d'émiettement sous une humidité élevée, surtout dans les pays à forte pluviométrie. Pour remédier à l'ensemble de ces problèmes, la fabrication de briques stabilisées a été initiée par Houben (2006) : il s'agit d'une méthode intermédiaire combinant du matériel naturel (sol) et des accessoires industriels (ciments, liant...). Cependant, cette innovation reste encore hors de portée pour certaines populations rurales en Afrique. Heureusement, d'autres procédés utilisent des fibres d'origine végétales (maïs, palmier, et cocotier) avec un succès relatif (Laborel-Préneron et al., 2016). Dans cette logique, la paille de riz, a été utilisée avec succès dans la ville industrielle de N'kayi (République du Congo) pour son aptitude à fixer les fines particules de terre bouchant les pores en saison sèche, procurant une certaine consistance physique. C'est ce qui motive l'usage des résidus de récoltes comme liants aux particules fines du sol. Cependant, ce succès pourrait varier selon le type de sol.

C'est pourquoi, ce travail se propose de tester l'efficacité du mélange de paille du riz et de terre fine provenant des horizons d'accumulation (Horizon B) de différentes formations pédologiques dans la fabrication de briques dans le sud Côte d'Ivoire. Il vise à (i) identifier un dosage optimum de paille et de terre pour la fabrication de briques plus stables ; (ii) identifier et caractériser les sols plus adéquats à cette méthode et (iii) dresser une caractérisation géotechnique des meilleurs dosages sol/paille. A terme, cette étude devra permettre de recommander une typologie de sol et un dosage en paille/sol pour la fabrication de briques en terre plus stables.

Materiel et methodes

Zone d'étude

Elles se situent dans les localités de Bingerville (5°19 N-4°12 W) et Songon (5°21 N-4°10 W), respectivement à environ 10 km de la capitale Abidjan, au sud de la Côte d'Ivoire. Bingerville est à l'extrême Est opposé à la localité de Songon à l'extrême Ouest. Ce sont des communes d'extension d'Abidjan caractérisées par de nombreux chantiers de constructions immobilières.

Choix des sites

Le choix des sites pour la description des profils de sol et les prélèvements des échantillons a été essentiellement guidé par la disponibilité des sols profonds. De plus, ces localités sont de vastes chantiers immobiliers avec la forte demande de matériaux de construction.

Description du sol

Des tranchées préexistantes ont été rafraichies en vue d'observer le sol sur une profondeur pouvant atteindre 3m. Les horizons ont été délimités et décrits selon Delaunois (2006).

Prélèvement du sol

A Bingerville, les horizons d'accumulation (illuviaux) ont été identifiés à 113 cm (site 1) et 125 cm (site 2) pour les prélèvements de matériaux. Les sols de Songon ont été identifiés à 74 cm (site 1) et 122 cm (site 2).

Paille de riz

La paille de riz a été obtenue après culture d'une nouvelle accession de la génération F5, F6 et F7 retenue pour sa grande capacité de production de biomasse. Cette accession a subi l'effet d'une fertilisation potassique pour l'obtention d'un bon indice de récolte.

Collecte de doinnees du sol OL

Des tranchées ont fait l'objet de description morpho pédologique par les méthodes métrique et tactile. L'horizon B a été identifié et les échantillons de sol ont été prélevés pour les analyses physico-chimiques et pour la confection des blocs. La classification BMRS (FAO, 2014) a été utilisée pour l'identification des sols. Différentes méthodes ont été utilisées pour l'analyse des échantillons de sol, à savoir les méthodes de spectromètre à fluorescence X portatif (composition chimique), le pH a été déterminé par l'électrode en verre et la sédimentométrie pour les fractions granulométriques Aussi, les limites d'Atterberg ont été déterminées par la méthode définie par la norme NPF 94-051 (1993).

Dosage paille/sol

Les briques ont été confectionnées par compactage à l'aide d'un moule en bois suivant des pourcentages de fibre végétale (0 ; 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1%) et de longueur 30 mm. Les dimensions des briquettes sont de 30×14×10 cm³, fabriquées par groupe de trois par le moule. Dans le cadre de cette étude, le dosage en fibre a été massique.

Essai sur briques de terre crue (adobe) Résistance à la compression (Rc)

Les essais seront effectués sur trois blocs par formulation. La résistance à la compression a été mesurée sur les briques après 28 jours de séchage respectivement. La presse hydraulique a été utilisée pour déterminer la résistance mécanique des blocs suivant l'équation 1.

$$\sigma = (F) / (L \times I) \quad [1]$$

Où σ est la résistance à la compression (MPa), F est la charge maximale elle s'exprime en Newton (N); L et I sont respectivement la longueur et la largeur en millimètre (mm).

Essai de flexion

Les paramètres métriques (Longueur, Largeur et Epaisseur) initiaux des briques d'adobe ont été mesurés avec une règle graduée en traçant une médiane à l'aide d'un feutre et d'une règle sur une des façades de l'adobe. Ensuite, l'adobe a été soumise la presse hydraulique en trois 3 points pour déterminer sa résistance en flexion décrite par l'équation 2 ci-dessous :

$$\sigma_f = (3F \times I) / (2 \times b \times h^2) \quad [2]$$

Où « σ_f » est la résistance à la flexion (MPa), « F » la charge maximale est en Newton (N); « I » est la longueur (mm) entre les appuis, « b » est la largeur (mm) et « h » est l'épaisseur (mm).

Resultat

Caractéristiques morpho pédologiques des horizons prélevés

Dans la localité de Songon, deux profils de sol (Figures 1a et b) ont été identifiés avec une dominance d'argile (AB et BA) à plus de 1m de profondeur :

Ces sols sont dépourvus d'éléments grossiers (0 – 5%) et d'induration avec une texture variant du sable (surface) à sablo-argileuse (AB) ou argilo-sableuse (BA) vers le bas (> 1m). Ils sont observés sur des plateaux d'environ 40 m d'altitude.

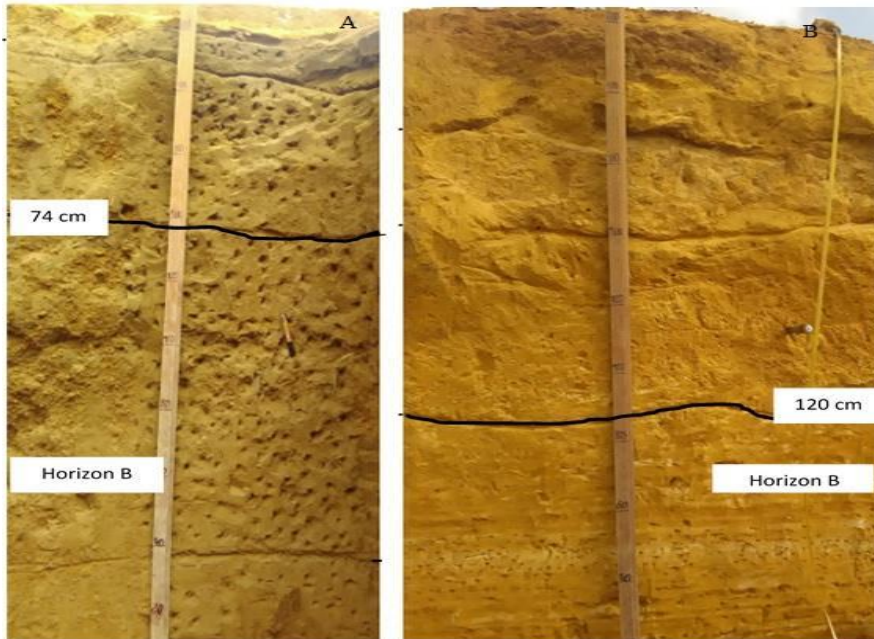


Figure 1. Profil d'Acrisol à Songon 1 (A) et à Songon 2 (B)

Cependant, les couleurs sont peu variables dans un profil alors que d'un site à l'autre elle peut passer du rougeâtre au jaune orangé (Figures 2 c et d).

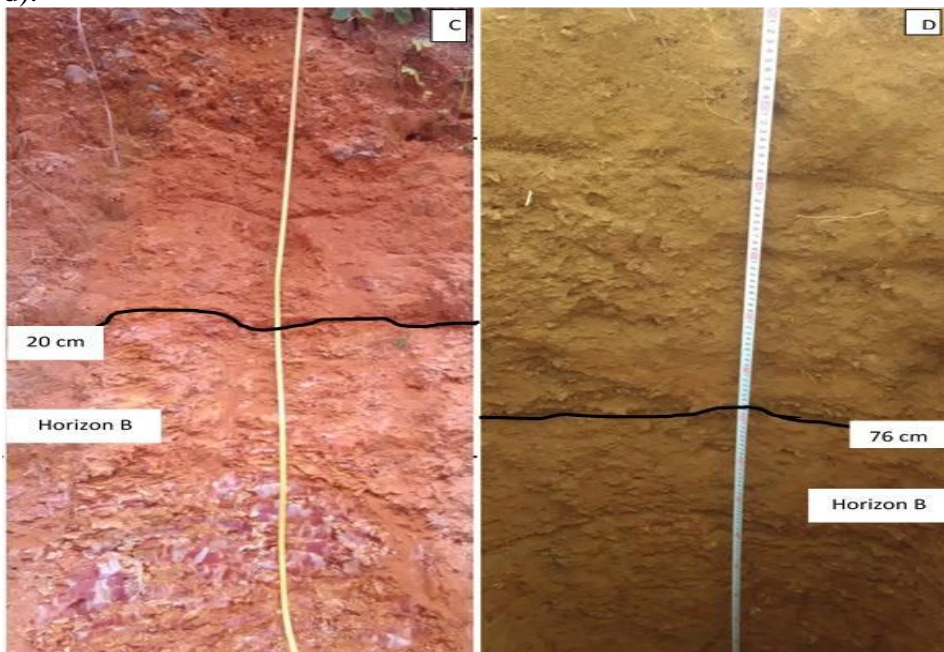


Figure 2. Profils de Ferralsol stagnic de Bingerville 1 (C et de Ferralsol Plinthic à Bingerville 2 (D)

Les figures 2 c et 2 d montrent les profils de sol décrits dans la localité de Bingerville. Ils se distinguent respectivement de ceux de Songon (Acrisols) par 5 – 10% d'éléments grossiers (nodules ferrugineux et fragments de grès) dans une matrice rouge-brunâtre (Figure 2 c) ou brun-rougeâtre (Figure 2 d). Le premier est plus riche en argile dans les horizons supérieurs que le second et présente des taches d'oxydation (rouges) et de réduction (violacées) lui conférant un aspect bariolé caractéristique d'un mauvais drainage et justifiant sa nomination comme Ferralsol stagnic. Le second profil est sableux en surface avec une teneur croissante en argile dans une matrice de couleur unique (brun-rougeâtre) jusqu'à 2m de profond reposant sur du kaolin. La présence de nodules ferrugineuses et sa coloration lui confèrent une classification comme Ferralsol plinthics.

Analyse granulométrique et limite d'Atterberg

Le tableau 1 présente les fractions granulométriques (%) de l'horizon B des sols faisant l'objet d'étude:

Tableau 1. Fractions granulométriques des sols dans l'horizon B et leurs états de consistance

| Sol | Sable % | Limon % | Argile % | Limite de liquidité (<u>Wl</u>) | Limite de plasticité (<u>Wp</u>) | Indice de plasticité (<u>Ip</u>) |
|-------------------------------------|------------|------------|-------------|---|--|--|
| <u>Acrisol de Songon 1</u> | 79 | 02 | 19 | 26 | 15 | 11 |
| <u>Acrisol de Songon 2</u> | 88 | 04 | 08 | | Non déterminable | |
| <u>F. Plinthic de Bingerville 1</u> | 56 | 04 | 40 | 58 | 45,83 | 12,17 |
| <u>F. stagnic de Bingerville 2</u> | 44 | 08 | 48 | 68 | 49,56 | 18,44 |
| <i>F : Ferralsols</i> | | | | | | |

Les échantillons de sol en provenance de Bingerville renferment les plus grandes proportions de particule argileuse (particules dont le diamètre est inférieur à 2 µm) avec 48% pour Bingerville 2 suivi de 40% pour Bingerville 1. Les échantillons de sol de Songon sont les plus sableux quoi qu'une proportion de 19% l'argile soit notée pour le site 1.

Analyse d'Atterberg

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 1. Ce tableau montre que les limites d'Atterberg changent avec l'origine des sols prélevés. Le sol de Bingerville (Kaolin et Argile bariolée) a des limites d'Atterberg plus élevées que celles de Songon.

Analyse chimique

Les résultats d'analyse chimique des sols sont consignés dans le tableau 2.

Tableau 2. Caractéristiques chimiques des différents horizons de sol utilisés

| Sol | Al ₂ O ₃ (%) | CaO (%) | FeO (%) | SiO ₂ (%) | K ₂ O (%) | P ₂ O ₅ (%) | pH _{eau} |
|------------------------------|---------------------------------------|------------|------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| F. <u>stagnic</u> Bing 1 | 14,90 | - | 8,33 | 30,00 | 0,60 | 0,10 | 5,1 |
| F. <u>Plinthic</u> Bing 2 | 16,10 | - | 5,70 | 39,20 | 0,90 | 0,07 | 5,0 |
| <u>Acrisol</u> Songon 1 | 11,13 | 0,02 | 7,00 | 38,30 | 0,20 | 0,02 | 4,6 |
| <u>Acrisol</u> Songon 2 | 3,53 | 0,02 | 2,10 | 54,10 | 0,03 | - | 5,8 |

F : Ferralsol Bing : Bingerville

Le pH_{eau} oscille entre 4,6 (Acrisol du site 1 de Songon) et 5,8 (Acrisol du site 2 de Songon). Les éléments chimiques tels que : Al₂O₃, CaO, FeO, K₂O, et P₂O₅ sont en grande quantité dans les sols provenant des sites de Bingerville comparé à ceux de Songon excepté SiO₂ qui a un taux élevé à Songon 2. L'Acrisol du site 2 de Songon se distingue par ses valeurs élevées en pH et SiO₂ alors le Ferralsol stagnic de Bingerville se caractérise par les plus fortes teneurs en FeO et P₂O₅.

Résistance mécaniques à la compression

La figure 3 montre l'évolution des valeurs moyennes de résistance des blocs à la compression en fonction de la proportion de paille du riz : on constate qu'en absence de paille, la résistance à la compression est comprise entre 0 et 0,5N/mm² pour les Acrisols et 0,7 et 1N/mm² pour les Ferrasols. Les Acrisols affichent les plus faibles résistances par rapport aux Ferrasols quel que soit le dosage en paille de riz. L'Acrisol 2 enregistre la plus faible résistance (0,21N/mm²) avec un optimum de 2% de paille. Les autres sols enregistrant les plus fortes valeurs de (1,04 - 1,2 N/mm²) pour les Ferrasols et 0,65N/mm² pour l'Acrisol 1 avec 4% de paille. Pour tous les types de sols, la résistance à la compression est décroissante à partir de l'optimale 4% de paille.

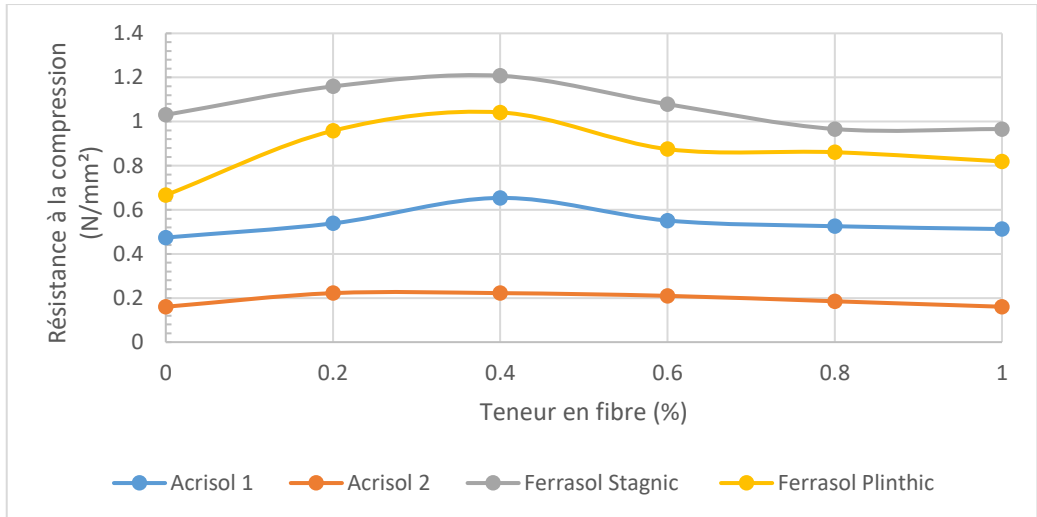


Figure 3. Résistance à la compression des blocs selon le dosage en paille riz

Résistance mécaniques à la flexion

La figure 4 présente les valeurs moyennes de résistance à la flexion pour les blocs fabriqués avec les différents sols prospectés en fonction du dosage en paille de riz. On constate qu'en absence de paille la résistance est inférieure à 0,01 N/mm² pour les Acrisols et 0,03 N/mm² pour les Ferrasols et atteignent leur pic de résistance (0,02 - 0,06 N/mm²) avec rajout de 0,2% de paille du riz. Cette tendance croissante de la résistance à la flexion de 0 à 0,2% de paille de riz, présente une décroissante de 0,2 à 1% fibres. La valeur plus élevée (0,063 N/mm²) s'observe pour le kaolin issu du Ferrasol plinthic.

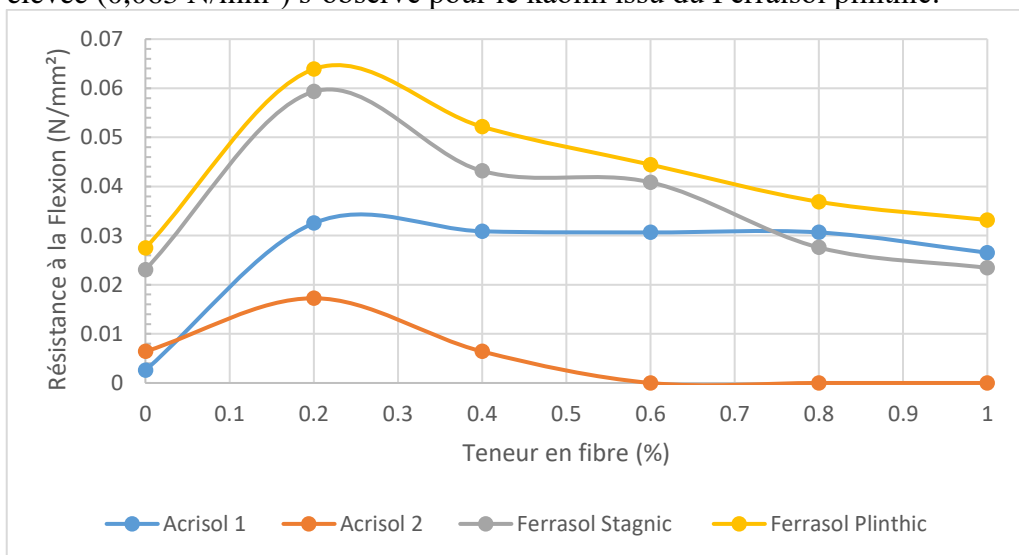


Figure 4. Résistance moyenne des blocs à la flexion selon le dosage en paille de riz

Diissusion

Morpho-pédologies et physiques de bons gisements de terre

Les sols prospectés ont présenté une bonne profondeur (> 1m) avec un horizon illuvial entre 1,5 – 2m de profondeur. Bien que tous issus de grès, ils ont présenté une nette différence de la teneur en argile : les Ferralsols de Bingerville étant plus riches en argile (> 40%) que les Acrisols de Songon (< 20%). Cela explique les fortes valeurs de limites de liquidité (>50) et de plasticité (>45) de ces Ferralsols. Fondamentalement, ces résultats témoignent d'une meilleure résistance des Ferralsols à l'agression de l'eau de pluie et donc, une plus grande consistance (Moreau, 2015). En effet, ces sols ont affiché les plus grandes valeurs de résistance à la compressibilité et à la flexion indifféremment du dosage en paille de riz. Le kaolin issu du Ferralsol plinthic plus riche en argile (48%) semble plus résistant à la flexion alors que le Ferralsol stagnic (40% argile) présente cet avantage à la compression. D'où l'intérêt de cette étude qui met en évidence les propriétés géotechniques des sols en plus des variations typologiques des sols (Ferralsol vs. Acrisol). Les théories de Phillips (1998 ; 2000) sur les facteurs pedogénétiques locaux peuvent bien expliquer cela. On retiendra que les sols rouges profond (2m) avec ou sans kaolin sont les meilleurs gisements de terre dans le sud Cote d'Ivoire pour la fabrication des adobes.

Interraction de la minéralogie du sol et de la paille

Les blocs provenant des Ferralsols ont eu des résultats plus satisfaisants que ceux des Acrisols. Cette différence observée entre ces deux classes de sol serait liée à la proportion d'éléments chimiques et la composition minéralogique. En effet, Djohoro (2020) a observé des compressions qualifiées de complexe et ductiles pour des échantillons de Ferralsol de Dabou, avec une résistance à la compression croissante avec la proportion de fibre. Cette divergence est due à la proportion de matrice par rapport à la charge végétale. Dans notre travail, la fibre végétale a été incorporée dans la matrice d'argile. En effet, les résultats obtenus sont la preuve d'une présence de minéraux ferreux. Le fer étant présent dans l'argile laisse apparaître que cette argile est un matériau composite c'est-à-dire de sol (horizon B) + fer. Or le fer est un matériau qui a une forte résistance mécanique ce qui explique cette forte résistance des adobes confectionnés avec le sol (horizon B) de Ferralsols. Ces résultats sont en conformité avec les résultats de Assandé (2007), qui définit une teneur d'oxyde et hydroxyde métallique ($Fe_2O_3 + Al_2O_3$) au moins égal à 30 % pour l'obtention d'un produit à forte résistance.

Mise en évidence de la qualité géotechnique des sols

Les résultats observés après les essais de compression et de flexion sur les adobes non fibrés diffèrent en fonction de la nature du sol. On a eu une résistance à la compression comprise entre 0,7 et 1,2 N/mm² pour les Ferrasols et entre 0 et 0,5 N/mm² pour les Acrisols. De même, la résistance à la flexion des Ferrasols (0,02 - 0,03 N/mm²) est supérieure à celles des Acrisols (0 - 0,01 N/mm²). Cette différence au niveau de la résistance mécanique peut être expliquée par le processus de formation des types de sols utilisés, mais aussi, à la différence de texture des sols. Les Ferrasols ont présenté un taux en éléments fins plus élevé que les Acrisols. En effet, les Acrisols ont été prélevés à une profondeur allant de 74 à 122 cm tandis que les Ferrasols, l'ont été à 113 cm de profondeur minimum voire 30 m en relation avec une pédogenèse plus poussée. Ces résultats géotechniques, qui révèlent la nature du sol, sont en conformité avec ceux de (Assalé, 2013). Les Ferrasols stagnants ont été jugés préférables pour la confection des matériaux, contrairement aux Acrisols. La limite d'Atterberg a mis en évidence une plus grande plasticité des Ferrasols par rapport aux Acrisols. La teneur en argile a ainsi été pointée comme le paramètre clé justifiant une plus ou moins forte compacité, et donc, une forte résistance mécanique des briques, d'où, la pertinence de cette étude qui lie le bon gisement à l'horizon illuvial du sol. Il a été aussi observé des variances de critères de choix des gisements : les Acrisols du site 1 (38,26%) et 2 (54,04%) de Songon contrastent par les teneurs en silicium, attestant d'une tendance décroissante (Ouest vers Est) dans le processus de ferrallitisation. De plus, le Site 2 est moins acide avec les plus faibles teneurs en éléments traces qui sont Al (3,53%), Fe (2,07%) et K (0,03%). Ces éléments de contraste mettent en évidence l'importance de la profondeur des sols comme résultat d'une pédogenèse plus prononcée dans une même classe (WRB, 2014). La faible teneur en fer serait le reflet d'un début de concrétionnement du fer oxyde comme on peut observer par endroits à l'ouest du district d'Abidjan.

Intérêt de la paille du riz

Au cours des cycles de charge et décharge effectués sur des blocs de terre dans le domaine élastique, une déformation permanente est enregistrée sur le matériau (Kouakou et al., 2009). Il est identique à celui déterminé par Mesta et Reiffsteck. (2002). Le comportement des mortiers contenant des fibres est un comportement élasto-plastique. En se référant aux valeurs des résistances obtenues dans les figures 3 et 4, les pentes des courbes varient avec les teneurs des fibres de paille. Les mortiers deviennent de moins en moins raides avec l'augmentation de la teneur en fibre. Cette baisse de la raideur de la matrice argile est liée aux modifications de la structure de cette dernière, occasionnée par l'abondance des fibres. La structure des mortiers devient moins dense. Une comparaison de l'ampleur de la déformation à la rupture des

mortiers contenant les fibres aux mortiers sans fibres permet de noter qu'elle augmente avec la présence et la proportion de fibres. Cela confirme que le comportement des composites devient ductile. Cette ductilité est due aux comportements des interfaces matrice/fibre plus précisément au décollement des fibres de la matrice. Sur l'argile d'origine de Dabou et de différents liants, Djohore (2020) a obtenu des comportements qu'elle a qualifiés de complexe et ductile. Elle a obtenu une résistance qui augmentait avec l'ajout de fibre qui passe de 0 à 0,8% et au-delà de cette valeur, la résistance à la compression baisse tandis que dans notre cas l'augmentation de la résistance est liée avec la déformation. Cette divergence est due à la proportion et à la nature de matrice par rapport à la charge végétale. Dans ce travail, la charge végétale est incorporée dans la matrice argile.

Conclusion

Au terme de ce travail, il en ressort qu'en plus de la fibre de paille, les Ferrasols présentent des caractéristiques géotechniques satisfaisantes. En effet, l'incorporation de la paille dans la matière minérale améliore les caractéristiques mécaniques des adobes. En somme, la formulation idéale pour améliorer les performances des mortiers de terre et l'adhérence entre les blocs et le mortier argile est de 0,4% de fibres-pour la compression et 0,2 pour la flexion pour une longueur constante de 30 mm.

References:

1. Assalé, F. (2013). Caractérisation sédimentologique, palynologique, géochimique et paléo environnementale des formations sédimentaires connexes à la faille des lagunes (est du bassin onshore de côte d'ivoire). Mémoire de Master Science de la Terre, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 350 p.
2. Assandé, A. (2007). Valorisation des latérites de Côte d'Ivoire : fabrication de briquettes de parement à base de latérite stabilisée à froid à l'aide d'un liant hydraulique : le ciment Portland. Thèses unique Science de la Terre, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 141p.
3. Bahar, R. (2011). Séminaire International, « Innovation et valorisation en génie civil & matériaux de construction », Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie, 23-25 Novembre 2011. admin.asso-web.com, consulté le 18/05/2020.
4. CPCS. (1967). Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols.
5. Delaunois, A. (2006). Guide pour la description et l'évaluation de la fertilité des sols. 39p.
6. Djohoro, A. C. (2020). Elaboration et caractérisation physico-mécanique des mortiers de terre à base des pailles de riz et de fibre de

- coco pour des maçonneries de terre. Thèse unique sciences de la terre, Université de Cocody, Abidjan Côte d'Ivoire. pp.157-172.
7. Fao. (2014). Base de référence mondiale pour les ressources en sols, système international de classification des sols pour nommer les sols et élaborer des légendes de cartes pédologiques. 148p.
 8. Frouard, H. (2005). Aux origines du 1% logement : histoire d'un compromis républicain, dans revues française des affaires sociales 2005/3, pp 55-76.
 9. Houben, H., et Guillaud, H. (2006). Traité de construction en terre. CRATerre, Edition Parenthèse, Marseille, France, 355 p.
 10. Kouadio, K. C. (2009). Elaboration et caractérisation de blocs d'argile stabilisée au ciment (Cimarg) : influence de l'apport de dégraissant sur les caractéristiques physiques et mécaniques des blocs. Thèse de Doctorat des sciences de la Terre option Géomatériaux, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'ivoire, 151 p.
 11. Laborel-Préneron (2016). Plant aggregates and fibers in earth construction materials: A review Construction and Bulding Marterials, Vol.111, pp.719-734
 12. Mesta, Ph., Reiffsteck, Ph ; (2002). Modules de déformation en mécanique des sols : définition et détermination à partir des essais triaxiaux et d'incertitude, paramètres de calcul géotechnique. Magan (edi) ; presse de l'ENPC/LCPC, Paris, 8 p.
 13. NPF94-051 (1993). Norme française de détermination des limites d'Atterberg, 16p.
 14. Phillips J.D., (1998). On the relations between complex systems and the factorial model of soil formation (with discussion). Geoderma 86, 1 –21.
 15. Phillips J.D., (2000). Signatures of divergence and self-organization in soils and weathering profiles. J. Geol. 108, 91– 102.
 16. WRB (2014). World référence base for soil ressources, 203p.

Factors Influencing Bursting Strength of Single Jersey Knitted Fabrics

Md. Ariful Islam, M.Sc.
Mohammad Billal Hossain, M.Sc.
Emdadul Haq, M.Sc.
Ahmed Saber Shravan, M.Sc.
Md. Arafat Rahman, M.Sc.

Department of Textile Engineering, Primeasia University, Bangladesh

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n36p68](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p68)

Submitted: 27 July 2022

Accepted: 10 November 2022

Published: 30 November 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Islam A., Hossain M.B., Haq E., Shravan A.S. & Rahman A. (2022). *Factors Influencing Bursting Strength of Single Jersey Knitted Fabrics*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (36), 68. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p68>

Abstract

The purpose of this article is to assist engineers in making quick decisions to improve the strength of single jersey knit fabric. This article focused on the different parameters of the single jersey knit fabrics (like stitch length, yarn count, GSM, tightness factor, and fabric thickness) are considered to know their influence on the bursting strength. Five hypotheses have been developed for plain, pique, and fleece knits. Analyses of Variance (ANOVA), correlation coefficient, and regression analysis are executed using the STATA 14.1 program to test the hypotheses at a 5% level of significance. Three of the five hypotheses are rejected. This study supports that the bursting strength of the fabric is dependent on the tightness factor, stitch length, and count of the single jersey knitted fabrics. Here, the stitch length, count, and tightness factor are inversely proportional to the bursting strength. The GSM and fabric thickness have less impact on the bursting strength.

Keywords: Single Jersey Fabrics, Bursting Strength, Stitch Length, Count, Tightness Factor

Introduction

Weft and warp knit fabrics are widely employed in various fields today, including fashion and industrial uses. The mechanical characteristics of textiles are critical for these applications. Among them, bursting strength is a suitable method that measures strength and elasticity in which the material is stressed in all directions (Değirmenci & Çoruh, 2016). Bursting strength is a significant sort of three-dimensional strain (pressure applied to the fabric surface). Thus, bursting strength is the most suitable technique to measure the strength of various weft-knitted structures (Hossain, Haque, Banik, and Rana 2018). The effect of knit structures on bursting strength is positive, as found by the researcher (Emirhanova & Kavusturan, 2008).

The bursting strength of a fabric is the resistance of many loops simultaneously; more loops result in higher resistance. Since loop length is related to the tightness factor of the fabric, a high loop length translates to a lower bursting strength. CPI, WPI, stitch density, and GSM decrease with the increase in stitch length. Bursting strength decreases with the increase in stitch length (Akter, Faruque & Islam, 2017).

The bursting strength properties of knitted fabrics are related to the raw material, pattern type, elastomer ratio, and yarn count. Polyester also has higher bursting strength values because the strength of the polyester yarn is higher than that of cotton yarn (Değirmenci & Çoruh, 2016).

Usha C, Mohammed M A, and Chin examined seventeen knitted fabrics; among them were blended and the same fiber for their bursting strength and extension. They reported that extension was highest for 100% cotton due to its lightweight (Chowdhary, Adnan & Cheng, 2018).

The single jersey fabrics made from tencel/cotton blended yarns show maximum bursting strength compared with all other fabrics (Badr, Hassanin & Moursey, 2016). An increase in softener concentration resulted in an improvement in the fabric bursting strength (Hussain, Safdar, Nazir & Iqbal, 2013).

Knitted fabrics may be produced with a variety of stitch lengths to generate a variety of fabric tightness factors and stitch densities, and they may also be exposed to a variety of relaxation treatments to reduce the energy level of the knitted structures while relieving internal stresses. The fabric tightness factor and structural parameters such as wale and course densities and stitch density variations strongly depend on the yarn type used for knitting (Herath & Kang, 2008 Marmarali 2003).

The aim of this study is to fit a regression model for the bursting strength of single jersey knitted fabrics. In this regard, the regression method is used here by manufacturing 15 single fabrics in different settings, machine specifications, yarn count, and stitch length.

Experimental Details

Hypotheses

H1: Count has a significant influence on the bursting strength of the single jersey fabrics.

H2: Both count and GSM have a significant influence on the bursting strength of the single jersey fabrics.

H3: Count, stitch length, and tightness factor has a more significant influence on the bursting strength of the single jersey fabrics than their individual influences.

H4: Count, stitch length, fabric thickness, and GSM have a significant influence on the bursting strength of single jersey fabrics.

H5: Count, stitch length, tightness factor, GSM, and fabric thickness have a significant influence on the bursting strength of single jersey fabrics.

These hypotheses are taken into account in order to determine the major parameters that influence the bursting strength.

Sample Size

In this study, 15 grey samples of single jersey derivatives (plain, pique, and fleece) have been produced using different yarn counts and stitch lengths in different machine settings (Table 2), and the final produced fabrics are examined to determine the parameters of the samples.

Tools and Technique

Material details:

| Test Parameters | 24's combed yarn | 30's combed yarn |
|-------------------|------------------|------------------|
| Tolerance (% +/-) | 1.5% | 1.5% |
| Count CV% | 1.5 | 1.5 |
| CSP | 2400 | 2400 |
| Strength CV% | 4.5 | 4.5 |
| TM | 3.65 | 3.65 |
| TPI CV% | 4.0 | 4.0 |
| Thin/km (-50%) | 0 | 0 |
| Thick/km (+50%) | 12 | 15 |
| Neps/km (+200%) | 26 | 40 |
| Elongation % | 4.5 | 4.5 |
| U % | 8.2 | 9.2 |

Machine details:

Single Jersey Machine: (for plain and pique fabrics)

Machine Dia. = 30 inch

Gauze = 28

No. of feeder = 90

Brand = Well knit

Origin = China

Fleece Machine: (for fleece fabrics)
Machine Dia. = 30 inch
Gauze = 20
No. of feeder = 90
Brand = Well knit
Origin = China

The study used appropriate test standards for selected structural and performance attributes for the reported study (Table 1).

Loop length is a very small value compared to the length of yarn in fabric. The other name for a loop is stitch and accordingly, the length of yarn required to make a stitch is called stitch length (Ray 2011).

Take a pique fabric sample and count 50 wales by counting glass, then mark with pen 50 wales. Then opened the course and measured the length in cm by scale, multiply this data by 10 millimeters, and measured stitch length. For pique fabrics, the measurement is 50 wales in length in the same course of 13.5 cm. So, stitch length = $(13.5/50) \times 10 = 2.7$ mm.

The bursting strength test is an alternative method of measuring strength and elasticity in which the material is stressed in all directions at the same time and is therefore more suitable for such a material.

Each knitted fabric has its own unique elastic property, which is measured by bursting strength testing methods (Au 2011).

The pressure gauge of the Auto Burst Machine was 0-10 kg/cm² or 0-28 kg/cm² (Fig 1).

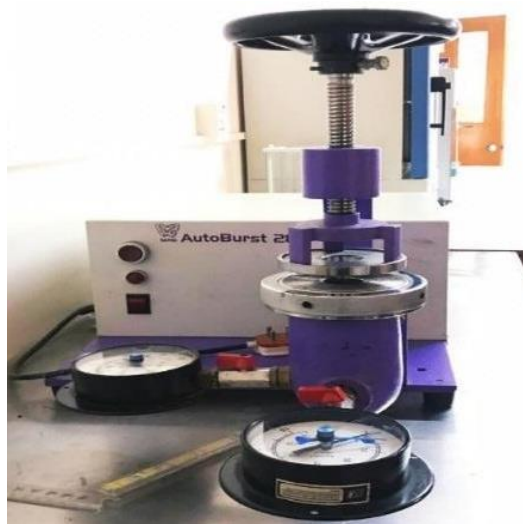


Fig 1. Auto Burst Machine

The tightness factor (TF) is a number that indicates the extent to which the area of a knitted fabric is covered by the yarn. It actually indicates the compactness of the knitted structure (Ray 2011).

The formulae for calculating tightness factor are as follows:

$$\text{Tightness Factor} = \frac{\sqrt{\text{Tex}}}{\text{stitchlength(mm)}} \text{ or } \frac{\sqrt{(590.5/Ne)}}{\text{stitchlength (mm)}}; \text{ (Ray2011)}$$

In this study, correlation and regression analysis are used to find out the influences of parameters of the single jersey derivative (plain, pique, and fleece) fabrics on the bursting strength (Table 3 and Table 4). And, the following regression model is to fit the experiments (Equation 1).

Table 1. Standards used

| Sl. No. | Parameters | Units | Standard Used |
|---------|-------------------|-------------------|----------------|
| 1 | Yarn Count | Ne | ASTM D 2260-96 |
| 2 | Stitch Length | mm | - |
| 3 | Tightness Factor | | - |
| 4 | GSM | gm/m ² | ASTM D 3776 |
| 5 | Thickness | mm | ASTM D1777 |
| 6 | Bursting Strength | Kg/m ² | ASTM D3786 |

Level of Significance

In this study, a 5% level of significance is considered to achieve the higher goodness of fit of the model.

Variables

Dependent variables: Bursting strength and

Independent variables: yarn count, stitch length, gsm, fabric thickness, and tightness factor.

Results and Discussion

Experimental results in this experiment are tabulated in table 2. Here, yarn count, stitch length, tightness factor, GSM, fabric thickness, and bursting strength of the fabrics are shown in table 2; the standard deviation of variables is shown in table3; the correlation coefficient among the variables is shown in table 4 and the regression model summary is shown in table 5.

Table 2. Data Table for Bursting Strength of Single Jersey fabrics

| Sl. No. | Sample | Count Ne | Stitch Length (mm) | Tightness Factor | GSM | Fabric Thickness (mm) | Bursting Strength (kg/cm ²) |
|---------|---------|----------|--------------------|------------------|-----|-----------------------|---|
| 1 | Pique-1 | 29 | 2.7 | 1.67 | 179 | 0.6 | 6.9 |
| 2 | Pique-2 | 29 | 2.7 | 1.67 | 180 | 0.59 | 6.9 |
| 3 | Pique-3 | 29 | 2.7 | 1.67 | 178 | 0.62 | 6.9 |
| 4 | Plain-1 | 30 | 2.9 | 1.53 | 145 | 0.43 | 7 |

| | | | | | | | |
|----|----------|----|-----|------|-----|------|------|
| 5 | Plain-2 | 30 | 2.9 | 1.53 | 146 | 0.42 | 7.8 |
| 6 | Plain-3 | 30 | 2.9 | 1.53 | 142 | 0.45 | 7.2 |
| 7 | Plain-4 | 27 | 3 | 1.56 | 154 | 0.44 | 8.5 |
| 8 | Plain-5 | 27 | 3 | 1.56 | 156 | 0.44 | 8.6 |
| 9 | Plain-6 | 27 | 3 | 1.56 | 153 | 0.47 | 8.5 |
| 10 | Plain-7 | 24 | 2.7 | 1.84 | 147 | 0.55 | 8.5 |
| 11 | Plain-8 | 24 | 2.7 | 1.84 | 145 | 0.56 | 8.35 |
| 12 | Plain-9 | 24 | 2.7 | 1.84 | 145 | 0.57 | 8.5 |
| 13 | Fleece-1 | 9 | 3.9 | 2.08 | 263 | 0.98 | 8.2 |
| 14 | Fleece-2 | 9 | 3.9 | 2.08 | 266 | 0.96 | 7.5 |
| 15 | Fleece-3 | 9 | 3.9 | 2.08 | 261 | 1 | 8.8 |

According to Table 2, fleece fabrics have greater GSM, tightness factor, fabric thickness, and bursting strength than plain and pique fabrics.

Table 3. Standard Deviation of Variables

| Sl. No. | Variables | Standard Deviation |
|---------|------------------|--------------------|
| 1 | Count | 7.948046 |
| 2 | Stitch Length | .4610547 |
| 3 | Tightness Factor | .2105707 |
| 4 | GSM | 46.35988 |
| 5 | Fabric Thickness | .2054565 |

According to Table 3, standard deviations are low for stitch length, tightness factor, and fabric thickness; medium for the count and large for GSM.

Table 4. Correlation co-efficient among variables

| | Bursting strength (kg/cm ²) | Fabric thickness (mm) | GSM | Tightness factor | Stitch length (mm) | Count Ne |
|---|---|-----------------------|---------|------------------|--------------------|----------|
| Bursting strength (kg/cm ²) | 1.00 | | | | | |
| Fabric thickness (mm) | 0.1168 | 1.00 | | | | |
| GSM | 0.0459 | 0.9633 | 1.00 | | | |
| Tightness factor | 0.3063 | 0.9266 | 0.8128 | 1.00 | | |
| Stitch length (mm) | 0.2772 | 0.8338 | 0.8993 | 0.7037 | 1.00 | |
| Count Ne | -0.3878 | -0.9354 | -0.9006 | -0.9288 | -0.9099 | 1.00 |

According to Table 4, there is a positive correlation between stitch length, GSM, tightness factor, fabric thickness and bursting strength of the fabrics. Thus fabric thickness, GSM, tightness factor, and stitch length all increase the bursting strength of the fabric by 11, 4, 31 and 28% respectively.

The bursting strength of the fabric decreases by 39% as the yarn count increases.

Table 5. Regression model summary

| Parameter | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|-------------------|--------|--------|---------|--------|---------|
| Constant | 8.726 | 16.389 | 81.151 | 18.397 | 70.094 |
| GSM | | -0.025 | | -0.012 | -0.017 |
| Count | -0.035 | -0.169 | -0.856 | -0.216 | -0.730 |
| Stitch length | | | -7.315 | -0.180 | -5.557 |
| Fabric Thickness | | | | -4.488 | 2.675 |
| Tightness factor | | | -17.696 | | -15.344 |
| Adj. R2 | 0.085 | 0.577 | 0.772 | 0.572 | 0.761 |
| Root MSE | 0.699 | 0.476 | 0.349 | .479 | 0.35 |
| Degree of freedom | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 |

The summary result is shown in table 5, which explains the relationship of bursting strength with the count (1); Count & GSM (2); Count, Stitch length and Tightness factor (3); Count, Stitch length, Tightness factor and GSM (4); Count, Stitch length, Tightness factor, GSM and Fabric thickness (5); these are H1, H2, H3, H4, and H5.

The results from ANOVA (Table 5) revealed that H2 and H3 are accepted at the 0.05 level, but H1, H4, and H5 are rejected at the 0.05 level.

However, the goodness of fit increases as the parameters from Models (2) and (3) are considered (Table 5).

Findings from ANOVA (table 5) revealed that the Adj. R2 value of Model (3) is higher than Model (2).

Thus, considering count, stitch length, and fabric thickness variables, the following regression line shows a goodness of fit of 0.772.

$$\text{Bursting Strength} = 81.151 - 17.696 * \text{Tightness factor} - 7.315 * \text{Stitch length} - 0.856 * \text{Count} \text{ ---(equation 1)}$$

Conclusion

The study's implications give knowledge and a better grasp of the degree of flexibility. The correlation coefficient and regression model analysis was done to identify how strong the relationship is and how it affects others. According to the findings, bursting strength decreases as stitch length, count, and tightness factor increase. This model shows the tightness factor is inversely proportional to the bursting strength, which theoretically and practically is not accepted. Further study is required to understand the parameters which are not taken into consideration to predict the bursting strength. The study may be continued by testing, including other properties like spirality, porosity, and other parameters. Some other fabric properties,

e.g., elongation of the fabric or stretchability, rigidity, finishing conditions, relaxation state, etc. are not considered in this study, which is a drawback of the study.

References:

1. Hossain, Haque, Banik, and Rana,(2018). ‘International Journal of Scientific & Engineering Research’, 9, 138
2. Emirhanova&Kavusturan, (2008). ‘The Effects of Some Knit Structures on the Fabric Properties in Acrylic Weft Knitted Outerwear Fabrics’. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe Vol. 16, No. 2 (67)
3. Değirmenci&Coruh. (2016). ‘Comparison of the performance and physical properties of plain, pique, double-pique and fleeced knitted fabrics’. TEKSTİL ve KONFEKSİYON 26(2).
4. Chowdhary, Adnan &Cheng. (2018). ‘Bursting Strength and Extension for Jersey, Interlock and Pique Knits’. Trends Textile Eng Fashion Technol. Volume 1, Issue 2. TTEFT.000506. DOI: 10.31031/TTEFT.2018.01.000506
5. Değirmenci&Çoruh. (2017).‘The Influences of Loop Length and Raw Material on Bursting Strength Air Permeability and Physical Characteristics of Single Jersey Knitted Fabric’. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, Volume 12, Issue 1.
6. Akter, Faruque& Islam. (2017). ‘Effect of Stitch Length on Different Properties of Plain Single Jersey Fabric’, IJMER, Volum 7, Issue 3.
7. Değirmenci&Coruh. (2016). ‘Comparison of the performance and physical properties of plain, pique, double-pique and fleeced knitted fabrics’. TEKSTİL ve KONFEKSİYON 26(2).
8. Hussain, Safdar, Nazir & Iqbal. (2013).‘Optimizing the Shrinkage and Bursting Strength of Knitted Fabrics after Resin Finishing’. J.Chem.Soc.Pak., Vol. 35, No. 6.
9. Badr, Hassanin&Moursey (2016). ‘InfluenceofTencel/cottonblendsonknittedfabric performance’, AlexandriaEngineeringJournal 55, 2439–2447.
10. Herath and Kang, Text. Res. J., 78, 209 (2008).
11. Marmarali, Text. Res. J., 73, 11 (2003)
12. Ray, (2011). ‘Fundamental and advances in knitting technology’, Woodhead Publishing India Pvt. Ltd, New Delhi – 110002, p.118, ch.10.
13. Ray, (2011). ‘Fundamental and advances in knitting technology’, Woodhead Publishing India Pvt. Ltd, New Delhi – 110002, p.129, ch.10.
14. Au, (2011). ‘Advances in knitting technology’, Woodhead Publishing Ltd, 80 High Street, Sawston, Cambridge CB22 3HJ, UK, p.215, ch.9.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

État des Lieux de la Faune Sauvage Mammalienne dans le Département de Sipilou, Ouest de la Côte d'Ivoire

Kouakou Hilaire Bohoussou

UFR Ingénieries Agronomique, Forestière et Environnementale,
Université de Man, Côte d'Ivoire

Kouamé Bertin Akpatou

UFR Biosciences, Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la
Biodiversité, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Kouassi Alphonse Yao

Département des Sciences et Techniques,
Université Alassane Ouattara de Bouaké, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n36p76](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p76)

Submitted: 17 October 2022
Accepted: 21 November 2022
Published: 30 November 2022

Copyright 2022 Author(s)
Under Creative Commons BY-NC-ND
4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Bohoussou K.H., Akpatou K.B. & Yao K.A. (2022). *État des Lieux de la Faune Sauvage Mammalienne dans le Département de Sipilou, Ouest de la Côte d'Ivoire..* European Scientific Journal, ESJ, 18 (36), 76. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p76>

Résumé

Le département de Sipilou situé à l'ouest de la Côte d'Ivoire, s'étend de la zone forestière à la zone savanicole, offrant ainsi une variété d'habitats à de nombreuses espèces de la faune sauvage. Cependant, les données sur la faune mammalienne de ladite zone restent encore parcellaires. Cette étude visait à déterminer la diversité et l'abondance de la faune mammalienne du département de Sipilou. La méthode des marches de reconnaissances ou Recce et celle des enquêtes ethnozoologiques ont permis d'inventorier les espèces de mammifères. Les prospections pédestres menées dans quatre types d'habitats (forêts secondaires, savanes arborées, jachères et espaces cultivés) ont permis de confirmer la présence de 21 espèces de mammifères sur les 37 espèces signalées lors des enquêtes ethnozoologiques. Les espèces abondantes ont été le grand aulacode (*Thryonomys swinderianus*), le guib harnaché (*Tragelaphus scriptus*) et l'athérure d'Afrique (*Atherurus africanus*) représentant respectivement 18%, 10,57% et 10% du total des observations. Les indices kilométriques d'abondance (IKA) déterminés varient de 0,22 (*Cercopithecus*

campbelli) à 4,85 ind/km (*Thryonomys swinderianus*). Les indices de présence des mammifères diffèrent significativement entre les types d'habitats (ANOVA à un facteur : $F = 4,901$; $dl = 3$; $p = 0,003$). Les indices de Shannon diffèrent significativement presque entre tous les habitats; excepté entre la forêt secondaire et les espaces cultivés tandis que les indices de Simpson (D) diffèrent significativement entre la forêt secondaire et la savane arborée, la forêt secondaire et la jachère, les espaces cultivés et la jachère. L'indice d'équitabilité de Piélou (J') est très élevé ($\geq 0,91$) dans tous les habitats. La zone d'étude abrite une communauté importante de mammifères dont des espèces d'intérêt mondial pour la conservation. Ces espèces et leurs habitats méritent une attention particulière de la part des populations locales et des gestionnaires nationaux de la conservation de la faune afin de les sauvegarder.

Mots-clés: Biodiversité, indices de diversité, Forêt classée de Yalo, habitats anthropiques, Région du Tonkpi

Current State of Mammalian Wildlife in the Department of Sipilou, Western Côte d'Ivoire

Kouakou Hilaire Bohoussou

UFR Ingénieries Agronomique, Forestière et Environnementale,
Université de Man, Côte d'Ivoire

Kouamé Bertin Akpatou

UFR Biosciences, Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la
Biodiversité, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Kouassi Alphonse Yao

Département des Sciences et Techniques,
Université Alassane Ouattara de Bouaké, Côte d'Ivoire

Abstract

The department of Sipilou, located in western Côte d'Ivoire, extends from the forest zone to the savannah zone, offering thereby a variety of habitats to many wildlife species. However, data on the mammalian fauna of the area are still fragmentary. Therefore, this study aimed to determine the diversity and abundance of the mammalian fauna of the department of Sipilou. The method of reconnaissance survey or Recce and that of ethnozoological surveys were carried out to inventory the mammal species. This study was conducted in four types of habitats, secondary forests, tree savannahs, fallows and cultivated areas. The pedestrian surveys confirmed the presence of 21 species of mammals out of the 37 species reported by the interviews. The

dominant species were the grasscutter *Thryonomys swinderianus* (18%), the bushbuck *Tragelaphus scriptus* (10.57%) and the African brush-tailed porcupine *Atherurus africanus* (10%). The measured kilometric indices of abundance vary from 0.22 (*Cercopithecus campbelli*) to 4.85 ind/km (*Thryonomys swinderianus*). The mammal presence signs differed significantly between habitat types (One-way ANOVA: $F = 4.901$; $df = 3$; $p = 0.003$). Shannon indices differed significantly almost among all habitats; except between secondary forest and crop, while Simpson's indices (D) differed significantly between secondary forest and tree savannah, secondary forest and fallow, crop and fallow. Piélou's evenness index (J') was very high (≥ 0.91) in all habitats. The study area harbors an important community of mammals including species of conservation concern. These species and their habitats deserve special attention from local populations and national wildlife conservation managers in order to save them.

Keywords: Biodiversity, diversity indices, Yalo classified forest, anthropogenic habitats, Tonkpi region

Introduction

Le continent africain abrite un grand nombre d'espèces de mammifères avec plus de 1 116 espèces appartenant à 57 Familles et 16 Ordres (Kingdon *et al.*, 2013). Les mammifères sont l'une des composantes les plus importantes des écosystèmes terrestres (Lemma et Tekalign, 2020). Ils jouent un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes en participant à la dispersion des graines, à la régulation de la structure et la diversité des plantes par le biais des herbivores (Legese *et al.*, 2019 ; Micaela *et al.*, 2020). Très souvent, les espèces de mammifères particulièrement les plus menacées d'extinction, servent d'espèces parapluies pour la conservation d'autres espèces et contribuent ainsi à maintenir l'équilibre de l'écosystème (Jorgensen *et al.*, 2005).

De nos jours, la faune mammalienne est fortement menacée par les activités humaines telles que l'agriculture, la déforestation, la fragmentation des habitats, le braconnage, l'urbanisation, les exploitations forestière et minière (Bitty *et al.*, 2015 ; Kablan *et al.*, 2017 ; Diarrassouba *et al.*, 2019a). La perturbation des milieux naturels est l'une des principales causes de la perte de la biodiversité mammalienne (Wuver et Attuquayefio, 2006 ; Bitty *et al.*, 2015 ; Kouakou *et al.*, 2020). Les grands mammifères sauvages présentent la particularité de disparaître de façon drastique lorsque les pressions anthropiques sont fortes. Cela est dû au fait qu'ils sont plus exigeants écologiquement avec des domaines vitaux plus larges, de faibles densités de populations et la cible privilégiée des braconniers (Porrás *et al.*, 2016).

Une meilleure connaissance de la diversité, de l'abondance et de l'état des milieux naturels de la faune sauvage est fondamentale pour la mise en place d'un plan de conservation adéquat (Atnafu et Yihune, 2018). De ce fait, plusieurs études ont été conduites sur la faune mammalienne en Côte d'Ivoire. La plupart de ces études a été réalisée dans des aires protégées telles que les parcs nationaux du Banco (Bitty *et al.*, 2013), de la Marahoué (Kadjo *et al.*, 2014), de Taï (Diarrassouba *et al.*, 2019b ; Monket *et al.*, 2022), d'Azagny (Koffi *et al.*, 2022) et les forêts classées de Mabi et Yaya (Akpatoou *et al.*, 2018), de Dassioko (Yao *et al.*, 2016). Le constat est le même dans la région du Tonkpi où la majorité des travaux scientifiques sur la faune mammalienne de la région est également focalisée sur le parc national du Mont Sangbé (Kouakou *et al.*, 2021 ; N'guessan *et al.*, 2021). Pourtant, les zones de distribution de la faune mammalienne s'étendent au-delà des limites des aires protégées. Pour mieux documenter l'état de la faune mammalienne occupant les habitats hors des aires protégées, quelques études ont été réalisées sur la diversité et la distribution des Primates dans la région du Tonkpi, plus précisément dans le département de Zouan-hounien (Kramoko *et al.*, 2017). Dans le département de Sipilou, aucune étude n'a été effectuée sur les populations de mammifères vivant dans les différents habitats de la localité. Il s'avère donc nécessaire d'avoir des données sur l'état de la faune mammalienne de ce département afin de fournir des informations de base pour des études écologiques plus complexes et pour de futures stratégies de conservation. Cette étude visait à déterminer la diversité, l'abondance et le statut de conservation des espèces de mammifères de quelques habitats anthropisés du département de Sipilou.

Matériel et méthodes

Site d'étude

Le département de Sipilou est situé à l'ouest de la Côte d'Ivoire dans la région du Tonkpi (Figure 1). Il présente une série de bas plateaux qui s'enchaînent par endroits avec des zones accidentées aux contours variant entre des pentes moyennes et des altitudes dépassant parfois les 1 000 m (Kouadio *et al.*, 2007). Les sols sont de type ferrallitique avec une fertilité chimique moyenne (Tiesse, 2020). De manière générale, les sols ont un faible couvert végétal avec un paysage mosaïque (forêt de terre ferme, savane arborée, forêt de montagne, prairie rocheuse, forêt galerie et zone de transition écologique). Toutefois, une partie de cette forêt est transformée en jachère à *Chromolaena odorata* tandis qu'une autre partie est exploitée sous forme de plantations agro-industrielles de café, de cacao et en pâturage pour les animaux d'élevage comme c'est souvent le cas en Côte d'Ivoire (Djakalidja, 2011). La région est soumise à un climat de montagne avec une saison des pluies de mars à octobre et une saison sèche de novembre à février. La

pluviométrie varie entre 1300 et 2400 mm par an. Les températures sont douces et se fixent en moyenne à 24°C. L'hygrométrie oscille entre 80 et 85% (Kouadio *et al.*, 2007). Les populations sont majoritairement des Yacouba (autochtones) et des Peuls d'origine guinéenne. Ils pratiquent l'agriculture et l'élevage de bovin et de caprin.

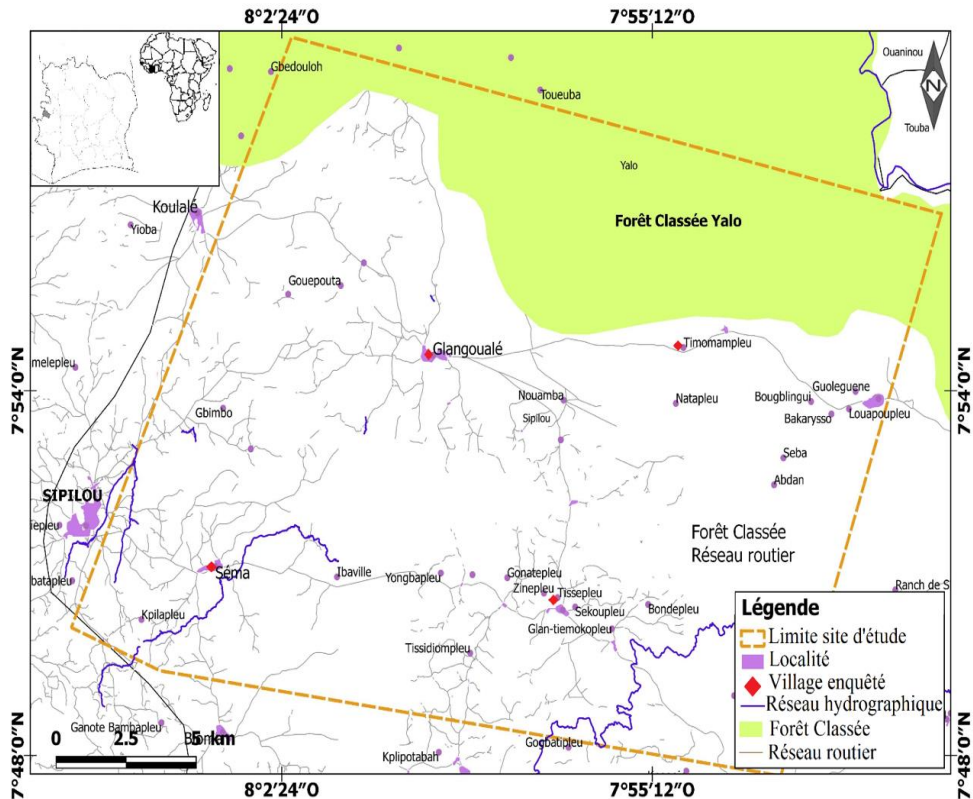


Figure 1. Localisation du site d'étude dans le département de Sipilou.

Enquêtes ethnozoologiques

Les prospections pédestres dans les différents habitats sélectionnés ont été précédées par des entretiens avec les populations dans quatre villages du site de l'étude. Il s'agit des villages de Séma, Glangoualé, Timomampléu et de Tissepleu. Les enquêtes ethnozoologiques ont été organisées auprès des personnes préalablement informées de l'exercice. L'échantillonnage s'est fait au sein des groupes de personnes dont les connaissances de la faune et de son habitat sont bonnes et reconnues dans le village. Pour garantir la description faite des animaux par les personnes enquêtées, le guide de Kingdon (2015) et un catalogue des grands mammifères de Côte d'Ivoire conçu à cet effet ont été utilisés.

Prospections pédestres

L'inventaire des espèces de mammifères a été réalisé en octobre 2019. Les prospections pédestres ont été conduites dans quatre types d'habitats. Il s'agit de forêts secondaires au sein de la forêt classée de Yalo, des savanes arborées, des jachères et les espaces cultivés. Les espèces de mammifères ont été inventoriées à l'aide de la méthode des marches de reconnaissances ou Recce (Bitty *et al.*, 2013 ; Akpatou *et al.*, 2018). L'équipe a adopté une progression lente et régulière en suivant une direction constante afin de relever toutes les informations complémentaires (Akpatou *et al.*, 2018). Les indices de présence de la faune mammalienne ont été collectés par une équipe de trois personnes marchant à une vitesse de 0,5 à 1 km/h. Cette équipe était dotée d'un GPS et d'une boussole pour la navigation dans les habitats et pour le géoréférencement des informations collectées (Akpatou *et al.*, 2018). Les inventaires ont été conduits dans la journée de 06 h 00 à 13 h 00. Cette période correspond à des moments de grande activité des animaux aux mœurs diurnes (Rabeil, 2003). En plus, la visibilité à cette période de la journée est optimale pour les observations des indices de la faune mammalienne (Gibbons et Gregory, 2006). Les données collectées sur les parcours étaient directes ou indirectes. Les observations directes ont concerné les contacts visuels avec les espèces de mammifères lors des marches. Les observations indirectes prennent en compte les indices de présence des mammifères (crottes, empreintes distinctives, latrines, terriers, restes d'aliments et vocalisations). L'identification correcte des mammifères observés s'est faite à l'aide du guide des mammifères d'Afrique Kingdon (2015). Les espèces de mammifères ont été identifiées en suivant la taxinomie et la nomenclature de Butynski *et al.* (2013) ; Happold (2013) ; Kingdon et Hoffmann (2013). Seulement, la liste des espèces de mammifères inventoriées au cours de cette étude est présentée dans les résultats.

Analyse des données

L'Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) des différentes espèces de mammifères, qui est le nombre d'indices de présence par kilomètre parcouru, a été calculé selon la formule : $IKA = \text{Nombre d'indices de présence (N)} / \text{Distance totale parcourue en km}$. L'indice IKA permet d'apprécier l'abondance relative de chaque espèce de mammifères au niveau de la zone d'étude (Yao *et al.*, 2016 ; Akpatou *et al.*, 2018). La fréquence de rencontre des indices de présence des espèces d'animaux a également été calculée selon la formule : $FRI = (\text{Nombre d'indices de présence} / \text{Nombre total d'indices de présence}) \times 100$. Pour chaque type d'habitat, la richesse spécifique (S) observée, l'indice de Shannon (H'), l'indice de diversité de Simpson (1-D) et l'indice d'équitabilité de Piélou (J') ont été calculés. Le test t de diversité a été utilisé pour comparer les valeurs des indices de Shannon (H') et des indices

de Simpson (D) des différents habitats. Les abondances des indices de présence des mammifères des quatre types d'habitats ont été comparées par une analyse de variance (ANOVA à un facteur). Le logiciel PAST v. 4.04 (Hammer *et al.*, 2001) a été utilisé pour les analyses des données. Seulement, les données des observations indirectes des différentes espèces ont été utilisées pour les différentes analyses. Tous les tests sont significatifs à $p < 0,05$. La liste rouge de l'UICN (<https://www.iucnredlist.org/>) a été consultée pour évaluer le statut de conservation des espèces inventoriées. Cependant, une appréciation de l'abondance de la faune a été faite par les populations lors des enquêtes selon l'échelle suivante : + : espèce rare , ++ : espèce abondante, +++ : espèce très abondante.

Résultats

Richesse spécifique

Les personnes enquêtées ont signalé la présence de 37 espèces de mammifères dans la localité. Les prospections pédestres ont confirmé la présence de 21 espèces de mammifères appartenant à cinq Ordres : Rongeurs, Cétartiodactyles, Carnivores, Primates, Lagomorphes. Parmi les espèces recensées, sept appartiennent à l'Ordre des Rongeurs, six aux Cétartiodactyles, quatre aux Carnivores, trois aux Primates et une espèce aux Lagomorphes (Tableau 1). La richesse spécifique par habitat varie de 9 à 17 espèces (Tableau 2 & 3). Quelques observations directes ont été enregistrées chez certaines espèces diurnes telles que *Crossarchus obscurus*, *Herpestes sanguineus*, *Potamochoerus porcus*, *Lepus victoriae*, *Cercopithecus petaurista*, *Cercopithecus campbelli*, *Erythrocebus patas*, *Protoxerus stangeri*, *Heliosciurus rufobrachium* et *Xerus erythropus* (Tableau 1).

Tableau 1.Liste des espèces des mammifères et leur statut de conservation

| Ordre | Famille | Nom scientifique | Nom commun | Nom local | Type d'observation | Statut | |
|------------|-------------|-----------------------------|-------------------|-----------|--------------------|-------------|------|
| | | | | | | L | UICN |
| Carnivores | Herpestidés | <i>Crossarchus obscurus</i> | Mangouste brune | Wlè | direct /indirect | + + + | LC |
| | Herpestidés | <i>Herpestes sanguineus</i> | Mangouste rouge | Sankpa dô | direct /indirect | + + + | LC |
| | Viverridés | <i>Civettictis civetta</i> | Civette d'Afrique | Boùhou | indirect | + + | LC |

| Ordre | Famille | Nom scientifique | Nom commun | Nom local | Type d'observation | Statut | |
|-------------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------------|-------------|--------------------|-----------------------|----------|
| | | | | | | L o c a l | UI CN |
| Cétartiodactyles | Viverridés | <i>Genetta pardina</i> | Genette pardine | Gouh | indirect | + | LC |
| | Bovidés | <i>Cephalophus niger</i> | Céphalophe noir | Gba | indirect | + | LC |
| | Bovidés | <i>Cephalophus rufilatus</i> | Céphalophe à flancs roux | Guétté | indirect | + | LC |
| | Bovidés | <i>Philantomba maxwellii</i> | Céphalophe de maxwell | Vônan | indirect | + | LC |
| | Bovidés | <i>Tragelaphus scriptus</i> | Guib harnaché | Zrôh | indirect | + | LC |
| | Suidés | <i>Phacochoerus africanus</i> | Phacochère | Lêbô | indirect | + | LC |
| | Suidés | <i>Potamochoerus porcus</i> | Potamochère | Gbôssouanlé | direct /indirect | + | LC |
| Lagomorphes | Leporidés | <i>Lepus victoriae</i> | Lièvre de savane | Sarnin | direct /indirect | + | LC |
| Primates | Cercopithecidés | <i>Cercopithecus campbelli</i> | Mone de Campbell | Wôttir | direct /indirect | + | NT |
| | Cercopithecidés | <i>Cercopithecus petaurista</i> | Cercopithèque Blanc nez | Vê | direct /indirect | + | NT |
| | Cercopithecidés | <i>Erythrocebus patas</i> | Patas | Kpôn | direct /indirect | + | NT |
| Rongeurs | Hystricidés | <i>Atherurus africanus</i> | Athérure d'Afrique | Téh | indirect | + | LC |
| | Hystricidés | <i>Hystrix cristata</i> | Porc-épic | Zardô | indirect | + | LC |

| Ordre | Famille | Nom scientifique | Nom commun | Nom local | Type d'observation | Statut | |
|-------|---------------|----------------------------------|--------------------------------|------------|--------------------|--------|------|
| | | | | | | L | UICN |
| | Nesomyidés | <i>Cricetomys gambianus</i> | Rat géant de Gambie | Flénin | indirect | + | LC |
| | Sciuridés | <i>Heliosciurus rufobrachium</i> | Héliosciure aux pattes rousses | Gouani | direct /indirect | + | LC |
| | Sciuridés | <i>Protoxerus stangeri</i> | Ecureuil géant de stranger | Gouani | direct /indirect | + | LC |
| | Sciuridés | <i>Xerus erythropus</i> | Rat palmiste | Bouhar nan | direct /indirect | + | LC |
| | Thryonomyidés | <i>Thryonomys swinderianus</i> | Grand aulacode | Sô | indirect | + | LC |

Statut selon enquête : Espèce très abondante (+++), espèce abondante (++) , espèce rare (+)
Statut UICN (2022) : LC = Préoccupation mineure, NT = Quasi menacée

Abondance relative

L'Ordre des Rongeurs enregistre près de la moitié des indices de présence (49% ; N = 356). Il est suivi de l'Ordre des Cétartiodactyles (29% ; N = 215) et des Carnivores (13% ; N = 98). Les faibles indices de présence ont été enregistrés chez les Primates (5% ; N = 33) et les Lagomorphes (4% ; N = 26) (Figure 2).

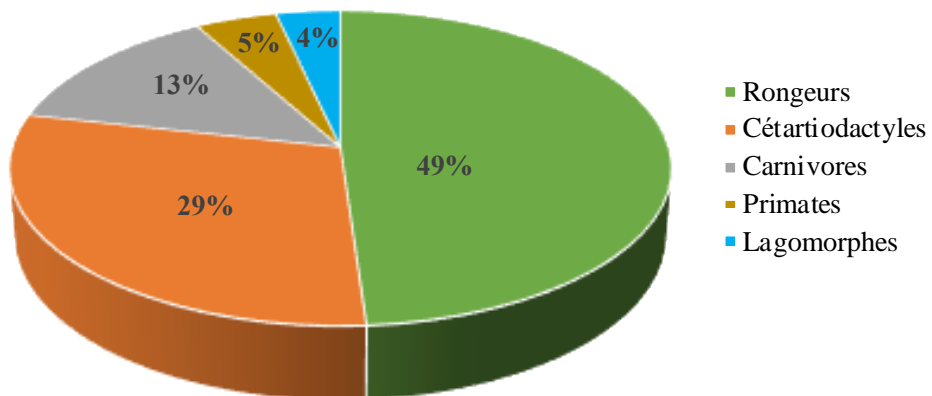


Figure 2. Fréquences relatives des indices de présence selon les Ordres des mammifères dans le département de Sipilou

Les indices kilométriques d'abondance (IKA) déterminés varient de 0,22 (*Cercopithecus campbelli*) à 4,85 ind/km (*Thryonomys swinderianus*). Le grand aulacode *Thryonomys swinderianus* (FRI = 18% avec IKA = 4,85 ind/km) a été le plus abondant, suivi par le guib harnaché *Tragelaphus scriptus* (FRI = 10,57% avec IKA = 2,85 ind/km), l'athérure d'Afrique *Atherurus africanus* (FRI = 10,3% avec IKA = 2,77 ind/km), l'écureuil géant de Stranger *Protoxerus stangeri* (FRI = 7,28% avec IKA = 1,96 ind/km) et le céphalophe de maxwell *Philantomba maxwellii* (FRI = 7,14% avec IKA = 1,92 ind/km). Les espèces les plus faiblement représentées dans la zone d'étude ont été *Cercopithecus campbelli*, *Potamochoerus porcus*, *Cephalophus rufilatus*, *Cercopithecus petaurista*, *Cricetomys gambianus* et *Herpestes sanguineus* (Tableau 2).

Au niveau des habitats, les indices de présence des mammifères ont été plus collectés dans la forêt secondaire (43% ; N = 313). Ensuite viennent les espaces cultivés (28,43% ; N = 207), les savanes arborées (16,48% ; N = 120) et les jachères (12,09% ; N = 88). Les indices de présence des mammifères varient significativement entre les types d'habitats prospectés (ANOVA à un facteur : F = 4,901 ; dl = 3 ; p = 0,003).

L'espèce de mammifères la plus abondante dans la forêt secondaire a été *Tragelaphus scriptus* (N = 44), suivi par *Atherurus africanus* (N = 40) et *Philantomba maxwellii* (N = 37). Dans les savanes arborées, *Thryonomys swinderianus* (N = 34) a été l'espèce abondante. Il est suivi par *Xerus erythropus* (N = 12) et *Phacochoerus africanus* (N = 11). *Thryonomys swinderianus* (N = 27) et *Atherurus africanus* (N = 12) ont été les plus abondants dans les jachères. Quant aux espaces cultivés, les espèces les plus représentées ont été *Thryonomys swinderianus* (N = 41), *Xerus erythropus* (N = 19) et *Atherurus africanus* (N = 17). Certaines espèces ubiquistes telles que *Atherurus africanus*, *Crossarchus obscurus*, *Thryonomys swinderianus* et *Tragelaphus scriptus* ont été observées dans tous les habitats prospectés (Tableau 2).

Tableau 2. Nombre d'indices de présence, fréquence relative et indice kilométrique d'abondance (IKA) des espèces de mammifères

| Nom scientifique | Nom commun | Habitat | | | | Fréquence relative (%) | IKA (ind/Km) |
|----------------------------------|--------------------------------|------------------|----------------|-----------|----------------|------------------------|--------------|
| | | Forêt secondaire | Savane arborée | Jachère | Espace cultivé | | |
| <i>Atherurus africanus</i> | Athérure d'Afrique | 40 | 6 | 12 | 17 | 10,3 | 2,77 |
| <i>Cephalophus niger</i> | Céphalophe noir | 22 | - | - | 6 | 3,84 | 1,03 |
| <i>Cephalophus rufilatus</i> | Céphalophe à flancs roux | 3 | 5 | 4 | - | 1,65 | 0,44 |
| <i>Cercopithecus campbelli</i> | Mone de Campbell | 6 | - | - | - | 0,82 | 0,22 |
| <i>Cercopithecus petaurista</i> | Cercopithèque Blanc nez | 12 | - | - | - | 1,65 | 0,44 |
| <i>Civettictis civetta</i> | Civettes d'Afrique | 7 | - | 8 | 5 | 2,74 | 0,74 |
| <i>Cricetomys gambianus</i> | Rat géant de Gambie | 7 | - | - | 5 | 1,65 | 0,44 |
| <i>Crossarchus obscurus</i> | Mangouste brune | 27 | 7 | 7 | 7 | 6,6 | 1,77 |
| <i>Erythrocebus patas</i> | Patas | - | 8 | - | 7 | 2,07 | 0,55 |
| <i>Genetta pardina</i> | Genette pardine | 11 | 7 | - | - | 2,47 | 0,66 |
| <i>Heliosciurus rufobrachium</i> | Héliosciure aux pattes rousses | 12 | 3 | - | 15 | 4,12 | 1,11 |
| <i>Herpestes sanguineus</i> | Mangouste rouge | - | - | 5 | 7 | 1,65 | 0,44 |
| <i>Hystrix cristata</i> | Porc-épic | 9 | 6 | - | - | 2,07 | 0,55 |
| <i>Lepus victoriae</i> | Lièvre de savane | - | 7 | 7 | 12 | 3,57 | 0,96 |
| <i>Phacochoerus africanus</i> | Phacochère | 15 | 11 | - | 9 | 4,8 | 1,29 |
| <i>Philantomba maxwellii</i> | Céphalophe de maxwell | 37 | - | - | 15 | 7,14 | 1,92 |
| <i>Potamochoerus porcus</i> | Potamochère | 11 | - | - | - | 1,51 | 0,40 |
| <i>Protoxerus stangeri</i> | Ecureuil géant de Stranger | 21 | 5 | - | 27 | 7,28 | 1,96 |
| <i>Thryonomys swinderianus</i> | Grand aulacode | 29 | 34 | 27 | 41 | 18 | 4,85 |
| <i>Tragelaphus scriptus</i> | Guib harnaché | 44 | 9 | 9 | 15 | 10,57 | 2,85 |
| <i>Xerus erythropus</i> | Rat palmiste | - | 12 | 9 | 19 | 5,5 | 1,48 |
| Total | | 313 | 120 | 88 | 207 | 100 | |

(-) absence des espèces

Indice de diversité

Le tableau 3 montre les différentes valeurs des indices de diversité des quatre types d'habitats. L'indice de Shannon indique que la forêt secondaire est l'habitat le plus diversifié ($H' = 2,61$). Le second habitat le plus diversifié selon le même indice est l'espace cultivé ($H' = 2,51$), suivi de la savane arborée ($H' = 2,33$) et enfin la jachère ($H' = 2,02$). Les indices de diversité de Simpson (1-D) suivent les mêmes évolutions que ceux de Shannon. Les valeurs les plus élevées ont été observées dans la forêt secondaire (1-D = 0,91) et l'espace cultivé (1-D = 0,90). Les valeurs relativement faibles ont été observées dans la savane arborée (1-D = 0,87) et la jachère (1-D = 0,84). Les indices de Shannon diffèrent significativement presque entre tous les habitats, excepté entre la forêt secondaire et l'espace cultivé tandis que l'indice de Simpson (D) diffère significativement entre la forêt secondaire et la savane arborée, forêt secondaire et la jachère, l'espace cultivé et la jachère (Tableau 4). L'indice d'équitabilité de Pielou (J') est très élevé (≥ 91) dans tous les habitats (Tableau 3).

Tableau 3. Indices de diversité des différents habitats

| Habitat | Richesse spécifique (S) | Indice de Shannon (H') | Indice de diversité de Simpson (1-D) | Equitabilité (J') |
|------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| Forêt secondaire | 17 | 2,61 | 0,91 | 0,92 |
| Savane arborée | 13 | 2,33 | 0,87 | 0,91 |
| Jachère | 9 | 2,02 | 0,84 | 0,92 |
| Espace cultivé | 15 | 2,51 | 0,90 | 0,92 |

Tableau 4. Comparaison des indices de diversité entre les différents habitats

| Habitat | Indice de Shannon (H') | Indice Simpson (D) |
|------------------|----------------------------|------------------------|
| Forêt secondaire | 2,614 ± 0,001 | 0,085 ± 0,000 |
| Savane arborée | 2,335 ± 0,004 | 0,128 ± 0,000 |
| | t = 3,554; p = 0,001 | t = -2,230; p = 0,027 |
| Forêt secondaire | 2,614 ± 0,001 | 0,085 ± 0,000 |
| Jachère | 2,024 ± 0,004 | 0,159 ± 0,000 |
| | t = 7,557; p = 0,001 | t = -3,296 ; p = 0,001 |
| Forêt secondaire | 2,614 ± 0,001 | 0,085 ± 0,000 |
| Espace cultivé | 2,509 ± 0,002 | 0,097 ± 0,000 |
| | t = 1,818 ; p = 0,069 | t = -1,293 ; p = 0,196 |
| Savane arborée | 2,335 ± 0,004 | 0,128 ± 0,000 |
| Jachère | 2,024 ± 0,004 | 0,159 ± 0,000 |
| | t = -3,157 ; p = 0,001 | t = 1,106 ; p = 0,270 |
| Savane arborée | 2,335 ± 0,004 | 0,128 ± 0,000 |
| Espace cultivé | 2,509 ± 0,002 | 0,097 ± 0,000 |
| | t = -2,083; p = 0,038 | t = 1,493 ; p = 0,137 |
| Jachère | 2,024 ± 0,004 | 0,159 ± 0,000 |

| Habitat | Indice de Shannon (H') | Indice Simpson (D) |
|----------------|---|--|
| Espace cultivé | 2,509 ± 0,002 t = -5,841 ; p = 0,001 | 0,097 ± 0,000 t = 2,634 ; p = 0,009 |

Statut de conservation

A l'issue des entretiens, les populations locales ont affirmé que certaines espèces de mammifères sont encore en grand nombre dans la région tandis que d'autres sont rarement observées. Parmi les 21 espèces de mammifères recensées, 17 espèces ont été considérées comme très abondantes (+++) dans la zone d'étude. L'espèce *Potamochoerus porcus* est peu abondante (++) tandis que *Cercopithecus campbelli*, *Cercopithecus petaurista*, *Hystrix cristata* sont devenues rares dans la région. Selon la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN, 2022), trois espèces *Cercopithecus campbelli*, *Cercopithecus petaurista* et *Erythrocebus patas* sont classées quasi menacées (NT) (Tableau 1).

Discussion

La présente étude donne un aperçu de l'état de la faune mammalienne dans le département de Sipilou. Selon les personnes enquêtées, la zone d'étude abrite encore une communauté importante de faune mammalienne. La présence de 37 espèces de mammifères a été signalée lors des enquêtes. Cependant, les prospections pédestres ont permis de confirmer la présence de 21 espèces mammifères. Cette richesse spécifique observée sur le terrain est relativement faible comparativement aux 27 espèces de mammifères obtenues au Parc National du Mont Sangbé (Kouakou *et al.*, 2021), situé dans la même zone géographique. La faible richesse spécifique des mammifères dans la zone d'étude pourrait être liée d'une part à la courte période de l'étude et d'autre part à la pression humaine qui a dû rendre de nombreuses espèces cryptiques (Gonedélé et Bitty, 2013 ; Yao, 2016). Les modifications des caractéristiques des habitats naturels dues aux activités humaines impactent non seulement la diversité, l'abondance et la distribution des espèces de mammifères mais, peuvent entraîner leur extinction au niveau local (Andrade-Núñez et Aide, 2010 ; Legese *et al.*, 2019). En effet, au cours des enquêtes, les populations locales ont été unanimes sur la disparition de plusieurs espèces de mammifères des habitats du département de Sipilou. Il s'agit du bubale (*Alcelaphus buselaphus*), du lion (*Panthera leo*) et du pangolin géant (*Smutsia gigantea*). La destruction des habitats naturels dans la zone d'étude pourrait être l'une des causes de la disparition de ces espèces de mammifères. La déforestation et la fragmentation des habitats sont connues comme les principales causes d'extinction des espèces de mammifères (Link *et al.*, 2010 ; Bitty *et al.*, 2015 ; Legese *et al.*, 2019).

Dans l'ensemble, les mammifères de grande taille (> 100 kg) sont rares dans la zone d'étude. Certaines espèces telles que l'éléphant de forêt d'Afrique *Loxodonta cyclotis* (CR), le chimpanzé *Pan troglodytes verus* (CR), le buffle d'Afrique *Syncerus caffer* (NT), l'ourébi *Ourebia ourebi* (LC) et le Cobe defassa *Kobus ellipsiprymnus ssp. defassa* (NT) dont leur présence dans la zone d'étude a été signalée par les populations locales, n'ont pas été observées lors des prospections pédestres. Probablement, ces espèces de mammifères ont dû quitter les milieux anthropisés pour se réfugier dans le Parc National du Mont Sangbé (PNMS) ou dans des habitats intacts de la forêt classée de Yalo. Cette fuite des habitats dégradés par certaines espèces de mammifères vers les milieux naturels mieux conservés est soutenue par les populations locales. Selon les dires des personnes enquêtées, les dernières populations d'éléphants et de chimpanzés de la localité se seraient réfugiés dans les forêts de montagne au sein de la forêt classée de Yalo.

La couverture végétale, la disponibilité de la nourriture et le niveau de perturbation des habitats naturels sont des variables environnementales qui influencent la diversité et l'abondance des espèces de mammifères (Kadmon, 1993 ; Tews *et al.*, 2004). Comme la plupart des études antérieures menées sur les mammifères (Bohoussou *et al.*, 2018 ; Kouakou *et al.*, 2021), cette étude montre une variation de la richesse spécifique et l'abondance des espèces en fonction des types d'habitats. Le choix des habitats par les espèces de mammifères est lié à leur exigence écologique et aux caractéristiques de cet habitat (Andrade-Núñez et Aide, 2010 ; Bobo *et al.*, 2014). La forêt secondaire enregistre la richesse spécifique la plus élevée et les indices de présence des espèces de mammifères sont significativement plus abondants dans cet habitat que dans les autres habitats. Cela démontre que plusieurs espèces de mammifères ont une préférence pour les habitats moins perturbés par les activités humaines. Cette forêt secondaire représente un refuge pour la faune mammalienne résiduelle face aux nombreuses pressions humaines dans la localité. Les activités humaines en plus de réduire et fragmenter les habitats de la faune ont entraîné la diminution des ressources alimentaires dans le milieu naturel. Par conséquent, la faune mammalienne a tendance à se nourrir dans les cultures d'où le nombre d'espèces de mammifères de plus en plus croissant dans les espaces cultivés relevés dans cette étude. La forte présence des mammifères dans les espaces cultivés est récurrente en Côte d'Ivoire (Béné *et al.*, 2018). La majorité des habitats prospectés sont des milieux ouverts ou fragmentés, ce qui a facilité l'observation directe des animaux de mœurs diurnes, particulièrement ceux des Familles des Herpestidés, des Leporidés, des Cercopithecidés et des Sciuridés.

Les indices de présence des Primates (5%) ont été rares dans la zone d'étude comparativement aux Ordres des Rongeurs (49%) et des Cétartiodactyles (29%). La raréfaction des espèces de primates des habitats

naturels est due aux actions combinées de la déforestation et du braconnage (Gonédélé Bi *et al.*, 2010 ; 2014 ; Bitty *et al.*, 2015). Le grand aulacode (*Thryonomys swinderianus*), le guib harnaché (*Tragelaphus scriptus*) et l'athérure d'Afrique (*Atherurus africanus*) ont été les espèces les plus abondantes dans la zone d'études. Des études antérieures ont observé des abondances similaires de ces espèces dans différents habitats (Akpatoou *et al.*, 2018 ; Kouakou *et al.*, 2021). L'abondance de ces espèces pourrait être justifiée par leur bonne reproductivité, un régime alimentaire très varié et une bonne adaptation de celles-ci aux habitats perturbés (Happold, 2013 ; Kingdon et Hoffmann, 2013).

Selon les critères de la liste rouge de l'Union International pour la Conservation de la Nature (UICN, 2022), les trois espèces de primates, le mone de Campbell (*Cercopithecus campbelli*), le cercopithèque blanc nez (*Cercopithecus petaurista*) et le patas (*Erythrocebus patas*) inventoriées au cours de cette étude, sont quasi menacées (NT). A ces espèces, il faut ajouter l'éléphant de forêt d'Afrique *Loxodonta cyclotis* (CR) et du chimpanzé *Pan troglodytes verus* (CR) qui seraient encore présents dans la forêt classée de Yalo selon la population locale. Le mone de Campbell et le cercopithèque blanc nez ont également été inventoriés dans la forêt classée de Yalo. Ces espèces peuvent être sélectionnées comme des espèces phares pour mobiliser des fonds pour la conservation de la forêt classée de Yalo. Des actions de conservation en faveur de la forêt classée de Yalo pourraient contribuer à sauver de nombreuses espèces animales menacées d'extinction.

Conclusion

Une communauté importante de mammifères subsiste dans le département de Sipilou. La faune mammalienne de la localité est dominée par les espèces les mieux adaptées aux habitats perturbés. La zone d'étude abrite des espèces de mammifères d'intérêt mondial pour la conservation. Il s'agit du mone de Campbell *Cercopithecus campbelli* (NT), du cercopithèque blanc nez *Cercopithecus petaurista* (NT), du patas *Erythrocebus patas* (NT), de l'éléphant de forêt d'Afrique *Loxodonta cyclotis* (CR) et du chimpanzé *Pan troglodytes verus* (CR). Ces espèces et leurs habitats méritent une attention particulière de la part des populations locales et des gestionnaires nationaux de la conservation de la faune afin de les sauvegarder.

References:

1. Akpatoou KB., Yao KA., & Bohoussou KH. (2018). Diversité et Abondance Relative des Mammifères des Forêts Classées de Mabi et de Yaya au Sud-Est de la Côte d'Ivoire: Un État des Lieux. *European Journal of Scientific Research* 150 (2): 213-228.

2. Andrade-Núñez M., & Aide M. (2010). Effects of habitat and landscape characteristics on medium and large mammal species richness and composition in northern Uruguay. *Zoologia* 27: 909–917.
3. Butynski TM., Kingdon J., & Kalina J. (2013). Mammals of Africa. Primates. London, United Kingdom, Bloomsbury Publishing, Vol. II, 556 p.
4. Atnafu G., & Yihune M. (2018). Species composition and relative abundance of medium and large mammals in Mengaza communal forest, East Gojjam, Ethiopia. *Journal of Ecology and The Natural Environment* 10(2): 34-40.
5. Béné J-C K., Kouakou C-V., Kpangui KB., Vroh Bi T A., Djaha K., & Adou Yao CY., (2018). Diversité de la faune sauvage mammalienne dans les agroforêts à cacaoyer de la zone de contact forêt-savane au centre de la Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 35 (3): 5734-5748.
6. Bitty EA., Kadjo B., Gonedelé Bi S., Okon OM., & Kouassi KP., (2013). Inventaire de la faune mammalogique d'une forêt urbaine, le Parc National du Banco, Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 7(4): 1678-1687.
7. Bitty AE., Gonedelé Bi SB., Bene J-CK., Kouassi P., & McGraw WS., (2015). Cocoa farming and primate extirpation inside Cote d'Ivoire's protected areas. *Tropical Conservation Science* 8(1): 95-113.
8. Bohoussou KH., Akpatou KA., Kouassi YWR., & Kpangui KB., (2018). Diversité des Mammifères et valeur pour la conservation des reliques forestières au sein d'une concession agro-industrielle au sud-ouest de la Côte d'Ivoire », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne]*, DOI : 10.4000/vertigo.19947.
9. Bobo S., Kamgaing L., Ntumwel C., & Kagalang D., (2014). Species richness, spatial distributions, and densities of large- and medium-sized mammals in the northern periphery of Boumba-bek National Park, southeastern Cameroon. *African Study Monographs* 49: 91–114.
10. Diarrassouba A., Gnagbo A., Kouakou YC., Campbell G., Tiedoué MR., Tondossama A., Kühl HS., & Koné I., (2019a). Differential response of seven duiker species to human activities in Taï National Park, Côte d'Ivoire. *African Journal of Ecology* 1–11.
11. Diarrassouba A., Gnagbo A., Kouakou YC., Bogui EB., Kablan AY., Nehoun BP., Tondossama A., & Koné I., (2019b). Seasonal distribution of duikers in the different vegetation types of Taï National Park (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biosciences* 14 (2): 386-397.

12. Djakalidja C., (2011). Agriculture et protection de l'environnement dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire, entre logiques marchandes et logiques écologiques. L'Harmattan, 275 pp.
13. Gibbons DW., & Gregory RD., (2006). Birds. In Sutherland, W.J. (Ed.): Ecological census techniques: a handbook. 2nd edition. Cambridge University Press, Cambridge. 336 pp.
14. Gonédélé Bi S., Bitty EA., Gnangbé F., Béné J-C., Koné I., & Zinner D., (2010). Conservation status of Geoffroy's Pied Colobus Monkey *Colobus vellerosus* Geoffroy 1834 has dramatically declined in Côte D'Ivoire. *African Primates* 7 (1): 19-26.
15. Gonedelé Bi S., & Bitty AE., (2013). Conservation of threatened Primates of Dassioko Sud and Port Gauthier Forest reserves in coastal Côte d'Ivoire. Final Report to Primate Conservation Inc., Charlestown, RI, 19 p.
16. Gonédélé Bi S., Bitty EA., Ouattara K., & McGraw WS., (2014). Primate surveys in Cote d'Ivoire's Sassandra-Bandama interfluvial region with notes on a remnant population of black and white colobus. *African J. Ecol.* 52 :491-498.
17. Hammer Ø., Harper DAT., & Ryan PD., (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 1-9.
18. Happold DCD., (2013). Mammals of Africa. Volume III: Rodents, Hares and Rabbits. Bloomsbury Publishing, London, United Kingdom, 789 pp.
19. Jorgensen SE., Costanza R., & Fu-Liu X., (2005). Handbook of ecological indicators for assessment of ecosystem health. London: CRC press, 498 pp.
20. Kablan YA., Diarrassouba A., Mundry R., Campbell G., Normand E., Kühl H., Koné I., & Boesch C., (2017). Effects of anti-poaching patrols on the distribution of large mammals in Taï national Park, Côte d'Ivoire. *Oryx* 53(3): 1-10.
21. Kadjo B., Azani D., Tsague L., & Gomse A., (2014). Etat des lieux des populations d'Hippopotames et autres grands mammifères du Parc National de la Marahoué (Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 26 (2): 89-101.
22. Kadmon R., (1993). Population Dynamic consequences of habitat heterogeneity: an experimental study. *Ecology* 74: 816-825.
23. Kingdon J., (2015). The Kingdon field guide to African mammals. UK: Bloomsbury Publishing. London, 640 pp.
24. Kingdon J., & Hoffmann M., (2013). Mammals of Africa. Volume VI: Pigs, Hippopotamuses, Chevrotain, Giraffes, Deer and Bovids. Bloomsbury Publishing, London, United Kingdom, 680 pp.

25. Kingdon J., Happold D., Butynski T., Hoffmann M., Happold M., & Kalina J., (2013). *Mammals of Africa* (6 volumes). Bloomsbury Publishing, London, United Kingdom, 3,720 pp.
26. Koffi DA., Akpatou KB., Koné S., Azani D., & Kouakou YC., (2022). Diversity, abundance, occurrence, and conservation status of mammals on the islands of Azagny National southern Côte d'Ivoire. *International Journal of Biosciences* 21(3): 52-62.
27. Kouadio BH., Kouame KF., Saley BM., Biemi J., & Ibrahima T., (2007). Insécurité climatique et géorisques en Côte d'Ivoire : étude du risque d'érosion hydrique des sols dans la région semi-montagneuse de Man (Ouest de la Côte d'Ivoire). *Sécheresse* 18(1): 29-37.
28. Kouakou CY., Tiemoko CD., Bene J-CK., Koffi AD., & Beda AA., Tondossama A., (2021). Occurrence and relative abundance indices of the Western Roan Antelope (*Hippotragus equinus koba*) and other mammals at mount Sangbé National Park, Côte d'Ivoire. *Eco. Env. & Cons.* 27 (2): 730-740
29. Kouakou J-L., Gonedele Bi S., Bitty EA., Kouakou YC., Yao AK., Kassé KB., Ouattara S., (2020). Ivory Coast without ivory: Massive extinction of African forest elephants in Cote d'Ivoire. *PLoS ONE* 15(10): e0232993. <https://doi.org/10.1371/journal>.
30. Kramoko B., Béné J-CK., Yao Kouakou YC., N'Guessan KA., Kouakou VC., (2017). Diversité, Distribution Et Statut De Conservation Des Primates Dans Les Reliques De Forêts Dans La Région Du Tonkpi, À L'ouest De La Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal* 13(26): 20-41.
31. Legese K., Bekele A., & Kiros S., (2019). A Survey of large and medium-sized mammals in Wabe forest fragments, Gurage zone, Ethiopia. *International Journal of Avian & Wildlife Biology* 4(2): 32-38
32. Lemma A., & Tekalign W., (2020). Abundance, Species Diversity, and Distribution of Diurnal Mammals in Humbo Community-Based Forest Area, Southern Ethiopia. *International Journal of Zoology* 1-5.
33. Link A., Luna AG., Alfonso F., Giraldo-Beltran P., & Ramirez F., (2010). Initial effects of fragmentation on the density of three Neotropical primate species in two lowland forests of Colombia. *Endangered Species Research* 13: 41–50.
34. Micaela C., Jeffrey T., Laura A., Sara C., Silvia DM., & Mariana A., (2020). Using local ecological knowledge to improve large terrestrial mammal surveys, build local capacity and increase conservation opportunities. *Biological Conservation* 244. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108450>

35. Monket AEH., Kablan YA., Kouakou YC., Kely MR., Tiedoue MR., Diarrassouba A., Tondossama A., & Bene J-CK., (2022). Facteurs de distribution de *Cephalophus zebra* Gray, 1838 et de *Cephalophus jentinki* Thomas, 1892 au Parc national de Taï, Sud-Ouest de Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences* 51(1) : 9173-9186.
36. N'guessan KA., Kalou Bi MJRG., Kouakou YC., & Béné J-CK., (2021). Potentielles ressources alimentaires d'origine végétale des chimpanzés (*Pan troglodytes verus*) dans la zone forestière du Parc National du Mont Sangbé, Ouest de la cote d'ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 15(5): 2058-2071.
37. Porras LP., Vazquez L-B., Sarmiento-Aguilar R., Douterlungne D., & Valenzuela-Galvan D., (2016). Influence of human activities on some medium and large-sized mammals' richness and abundance in the Lacandon Rainforest. *Journal of Nature Conservation* 34:75-81.
38. Tews J., Brose U., Grimm V., Tielbörger K., Wichmann MC., Schwager M., & Jeltsch F., (2004). Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*, 31: 79-92.
39. Tiesse BAV, 2020. Apport de la Télédétection et des SIG pour le suivi spatiotemporel de l'occupation du sol et la cartographie de la sensibilité à l'érosion hydrique dans la région montagneuse du Tonkpi (ouest de la Côte d'Ivoire). Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, 34p.
40. UICN, (2022). IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022.1. www.iucnredlist.org
41. Wuver AM., & Attuquayefio DK., (2006). The Impact of Human Activities on Biodiversity Conservation in a Coastal Wetland in Ghana. *West African Journal of Applied Ecology* 9:1-4.
42. Yao KA., Kassé KB., Gonedelé Bi S., Yaokokoré-Béibro KH., (2016). Diversité des Mammifères de la forêt classée de Dassioko Sud, Fresco (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire) : un état des lieux. *Afrique Sciences*, 12 (4): 16 p.

Caractérisation Sedimentologique et Lithostratigraphique de Deux Puits de la Zone d'Eboinda, Sud-est de la Côte d'Ivoire

Koré Élysée Guede
Chiaye Larissa Koffi
Yapi Désiré Sosthène Ronald Atto
Kassi Adjoua Maryline-Audrey Edjeme
N'ga-Yah Rosine Adina Befakandet Messou
Driss-Zayn Al-Abidine Diarra

UFR of Geological and Mining Sciences, University of Man, Côte d'Ivoire

N'goran Jean-Paul YAO

UFR-STRM, University Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n36p95](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p95)

Submitted: 22 September 2022

Accepted: 17 November 2022

Published: 30 November 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Guede K.É., Koffi C.L., Atto Y.D.S.R., Edjeme K.A.M., Messou N.R.A.B., Diarra D.A. & Yao N.J. (2022). *Caractérisation Sedimentologique et Lithostratigraphique de Deux Puits de la Zone d'Eboinda, Sud-est de la Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (36), 95. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p95>

Resume

Eboinda a fait l'objet de plusieurs campagnes de recherche scientifique et pétrolière depuis l'observation de suintements de bitume dans cette zone. La présente étude porte sur la caractérisation sédimentologique et paléoenvironnementale de cette zone. L'objectif principal est de déterminer la nature lithologique et l'environnement de dépôt de ses sédiments. Ainsi treize (13) échantillons provenant de deux (2) puits d'hommes ont permis de caractériser les formations sédimentaires d'Eboinda. Au cours de ce travail plusieurs méthodes ont été utilisées pour réaliser les analyses lithologiques, granulométriques et morphoscopiques. Les analyses lithologiques ont mis en évidence une sédimentation dominée par des argiles sableuses avec des sables quartzeux et du bitume en faible proportion. La granulométrie a distingué trois (03) catégories de sables, allant de très grossiers, grossiers à moyens, tous provenant du domaine fluviatile donc continental transportés en majorité par charriage et par suspension. Les grains de quartz présents dans les sables sont subanguleux à subarrondis à aspect émoussé luisant (90%) ou rond-mats

(10%). Les premiers indiquent que les grains ont subi un long transport en milieu fluviatile tandis que les seconds traduisent un transport éolien.

Mots-clés: Sédimentologie, environnement de dépôt, Morphoscopie, Granulométrie, Eboinda

Sedimentological and Paleoenvironmental Characterization of the Ebonda Area, South – East Côte d’Ivoire

Koré Élysée Guede

Chiaye Larissa Koffi

Yapi Désiré Sosthène Ronald Atto

Kassi Adjoua Maryline-Audrey Edjeme

N’ga-Yah Rosine Adina Befakandet Messou

Driss-Zayn Al-Abidine Diarra

UFR of Geological and Mining Sciences, University of Man, Côte d’Ivoire

N’goran Jean-Paul YAO

UFR-STRM, University Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d’Ivoire

Abstract

Eboinda has been the subject of several scientific and oil research campaigns since the observation of bitumen seepage in this area. This study focuses on the sedimentological and paleoenvironmental characterization of this area. The main objective is to determine the lithological nature and the deposit environment of its sediments. Thus thirteen (13) samples from two manholes made it possible to characterize the area. During this work, several methods were used to carry out the lithological, grain size and morphoscopic analyses. Lithologic analyzes revealed a sedimentation dominated by sandy clays with quartz sands and bitumen in small proportion. The granulometry distinguished three (03) categories of sand, ranging from very coarse, coarse to medium, all coming from the fluvial domain, therefore continental, transported mainly by bedload and suspension. The quartz grains present in the sands are subangular to subrounded with a shiny blunt aspect (90%) or round-dull (10%). The first indicate that the grains underwent a long transport in a fluvial environment while the second reflect a wind transport.

Keywords: Sedimentology, deposit environment, Morphoscopy, Granulometry, Eboinda

Introduction

Le bassin sédimentaire ivoirien revêt un intérêt économique majeur, notamment pour la recherche pétrolière ainsi que dans l'exploitation des carrières pour les matériaux de construction. Dès les premières observations de suintements de bitumes en 1896 à Eboinda (région d'Adiaké près de la frontière du Ghana), plusieurs campagnes de prospection ont été effectuées aussi bien par les géologues universitaires que pétroliers et miniers sur le bassin sédimentaire ivoirien (Apostolescu, 1961 ; Spengler & Delteil, 1964 ; Bacchiana, 1981 ; Doyle *et al.*, 1982 ; Sombo, 2002 ; Digbehi *et al.*, 2011 a et b ; Guédé, 2016 ; Guédé *et al.*, 2019). Grâce aux travaux antérieurs réalisés, la stratigraphie du bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire a été reconstituée (Brun, 1978 ; Goua, 1993a et b ; N'Da *et al.*, 1995 ; Digbehi *et al.*, 1997 ; Saint-Marc et N'Da, 1997), ce qui a contribué à la découverte de plusieurs gisements.

Des travaux effectués dans la zone d'Eboinda, notamment par Dian (1977), Dioulo (2009) et SODEMI (2011) ont révélé et évalué le potentiel des indices de phosphates.

La majorité des études effectuées sur Eboinda se focalisent sur la connaissance quantitative du phosphate et son potentiel pétrolier. Ainsi, les caractéristiques géologiques portant sur les environnements des dépôts du Miocène de cette zone décrite par Toé Bi *et al.*, 2016 demeurent insuffisantes. C'est pourquoi, la nature des sédiments, leurs caractéristiques granulométriques et minéralogiques, leur origine et leur mode de déplacement font l'objet de la présente étude.

Cette étude est menée en vue de déterminer la nature lithologique et l'environnement de dépôt des sédiments d'Eboinda. Il en découle les objectifs spécifiques suivants :

- Déterminer la lithostratigraphie des formations de cette zone
- Définir le mode et la durée du transport des sédiments détritiques
- Identifier l'environnement de dépôt des sables de cette zone

I. Site et methode d'Etudes

I.1. Site d'Etude

La région d'Eboinda (**Figure 1**) est située au Sud-Est de la Côte d'Ivoire dans le département de Tiapoum (près du Ghana). La géologie de la région est constituée de socle cristallin et du bassin sédimentaire (12). Du point de vue lithologique cette region est composée d'argiles et des sables imprégnés de bitumes, recouverts par des dépôts du Plio-Quaternaire et met également en évidence trois niveaux d'imprégnation de bitume : un niveau supérieur (Eocène à l'Actuel) constitué d'argiles bitumineuses a kodjoboué (Bonoua), un niveau moyen (Paléocène) à lentilles de bitumes dans les formations argilo-sableuses où des cavités calcaires ont été observées, un

niveau inférieur (Maastrichtien) constitués de sables imprégnés de bitumes à Eboinda (Petroci, 1983). Les réserves de bitumes sont estimées pour la région d'Eboinda à 5 275 565 Tonnes (Coulibaly,1998).

Deux puits d'hommes ont été réalisés pour cette étude. Les coordonnées des points d'échantillonnage sont respectivement N 05°09'325''/W 03°06'330'' pour le puits 1 et N 05°09'992''/ W 03°06'314'' pour le puits 2.

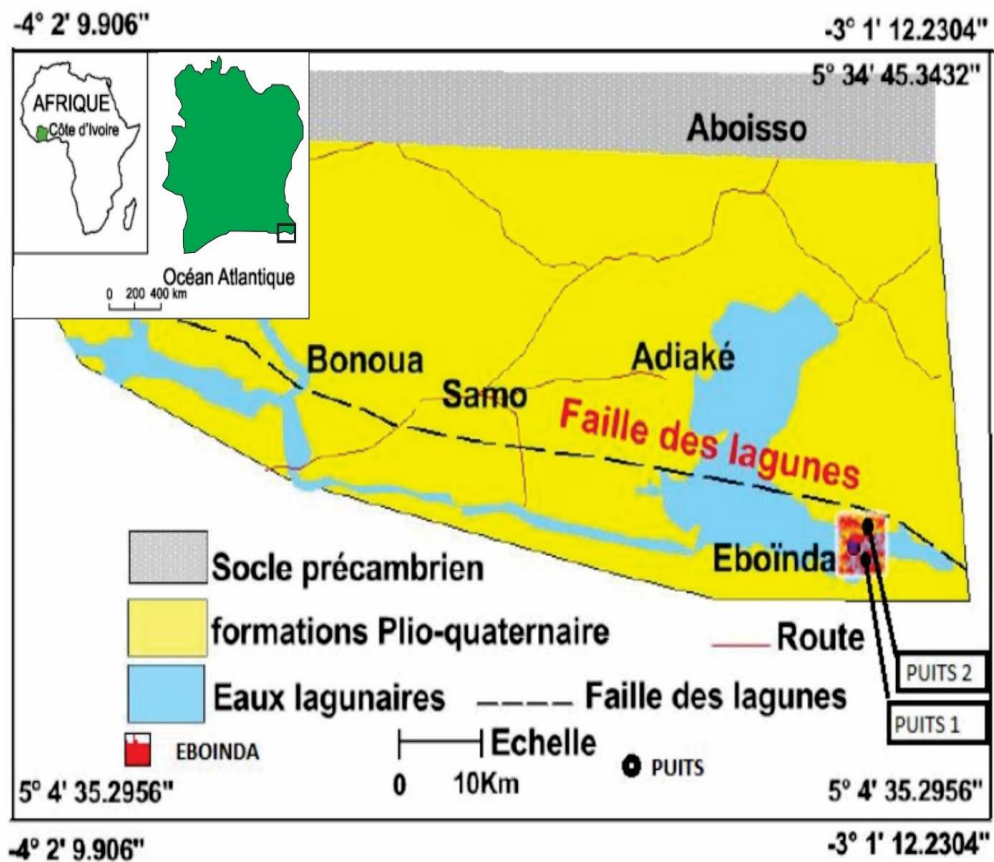


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

I.2. Methodes d'Etude

Cette étude a porté sur l'analyse de onze (11) échantillons de déblais prélevés dans les puits 1 (4 échantillons) et 2 (7 échantillons) tous deux situés à Eboinda.

Les méthodologies employées pour réaliser les études lithologiques, granulométriques et morphoscopiques de nos échantillons sont semblables à celles décrites par Guédé *et al.* (Sous presse). La couleur a été déterminée à parti de la charte de Munsell (2009).

La description macroscopique des sédiments, aussi bien à l'œil nu qu'à la loupe binoculaire ont permis d'établir la nature lithologique des formations. Cette description comprend leur composition minéralogique, leur texture et la détermination de certains minéraux dits accessoires. L'analyse minéralogique à la loupe binoculaire ne concerne que les sédiments meubles. Elle se fait à la loupe binoculaire sur les fractions ayant une taille comprise entre 63 et 250 μm . Plus la fraction est petite, plus la quantité de minéraux lourds augmente. Pour établir la granulométrie des sédiments sableux de nos échantillons, on a prélevé une fraction de 100 g de sédiment sur les résidus séchés du lavage au tamis de 63 microns. On place cette fraction au sommet d'une série de 16 tamis superposés dans l'ordre de taille de maille décroissante comprise entre 500 et 63 μm . Le tamisage est utilisé pour étudier la répartition granulométrique des grains de sables. Après agitation de 10 mn, les refus des tamis sont successivement récupérés et pesés. Le refus des différents tamis permet de construire des courbes granulométriques qui servent à déterminer les paramètres granulométriques pour l'analyse granulométrique.

Un certain nombre de paramètres, utiles dans le cadre de l'étude granulométrique d'une colonne sédimentaire, est calculé (Monde, 2004). Ces paramètres sont la moyenne, le classement, l'écart type, l'asymétrie, la médiane, le mode. La détermination de ces différents paramètres implique la connaissance des quantiles qui sont déterminés à partir du logiciel EasySeive (permet de calculer les quantiles pour l'analyse granulométrique). Il s'agit des quartiles, les déciles et les pentiles (Rivière, 1990).

Les environnements de dépôt sédimentaire seront déterminés à partir des diagrammes So-Md et Md-Sk de Moiolar & Weiser (1968). Ces diagrammes permettront de différencier les environnements de sables de plage, de rivière, de dune côtière et de dune continentale.

La morphoscopie des grains de quartz détermine l'aspect de la surface et de la forme des grains de quartz. Elle renseigne sur la distance parcourue par le sédiment et son agent de transport. L'étude morphoscopique s'est basée sur les méthodes de Pettijohn (1949) et de Cailleux (1947).

II. Resultats

II.1. Description lithostratigraphique des formations sédimentaires du puits

Ce puits est caractérisé par trois (03) faciès lithologiques à savoir : le bitume sableux, l'argile sableuse, et le sable. La profondeur totale du puits est de 34,5m.

➤ Sables

Les sables sont caractérisés par la présence de grains de quartz, ils sont présents à l'intervalle (33-34,5m) et représente 1,5 m d'épaisseur. Ce sont des sables fins à grossiers, de coloration jaune brunâtre (brownish yellow)

10YR6/8, d'après la charte de MUNSELL. Les grains de quartz sont anguleux à subanguleux d'aspect translucide et mal triés.

➤ **Argiles sableuses**

Les argiles sableuses sont des formations meubles qu'on retrouve à l'intervalle (31-32,5m) de coloration jaune brunâtre (brownish yellow) 10YR6/8, d'après la charte de MUNSELL. Elle représente 1,5m d'épaisseur. On note environ 60 % d'argiles et environ 40% de sables. Les grains de quartz sont anguleux à subanguleux d'aspect souvent mat souvent translucide moyennement triés.

➤ **Sable bitumineux**

La partie sableuse est en très faible proportion, la couche de bitume est abondante. On retrouve cette couche à l'intervalle (0-30,5m).

Les faciès du puits 1 sont repartis en trois (03) intervalles P1a, P1b, P1c. La description se fera dans le sens de la sédimentation.

• **Intervalle P1c (30-30,5m)**

On y trouve des sables qui sont caractérisés par la présence de grain de quartz. Ce sont des sables fins à grossiers, de coloration jaune brunâtre (brownish yellow) 10YR6/8. Les grains de quartz sont assez bien classés d'aspect translucide.

• **Intervalle P1b (31-32,5m)**

Les argiles sableuses sont des formations meubles qu'on retrouve à l'intervalle de coloration jaune brunâtre (brownish yellow) 10YR6/8. Les grains de quartz sont assez bien classés d'aspect translucide.

• **Intervalle P1a (33-34,5m)**

Cet intervalle est représenté par du bitume de couleur noir avec une fine partie sableuse qu'on ressent au toucher (**Figure 3**).

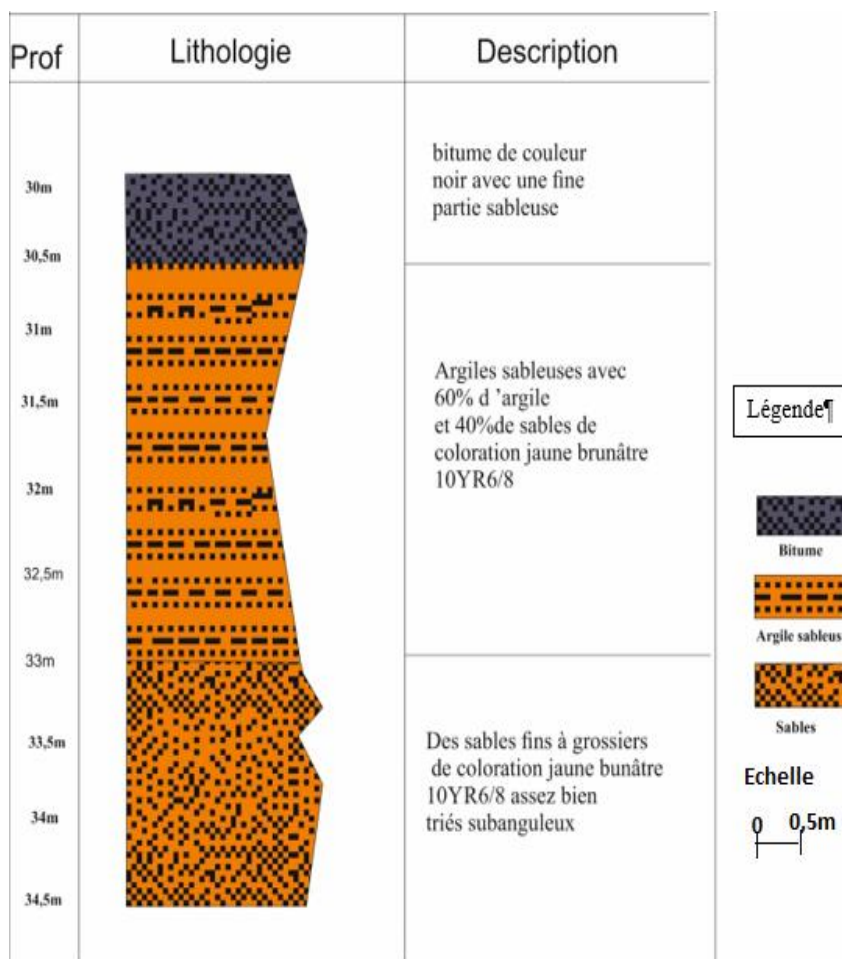


Figure 3. Coupe lithostratigraphique du Puits 1

II.2. Description lithostratigraphique des formations sédimentaires du puits 2

Un seul faciès lithologique caractérise ce puits. Il s'agit des argiles sableuses avec des proportions d'environ 70 % d'argiles et 30 % de sables. Les sédiments sont meubles avec des sables fins, des grains de quartz en majorité translucides subanguleux à subarrondis assez bien triés dans l'ensemble. On note la présence de feldspaths. La profondeur totale du puits est de 32,5 m, la coloration de ses sédiments varie entre le jaune brunâtre (brownish yellow, 10YR6/8) et le brun jaunâtre foncé (dark yellowish brown, 10YR4/6 ; 10YR5/6).

Nous avons trois intervalles P2a, P2b, P2c. La description se fait dans le sens de la sédimentation.

➤ **Intervalle P2c (26-28,5m)**

Intervalle caractérisé par des argiles sableuses de coloration brun jaunâtre foncé (dark yellowish brown, 10YR5/6) d'après la charte de Munsell. Les grains sont subanguleux assez bien triés d'aspect translucide.

➤ **Intervalle P2b(30,5-29m)**

Cet intervalle est caractérisé par de l'argile sableuse de coloration jaune brunâtre (brownish yellow, 10YR6/8), avec des grains émoussés luisants médiocrement classés.

➤ **Intervalle P2a (31-32,5m)**

Cet intervalle est représenté par de l'argile sableuse de coloration brun jaunâtre foncé (dark yellowish brown, 10YR4/6) avec des grains émoussés luisants médiocrement classés (**Figure 4**)

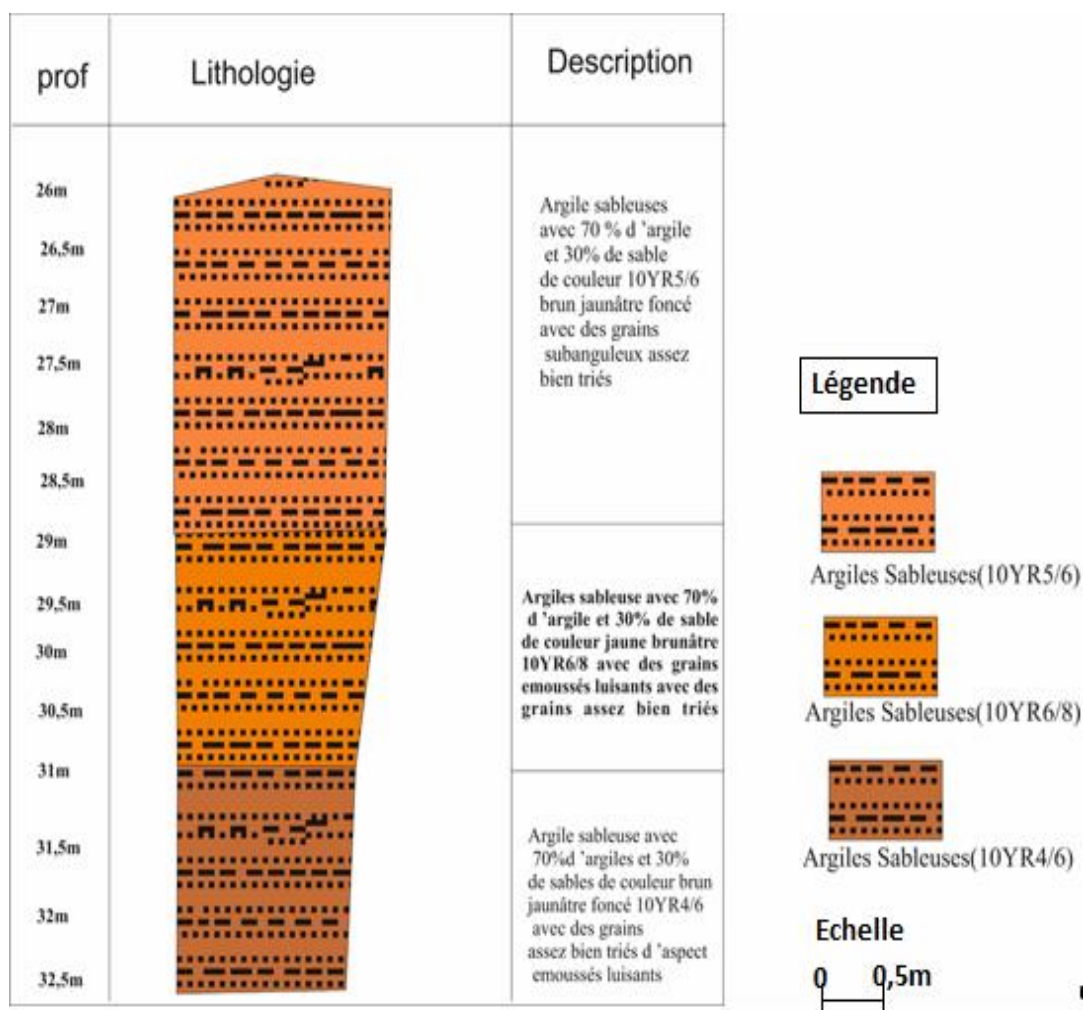


Figure 1. Coupe lithostratigraphique du Puit 2

II.3. Corrélation lithostratigraphique des puits 1 et 2

Les différents log lithostratigraphiques établis présentent des similitudes par endroits. Pour une meilleure approche nous avons subdivisé les niveaux en cinq unités. De la base au sommet nous avons : unité 1, unité 2, unité 3, unité 4, unité 5 (**Figure 5**).

La corrélation lithostratigraphique des puits présente certains niveaux qui sont partiellement présents dans les deux puits.

L'unité 1 est présente dans le puits 1 et absente dans le puits 2. L'unité 2 est présente dans le puits 2 mais absente dans le puits 1. L'unité 3 est présente dans les deux puits. L'unité 4 identifiée dans le puits 1 n'a pas été rencontrée dans le puits 2. L'unité 5 identifiée dans le puits 2 est absente dans le puits 1.

L'unité 1 est absente dans le puits 2 car la profondeur du puits n'est pas suffisante pour atteindre cette unité. L'unité 2 absente dans le puits 1 car cette formation a probablement subi une érosion. L'absence de l'unité 4 dans le puits 2 s'explique par le fait que le suintement du bitume se fait selon une direction bien définie par la migration de l'huile en l'absence de roche couverture dans laquelle le puits 2 n'est sûrement pas.

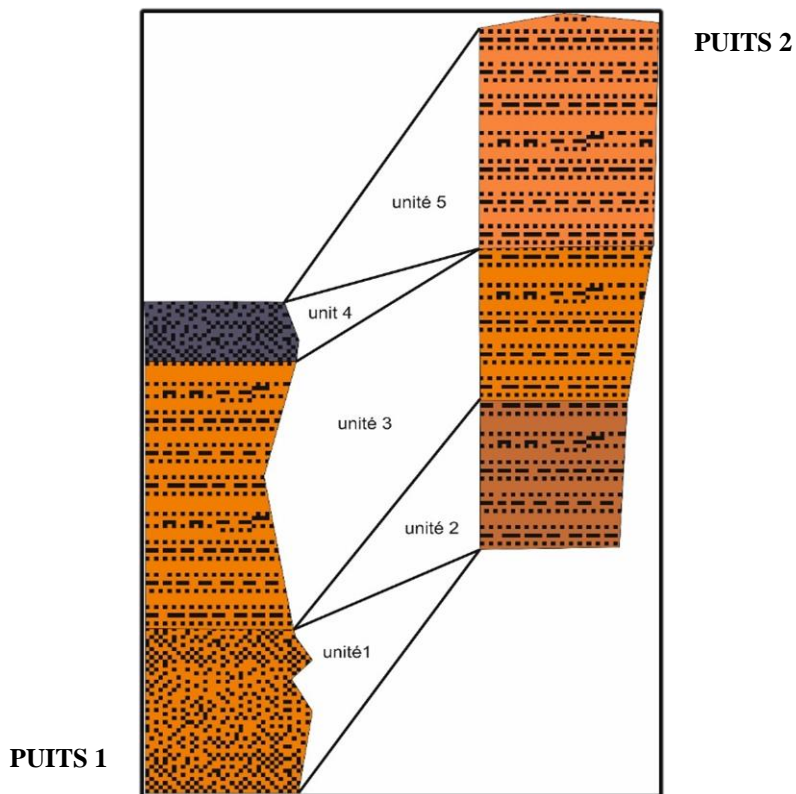


Figure 5. Corrélation lithostratigraphique des puits 1 et 2

Le puits 2 étant en amont par rapport au puits 1 on peut noter que la sédimentation a continué et a formé l'unité 5 tandis que la sédimentation du puits 1 s'est arrêtée au suintement de bitume qu'on retrouve à la surface de ce puits.

II.4. Analyse granulométrique des sédiments

L'étude granulométrique de la fraction sédimentaire supérieure à 63 µm permet de distinguer des sables très grossiers ($\phi \geq 1,25$ mm), grossiers ($0,63 \text{ mm} \leq \phi < 1,25$ mm), moyens ($0,315 \text{ mm} \leq \phi < 0,63$ mm), fins ($0,125 \text{ mm} \leq \phi < 0,315$ mm), et très fins ($0,063 \text{ mm} \leq \phi < 0,125$ mm).

Dans le puits 1 les proportions relatives de ces classes granulométriques montrent une abondance des sables très grossiers avec 83,61%. Les sables grossiers (8,33%), les sables moyens (3,35%), les sables fins (3,12%) et les sables très fins (0,96%) sont peu représentés. Cependant dans le puits 2, on retrouve des proportions plus élevées de sables grossiers (27,55%), de sables moyens (34,67%) et de sables fins (22,86%)

L'abondance des grains très grossiers, grossiers, à moyens traduit un mode de transport par charriage, l'énergie de dépôt est forte à très forte en fonction des grains, ainsi qu'une irrégularité du flux lors de la sédimentation (Figure 6).

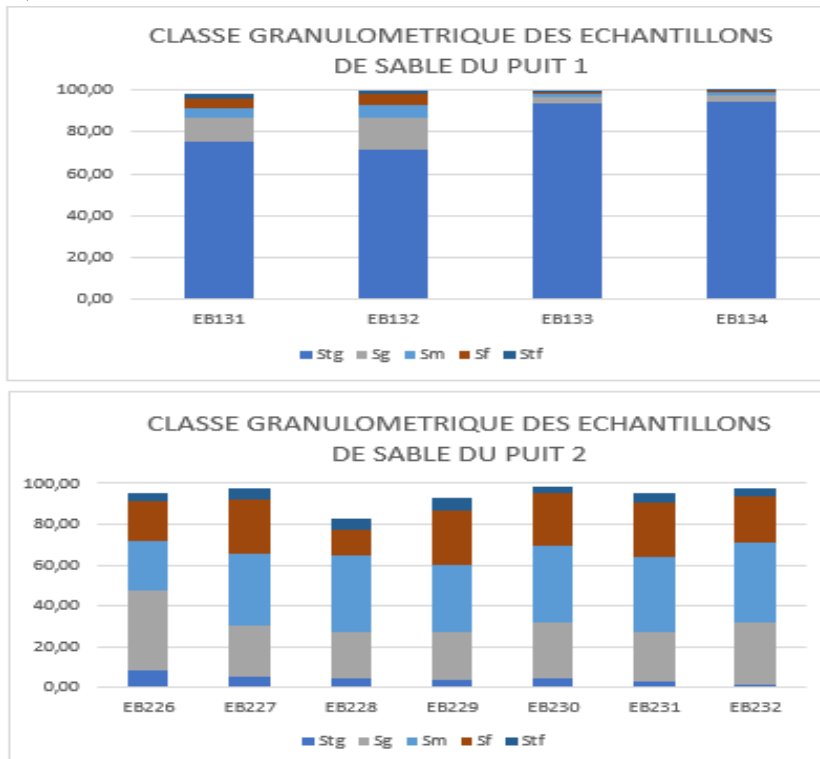


Figure 6 . Classe granulométrique des sables des puits 1 et 2

II.4.1. Faciès granulométrique

Les courbes cumulatives semi logarithmique des sables de chaque puits présentent la même allure en forme de « S ». Ce qui signifie que le faciès granulométrique obtenu est de type hyperbolique (**Figures 7 et 8**). Ce faciès hyperbolique traduit une sédimentation par accumulation libre, le dépôt est fonction de la variation de la compétence du courant du cours d'eau.

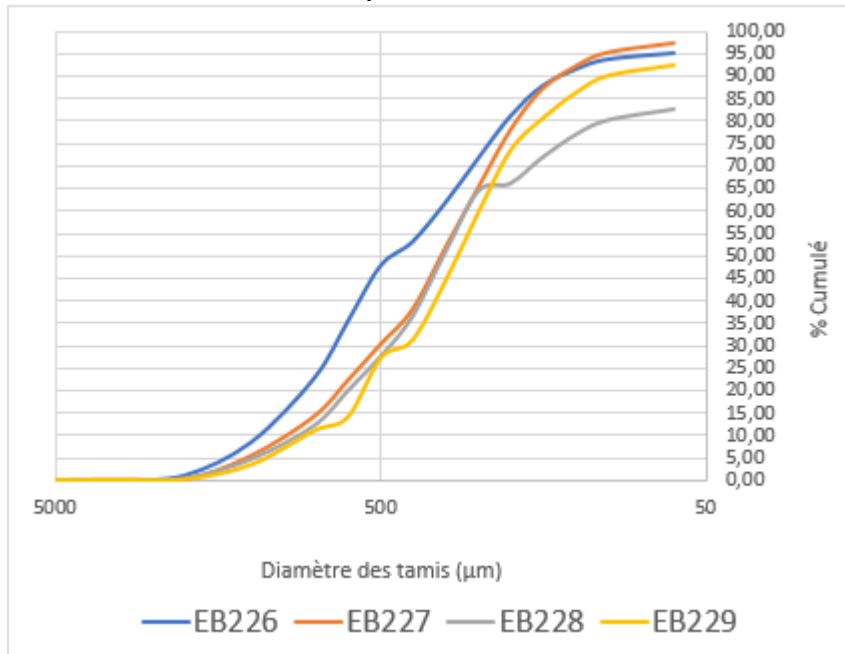


Figure 2. Courbe cumulative de type sigmoïde des sables du puits 1

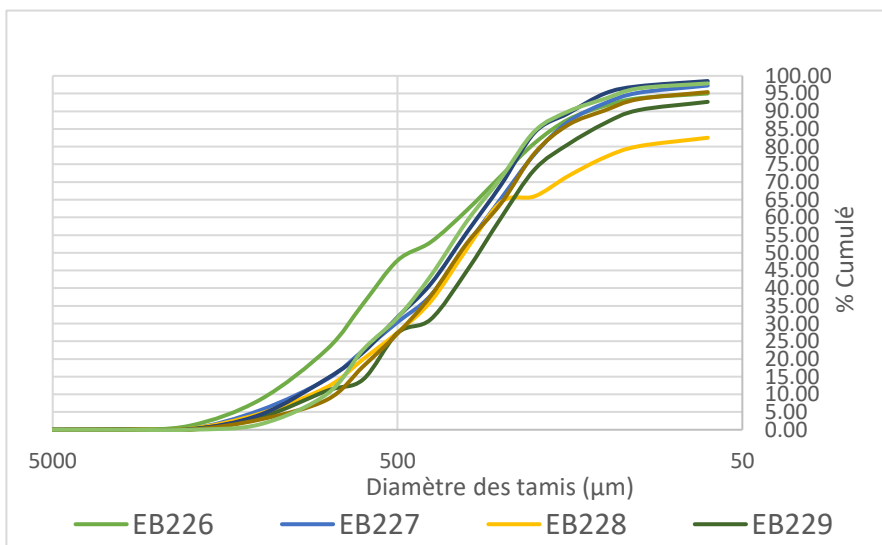


Figure 3. Courbe cumulative de type sigmoïde des sables du puits 2

II.4.2. Paramètres granulométriques

Les différentes moyennes calculées pour le puits 1 donne une seule classe de sable ; celles des sables très grossiers où la moyenne est supérieure à 2000 μ m. Quant au puits 2, à la cote 31m qui équivaut à l'échantillon EB226, la moyenne est supérieure à 500 μ m ce qui indique la classe des sables grossiers. Les moyennes des autres échantillons (EB227, EB228, EB229, EB230, EB231, EB232), comprises entre 1000 et 500 μ m présentent des sables de classe moyenne.

Dans le puits 1, les écart-types calculés pour les cotes 31m et 32m (EB131, EB132) sont compris entre 1 et 2, ce qui traduit que les grains sont médiocrement classés.

Pour la cote 33 m (EB133) et la cote 34 m (EB134) les sables sont moyennement classés avec un écart-type compris entre 0,71 et 1 et assez bien classé avec un écart-type compris entre 0,50 et 0,71 respectivement. Concernant le puits 2, deux types de classement sont observés. Pour les cotes 26 m (EB226) et 27 m (EB227), les grains de sable sont médiocrement classés avec un écart-type compris entre 1 et 2 et pour les cotes 28 m, 29 m, 30 m, 31 m et 32 m, les grains sont moyennement classés. Les sables présentent un mauvais classement qui s'explique par un courant de transport peu régulier. Les skewness obtenus pour le puits 1 traduisent une courbe très asymétrique vers les éléments fins (+1,00 > SK > + 0,30). Les skewness calculés pour le puit 2 indiquent deux tendances, les résultats compris entre -0,10 et 0,10 indiquent une courbe presque symétrique, ce qui est le cas pour les échantillons prélevés aux cotes 26m, 29m, 31m, 32m (EB226, EB229, EB231, EB232) et les cotes 27 m, 28 m, 30 m (EB227, EB228, EB230) nous donne des résultats compris entre -0,30 et -0,10, ils indiquent une courbe asymétrique vers les éléments grossiers (**Tableau I et II**).

Tableau I. Paramètres granulométriques des sables des puits 1

| Echantillons | Mz | Ecart-type | Skweness | Mz(μ m) | Classification |
|--------------|-------|------------|----------|--------------|---|
| EB131 | -1,28 | 1,68 | 0,62 | 3626 | Sable très grossiers médiocrement classé, forte asymétrie vers les éléments fins |
| EB132 | -1,20 | 1,68 | 0,53 | 3479,3 | sable très grossiers, médiocrement classé, forte asymétrie vers les éléments fins |

| | | | | | |
|--------------|-------|------|------|--------|--|
| EB133 | -2,11 | 0,80 | 0,57 | 4735,7 | sable très grossiers, moyennement classé, forte asymétrie vers les éléments fins |
| EB134 | -2,35 | 0,69 | 0,60 | 5335 | sable très grossiers, assez bien classé, forte asymétrie vers les éléments fins |

Tableau II. Paramètres granulométriques des sables du puits 2

| Echantillons | Mz | Ecart-type | Skweness | Mz(μm) | Classification |
|---------------------|-----------|-------------------|-----------------|---------------|--|
| EB226 | 1,07 | 1,12 | 0,08 | 583 | sable moyen, médiocrement classé, asymétrie vers les éléments grossiers |
| EB227 | 1,48 | 1,05 | -0,15 | 427,7 | sable moyen, moyennement classé, asymétrie vers les éléments grossiers |
| EB228 | 1,48 | 0,98 | -0,17 | 414,7 | sable moyen, moyennement classé, presque symétrique |
| EB229 | 1,60 | 0,94 | -0,09 | 372,7 | sable moyen, moyennement classé, asymétrique vers les éléments grossiers |
| EB230 | 1,39 | 0,96 | -0,15 | 444 | sable moyen, moyennement classé, presque symétrique |

| | | | | | |
|--------------|------|------|-------|-------|---|
| EB231 | 1,50 | 0,94 | -0,07 | 403 | sable moyen, moyennement classé, presque symétrique |
| EB232 | 1,38 | 0,90 | -0,03 | 435,3 | sable moyen, moyennement classé, presque symétrique |

II.4.3. Mode de transport des sables

Le test de Vischer permet de dégager trois populations A, B et C caractérisant trois modes de transport, le charriage, la saltation et la suspension (**Tableau III et IV**)

Tableau II. Statistique du test de Vischer du puits 1

| PUITS 1 | POPULATION A | POPULATION B | POPULATION C |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| EFFECTIFS | 11 | 18 | 18 |
| PROPORTIONS% | 23,40 | 38,29 | 38,29 |

Tableau III. Statistique du test Vischer du puits 2

| PUITS 2 | POPULATION A | POPULATION B | POPULATION C |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| EFFECTIFS | 15 | 23 | 27 |
| PROPORTIONS% | 23,07 | 35,28 | 41,53 |

Les figures 9 et 10 montrent que les sédiments des puits 1 et 2 sont transportés essentiellement par charriage et par suspension. Les dépôts se sont accumulés dans des conditions où les courants de fond sont assez rapides pour entraîner préférentiellement la suspension ; laquelle ne se dépose plus suffisamment pour ensevelir les grains roulés.

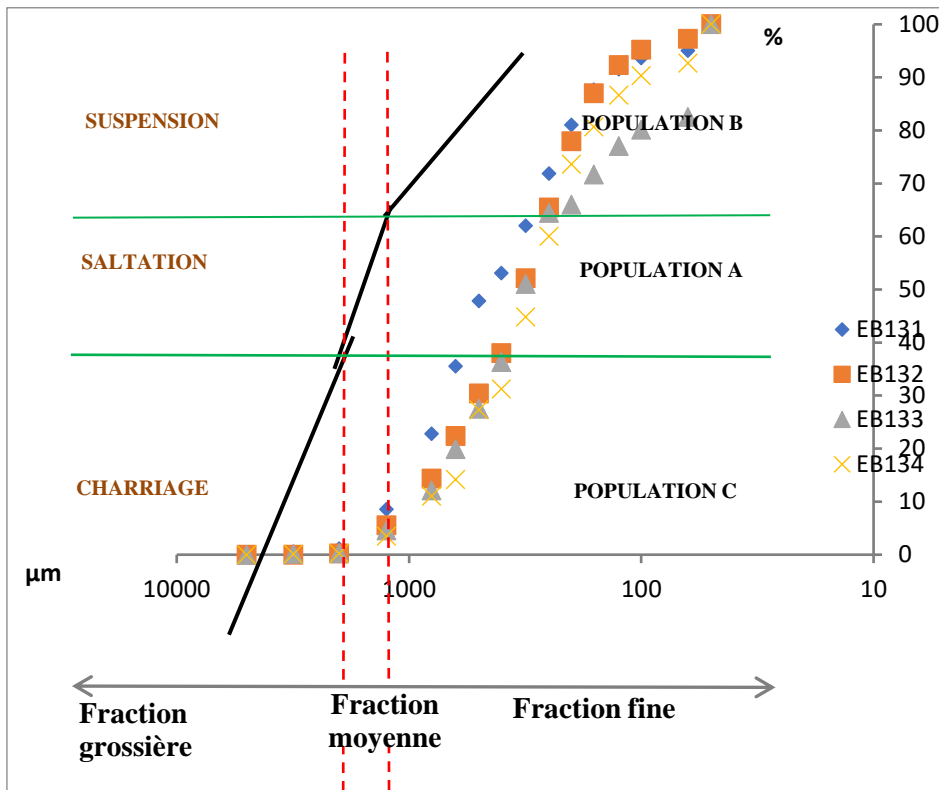


Figure 9. Diagramme de Visher (1969) appliqué aux sédiments du puits 1

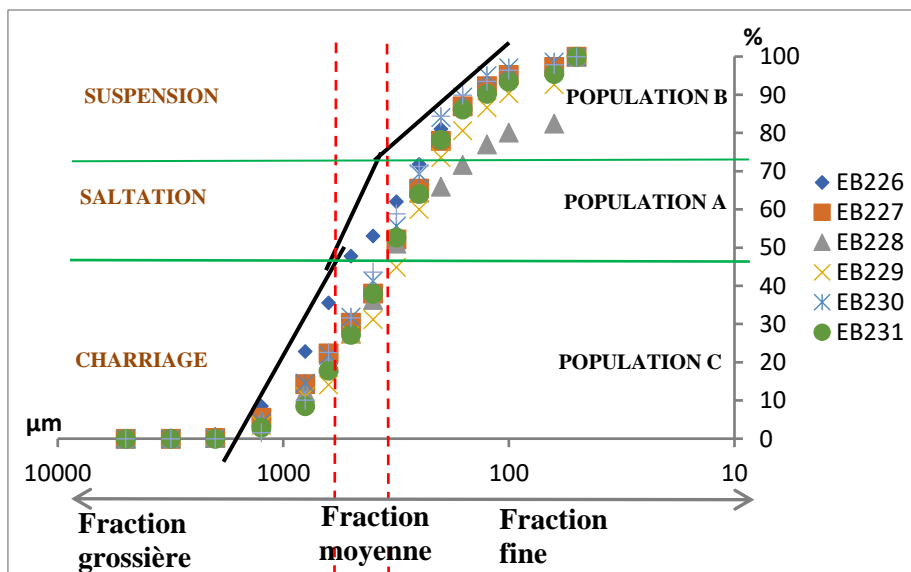


Figure 10. Diagramme de Visher (1969) appliqué aux sédiments du puit

II.4.4. Environnement de dépôt

Pour la détermination de l'environnement de dépôt, le diagramme de FRIEDMANN est appliqué aux puits 1 et 2. Le diagramme utilise l'asymétrie en fonction de l'écart-type (**Tableau V et VI**). Tous les points plotés se retrouvent dans le domaine fluviatile (**Figure 11**).

Tableau IV. Données d'asymétrie et d'écart-type du puits 1

| PUITS 1 | ASYMETRIE | ECART-TYPE |
|---------|-----------|------------|
| EB131 | 0,62 | 1,68 |
| EB132 | 0,53 | 1,68 |
| EB133 | 0,57 | 0,8 |
| EB134 | 0,60 | 0,69 |

Tableau VV. Données d'asymétrie et d'écart-type du puits 2

| PUITS 2 | ASYMETRIE | ECART-TYPE |
|---------|-----------|------------|
| EB226 | 0,08 | 1,12 |
| EB227 | -0,15 | 1,08 |
| EB228 | -0,17 | 0,98 |
| EB229 | -0,09 | 0,94 |
| EB230 | -0,15 | 0,96 |
| EB231 | -0,07 | 0,94 |
| EB232 | -0,03 | 0,90 |

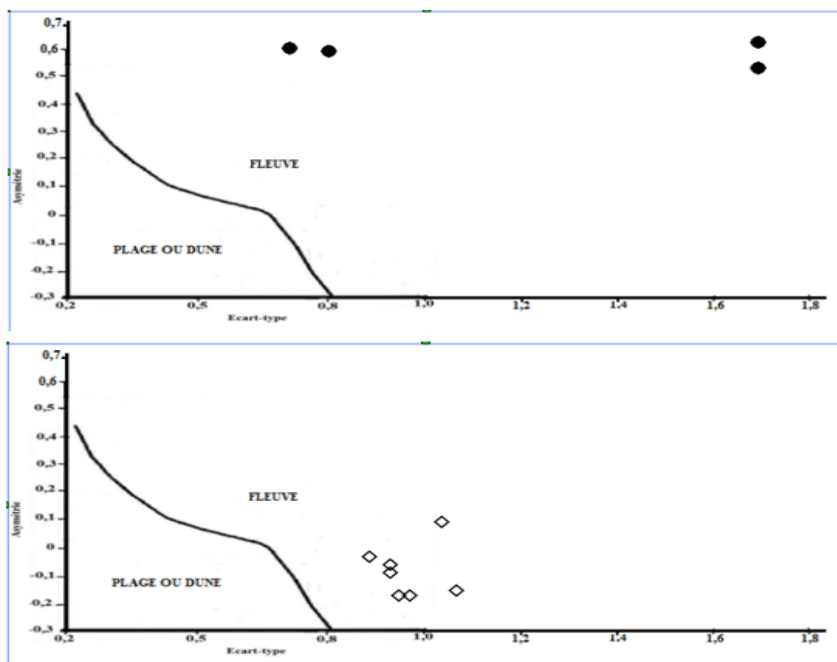


Figure 11. Diagramme Sk-So de Friedman appliquée aux sédiments des puits 1 et 2

II.4.5. MORPHOSCOPIE DES GRAINS DE SABLE

L'analyse morphoscopique a permis de déterminer la forme et l'aspect des grains de quartz (**figure 12**). Concernant la forme des grains, on observe des grains de quartz majoritairement subanguleux à subarrondis, quelques fois anguleux et de rares grains arrondis. Les grains de quartz présentent en général un aspect émoussé luisants (90%), et certains grains avec un aspect rond-mats (10%).

Les grains de quartz subarrondis, indiquent que les sédiments ont subis un long transport. Quant aux formes subanguleuses et anguleuses, elles s'expliquent par le fait que les grains proviennent d'un environnement proximal aux puits et ont été transportées sur une courte distance. L'aspect émoussé luisant montre que le transport des sédiments s'est effectué en milieu aquatique et les grains rond-mats témoignent d'un transport éolien.

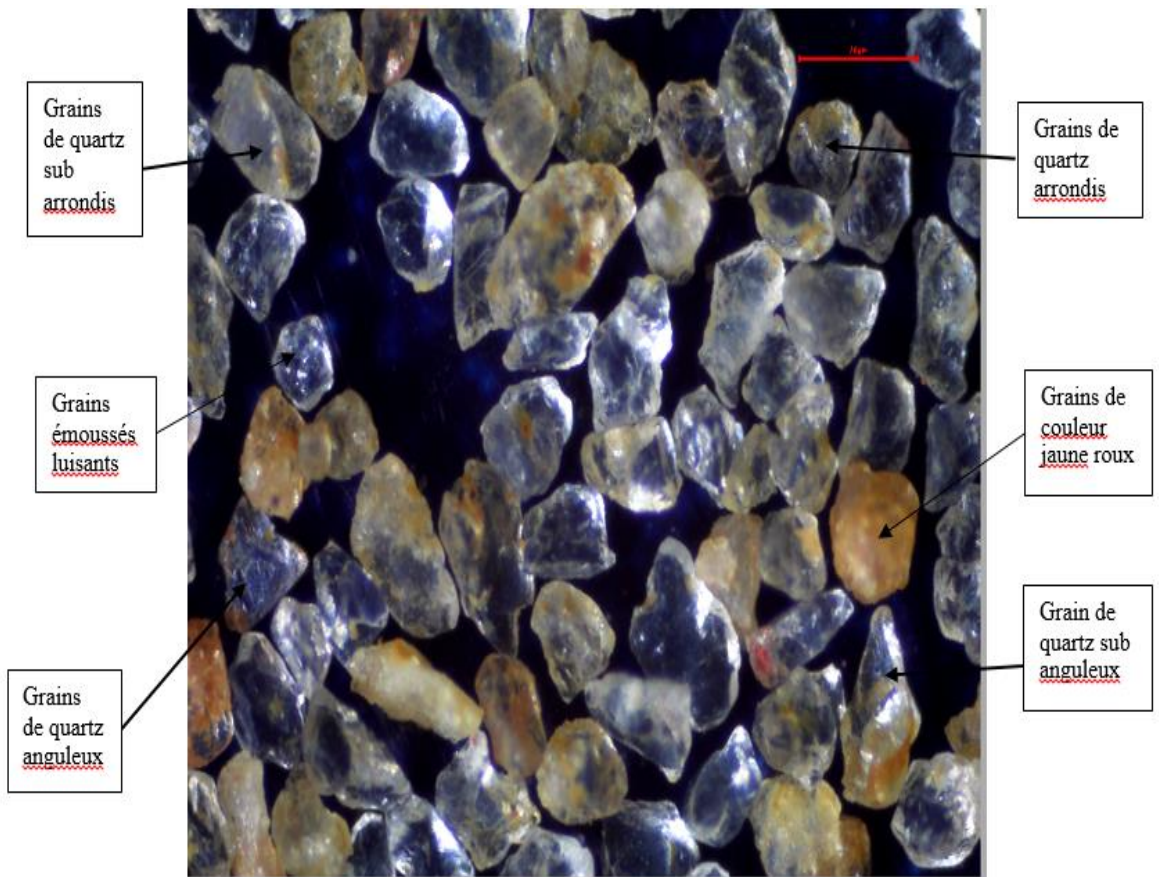


Figure 12. Morphoscopie des grains de sable de quartz du puits 1 (Forme et aspect des grains)

III. DISCUSSION

- **Sur l'aspect des grains de quartz**

La morphoscopie des grains de quartz montre que les grains sont d'aspect émoussé luisants. Les résultats sont corroborés par ceux de Douzo *et al.* (2019). Pour cet auteur, une prédominance de grains de quartz d'aspect émoussé luisant indique l'influence du transport par l'eau et une dynamique fluviale sur les grains de sables. Kra (2016) indique que les grains émoussés luisants sont le résultat du transport sur une longue distance en milieu aquatique

- **Sur le tri des sables**

Nos sables ont un mauvais classement, il varie du moyennement classé au médiocrement classé et rarement assez bien classé, ce qui est dû à un courant de transport irrégulier. Ces résultats sont en adéquation avec ceux de Kra (2016). Selon Vigreux *et al.* (2011), renchérit par Assalé (2013) un tel classement marque un contexte environnemental fluviale très turbulent typique de contextes torrentiels. La zone d'étude est définie comme étant un ancien chenal comblé par des dépôts de sable quartzeux.

- **Sur l'environnement de dépôt**

Le diagramme de Friedmann indique que les sédiments sont tous d'origine fluviale. Ce qui est en adéquation avec les travaux d'ATTO (2014) et Kra (2016) qui stipulent que les dépôts sont de type fluviale au Nord de la faille des lagunes. En outre, Gbangbot *et al.* (2012) ont montré dans leurs travaux que la sédimentation dans la partie Est s'est faite dans un environnement de type rivière et dune côtière. Ce sont en fait des dépôts continentaux.

Conclusion

Cette étude se résume en deux grands points, la caractérisation lithostratigraphique et la caractérisation sédimentologique.

La lithostratigraphie a révélé trois faciès lithologiques dans les deux puits. Pour le puits 1 les lithologies obtenues sont le bitume, de l'argile sableuse et du sable. Quant au puits 2, on y observe que de l'argile sableuse mais dans trois différentes couleurs (10YR6/8, 10YR 4/6, 10YR5/6). Le paléoenvironnement est de type continental fluviale.

L'étude sédimentologique à montrer que les tailles des grains de quartz (très grossiers, grossiers, moyens, fins, très fins) observées sont fonction de la distance parcourus par les sédiments en milieu aqueux et la puissance de l'énergie du transport.

Les sables sont moyennement à médiocrement classés ce qui s'explique par un mélange granulométrique dû à une baisse brutale de l'énergie de transport ou à la confluence de cours d'eau.

Le faciès granulométrique hyperbolique traduit le fait que les sédiments aient subi des variations granulométriques en rapport avec la compétence du cours d'eau.

Les grains émoussés luisants subanguleux à subarrondis nous permettent de comprendre que les sables ont été transportés par l'eau loin de leurs sources pourvoyeuse. La sédimentation s'est effectuée dans un milieu fluvial.

Remerciements

Les auteurs remercient les responsables du Laboratoire Central de l'Université de Man et le Centre de Recherche en Ecologie (CRE) qui ont facilité l'accès à leurs différents laboratoires pour la réalisation de cette étude.

References:

1. AKA, K. (1991). *La sédimentation quaternaire sur la marge de Côte d'Ivoire : Essai de modélisation*. Thèse Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles. Université d'Abidjan, Abidjan, Côte d'Ivoire, 320p.
2. APOSTOLESCU, V. (1961). Contribution à l'étude paléontologique (ostracodes) et stratigraphique des bassins créacés et tertiaires de l'Afrique occidentale. *Rev. Inst. Franç. Pétr.*, 16, 7-8, p779-867.
3. ASSALÉ, F.Y.P. (2013). *Caractérisation sédimentologique, palynologique, géochimique et paléoenvironnementale des formations de l'est du bassin onshore de côte d'ivoire*. Thèse de doctorat, Géologie marine, Université Felix Houphouët Boigny, Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire 361p.
4. ATTO, Y.D.S.R. (2014). *Caractérisation lithostratigraphique et sédimentologique de la région d'Adiaké (Bassin Onshore Est de la Côte d'Ivoire)*. Mémoire de master des sciences de la terre option Géologie Marine, UFR STRM, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire 68p
5. BACCHIANA, C. (1981). L'étude géologique de la région Abidjan, Anyama, Alépé, Bassam. *Ministère des mines. Direction des hydrocarbures*. 110p.
6. BRUN, M. (1978). *Microfossiles de la Côte d'Ivoire (Paléocène et limite Crétacé Tertiaire)*. *Apport de l'exoscopie à la connaissance des environnements*. Thèse de doctorat d'Etat, Université de Marseille, Marseille, France 229p
7. CAILLEUX, A. (1947). Distinction des sables marins et fluviaux. *Bull. Soc Géol. Fr.*, 5e série, t. XV, pp. 375-404.
8. COULIBALY, A. S. (1998). *Étude d'un indice de bitume dans la région de Bonoua : cas de Kodjoboué*. DEA Sciences de la Terre

- option Géologie Marine Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 64p.
9. DIGBEHI, Z. B., N'DA, L.V., YAO, K. R., & ATTEBA, Y.A. (1997). Principaux foraminifères et palynomorphes créacés du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire, Golfe de Guinée septentrional : propositions pour une échelle biostratigraphique locale. *Revue Afrique Géoscience*, Vol.4 n°3&4, pp.461-473.
 10. DIGBEHI, Z.B., GUÉDÉ, K.E., YAO, N.J.P., AFFIAN, K., TOÉ BI, K.K.K., YAO, K.R., & TAHI, I. (2011a). Palynostratigraphy and depositional palaeoenvironment of Cretaceous–Palaeogene (K-Pg) boundary deposits on Abidjan margin (Côte d'Ivoire). *J. Geogr. Reg. Plann.* 4 (11), 644–655.
 11. DIGBEHI, Z.B., TOÉ BI, K.K.K., ADOPO, K.L., GUÉDÉ, K.E., TAHI, I., & YAO, K.R., (2011b). Palynologie et environnements de dépôt des sédiments d'âge cénomanien supérieurmaastrichtien inférieur dans le bassin offshore de Côte d'Ivoire (Afrique de l'ouest). *Sci. Nat.* 8 (1), 95–105.
 12. DOUZO, J.W.D., AMALAMAN, K. T. S., DIBO, W. B., YAO, N. J. P. (2019). Caractérisation Lithostratigraphique et Sédimentologique des Dépôts des Sondages de Fresco et de Grand-Lahou (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire) Essai de Corrélation et Paléoenvironnements. *European Scientific Journal May 2019 edition Vol.15*, pp401-422
 13. DOYLE, J. A., JARDINE, S. & DOERENKAMP, A. (1982). Afropollis, a new genus of early Angiosperm pollen, with notes on the Cretaceous palynostratigraphy and Palaeoenvironments of northern Gondwana. *Bull. Centre Rech. Explor. prod. Elf Aquitaine*, 6, pp39-117.
 14. GBANGBOT, J-M.K., DIGBEHI, Z.B., YAO, N.J-P., MONDE, S., YAO, A. N. (2012). Lithostratigraphie des Dépôts de Subsurface des régions de Bingerville et d'Assinie, Sud et Sud-est, Basse Côte d'Ivoire. Essai de Comparaison des Environnements de Dépôts au Cours du Tertiaire. *European Journal of Scientific Research*, Vol. 86, N°1, pp.41-52.
 15. GOUA, T. E. (1993a). *Biostratigraphie et milieux de dépôt dans le bassin sédimentaire ivoirien du Maastrichtien à l'Eocène inférieur. Région Yocoboué-N'zida : Compartiment Nord de la partie terrestre du bassin.* DESR, Université de Bourgogne, Dijon, France 73p.
 16. GOUA, T. E. (1993b). *Biostratigraphie et milieux de dépôts dans le bassin sédimentaire ivoirien du Maastrichtien à l'Eocène inférieur. Etude d'un sondage offshore au large d'Abidjan – IVCO-18.* DEA, Université de Bourgogne, Dijon, France 94p.

17. GUEDE, K.E., ATTO, Y.D.S.R, KOFFI, C.L., DIARRA, I.Z.A.A., EDJEME, K.A.M.A, MESSOU, N.Y.R.A.B.K., YAO, N.J.P., (Sous presse). Sédimentologie et paleoenvironnements des formations sédimentaires d'Eboco et d'Adima (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). Article soumis dans la revue *Afrique Science*.
18. GUEDE, K.E., SLIMANI, H., YAO, N. J.-P., CHEKAR, M., KOFFI, N. J.-CL., M'HAMDI, A., MOUAH, R. & DIGBEHI, Z.B. (2019). Late Cretaceous to Early Eocene dinoflagellate cysts from the "12 frères" borehole, Fresco, southwestern Côte d'Ivoire: Biostratigraphy and paleobiogeographic implication. *Journal of African Earth Sciences*, 150 : 744-756
19. GUÉDÉ, K.E. (2016). *Etude comparée de la palynoflore (kystes de dinoflagellés) aux passages Crétacé–Paléogène (K–Pg) et Paléocène–Eocène (P–E) du Nord-Ouest du Maroc et du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire : Systématique, Biostratigraphie, Paléoenvironnements et Paléobiogéographie*. Thèse de doctorat, Mohammed V University of Rabat, Morocco, pp. 341.
20. KRA, A.C. (2016). *Exoscopie des grains de quartz pour la reconstitution paléogéographique des formations de l'Est du bassin onshore de la Côte d'Ivoire : Cas des localités d'Anyama et de Bonoua*, Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët Boigny. Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 101p.
21. MOIOLA, R. J. & WEISER D. (1968). Textural parameters: an evaluation. *Journ. Sedim. Petrol.* n°38, pp45-53.
22. MONDE, S. (2004). *Etude de la modélisation hydrodynamique de la circulation des masses d'eau dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire)*. Thèse Doctorat Etat ès Sciences Naturelles. Université. Cocody (Abidjan), 364p.
23. MUNSELL, (2009). Geological rock-color chart, 12p
24. N'DA, L.V., SAINT-MARC, P., KLASZ, I. & GOUA, T.E. (1995). Données micropaléontologiques sur le passage crétacé - tertiaire de Côte d'Ivoire. *Rev. Espan. Micropal.*, vol. XXVII, n°3, pp.137-152
25. N'ZI, J.C., TOURE, M., YAO, N.J.P., & KOUASSI, A.R. (2018). Caractérisation Sédimentologique et Minéralogique Des Formations Tertiaires Du Bassin Onshore De La Région D'Abidjan, Cote d'Ivoire. *European Scientific Journal* June 2018, Vol.14, No 18, pp219-232
26. PETROCI, (1983). Projet sable asphaltique. Assemblage de carte : secteurs Éboïnda, Est-Adiaké, Adiaké et Éboïnda lagune (Echelle : 1/50000).
27. PETTIJOHN, F. (1949). Sedimentary Rocks – Happer Frères. In Sedimentology. With 177 figures and 17 tables. Translation Thomas Reimer. CHAMLEY H. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 285p.

28. RIVIERE, A. 1990. Expression analytique générale de la granulométrie des sédiments meubles. Notions de faciès granulométrique. *Bull. Soc. Géol. France* – 6e série. T ; II- pp.155.
29. SAINT MARC, P., & N'DA, L.V. (1997). Biostratigraphie et environnements des dépôts créacés au large d'Abidjan (Golfe de Guinée). *Cretaceous research*, Vol.18, pp.545-565.
30. SOMBO, B.C. (2002). *Étude de l'évolution structurale et sismo – stratigraphique du bassin sédimentaire offshore de Côte d'Ivoire, marge passive entaillée d'un canyon*. Thèse de Doctorat d'Etat Sc. De la Terre. Université d'Abidjan, Abidjan, Côte d'Ivoire, 304p.
31. SPENGLER, A. & DELTEIL, J. (1964). Le bassin secondaire et tertiaire de Côte d'Ivoire (Afrique Occidentale). Bassins sédimentaires du littoral africain – *D Reyre, Ass. Serv. Géol. Afr.*, Paris, pp. 99-113.
32. TOE BI, K.K.K., YAO, N.J-P., KESSE, T.M., & DIGBEHI, Z.B. (2016). Caractérisation Sédimentologique et Hydrodynamique des Formations Sableuses du Miocène Inferieur de la Région d'Eboinda (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, February 2016, vol.12, No.9 pp. 192-211.
33. VIGREUX, T., Aoustin, D. & FLOTTE, P. (2011). Enregistrement sédimentaire et environnement holocène de la plaine alluviale du Giessen (Scherrwiller, Bas Rhin, Alsace). *Quaternaire*, 22, (2), 2011, pp. 129-145.
34. VISHNER, G.S. (1969). "Grain size distributions and depositional processes". *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 39, n° 3, (1969) 1074- 1106.

Chorologie des Familles de Cochenilles (Hemiptera: Coccoidea) dans la Parcelle Permanente de Rabi (Sud-ouest Gabon)

Léotard Rochat Sima Owono, Master

Institut de Recherche en Écologie Tropicale (IRET), Libreville, Gabon.
Université des Sciences et Techniques de Masuku, Franceville, Gabon

Christophe Roland Zinga Koumba, Maître de Recherche

Ephrem Nzengue, Chargé de Recherche

Institut de Recherche en Écologie Tropicale (IRET), Libreville, Gabon

Aubin Armel Koumba, Docteur

Institut de Recherche en Écologie Tropicale (IRET), Libreville, Gabon
Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou, Bénin

Benjamin Normark, Professeur

University of Massachusetts, Amherst, MA, USA

Geneviève Lydie Acapovi-Yao, Professeure Titulaire

Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Luc Salako Djogbenou, Professeur Titulaire

Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou, Bénin

Jacques François Mavoungou, Professeur Titulaire

Institut de Recherche en Écologie Tropicale (IRET), Libreville, Gabon.
Université Internationale de Libreville (UIL), Libreville, Gabon. Université
des Sciences et Techniques de Masuku (USTM), Franceville, Gabon

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n36p117](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p117)

Submitted: 11 August 2022

Accepted: 02 November 2022

Published: 30 November 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Owono L.R.S., Koumba C.R.Z., Nzengue E., Koumba A.A., Normark B., Acapovi-Yao G.L., Djogbenou L.S. & Mavoungou J.F. (2022). *Chorologie des Familles de Cochenilles (Hemiptera: Coccoidea) dans la Parcelle Permanente de Rabi (Sud-ouest Gabon)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (36), 117. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p117>

Résumé

Au Gabon, les connaissances portant sur les cochenilles (Hemiptera: Coccoidea) demeurent encore insuffisantes. Pourtant, ces insectes, en raison de leur phytophagie représentent un fléau majeur pour la préservation des espèces végétales. C'est dans ce cadre qu'une enquête entomologique a été

conduite à Rabi, province de l'Ogooué-Maritime, en juillet 2015 (saison sèche), afin de connaître les familles de cochenilles auxquelles sont exposés les arbres. Toutes les cochenilles ont été collectées directement à la main ou en s'aidant d'un élagueur. Au total 366 cochenilles ont été récoltées sur les 249 espèces d'arbres réparties en 45 familles et examinées dans cette parcelle. Les résultats obtenus ont montré que trois familles de cochenilles parasitent les arbres prospectés ; il s'agit des Diaspididae: 297 (81,15%), des Coccidae: 62 (16,94 %) et des Pseudococcidae: 7 (1,91 %). Les Diaspididae ont été statistiquement la famille des cochenilles la plus abondante dans cette parcelle permanente ($p < 0,05$). Par ailleurs, les familles d'arbres les plus infestées statistiquement par les cochenilles étaient les familles d'Euphorbiaceae ($p < 0,05$), de Fabaceae ($p < 0,05$) et celle de Rubiaceae ($p < 0,05$). Au niveau de l'espèce, la famille de Fabaceae n'a pas été statistiquement infestée par les cochenilles ($p > 0,05$) contrairement aux espèces de famille d'Euphorbiaceae et de Rubiaceae, avec respectivement *Klaineanthus gaboniae* ($p < 0,05$), *Synsepalum cf. stipulatum* ($p < 0,05$), *Pausinystalia macroceras* ($p < 0,05$) et *Beilschmiedia pierreana* ($p < 0,05$). Ces niveaux d'infestation enregistrés chez les espèces arborées de Rabi mettent en exergue la nécessité de tenir compte des cochenilles dans le processus de conservation des forêts gabonaises.

Mots-clés: Diaspididae, Coccidae, Pseudococcidae, Rabi, Gabon

Chorolog of Scale Insect Families (Hemiptera: Coccoidea) in Rabi (Southwestern Gabon)

Léotard Rochat Sima Owono, Master

Institut de Recherche en Écologie Tropicale (IRET), Libreville, Gabon.
Université des Sciences et Techniques de Masuku, Franceville, Gabon

Christophe Roland Zinga Koumba, Maître de Recherche

Ephrem Nzengue, Chargé de Recherche

Institut de Recherche en Écologie Tropicale (IRET), Libreville, Gabon

Aubin Armel Koumba, Docteur

Institut de Recherche en Écologie Tropicale (IRET), Libreville, Gabon
Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou, Bénin

Benjamin Normark, Professeur

University of Massachusetts, Amherst, MA, USA

Geneviève Lydie Acapovi-Yao, Professeure Titulaire

Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Luc Salako Djogbenou, Professeur Titulaire

Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou, Bénin

Jacques François Mavoungou, Professeur Titulaire

Institut de Recherche en Écologie Tropicale (IRET), Libreville, Gabon.
Université Internationale de Libreville (UIL), Libreville, Gabon. Université
des Sciences et Techniques de Masuku (USTM), Franceville, Gabon

Abstract

In Gabon, knowledge of scale insects (Hemiptera: Coccoidea) is still insufficient. However, these insects, because of their phytophagy, represent a major scourge for the preservation of plant species. It is in this context that an entomological survey was carried out in Rabi, Ogooué-Maritime province, in July 2015 (dry season), in order to know the families of scale insects to which the trees are exposed. All scale insects were collected directly by hand or using pruning shears. A total of 366 scale insect were collected from 249 tree species divided into 45 families. The results obtained showed that three families of scale insects parasitize the surveyed trees; these are Diaspididae: 297 (81.15%), Coccidae: 62 (16.94%) and Pseudococcidae: 7 (1.91%). Diaspididae were statistically the most abundant scale insect family in this forest plot ($p < 0.05$). In addition, tree families most statistically infested by scale insects were Euphorbiaceae ($p < 0.05$), Fabaceae ($p < 0.05$) and Rubiaceae ($p < 0.05$) families. At the specific level, the Fabaceae family is statistically not infested by scale insects ($p > 0.05$) unlike the species of Euphorbiaceae and Rubiaceae families, with respectively *Klaineanthus gaboniana* ($p < 0.05$),

Synsepalum cf. stipulatum ($p < 0.05$), *Pausinystalia macroceras* ($p < 0.05$) and *Beilschmiedia pierreana* ($p < 0.05$). These levels of infestation recorded in Rabi tree species underline the need to take scale insects into account in the conservation process of Gabonese forests.

Keywords: Diaspididae, Coccidae, Pseudococcidae, Rabi, Gabon

Introduction

Les cochenilles sont des insectes hémiptères qui se nourrissent des végétaux (Bianchi & Benassy, 1979; Tracol, 1985). En raison de cette phytophagie, ces insectes présentent un intérêt majeur en entomologie agricole et agroforestière (De Bech, 1951; Cohic, 1958; Boussienguet, 1984; Obame, 2009; Davidou *et al.*, 2014). Les cochenilles sont considérées comme l'un des groupes d'insectes comprenant des espèces les plus nuisibles aux cultures tropicales, vivrières ou industrielles (vergers cidricoles, tomates ou agrumes) (Cohic, 1958; Fassotte, 2003; Greenwood & Holstead, 2003). Ce groupe contient également les parasites les plus dangereux, les plus communément répandus et les plus difficiles à combattre du fait de leur taille et de leur bioécologie (Howell & Williams, 1976; Couturier *et al.*, 1985). Par ailleurs, les cochenilles peuvent coloniser et détruire toutes les parties de leurs plantes hôtes (racines, troncs, rameaux, feuilles, fruits, etc.) et même les zones sous-corticales de ces végétaux (Foldi, 2003a; 2003b). Leurs pièces buccales, de type piqueur-suceur, sont adaptées au prélèvement dans les vaisseaux conducteurs des végétaux, de la sève dont elles se nourrissent (Minko, 2009). Certains groupes s'alimentent dans le phloème transporteur de sève élaborée, d'autres dans le xylème transportant la sève brute et quelques-uns ponctionnent le parenchyme. Ce mode d'alimentation a des conséquences majeures sur la croissance et le développement des végétaux (Kapin, 1980).

Des travaux conduits dans de nombreux pays ont montré l'impact négatif que peuvent avoir les cochenilles sur la flore aussi bien dans l'agriculture urbaine que l'agroforesterie (Jactel *et al.*, 1998; Forster & Meier, 2005; Meier *et al.*, 2006; Braum, 2010). En effet, les études menées par Ighillin *et al.* (2013) en Algérie sur le palmier dattier, *Phoenix dactylifera*, ont montré qu'un peuplement intensif de la cochenille *Parlatoria blanchardi* déséquilibre la photosynthèse, perturbe la respiration ainsi que la transpiration normale de ce palmier. Ce qui a pour conséquence un assèchement du palmier qui conduit à sa mort. Au Liban, Méchélarly & Daccache (1998) ont montré que la cochenille noire de l'olivier cause de nombreux dégâts sur la végétation. Dans la région de Taï en Côte d'Ivoire, l'une des familles des cochenilles, en particulier, les Asterolécánidae sont inféodées aux bambous et causent à ce dernier lors d'une forte infestation, des déformations spectaculaires néfastes à leur survie (Couturier *et al.*, 1985; Christy, 2003). Au Brésil, ces insectes ont

été signalés comme ravageur de la culture de *Coffea arabica* entraînant ainsi de grosses pertes économiques (Fornazier *et al.*, 2017).

Au Gabon, les connaissances sur la chorologie des cochenilles demeurent insuffisantes (Emmons *et al.*, 1983). Les premières études relatives aux cochenilles y ont été menées en 1975 par Fabres & Boussienguet (1984). Ces études ont révélé que l'espèce de cochenille *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero était un ravageur du manioc. De plus, les travaux de Minko (2009) ont montré que ces insectes pouvaient causer des dégâts considérables sur plusieurs variétés de manioc. Par ailleurs, Boussienguet (1984) considère les cochenilles comme des ravageurs de plusieurs espèces végétales. De ce fait, elles pourraient constituer un problème majeur pour la biodiversité du Bassin du Congo. Les travaux récents réalisés sur ce groupe d'insectes ont permis d'identifier de nouvelles espèces de cochenilles toutes inféodées à différentes espèces végétales (Schneider *et al.*, 2018; Amouroux *et al.*, 2020; Wei *et al.*, 2021).

De par leur adaptation à tout type de climat, leur expansion rapide et leur grande capacité de nuisance, il est primordial d'étudier la chorologie de ces insectes car elle permet de connaître les paramètres écologiques qui expliquent leur repartition dans un milieu (Diop *et al.*, 2012). En outre, la détermination des sites de prédilection des cochenilles est une nécessité pour la lutte contre ces phytoravageurs. C'est dans ce contexte que cette étude a été entreprise dans le complexe d'aires protégées de Gamba afin d'analyser la diversité familiale des cochenilles infestant les espèces d'arbres de la parcelle permante de Rabi.

1. Matériel et méthodes

1.1. Zone d'étude

Cette enquête entomologique transversale a été réalisée dans la parcelle permanente de Rabi située dans le centre-nord du complexe d'aires protégées de Gamba (1°36'11''Sud, 9°52'51''Est) dans la province de l'Ogooué-Maritime (Figure 1).

Le climat de la région est de type équatorial, chaud et humide caractérisé par une double alternance des saisons sèches et pluvieuses. L'année est officiellement divisée en quatre saisons réparties de manière plus ou moins égale. On distingue une petite saison des pluies allant de septembre à décembre; une petite saison sèche de deux mois s'étendant de décembre à février; une grande saison des pluies qui va de février à mai et une grande saison sèche qui couvre les mois de juin à septembre (Shell, 2000). En saison sèche, les températures varient entre 17°C et 23°C alors qu'en saison des pluies, elles sont plus élevées et oscillent entre 25°C et 32°C. La pluviométrie annuelle est en moyenne de 2300 mm et l'humidité de l'air est environ à 85% (Alfonso *et al.*, 2006).

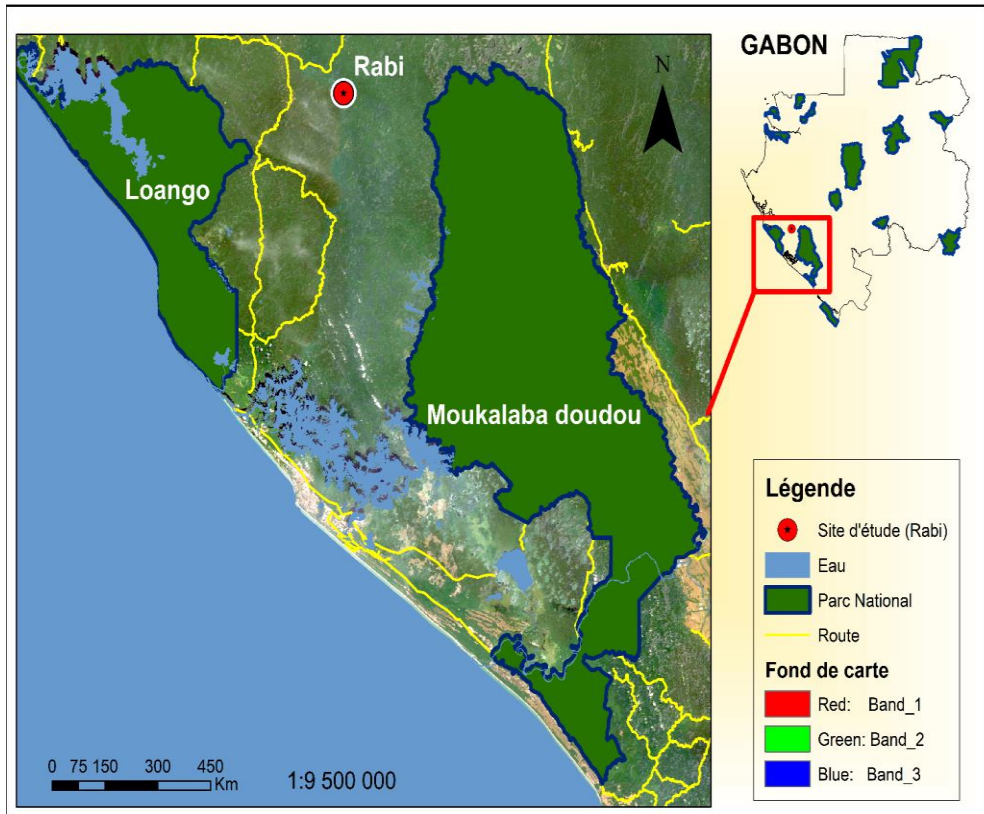


Figure 1. Carte montrant la zone de Rabi

La végétation de la zone de Rabi est couverte par une forêt mature, dynamique et continue qui compte plus de 348 espèces végétales (Burger *et al.*, 2006; Pauwels *et al.*, 2006) regroupées en 54 familles. Les espèces les plus représentatives sont *Dichostemma glaucescens* (Euphorbiaceae), *Coula edulis*, *Diogoia zenkeri* (Olacaceae), *Crudia gabonensis* (Léguminosae-cesalpinoidae) et *Odyndyea gabonensis* (Simaroubacées) (Burger *et al.*, 2006; Pauwels *et al.*, 2006). La zone de Rabi a aussi une biodiversité animale riche. D'ailleurs, Garry (2008) a pu dénombrer 152 espèces de reptiles et d'amphibiens, 100 espèces de poissons d'eau douce, 493 espèces d'oiseaux, 110 espèces de mammifères et plus de 1000 espèces d'invertébrés. De même, la région de Rabi est traversée par trois rivières principales que sont Rabi, Mbari et Echira. Ces rivières sont relativement perturbées, car elles sont proches des zones d'exploitation pétrolière (Alfonso *et al.*, 2006).

1.2. Techniques d'échantillonnage

Les cochenilles ont été échantillonnées dans un seul site de Rabi. Le prélèvement des insectes était effectué au stade mature sur des feuilles, des rameaux ou des branches. La collecte manuelle était réalisée sur les feuilles,

les rameaux ou les branches directement accessibles. Par contre, la collecte étaient facilitée par un élagueur (sécateur à tige) lorsque ces différentes parties des arbres étaient très hautes et inaccessibles. Cet élagueur était constitué de trois parties : un manche (composé de 4 pièces ou tiges) de 1,80 m, un sécateur à bec et une ficèle reliée au sécateur. Aussi, pour atteindre les branches, rameaux ou feuilles en hauteur, on connectait les manches de l'élagueur entres eux. Une fois le bec du sécateur était accroché à la branche choisie, on tirait sur la ficèle pour que le sécateur puisse couper cette dernière.

Les échantillons de terrain ont été collectés sur un seul individu par espèce d'arbre ou arbuste choisie dans toute la parcelle. Ainsi, le matériel végétal prélevé était mis dans des sacs en plastique hermétiques et transparents sur lesquels ont été marqués différentes informations sur l'échantillon, à savoir: le numéro et les taxons de l'arbre (famille, genre et espèce). Par la suite, ces échantillons ont été ramenés au laboratoire pour l'identification des différentes familles de cochenilles.

1.3. Identification des spécimens collectés

Les cochenilles ont été identifiées au laboratoire de Smithsonian à Rabi. Les différents spécimens ont été déterminés jusqu'au niveau de la famille sous loupe binoculaire en utilisant les clés publiées par Foldi (1988), Germain (2001, 2003). Toutes les identifications ont été confirmées par Benjamin Normark. Après l'identification, tous les spécimens ont été conservés dans des tubes contenant de l'alcool à 100° en vue des analyses moléculaires ultérieures visant à déterminer les différentes espèces de cochenilles collectées. Chaque tube a été étiqueté (lieu de capture, nom de l'espèce d'arbre sur laquelle les cochenilles ont été prélevées).

1.4. Analyse des données

Les données obtenues ont été saisies dans le tableur Excel version 2016. Elles ont été utilisées pour le calcul des abondances et des fréquences relatives. Tous les résultats ont été présentés sous forme de tableaux ou de figures. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Python version 3.8.10. Le test du chi carré et celui de Kruskal-Wallis ont été réalisés pour mettre en évidence la différence statistique entre la distribution des cochenilles sur les familles d'arbres, mais aussi, la représentativité entre les familles de cochenilles dans cette parcelle permanente de Rabi. De plus, la corrélation de Pearson qui permet de déterminer si la présence d'une famille de cochenilles influençait la présence d'une autre famille de cochenilles, a été calculée. Le seuil de significativité était de 5% tandis que l'intervalle de confiance était de 95 %. Enfin, la densité d'infestation des espèces végétales (d) (Sima *et al.*, 2018) et le degré d'infestation (DI) des cochenilles sur une

partie de la feuille (Sima *et al.*, 2018) ont été calculés à partir des formules suivantes :

$$d = \frac{\text{Nombre de cochenilles}}{\text{Nombre d'espèces ou familles d'arbres}}$$

$$DI = \frac{\sum_{n=1}^n Xi}{\text{Nombre total de cochenilles collectées}} \times 100$$

n : famille de cochenilles; *Xi* : nombre de cochenilles collectées par familles ou espèce d'arbres.

2. Resultats

2.1. Cochenilles et familles d'arbres inventoriées à Rabi

Au total, 366 cochenilles ont été récoltées sur les 249 espèces d'arbres prospectées, soit une densité d'infestation de 1,46 cochenille par espèce d'arbre. Les cochenilles identifiées appartiennent à trois familles, à savoir les Diaspididae (n=297 ; 81,15%), les Coccidae (n=62 ; 16,94%) et les Pseudococcidae (n=7 ; 1,91%) (Tableau 1). Les résultats du test de Kruskal-Wallis ont montré que la famille de Diaspididae était statistiquement (p<0,05) la plus représentative dans cette parcelle permanente.

Tableau 1. Résultats des analyses statistiques des différentes familles de cochenilles

| Cochenilles | Effectif | Fréquence (%) | min | max | Moyenne | Écart-type | IC à 95 % | p-value |
|----------------|----------|---------------|-----|-----|---------|------------|---------------|---------|
| Diaspididae | 297 | 81,15 | 0 | 8 | 1,19 | 1,30 | [1,03; 1,35] | p<0,05 |
| Coccidae | 62 | 16,94 | 0 | 3 | 0,25 | 0,49 | [0,18; 0,31] | |
| Pseudococcidae | 7 | 1,91 | 0 | 1 | 0,03 | 0,17 | [0,007; 0,04] | |

IC= Intervalle de Confiance à 95 % de la moyenne.

Par ailleurs, environ 249 espèces d'arbres prospectées et réparties en 45 familles ont été identifiées dans la zone d'étude, avec notamment 176 (70,68%) espèces d'arbres infestées par au moins une cochenille contre 73 (29,32%) espèces d'arbres saines. D'une manière générale, les 176 espèces d'arbres infestées étaient réparties en 40 familles (88,88%) tandis que les 73 espèces d'arbres non infestées étaient réparties en 5 familles (11,12%).

2.2. Abondance des familles d'arbres infestées par les cochenilles

Parmi les 40 familles d'arbres prospectées, les plus infestées par les cochenilles ont été les familles de Rubiaceae (23 espèces d'arbres), de Fabaceae (22 espèces d'arbres), de Sapindaceae (11 espèces d'arbres) et d'Anacardiaceae (10 espèces d'arbres) (Figure 2). En revanche, les familles d'arbres les moins infestées par ces insectes ont été celles comprises entre les familles d'Euphorbiaceae et de Myristicaceae avec moins de 10 espèces.

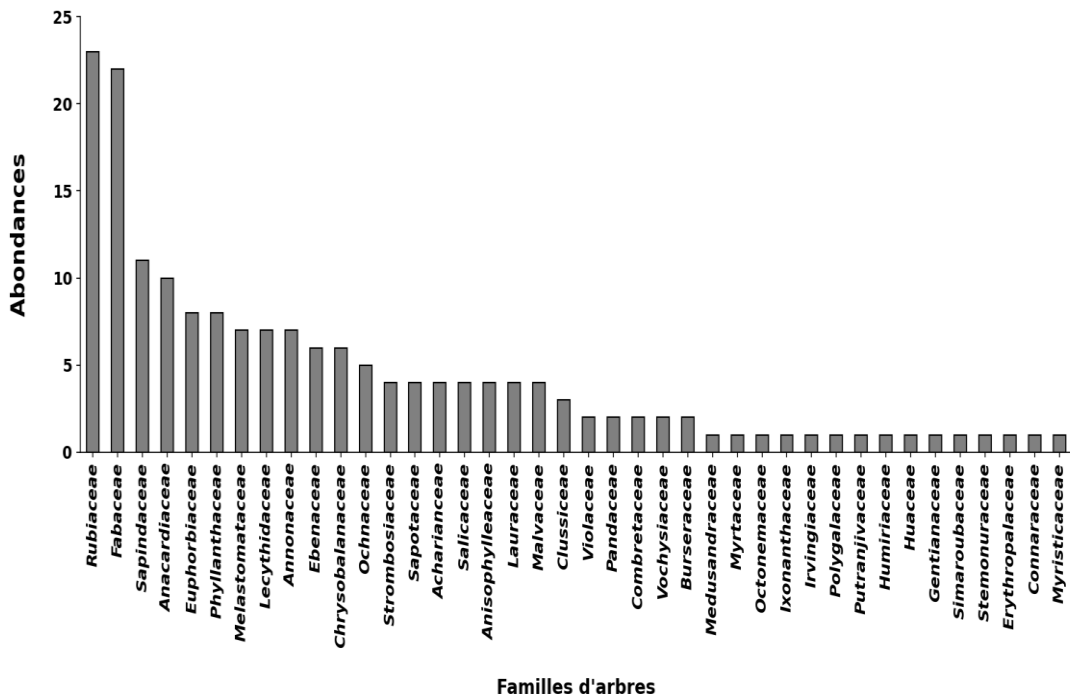


Figure 2: Abondance de familles d'arbres infestées par les cochenilles

2.3. Distribution des cochenilles par familles d'arbres

Dans la parcelle permanente de Rabi, les cochenilles avaient une distribution variable suivant les familles d'arbres échantillonnées. En effet, toutes les familles d'arbres n'ont pas été infestées par les mêmes familles de cochenilles et dans les mêmes proportions. Aussi, le degré d'infestation de ces arbres varie en fonction des familles d'arbres. En effet, les cochenilles appartenant à la famille de Diaspididae ont été identifiées sur près de 158 espèces d'arbres, celle de Coccidae sur 56 espèces d'arbres et les Pseudococcidae sur 7 espèces végétales (Figure 3).

Parmi les 40 familles d'arbres infestées, trois (3) d'entre elles ont été significativement infestées par les cochenilles; il s'agit d'Euphorbiaceae à

7,10% ($p < 0,05$), de Rubiaceae à 13,93% ($p < 0,05$) et de Fabaceae à 14,20% ($p < 0,05$) (Figure 3).

Cinq (5) familles d'arbres ont été moyennement infestées par les cochenilles. Toutefois, ces niveaux d'infestation n'ont pas été significatifs du point de vue statistique. Il s'agit de Phyllanthaceae qui ont été infestées à 5,19%, de Sapindaceae, d'Ebenaceae à 4,91%, d'Anacardiaceae et de Lecythidaceae infestées à 4,64%. Les autres familles d'arbres ont présenté des degrés d'infestation inférieurs à 4% (Figure 3).

Les Diaspididae ont été présentes sur les trois familles d'arbres très infestées par les cochenilles; il s'agit des familles d'Euphorbiaceae (Diaspididae: 5,46% et Coccidae: 1,63 %; $p < 0,05$), de Fabaceae (Diaspididae: 13,66% et Coccidae: 0,54%; $p < 0,05$) et de Rubiaceae (Diaspididae: 10,10%; Coccidae: 2,73% et Pseudococcidae: 1,09%; $p < 0,05$) (Figure 3).

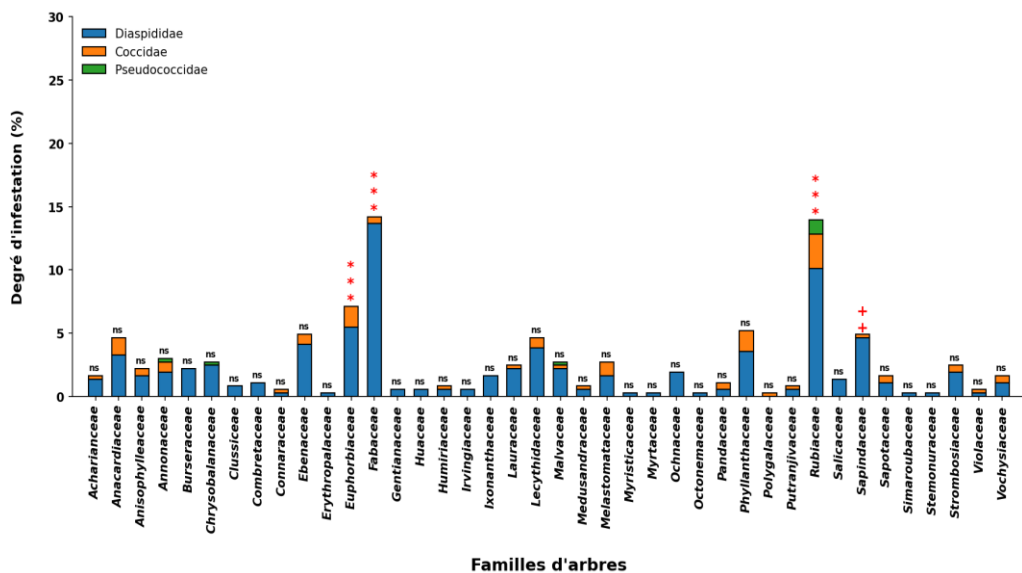


Figure 3: Degré d'infestation des familles d'arbres par les cochenilles

*** : Familles d'arbres infestées significativement par les cochenilles.

++ : Familles d'arbres infestées significativement par les Diaspididae.

ns: Familles d'arbres non infestées significativement par les cochenilles.

2.4. Effectif des espèces d'arbres infestées par les cochenilles

Sur les trois familles d'arbres infestées par les cochenilles, on a dénombré 79 espèces d'arbres infestées, dont 10 (12,65%) appartenant à la famille d'Euphorbiaceae, 27 (37,17%) à celle de Fabaceae et 42 (53,16%) aux Rubiaceae.

Parmi les 10 espèces d'arbres d'Euphorbiaceae, 8 (80%) étaient infestées tandis que sur les 27 espèces d'arbres de Fabaceae, près de 22 (81,48%) ont été infestées par les cochenilles. Enfin, sur les 42 espèces

d'arbres de Rubiaceae, seules 23 (54,76%) espèces ont été infestées par ces insectes.

2.5. Variation de la répartition des cochenilles sur les espèces d'arbres

Au total 53 (67,08%) espèces d'arbres ont été infestées par les cochenilles (Figure 4). Sur ces différentes espèces d'arbres, 129 cochenilles ont été dénombrées, soit 107 (82,94%) cochenilles appartenant à la famille de Diaspididae, 18 (13,95%) Coccidae et 4 (3,10%) Pseudococcidae.

Quant aux espèces d'arbres infestées par les cochenilles, les résultats de la figure 4 montrent que chez les Euphorbiaceae, ce sont *Klaineanthus gaboniana* et *Synsepalum cf. stipulatum* qui ont été les plus infestées, avec respectivement 34,62% de cochenilles (Diaspididae: 30,77% et Coccidae: 3,85%) et 19,23% de cochenilles (Diaspididae: 15,38% et Coccidae: 3,85%). L'analyse statistique a révélé qu'il y a une différence significative dans la répartition des deux familles de cochenilles en fonction de ces deux espèces d'arbres ($p < 0,05$ pour *Klaineanthus gaboniana* et $p < 0,05$ pour *Synsepalum cf. stipulatum*) (Figure 4).-Cependant chez les Fabaceae, les espèces d'arbres les plus infestées par les cochenilles ont été *Didelotia africana* (11,54% par les Diaspididae), *Gilbertiodendron unijugum* infestée à 9,61% (Diaspididae: 7,69% et Coccidae: 1,92%) et *Didelotia minutiflora* infestée à 7,69% (Diaspididae: 5,77% et Coccidae: 1,92%). Toutefois, aucune différence significative n'a été trouvée dans la répartition des cochenilles suivant ces espèces d'arbres (Figure 4). Enfin, pour les Rubiaceae, seules *Pausinystalia macroceras* était infestée à 17,64% (Diaspididae: 9,80% et Coccidae: 5,88% et Pseudococcidae: 1,96%) et *Beilschmiedia pierreana* infestée à 11,76% (Diaspididae: 9,80% et Coccidae: 1,96%). Une différence significative a été observée dans la distribution des cochenilles selon ces différentes espèces d'arbres ($p < 0,05$) pour *Pausinystalia macroceras* et *Beilschmiedia pierreana* ($p < 0,05$) (Figure 4).

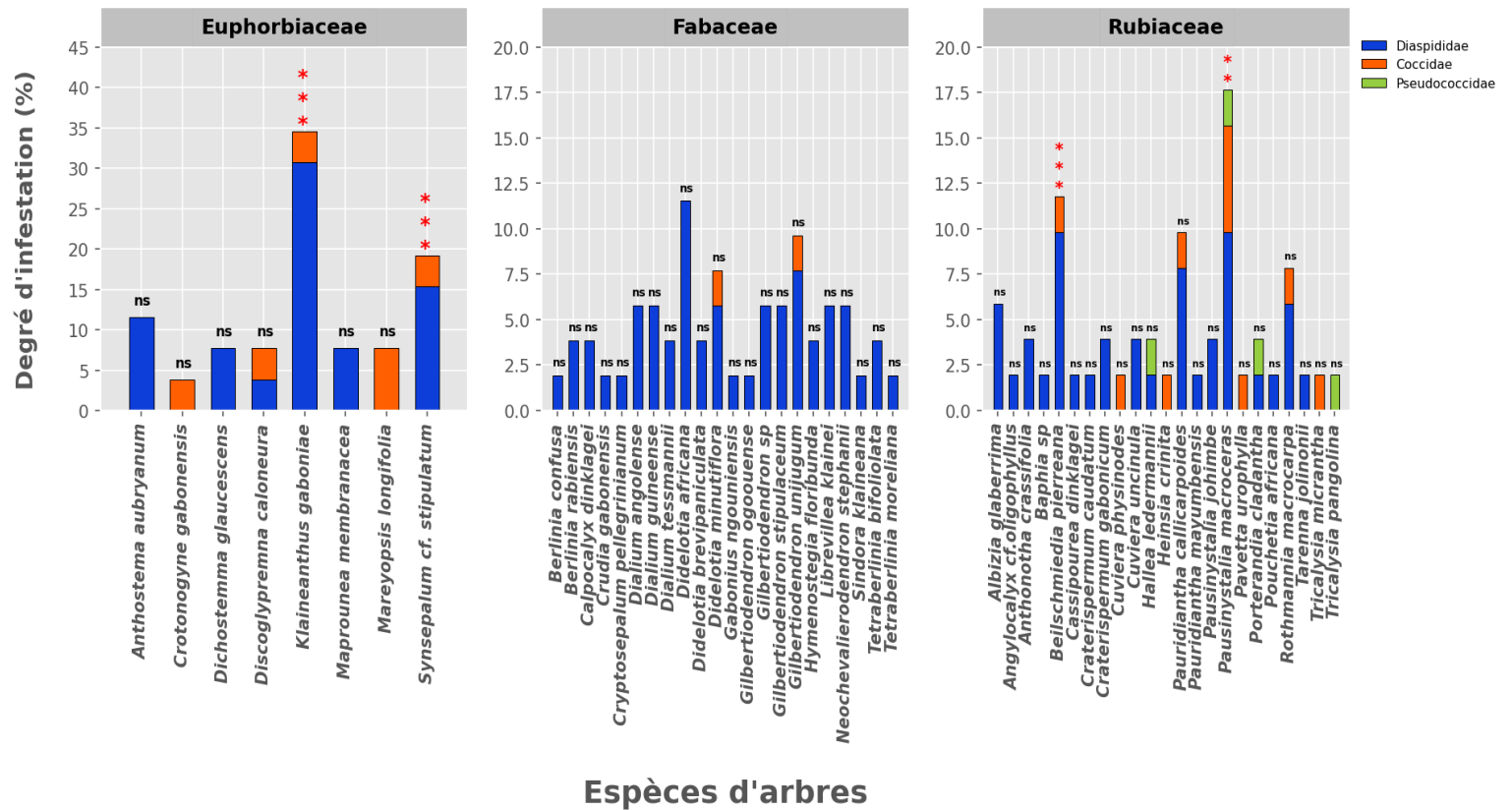


Figure 4. Espèces d’arbres des familles d’Euphorbiaceae, Fabaceae et Rubiaceae infestées par les cochenilles

*** : espèces d’arbres statistiquement infestées par les cochenilles (Diaspididae, Coccidae et Pseudococcidae).

ns: espèces d’arbres non significativement infestées par les cochenilles.

2.6. Relation entre les différentes familles de cochenilles

Les tests de corrélation de Pearson ont révélé que la présence de Diaspididae est fortement corrélée à celle de Coccidae (odds = 1,74 [1,25; 2,41]; $p < 0,05$). Par contre, aucune corrélation n'a été observée entre la présence de Diaspididae et celle de Pseudococcidae (odds = 1,22 [0,46; 3,24]; $p > 0,05$).

3. Discussion

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude constituent des données préliminaires sur les cochenilles forestières de la région de Rabi (Gamba) au Gabon. Au total 366 cochenilles dont 297 Diaspididae (81,15%), 62 Coccidae (16,94 %) et 7 (1,91 %) Pseudococcidae ont été identifiées au cours de ce travail. Ces résultats pourraient s'expliquer par la période d'étude, les techniques d'échantillonnage utilisées et la structure du paysage.

En effet, l'étude a été menée pendant une seule saison et une courte durée. Cette période de capture (grande saison sèche) pourrait expliquer les effectifs de cochenilles enregistrés au cours de cette étude. Selon Obame (2009) qui a étudié l'influence des facteurs écologiques sur le développement des cochenilles, les faibles températures ($T < 25^{\circ}\text{C}$) ont un effet négatif sur le cycle de développement des cochenilles. Dans le cas de cette étude, la grande saison sèche correspond à la période de juillet à août, marquée par la présence des températures basses comprises entre 17°C et 23°C (Alfonso *et al.*, 2006). Ainsi, durant la grande saison sèche, le développement des larves de Coccidae serait ralenti; leur pullulation ne pourrait intervenir que durant le mois d'octobre où les températures sont plus élevées, et donc favorables à leur développement (Homriti & Laraichi, 1979; Obame, 2009).

Ce nombre de cochenilles ($n=366$) capturées pourrait aussi être lié à l'utilisation unique de deux techniques d'échantillonnage (la collecte manuelle et celle avec un élagueur). Or, ces méthodes présentent quelques limites puisqu'elles n'ont pas permis de prélever certains rameaux ou feuilles à des hauteurs que la main ou l'élagueur ne pouvaient pas atteindre. Par ailleurs, ces faibles abondances pourraient avoir un lien avec la structure paysagère de la région de Rabi, car dans cette zone, on trouve plusieurs microclimats particuliers et des forêts matures caractérisées par des très grands arbres (jusqu'à 50 m de haut et plus de 2 m de diamètre) dont les cimes forment une canopée qui atténue considérablement la température et la quantité de lumière (Mavoungou, 2007). Cela obscurcit alors le sous-bois et entraîne une baisse de températures de $3-4^{\circ}\text{C}$ (El Homriti & Laraichi, 1979; Fabres, 1981; Le RÜ, 1984). Aussi, ces températures basses pourraient être défavorables à la croissance et au développement des cochenilles. Selon Fabres (1981), les habitats ombragés sont peu favorables au développement de certaines familles de cochenilles. Les forêts matures étant des milieux très dynamiques dont la

diversité entomofaunique est considérable (Mavoungou *et al.*, 2007), on peut voir certains champignons entomopathogènes parasiter les cochenilles et causer une diminution de la taille des populations de ce groupe (Fabres & Matile-Ferrero, 1980).

Seules trois familles de cochenilles ont été identifiées sur les arbres prospectés à Rabi; cela représente seulement 15% des familles de cochenilles connues dans les régions afrotropicales (Ben-Dov *et al.*, 2015). Or, il existe environ 20 familles de cochenilles connues à ce jour (Ben-Dov, *et al.*, 2015). Ce résultat pourrait être lié aux activités pétrolières menées depuis plusieurs années le site de Rabi et qui perturbent l'écosystème forestier et les populations d'insectes présentes. D'après Mavoungou *et al.* (2016), les activités anthropiques ont un impact négatif sur la biodiversité entomofaunique au Gabon.

Parmi les trois familles de cochenilles identifiées dans la région de Rabi, les Diaspididae ont été la plus abondante comparativement aux autres familles (Coccidae et Pseudococcidae). Cette répartition hétérogène des familles de cochenilles serait liée à la bioécologie de ces différentes familles qui exigent certaines conditions biotiques et abiotiques pour se reproduire et se développer. De plus, l'abondance des Diaspididae pourrait s'expliquer par le fait que c'est le seul groupe de cochenilles qui construit des protections (bouclier) contre ses prédateurs (Pilon, 2012). D'après Fabres (1981), les habitats ombragés procurent aux Diaspididae des conditions microclimatiques favorables à leur développement et à l'expansion de leurs colonies, contrairement aux Coccidae et Pseudococcidae qui ont du mal à s'y développer de façon normale. Ces observations ont été faites aussi par Foldi (2003a, b) et Germain (2011). Ces auteurs ont montré que les Diaspididae sont des insectes phytophages qui peuvent aisément coloniser la majorité des végétaux existants grâce à leur plasticité et leur capacité d'adaptation.

Les résultats des tests de corrélation de Pearson ont mis en exergue le fait qu'il y a un lien entre les Diaspididae et les Coccidae (odds = 1,74 [1,25-2,41]; $p < 0,05$). En effet, ces deux familles de cochenilles peuvent se nourrir sur les mêmes espèces végétales. D'ailleurs, les travaux de Szklarzewicz *et al.* (2021) ont rapporté que ces insectes ont récemment évolué afin de vivre en symbiose avec d'autres types d'organismes sur plusieurs espèces d'arbres. Plusieurs auteurs ont déjà étudié les symbiotes fongiques des membres de la famille des Coccidae (Gomez-Polo *et al.*, 2017; Deng *et al.*, 2021). Près de sept (7) espèces de Coccidae collectées en Espagne, en Israël et à Chypre ont été analysées par ces auteurs.

Paradoxalement aux Diaspididae, les Pseudococcidae ont été très faiblement représentées. Dans la zone d'étude, l'agriculture est très peu pratiquée, or cette famille présente un fort tropisme pour les espèces végétales destinées à l'agriculture ou à la consommation humaine (Boussienguet, 1984;

Le RÜ, 1984; Puig *et al.*, 2021). D'après Williams (1969) et Williams & Granara (1992), au moins 19 espèces de Pseudococcidae sont inféodées au genre *Manihot*. En effet, Boussienguet (1984) et Le RÜ (1984) ont montré dans leurs études que la famille de Pseudococcidae infeste beaucoup plus les espèces végétales destinées à l'agriculture, notamment *Manihot esculenta* (manioc). Par contre, Tertuliano & Le RÜ (1993) ont rapporté qu'une plante comme le *Talinum* constitue un meilleur support trophique pour les cochenilles de la famille de Pseudococcidae.

Cette étude a permis d'identifier les cochenilles des familles de Diaspididae, de Coccidae et de Pseudococcidae sur les mêmes espèces végétales, à savoir: *Pausinystalia macroceras* (Rubiaceae), *Octolobus spectabilis* (Malvaceae) et *Xylopiya aethiopica* (Annonaceae). Cela montre que ces familles de cochenilles vivent en sympatrie dans cette parcelle permanente de Rabi. D'ailleurs, Couturier *et al.* (1985) et Idder *et al.* (1985) ont rapporté que dans la région de Taï en Côte d'Ivoire et à Ouargla (Sud-est Algérien), plusieurs familles de cochenilles peuvent infester et se retrouver sur une même espèce d'arbres.

Conclusion

Cette étude a permis de mettre en évidence la présence de familles de cochenilles susceptibles d'infester plusieurs espèces d'arbres dans la parcelle permanente de Rabi située au sud-ouest du Gabon. Au total, trois familles de cochenilles (Diaspididae, Coccidae et Pseudococcidae) ont été identifiées sur les espèces d'arbres prospectées dans cette parcelle. Les Diaspididae ont été la famille la plus abondante avec un degré d'infestation de plus de 80%. Sur les 45 familles d'arbres prospectées, les Fabaceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae, Sapindaceae et Lecythidaceae ont été fortement colonisées par les Diaspididae. Les Pseudococcidae ont été très rares sur les arbres prospectés.

Ces données sur les cochenilles de la région de Rabi sont préliminaires; il est impérieux de mener une étude longitudinale afin de mieux connaître la dynamique saisonnière de la faune de cochenilles colonisant les plantes du Gabon car les connaissances de ces insectes phytophages, ennemis des cultures, constituent un élément important dans la lutte contre ces ravageurs de culture. Mieux connaître la bioécologie, la répartition de ces insectes et les risques de diffusion des pathogènes représentent un enjeu majeur pour la mise en place d'une stratégie de contrôle de ces insectes.

References :

1. Alfonso A, Lee M. E., Patrick C., Pauwels O. S.G. et Francisco D., 2006. Gamba, Gabon: Biodiversité d'une forêt équatoriale Africaine. *Bulletin of the Biological Society of Washington*; 12: 1-11.

2. Amouroux, P., Wei, J., Claps, L. E., Normark, R. D., & Normark, B. B., 2020. *Chusqueaspis* Amouroux, gen. nov., a new genus of armoured scale insects (Hemiptera: Diaspididae) on bamboos in southern South America. *Austral Entomology*, 59(4), 731–746. <https://doi.org/10.1111/aen.12505>
3. Ben-Dov, Y., Miller, D.R. & Gibson, G.A.P., 2015. ScaleNet, Scales in a Country Query Results. 7 August 2015.
4. Bianchi H et Benassy C., 1979. La Cochenille rouge du poirier, *Epidiaspis leperii* Sind. (Homoptera, Coccoidea) ravageur en France du prunier. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, 11 (3). 493-511.
5. Blanchard A. & Limanche F, 2005. Les Stimulateurs des Défenses Naturelles des plantes (SDN). DAA protection des plantes et environnement : 1-18.
6. Boussienguet J., 1984. Bio-écologie de la cochenille du manioc, *Phenacoccus manihoti* MAT-FER. et de ses ennemis naturels au Gabon. Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, Spécialité : Entomologie, 151 p.
7. Braum R., 2010. Les plantes cultivées : Source de matières premières renouvelables. 1^{ère} édition, juillet 2010. 1-12.
8. Burger M., Pauwels O.S.G., Branch W. R., Tobi E., Yoga J.A et Minko E.N., 2006. Inventaire des amphibiens du complexe d'aires protégées de Gamba, Gabon. *Bulletin of the Biological Society of Washington*, 12: 79-89.
9. Calatayud Paul-André., 2011. Interactions plantes-insectes. Habilitation à Diriger des Recherches (HDR), Université Paris Sud 11, 86 p.
10. Couturier G., Matile-Ferrero D., Claude R., 1985. Sur les cochenilles de la région de TAÏ (Cote d'Ivoire), recensées dans les cultures et en forêt dense, (Homoptera, Coccoidea). *Revue fr. Ent.*, (N.S.), 7 (5): 273-286.
11. Davidou L., Delbar L., 2014. Les ravageurs secondaires de la vigne : Quelles stratégies contre les cochenilles. Union Girondine des vins de Bordeaux, Bordeaux Inra, 62-64.
12. De Bech P., 1951. The necessity for an ecological approach to pest control on citrus in California, *J. Ecom. Entomol.*, 44: 443-447.
13. Diop D., Mbaye M. S., Kane A., Sambou B., Noba K. (2012). Chorologie, écologie et ethnobotanique de certains *Ficus* sp. L. (Moraceae) au Sénégal. *Biotechno, Agron. Soc. et Environ.*, 16(1): 13-24.
14. El Homriti M. & Laraichi M., 1979. Note sur la bioécologie de *Saissetia oleae* (Olivier) (Homoptera, Coccoidea, Coccidae) dans la région de Moulay Idriss du Zerhoun. *Al-Awania*. N° 57. 73.

15. Emmons L.H., Gautier-Hion A. & Dubost G., 1983. Community structure of the frugivorous-folivorous forest animal of Gabon. *Journal of Zoology*, London, 199: 209-222.
16. Fabres G. & Boussienguet J., 1981. Bio-écologique de la cochenille du manioc (*Phenacoccus manihoti*. Hom. Pseudococcidae) en République populaire du Congo. I. Cycle évolutif et paramètres biologiques. *Agron. Trop. Nogent.*, 38(1) : 82-89.
17. Fabres G., 1981. Analyses structurelle comparative de la biocœnose d'un homoptère (*Lepidosaphes beckii* Hom. Diaspididae) dans deux types d'habitats agricoles de la Nouvelle-Calédonie. *Cahier O.R.S.T.O.M.*, série Biologie, 44 : 43-47.
18. Fabres, G. & Matile-Ferrero, D. 1980. Les entomophages inféodés à la cochenille du manioc en République populaire du Congo (*Phenacoccus manihoti* HOM. Pseudococcidae. I). Les composantes de l'entomacœnose et leurs inter-relations. *Ann. Soc. Ento. Fr. (N.S)*, 16(4): 509-515.
19. Fassotte C., 2003. La cochenille virgule *Lepidosaphes ulmi* un ravageur réurgent en culture fruitière intégrée, le fruit belge. N° 502: 60-67.
20. Foldi I., 1988. Les Cochenilles : des insectes mal connus mais passionnants. *Biologie des espèces* : 4-6.
21. Foldi I., 2003a. Les cochenilles. 1^{ère} partie. *Insecte*, 129(2) : 3-7.
22. Foldi I., 2003b. Les cochenilles. 2^{ème} partie. *Insectes*, 130(3): 27-30.
23. Fornazier M. J., Martins D. S., De Willink M. C. G., Pirovani V. D., Ferreira, P. S. F., & Zanuncio, J. C. (2017). Scale insects (Hemiptera: Coccoidea) associated with Arabica coffee and geographical distribution in the neotropical region. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 89(4), 3083–3092. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160689>.
24. Forster B. & Meier F., 2005. Fichtensterben im Raum Uster-Glattal/ZH im sommer 2005. Spatfolgen des sommers 2003. *Wald Holz*, 86(8): 38-39.
25. Germain J.F., 2001. Homoptera Coccoidea, pratique d'identification au laboratoire. ENSAM.
26. Germain J-F., 2011. Les cochenilles, voyageuses au long court. Présentation de ces faux sédentaires, de leur taxonomie aux espèces nuisibles en France. PHYTOMA. La Défense des végétaux- N° 647 : 31-34.
27. Germain J-F., Matile-Ferrero D., Pirron M., et Picart J-L., 2003. Cochenilles sous serres en France : Inventaire illustré. PHYTOMA. La Défense des végétaux-N° 561 : 21-23.

28. Gomez-Polo, P.; Ballinger, M.J.; Lalzar, M.; Malik, A.; Ben-Dov, Y.; Mozes-Daube, N.; Perlman, S.J.; Greenwood P. et Holstead A., 2003. Guide de santé du jardin. Diagnostiquer et soigner toutes les maladies. Edition Larousse.
29. Howell J.O. & Williams M. L., 1976. An annotated key to the families of scale insects (Homoptera: Coccoidea) of America, North of Mexico, based on characteristics of the adult female. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 96 (2): 181-189.
30. Christy P., Jaffré R., Ntougou O et Wilkis C., 2003. La forêt et la filière bois au Gabon. Libreville, Gabon, 389 p.
31. Iasur-Kruh L. & Chiel E., 2017. An Exceptional Family: Ophiocordyceps-Allied Fungus Dominates the Microbiome of Soft Scale Insects (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccidae). *Mol. Ecol.*, 26 : 5855–5868.
32. Idder-Ighili H., Idder M.A., Boughezala Hamad M., Doumandji-Mitiche B., 2013. Relation entre la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi* Tagiono-Tozzetti (Homoptera-Diaspididae) et quelques variétés de Dattes à Ouargla (Sud-est Algérien). *Revue des BioRessources*, 1 : 32-40.
33. Jactel H., Menassien P., Ceria A., Burban C., Regad J., Normand S., Cacreff E., 1998. Une pullulation de la cochenille *Matsucoccus feytaudi* provoque un début de dépérissement du pin maritime en Corse. *Biologie et forêt*, 1: 33-45.
34. Kapin M. A., Bradshaw S., 1980. Esterase in larval tissue of Gypsy moth: optimum assay conditions, quantification and characterization. *Insect Biochem.* 10: 331-334.
35. Le Rü B., 1984. Contribution à l'étude de l'écologie de la Cochenille du manioc, *Phenacoccus manihoti* (Hom. Coccidae, Pseudococcidae) en République populaire du Congo. Thèse de Doctorat à l'Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay, 127 p.
36. Mavoungou J.F., 2007. Ecologie et rôle vecteur des stomoxes (Diptera: Muscidae) au Gabon. Thèse de doctorat. Université Montpellier III Paul Valéry, 137 p.
37. Mavoungou J.F., Acapovi-Yao G. L., Zinga Koumba C. R., Mbang Nguema O. A. et M'batchi B., 2016. Diversité de l'entomofaune de la zone pétrolière de Ntchengué à Port-Gentil au Gabon. *Afrique SCIENCE*, 12(2) : 151 – 163. ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.info>.
38. Méchély E. & Daccache R., 1998. Etude bio-écologique de la cochenille noire de l'olivier au Liban. *Annales de recherches scientifiques*, 1: 17-22.

39. Meier F., Engesser R., Forster B., Oswald O., 2006. Protection des forêts-vues d'ensemble 2005. Institut fédéral de la recherche WLS. Brmendorf, 1-22.
40. Obase Minko D., 2009. Influence des facteurs écologiques (température et hygrométrie) sur le développement de la cochenille farineuse du manioc (*Phenacoccus manihoti* Matile- Ferrero, Homoptera : Pseudococcidae). *TROPICULTURA*, 27(1): 21-25.
41. Pauwels O.S.G., Burger M., Branch W. R et Tobi E., 2006. Reptiles du complexe d'aires protégées de Gamba, Sud-ouest du Gabon. *Bulletin of the Biological Society of Washington*, 12: 91-98.
42. Pilon C., 2012. Les cochenilles du Québec. *Bulletin de l'entomofaune*, 44 : 2-19.
43. Puig A. S., Wurzel S., Suarez S., Marelli J. P., & Niogret, J., 2021. Mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) species associated with cacao mild mosaic virus and evidence of virus acquisition. *Insects*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/insects12110994>
44. Schneider S. A., Okusu A., & Normark B. B., 2018. Molecular phylogenetics of Aspidiotini armored scale insects (Hemiptera: Diaspididae) reveals rampant paraphyly, curious species radiations, and multiple origins of association with *Melissotarsus* ants (Hymenoptera: Formicidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 129 (July 2017), 291–303.
45. Sima O. R. L., Koumba A. A., Zinga Koumba C. R., Nzengue E., Mounioko F., Normak B., Mavoungou J. F., M'batchi B., 2018. Abondance et distribution des cochenilles sur les feuilles des plantes-hôtes dans la parcelle forestière permanente de Rabi, Sud-Ouest du Gabon. *Afrique SCIENCE*, 14(1) : 119-128.
46. Szklarzewicz T., Michalik K., Grzywacz B., Kalandyk-Kołodziejczyk M., & Michalik A., 2021. Fungal associates of soft scale insects (Coccoomorpha: Coccidae). *Cells*, 10(8), 1–13. <https://doi.org/10.3390/cells10081922>.
47. Tertuliano M. & Le RÜ B., 1993. Interaction entre la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti* et ses différentes plantes-hôtes : étude de la teneur de la sève en acide aminé et sucre. *Entomol. Exp. Appl.*, 64: 1-9.
48. Tracol A. & Moutagneux G., 1985. Les maladies des plantes ornementales. 4^{ème} édition.
49. Wei J., Schneider S. A., Normark R. D., & Normark B. B., 2021. Four new species of aspidiotini (Hemiptera, diaspididae, aspidiotinae) from panama, with a key to panamanian species. *ZooKeys*, 2021(1047), 1–25. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1047.68409>.

50. Williams D. J. & Granara de Willink M. C. (Eds), 1992. Mealybugs of Central and South America. CAB International, Walling ford, Oxon, UK, 635 p.
51. Williams D. J., 1969. The scale insects (Hemiptera: Coccoidea). *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Entomology)*, 23(8): 315-341.

Amino Acids Profile of Five Leafy Vegetables Mainly Consumed in Western Côte d'Ivoire

Zoro Armel Fabrice

Toure Abdoulaye

Kouassi Kouamé Appolinaire

Laboratory of Biotechnology and Valorization of Agroresources and Natural Substances, Faculty of Biological Sciences, Peleforo Gon Coulibaly University, Korhogo, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n36p137](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p137)

Submitted: 01 July 2022

Accepted: 11 November 2022

Published: 30 November 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Zoro A.F., Toure A. & Kouassi K.A. (2022). *Amino Acids Profile of Five Leafy Vegetables Mainly Consumed in Western Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (36), 137. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p137>

Abstract

In tropical Africa, leafy vegetables are traditionally cooked and eaten as a relish together with a starchy staple food. To contribute to their wider utilization and valorization in food sector, five leafy vegetables consumed in Western Côte d'Ivoire were investigated for their amino acids composition. The leaves of *Abelmoschus esculentus*, *Celosia argentea*, *Ipomea batatas*, *Manihot esculenta* and *Myrianthus arboreus* were the five leafy vegetables studied. The samples of these five leafy vegetables in this study were collected at maturity in cultivated farmlands located at Dabou (Southern Côte d'Ivoire). Then, they were washed and oven dried at 60 °C during three days before ground. The amino acid content of the ground samples were analyzed by high performance liquid chromatography (HPLC) technical. The results were showed a significantly different ($p < 0.05$) between amino acids contents of the five leafy vegetables. For a non-essential amino acids, all the five leaves studied were contained only proline with concentrations varying from 563.6 ± 1.08 to 1562.9 ± 1.88 mg/100 g. The two(2) other non-essential amino acids, arginine and tyrosine were detected only in leaves of *C. argentea* (1370.6 mg/100mg) and *A. esculentus* (1.70 mg/100mg) respectively. Concerning essential amino acids, only leucine was contained in all leafy vegetables with

contents between 175.9 ± 0.56 and 9685.9 ± 5.14 mg/100 g. For the other essential amino acids, lysine was contained in leaves of *C. argentea*, *I. batatas* and *M. arboreus* with respective concentrations of 266.7 ± 0.89 mg/100 g, 7225.9 ± 2.56 mg/100 g and 182.4 ± 0.66 mg/100 g. Tryptophane was quantified in leaves of *A. esculentus* and *I. batatas* with respective levels of 1205.4 ± 1.86 mg/100g and 175.4 ± 0.84 mg/100g. Valine was detected in leaves of *C. argentea* and *M. esculenta* with respective contents of 1069.4 ± 1.21 mg/100g and 1639.1 ± 1.39 mg/100g. Methionine was contained in leaf of *C. argentea* with level of 165.1 ± 0.61 mg/100g. The important concentration of amino acids revealed in leaves studied clearly would justify their consumption by Western Côte d'Ivoire populations. Therefore, exploitation of leafy vegetables could contribute food security of ivorian population.

Keywords: Leafy vegetables, amino acids, nutritional quality, food security, Côte d'Ivoire

1. Introduction

Rural populations use African leafy vegetable as valuable sources of nutrients (Nesamvuni et al., 2001). Indeed, these leafy vegetables are a source of proteins, minerals, vitamins, fibers and other nutrients essential in daily diets (Mohammed and Sharif, 2011). Thus, for their nutritional potential, leafy vegetables contribute consequently to food security in sub-Saharan Africa where people's diets based on rice, potato and cassava are high in calories but poor in proteins (Yiridoe and Anchirinah, 2005). The proteins are polypeptides, polymers of amino acids sequences which synthesized from genetic code (INRA, 2012).

It is, indeed, primary education products of the assimilation of nitrogen and precursors of proteins and the nucleic acids (Stewart and Lahrer, 1980). One knows that more than 200 amino acids and simple peptides intervene in the constitution of the plants (Fowden, 1978), but only twenty amino acids form part of proteins normally. The amino acids are thus essential with the cicatrization and the repair of fabrics, the muscles and the bones (Couplan, 2012).

Protein deficiency in the diets of children in developing countries manifests by protein-energy malnutrition, the diseases of which are kwashiorkor, marasmus and mental retardation (Bressani, 1975; UNICEF, 2012). Access to proteins of animal origin is very expensive for these populations. One of the solutions is to promote traditional plant resources that are generally easy to produce, short cycle and inexpensive to purchase (Mabossy-Mobouna, 2017; Randriatoandro, 2010; Maseko et al., 2017).

Ethno-botanical studies have showed that most people in Western Côte d'Ivoire consume mainly indigenous green leafy vegetables such as *Abelmoschus esculentus* “gombo”, *Celosia argentea* “soko”, *Ipomea batatas* “patate”, *Manihot esculenta* “manioc” and *Myrianthus arboreus* “tikliti” through soups (N'dri et al., 2008). Leafy vegetables consumed mainly in Western Côte d'Ivoire (*Abelmoschus esculentus*, *Celosia argentea*, *Ipomea batatas*, *Manihot esculenta* and *Myrianthus arboreus*) are good source of proteins (Zoro et al., 2013).

This study was therefore under-taken to evaluate the amino acid profile of leafy vegetables consumed in Western Côte d'Ivoire in order to provide necessary information for their wider utilization and contribution to food security of Ivorian populations. He knows how to dry this leafy vegetable in the oven and determine the amino acid profile.

2. Material and methods

2.1. Plant materials

Leafy vegetables were collected at maturity on plots located at Dabou (Southern Côte d'Ivoire). These plants were authenticated by National Floristic Center (University Félix Houphouët Boigny, Abidjan-Côte d'Ivoire). The collected leaves were washed with distilled water and primary dried at laboratory temperature (25°C) for 24 hours. Then, 250 g of these leaves were dried in oven (MEMMERT) at 60°C for 72 hours (Chinma and Igyor, 2007). The dried materials obtained were ground with a laboratory crusher (Culatti, France) equipped with a 10 µm mesh sieve. The powdered samples were stored in polyethylene container at 4°C until further analyses.

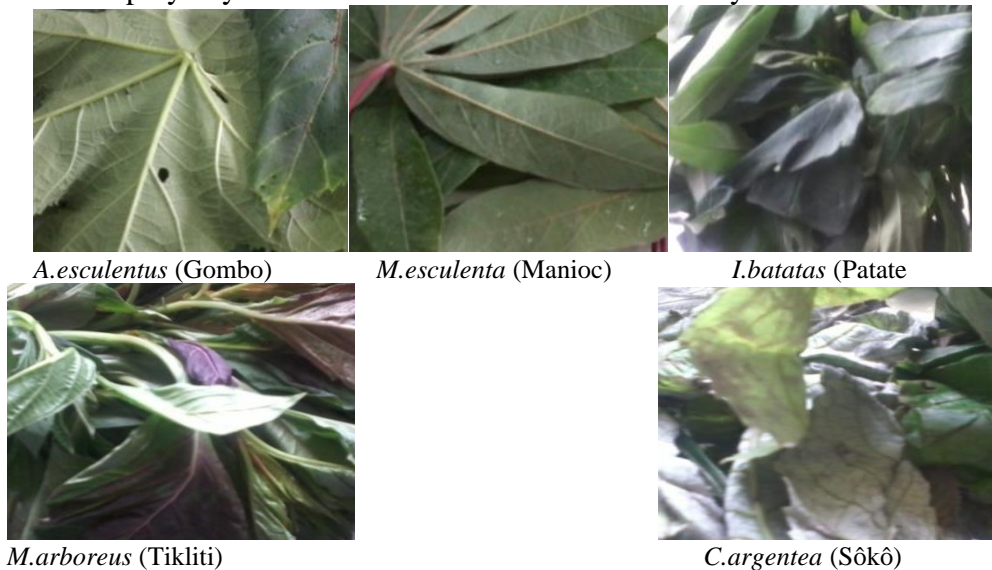


Figure 1. Leafy vegetable studied

2.2. Chemicals

Methanol and chlorhydric acid were purchased from Merck. Standards amino acids (lysine, valine, tryptophane, methionine, tyrosine, leucine, proline and arginine) were purchased from Sigma-Aldrich. All these chemicals were of analytical grade.

2.3. High performancy liquid chromatography (HPLC) analysis

For analysis of each leaf, one (1) g of powdered sample was dissolved in to 20 mL of hydrochloric acid 1N. The mixture was filtered through a 0.45 µm corning syringe filter prior to 20 µL injection into the HPLC system (Waters, USA). The column used for amino acid separation was a C18 Sunfire (4.6 x 250 mm, 5 µm). The HPLC solvent gradient included water/methanol (v/v). Samples were analyzed at 1.2 mL/min with a 20 min. These differents amino acids, lysine, valine, tryptophane, methionine, tyrosine, leucine, proline and arginine were identified and quantified using HPLC-purified standards at 254 nm. Amino acid concentration in each sample was determinated by following formula (1) :

$$CT = \frac{Aera E * CE}{Aera T} * 100 \quad (1)$$

with

CT : amino acid concentration in sample,

Aera E : sample peak area,

Aera T : witness peak area,

CE : amino acid concentration in witness.

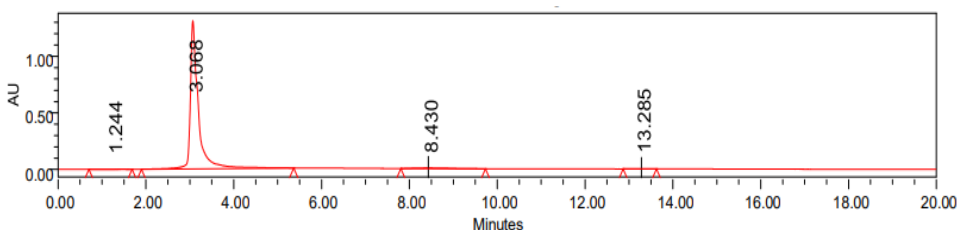
2.4. Statistical Analysis

All analyses were carried out in triplicates and data expressed as means ± standard deviation. One way analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test (DMRT) were carried out to assess significant differences between means (p<0.05) using XLStat 2017 software.

3. Results and discussion

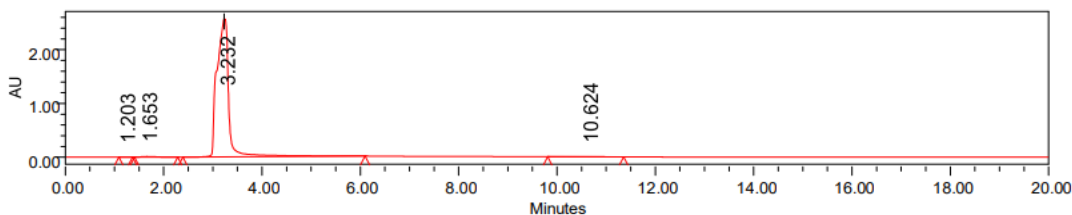
The figures 2, 3, 4, 5 and 6 show the respectives amino acids chromatograms of *A. esculentus*, *I. batatas*, *C. argentea*, *M. esculenta* and *M. arboreus* leaves. These chromatograms were allowed to calculate concentrations of the differents free amino acids detected in leafy vegetables using the above formula (1). These concentrations were summarized in table 1. The results were showed a significantly different (p < 0.05) between amino

acids contents of the five leafy vegetables. For a non-essential amino acids, all the five leaves studied were contained proline with concentrations varying from 563.6 ± 1.08 to 1562.9 ± 1.88 mg/100 g. The highest content of proline was recorded in leaves of *M. esculenta* (1562.9 ± 1.88 mg/100 g), *I. batatas* (1460.9 ± 1.15 mg/100g), *C. argentea* (1396.9 ± 1.56 mg/100g), *M. arboreus* and the lowest in leaves of *A. esculentus* (563.6 ± 1.08 mg/100g). These results are similar to those of Miele *et al.* (2000) in *Cabernet sauvignon* grape vine leaves (1760 mg/100g) and higher than those of Aida *et al.* (2006) in *Adansonia digitata* (baobab) leaves. This high proline content may be explained by the fact that the plants are under water stress (HSIAO, 1973). These leafy vegetables could cover the daily needs which are estimated at between 500 and 3000 mg. The presence proline content in differents these leafy vegetables is very interesting because of proline intervenes in healing and in the robustness of skin and hair (Arnould, 2010).



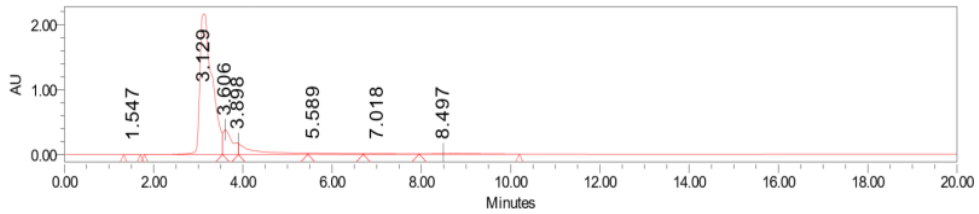
Sample Name essai 2 acide aminé; Vial 98; Injection 1; Channel 2998 Ch1 254nm@1.2nm; Date

Figure 2. Amino acids chromatogram of *A. esculentus*



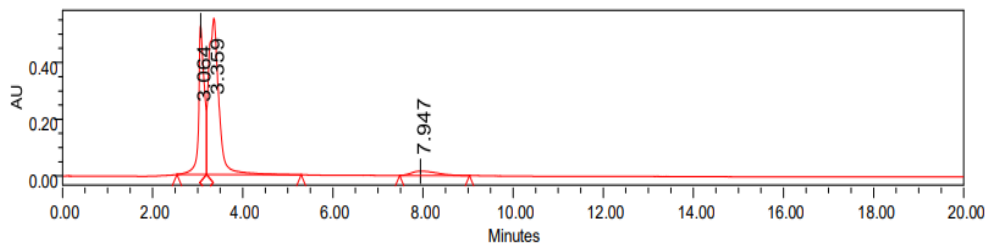
Sample Name essai 1 acide aminé; Vial 97; Injection 1; Channel 2998 Ch1 254nm@1.2nm; Date

Figure 3. Amino acids chromatogram of *I. batatas*



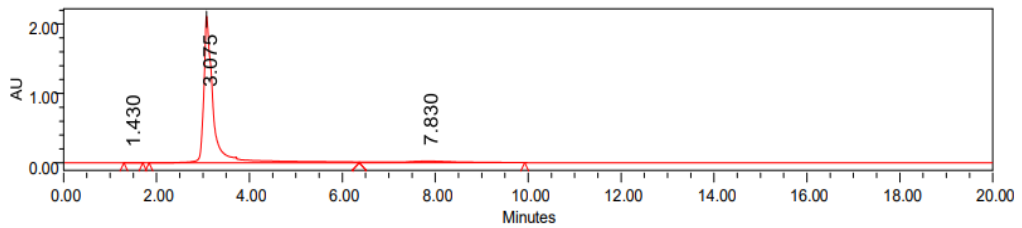
Sample Name essai 4 acide aminé; Vial 100; Injection 1; Channel 2998 Ch1 254nm@1.2nm; Date

Figure 4. Amino acids chromatogram of *C. argentea*



Sample Name essai 3 acide aminé; Vial 99; Injection 1; Channel 2998 Ch1 254nm@1.2nm; Date

Figure 5. Amino acids chromatogram of *M. esculenta*



Sample Name essai 5 acide aminé; Vial 101; Injection 1; Channel 2998 Ch1 254nm@1.2nm; Date

Figure 6. Amino acids chromatogram of *M. arboreus*

Table 1. Amino acid profile of leaf vegetables consumed in Western Côte d'Ivoire (mg/100 g)

| | <i>A. esculentus</i> | <i>C. argentea</i> | <i>I. batatas</i> | <i>M. esculenta</i> | <i>M. arboreus</i> |
|--------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Proline | 563.6 ± 1.08 ^e | 1396.9 ± 1.56 ^c | 1460.9 ± 1.15 ^b | 1562.9 ± 1.88 ^a | 1061.4 ± 1.03 ^d |
| Tyrosine | 1.70 ± 0.07 ^a | nd | nd | nd | nd |
| Arginine | nd | 1370.6 ± 1.55 ^a | nd | nd | nd |
| Tryptophane | 1205.4 ± 1.86 ^a | nd | 175.4 ± 0.84 ^a | nd | nd |
| Lysine | nd | 266.7 ± 0.89 ^b | 7225.9 ± 2.56 ^a | nd | 182.4 ± 0.66 ^c |
| Leucine | 1307.2 ± 1.68 ^e | 3466.3 ± 2.67 ^b | 175.9 ± 0.56 ^d | 2607.2 ± 2.07 ^c | 9685.9 ± 5.14 ^a |
| Methionine | nd | 165.1 ± 0.61 ^a | nd | nd | nd |
| Valine | nd | 1069.4 ± 1.21 ^b | nd | 1639.1 ± 1.39 ^a | nd |

Data are expressed as Means±SD (n = 3). Means in the lines with no common superscript differ significantly (p<0.05)

The two (2) other non-essential amino acids, arginine and tyrosine were detected only in leaves of *C. argentea* (1370.6 mg/100mg) and *A. esculentus* (1.70 mg/100mg) respectively. The arginine content is higher than those identified by Foidl et al. (2001) and Aida et al. (2006) respectively in leaves of *Moringa olifera* (692 mg/100g) and baobab (900 mg/100g). The level of tyrosine in *A. esculentus* is much lower than that of Zarkadas et al. (1995) in leaves of *Moringa oleifera* (1880 mg/100g). This high arginine content in *C. argentea* leaves may be explained by its level increase during maturation and at the end of its cycle (Hernandez-Orte et al., 1999; Mielé et al., 1996; Sauvage et al., 1993). The low tyrosine content in *A. esculentus* leaves may be explained by the destruction of this compound during acid hydrolysis and its instability in hydrochloric acid (Mossé, 1990). *C. argentea* leaves could be used in supplementation as arginine to reduce the risk of hypertension, atherosclerosis and protect the intestinal mucosa (Suliburska et al., 2014; Boisseau, 2005; Cynober, 2001; Wu et al., 1998).

Concerning essential amino acids, five of them (leucine, lysine, tryptophane, valine and methionine) were detected in leaf vegetables studied. Only leucine was contained in all leafy vegetables with contents between 175.9 ± 0.56 and 9685.9 ± 5.14 mg/100 g. The leaves of *M. arboreus* recorded the highest content of leucine (9685.9 ± 5.14 mg/100g) while the lowest detected in *I. batatas* leaves. The leaves of *A. esculentus*, *C. argentea* and *M. esculenta* were contained leucine at respective concentrations of 1307.2, 3466.3 and 2607.2 mg/100g. These values are higher than that of Fuglie (2002) and Aida (2006) respectively in leaves of *Moringa olifera* (1950 mg/100g) and baobab (900 mg/100g). The presence of leucine in the five leaves may be explained by its stability during acid hydrolysis (Mossé, 1990). For the other essential amino acids, lysine was contained in leaves of *C. argentea*, *I. batatas* and *M. arboreus* with respective concentrations of 266.7 ± 0.89 mg/100 g, 7225.9 ± 2.56 mg/100 g and 182.4 ± 0.66 mg/100 g. Tryptophane was

quantified in leaves of *A. esculentus* and *I. batatas* with respective levels of 1205.4 ± 1.86 mg/100g and 175.4 ± 0.84 mg/100g.

Since lysine is the first limiting amino acid and tryptophan the third for pork (Pierre, 2019), *I. batatas* and *A. esculentus* leaves could be used as a supplement dietary in pork and poultry farming. Also, these leafy vegetables may be used as ingredients in production of bread, biscuits and infant flours because cereals are poor in lysine and tryptophan (Laleg et al., 2016). Methionine was only contained in leaf of *C. argentea* with level of 165.1 ± 0.61 mg/100g. The presence of methionine in small quantities may be due to its destruction during hydrolysis (Mossé, 1990). Valine was detected in leaves of *C. argentea* and *M. esculenta* with respective contents of 1069.4 ± 1.21 mg/100g and 1639.1 ± 1.39 mg/100g. These values of valine are higher than those of Fuglie (2002) and Aida et al. (2006) respectively in *Moringa oleifera* and baobab leaves. These high contents of valine in *C. argentea* and *M. esculenta* leaves are very interesting because valine intervenes drastic reduction of dietary protein allowing a perfect balance of essential amino acids (Pierre, 2019). Therefore *M. esculenta* and *C. argentea* leaves could be used in diets of children under 5 years of age as well as in breeding.

Conclusion

This study on determination of amino acids profile of five leafy vegetables clearly justifies their consumption by Western of Côte d'Ivoire populations. Their abundance in essential amino acids such as leucine, lysine, tryptophane, valine and methionine which body cannot synthesize, these leaves studied could be used to fortify foods as dietary supplement. Therefore, exploitation of leafy vegetables could be contribute to nutritional quality, food security and good health of ivorian population. However, it is necessary to evaluate the bioavailability of these amino acids after technological treatments.

References:

1. Aïda D., Mama S., Manuel D., Mady C., Max R. (2006). Le baobab africain (*Adansonia digitata*L.) : principales caractéristiques et utilisations. *Fruits*, 61(1): 55-69.
2. Arnould S. (2010). Proline: a multifunctional amino acid. *Trends in Plant Science*, 15(2) : 89-97.
3. Boisseau. N. (2005). Nutrition et bioénergétique du sportif. Ed Masson. pp 9-148.
4. Bressani R. (1975). Legumes in human diet and how they might be improved. In polyphenols in cereals and legumes: Ed, Milner: IDRE, Ottawa, Canada. Conference. Washington, D.C: IFPRI,p100.

5. Chinma, C.E. and M.A. Igyor, (2007). Micro-nutriments and anti-nutritional content of select tropical vegetables grown in south-east, *Nigeria. Nig. Food J.*, 25: 111-115.
6. Couplan F. (2012). Lettre d'information n°8. 10p.
7. Cynober L. (2001). Les pharmanutriments azotés : du laboratoire au lit du malade. *Nutr. Clin. Metabol.*, 15: 131-143
8. Foidl N., Makkar H.P.S. et Becker K. (2001). Potentiel de développement des produits du Moringa 29 octobre - 2 novembre 2001, Dar es Salaam, Tanzanie. 20p.
9. Fowden L. (1978). Non-protein nitrogen compounds : toxicity and antagonistic action in relation to amino protein synthesis. In : NORTON G., ed. *Plant proteins*. London, Butterworths, 109-115.
10. Fuglie L.J. (2002). Le Moringa dans la médecine traditionnelle (141-148) In: *L'arbre de la vie, Les multiples usages du Moringa.*- Wageningen : CTA; Dakar: CWS.-177p.
11. Hernández-orte P., Guitart A. et Cacho J. (1999). Changes in the concentration of amino acids during the ripening of *Vitis vinifera* Tempranillo variety from the Denomination d'Origine Somontano (Spain). *Am. J. Enol. Vitic.*, 50: 144-154.
12. HSIAO T.C., (1973). Plant responses to water stress. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 24, 519-570.
13. INRA (2012). L'avenir des légumineuses dans l'alimentation humaine. 22p.
14. Laleg K., Barron C., Santé-Lhoutellier V., Walrand S. and Micard V. (2016). Protein enriched pasta: structure and digestibility of its protein *Food & Function*. 31p.
15. Mabossy-Mobouna G. (2017). Caractérisation et valorisation alimentaire des chenilles d'*Imbrasia truncata* (Aurivillius, 1908) au Congo-Brazzaville. Thèse de Doctorat en Nutrition Humaine, Université Marien Ngouabi, Congo Brazzaville, 171 p.
16. Maseko I., Id T.M., Tesfay S. (2017). African Leafy Vegetables : A review of status. *Production and Utilization in South Africa* ; 1-16.
17. Miele A., Carbonneau A. et Bouard J., (1996). Évolution des teneurs en proline et en arginine et du total des acides aminés libres au cours de la maturation des baies du Cabernet Sauvignon. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, N° hors série, 71-74.
18. Miele. A, Carbonneau A et Bouard. J (2000). Composition en acides aminés libres des feuilles et des baies du cépage cabernet sauvignon. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 34(1): 19-26

19. Mohammed M. I. and N. Sharif, (2011). Mineral composition of some leafy vegetables consumed in Kano, Nigeria. *Nig. J. Basic Appl. Sci.*, 19: 208-211.
20. Mossé J. (1990). Acides aminés de 16 céréales et protéagineux : variations et clés du calcul de la composition en fonction du taux d'azote des grain(e)s. Conséquences nutritionnelles. INRA Productions Animales, Paris: INRA, 3(2): 103-119.
21. N'Dri, M.T., G.M. Kouamé, E. Konan and D. Traoré(2008). Plantes alimentaires spontanées de la région du Fromager (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) : flore, habitats et organes consommés. *Sci. Nat.*, 1: 61-70.
22. Nesamvuni,C., N.P. Steyn and M.J. Potgieter, (2001). Nutritional value of wild, leafy plants consumed by the *Vhavenda*. *S. Afr. J. Sci.*, 97: 51-54.
23. Pierre T. (2019). Les acides aminés, des nutriments essentiels au cœur de notre métier. Ajinomoto Animal Nutrition. 20p.
24. Randrianatoandro V.A. (2010). Identification et caractérisation des plates sources en micronutriments consommés en milieu urbain (Manjakaray, Madagascar) : étude de plats à base de légumes-feuilles. Thèse de doctorat en Sciences de la Vie, Option : Biochimie appliquée aux Sciences de l'Alimentation et à la Nutrition, Université d'Anatananarivo, Madagascar, 134 p.
25. Sauvage F.X., Nicol M.Z., Verries C., Sarries J., Pradal M. et Robin J.P. (1993). Acides aminés libres et quelques activités enzymatiques de moûts de raisins mûrs. Analyses statistiques de l'effet variétal. *Sci. Alim.*, 13: 443-462.
26. Stewart G.R. et Lahrer F. (1980). Accumulation of amino acids and related compounds in relation to environmental stress. In : Stumpf P.K. et Conn E.E., eds. *The biochemistry of plants*. New York, Academic Press, 4: 609-635.
27. Suliburska J., Pawel B. and Anna J. (2014). Changes in mineral status are associated with improvements in insulin sensitivity in obese patients following L-arginine supplementation. *Eur J Nutr.* 53(2): 387-93
28. UNICEF. 2012. Committing to Child Survival : A Promise Renewed. 40p.
29. Wu G., Sidney M. Morris Jr. (1998). Arginine metabolism : nitric oxide and beyond, *Biochem J.* 336: 1-17.
30. Yiridoe E.K. and V.M. Anchirinah, (2005). Garden production systems and food security in Ghana: Characteristics of traditional knowledge and management systems. *Renew. Agric. Food Syst.*, 20: 168-180.

31. Zarkadas, C.G., Yu, Z. & Burrows, V.D. (1995). Protein quality of three new Canadian-developed naked oat cultivars using amino acid compositional data. *J. Agri. Food Chem.*, 43: 415-421.
32. Zoro A.F., Zoue L.T., Kra A.K., Yepie A.E., Niamke S.L.(2013). An Overview of Nutritive Potential of Leafy Vegetables Consumed in Western Côte d'Ivoire. *Pakistan J. Nutr.*, 12: 949.956.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Diversité et Éthologie des Mammifères sur Deux Îles du Nord du Parc National de Taï, Sud-Ouest, Côte d'Ivoire

Djaha André Koffi

Laboratoire de Biodiversité et Écologie Tropicale de l'UFR Environnement de l'Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire.

Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire, Groupe de Recherches Conservation et Valorisation des Ressources Naturelles

Yao Célestin Kouakou

Jarvis Brumel Kopoin

Koffi Jean-Claude Béné

Laboratoire de Biodiversité et Écologie Tropicale de l'UFR Environnement de l'Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

Abdoulaye Diarrassouba

Adama Tondossama

Office Ivoirien des Parcs et Réserves

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n36p148](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p148)

Submitted: 26 September 2022

Accepted: 17 November 2022

Published: 30 November 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Koffi A.A., Kouakou Y.C., Kopoin J.B., Béné K.J., Diarrassouba A. & Tondossama A. (2022). *Diversité et Éthologie des Mammifères sur Deux Îles du Nord du Parc National de Taï, Sud-Ouest, Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (36), 148.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p148>

Résumé

Les nombreux travaux de recherche sur les mammifères du parc national de Taï se sont intéressés à sa grande partie sud. L'extrême nord du parc constitué d'un ensemble de 11 îles a rarement été investigué. Le présent travail essaie de combler ce manque d'informations en étudiant la diversité des mammifères, leur période d'activité ainsi que quelques aspects de leur comportement sur Nakolo et Dafidougou, deux des 11 îles qui n'ont jamais fait l'objet d'aucune recherche. A cet effet, 20 pièges photographiques ont été installés de façon systématique sur ces deux îles pour conduire la présente étude. Un total de neuf (09) espèces de mammifères a été identifiées dont huit (08) espèces sur l'île Nakolo et cinq (05) sur Dafidougou. Cependant, l'indice de Shannon indique que la richesse en biodiversité de Dafidougou ($H' = 1,297$)

est légèrement supérieure à celle de Nakolo ($H'=1,209$) du fait de la grande dominance de la civette d'Afrique (*Civettictis civetta*) sur l'île de Nakolo. Parmi les huit (08) espèces de mammifères détectées sur l'île Nakolo, quatre (04) espèces sont nocturnes, trois (03) sont cathémérales et une (01) seule est diurne. Quant à l'île Dafidougou, des cinq (05) espèces rencontrées, trois (03) sont nocturnes, une (01) cathémérale et une (01) autre diurne. Sur le plan comportemental, les mammifères rencontrés se déplacent beaucoup, se nourrissent fréquemment et sont très peu vigilants surtout sur l'île Dafidougou. Nous en déduisons l'existence désormais d'une quiétude et d'une tranquillité sur ces îles très anthropisées dans un passé récent.

Mots clés: Îles, mammifères, piège-photographique, Parc national Taï

Diversity and ethology of mammals on two islands in the north of the Taï National Park, South-West, Côte d'Ivoire

Djaha André Koffi

Laboratoire de Biodiversité et Écologie Tropicale de l'UFR Environnement de l'Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire.

Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire, Groupe de Recherches Conservation et Valorisation des Ressources Naturelles

Yao Célestin Kouakou

Jarvis Brumel Kopoin

Koffi Jean-Claude Béné

Laboratoire de Biodiversité et Écologie Tropicale de l'UFR Environnement de l'Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

Abdoulaye Diarrassouba

Adama Tondossama

Office Ivoirien des Parcs et Réserves

Abstract

Many research studies on mammals in Taï National Park have focused on its large southern part. The extreme north of the park, made up of a set of 11 islands, has rarely been investigated. The present work tries to fill this lack of information by studying the diversity of mammals, their period of activity as well as some aspects of their behaviour on Nakolo and Dafidougou, two of the 11 islands which have never been the subject of no research. For this purpose, 20 camera traps were systematically installed on these two islands to conduct this study. A total of nine (09) species of mammals have been identified including eight (08) species on Nakolo Island and five (05) on Dafidougou. However, the Shannon index indicates that the biodiversity

richness of Dafidougou ($H'=1.297$) is slightly higher than that of Nakolo ($H'=1.209$) due to the great dominance of the African civet (*Civettictis civetta*) on the island of Nakolo. Among the eight (08) species of mammals detected on Nakolo Island, four (04) species are nocturnal, three (03) are cathemeral and only one (01) is diurnal. As for Dafidougou Island, of the five (05) species encountered, three (03) are nocturnal, one (01) cathedral and another (01) diurnal. Behaviourally, the mammals encountered move around a lot, feed frequently and are not very vigilant, especially on Dafidougou Island. We deduce from this the existence now of peace and tranquillity on these islands which were very anthropized in the recent past.

Keywords: Islands, mammals, camera-trap, Taï National Park

Introduction

La dégradation des milieux naturels et la perte accélérée de la biodiversité au cours des dernières décennies constituent une préoccupation majeure pour la communauté internationale (FAO, 2020). Plusieurs conférences et rencontres internationales, telles que le Sommet de la terre en 1992 à Rio, le protocole de Kyoto en 1997, la Conférence de Copenhague en 2009 et les différentes Conférences des Parties (COP) en témoignent l'importance. La création des aires protégées, constitue une alternative à la préservation d'une partie de la diversité biologique (UICN, 2018).

En Côte d'Ivoire, le réseau des aires protégées constitué de huit parcs nationaux et six réserves abritait, jusqu'au début des années 2000, une faune mammalienne relativement abondante (Lauginie, 2007). Parmi ces aires protégées, le Parc National de Taï (PNT) situé dans le sud-ouest représente le plus vaste massif forestier d'Afrique de l'Ouest sous stricte protection et représente un site du patrimoine mondial de l'UNESCO (OIPR, 2014 ; Fauret *et al.*, 2018 ; Yéo *et al.*, 2020).

Malheureusement, la faune mammalienne du PNT reste menacée par diverses activités anthropiques dont l'orpaillage et le braconnage (OIPR, 2006). Les travaux abordés sur les mammifères du PNT pour contribuer à leur conservation durable restent essentiellement limités à la partie sud et excluent les zones partiellement ou totalement isolées du reste du parc (toutes appelées ici îles) situées dans sa partie nord. Dans cette partie nord, 11 îles le séparent du lac de Buyo avec des superficies variant de 42,9 ha à 79,2 ha. Diverses études menées sur la faune dans les parties ouest et sud du PNT portent sur les aspects tels que la diversité et distribution des mammifères (Akpatou *et al.*, 2018 ; Kablan *et al.*, 2019), l'éthologie des primates (Bshary and Noë, 1997a; 1997b; Béné, 2000 ; Boesch & Boesch-Achermann, 2000 ; Zuberbühler and Jenny, 2002; Béné, 2007; Béné *et al.*, 2008). En outre, le programme de suivi écologique en cours depuis 2005 au PNT et qui vise à connaître la dynamique

des populations de primates, d'éléphants et d'ongulés n'inclut pas les observations au niveau de ces habitats isolés du reste du PNT. Notons que, ce programme s'appuie sur le comptage direct et indirect des animaux pendant le jour lors du parcours de transects linéaires dont aucun n'est localisé sur les îles. Les espèces nocturnes sont très peu prises en compte. Par ailleurs, seule une étude portant sur la diversité et la distribution des mammifères a été réalisée en 2021 sur les îles Apollinaire et PK28 (Kouakou *et al.*, 2021). Il en résulte donc une insuffisance des connaissances sur la diversité et l'éthologie des mammifères à l'échelle de l'ensemble du PNT, constituant ainsi, une préoccupation pour les gestionnaires de l'aire protégée et la communauté scientifique. En effet, les îles correspondant à des habitats temporairement ou permanentement isolés du reste du PNT, pourraient constituer des refuges pour des espèces particulières avec des comportements spécifiques. Par ailleurs, les comptages lors du suivi écologique en cours ne tiennent pas compte des aspects éthologiques des mammifères. Ces comportements ont pourtant des implications importantes sur la gestion et la conservation du parc. Les mammifères qui constituent une source de protéines animales pour les populations locales jouent aussi un rôle fondamental dans de nombreux écosystèmes (Morrisson *et al.*, 2007). Par exemple, les carnivores façonnent fréquemment le nombre, la distribution et le comportement de leurs proies (Berger *et al.*, 2001 ; Côté *et al.*, 2004).

La présente étude vise non seulement à déterminer la diversité des moyens et grands mammifères de ces deux îles mais, aussi à identifier leurs périodes d'activité et à déceler certains aspects comportementaux de ces animaux. Toutes ces informations non disponibles sur ces îles jusqu'à présent, viendront combler le vide exprimé par le gestionnaire du parc.

Matériel et Méthodes

Milieu d'étude

L'étude a été réalisée au nord du PNT qui est situé au sud-ouest de la Côte d'Ivoire, entre les régions de la Nawa, de San Pédro et du Cavally. Le PNT est l'un des derniers grands vestiges de forêt tropicale primaire continue et protégé de l'Afrique de l'Ouest. Il est compris entre 5°08' et 6°24' de latitude nord et entre 6°47' et 7°25' de longitude ouest, dans l'espace entre les fleuves Cavally et Sassandra. Au regard de son importance pour la conservation de la diversité biologique, le PNT a intégré le réseau international des « Réserves de la Biosphère » en 1978, et est inscrit sur la liste du « Patrimoine Naturel Mondial de l'Humanité de l'UNESCO » depuis 1982 (Lauginie, 2007).

Le climat du sud-ouest de la Côte-d'Ivoire est du type subéquatorial, chaud et humide toute l'année. La moyenne des précipitations annuelles varie entre 1 700 mm et 2 100 mm de pluie. La température moyenne mensuelle varie de 24 à 28° C (Riezebos *et al.*, 1994). L'humidité relative moyenne

mensuelle de l'air est comprise entre 80 et 85% et peut atteindre souvent 100% pendant la nuit (Collinet *et al.*, 1984). Le relief du PNT est dominé par des pentes douces qui descendent graduellement d'environ 300 m jusqu'à la mer. Il est enflé au sud de la Hana par de petites montagnes. Il s'agit du Mont Klou (370 m), du Mont Gilas (360 m) et du Mont Niénokoué (396 m). Le PNT est drainé par de nombreux cours d'eau, notamment par les affluents du Cavally que sont l'Audrénisrou, la Hana, le N'Zè et le Meno (Avenard *et al.*, 1971). La partie nord du PNT est délimitée par le lac de Buyo mis en place en 1981, à la suite de la construction du barrage de Buyo qui offre un plan d'eau navigable renfermant les îles Nakolo et Dafidougou (Figure 1), avec des superficies respectives de 42,91 ha et 49,51 ha. Le PNT possède une importante richesse en diversité mammalienne. La faune compte pour la classe des mammifères environ 146 espèces soit 93 % des espèces de mammifères de la zone forestière ouest guinéenne (Lauginie, 2007). On y dénombre 43 espèces de chiroptères, 15 espèces d'ongulés, 16 espèces de carnivores, 41 espèces de rongeurs, 14 espèces d'insectivores, 12 espèces de primates, trois espèces de pholidotes, une espèce d'hyracoïdes et une espèce de proboscidiens (Bousquet, 1978 ; Lauginie, 2007).

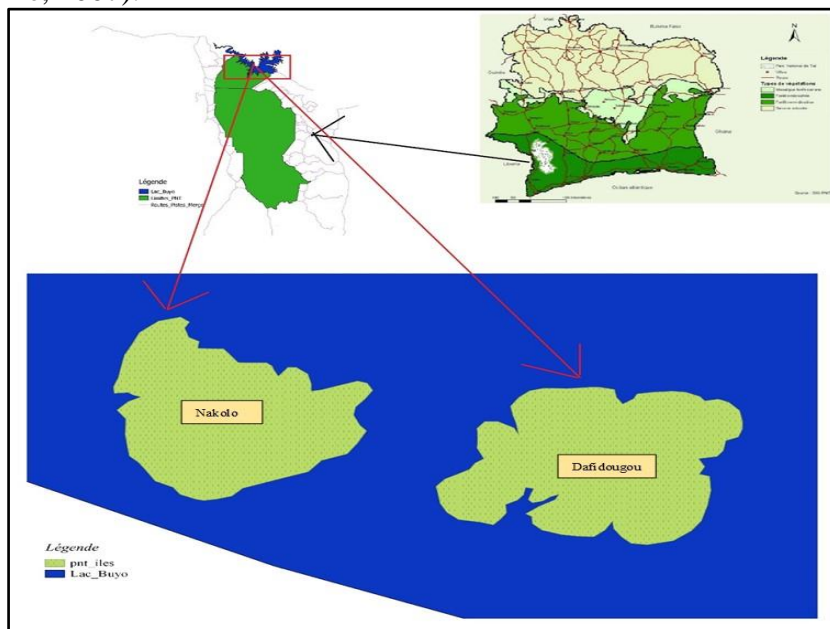


Figure 1. Situation géographique du Parc national de Taï et des îles Nakolo et Dafidougou

Collecte des données

Les données ont été collectées au nord du PNT sur les îles Nakolo et Dafidougou selon la méthode de piégeage photographique (Pph) d'O'Connell *et al.* (2011). Les pièges photographiques utilisés sont de tpe Bushnell Trophy Cam HD Essential.

Pour la méthode de piégeage photographique (O'Connell *et al.*, 2011 ; Hedwig *et al.*, 2018), une grille de maille de 240 m de côté a été superposée à la carte des deux îles en utilisant le logiciel QGIS version 2.14.7. Le centre de chaque maille, considéré comme le point d'installation d'un Pph, a été enregistré dans un GPS (GPSMAP 62st Garmin). Des prospections ont d'abord eu lieu dans un rayon de 100 m autour de ce point centre en vue de choisir le meilleur endroit (portant plusieurs indices de présence faunique) avant la pose du Pph. Lorsqu'un tel endroit est identifié, alors le Pph est posé à une hauteur comprise entre 45 et 80 cm du sol sur le tronc d'un arbre. Les piégeages photographiques ont été réglés en mode vidéo, permettant d'enregistrer des séquences vidéo de 60 secondes, une fois qu'ils captent la présence d'un animal. Trois jours ont suffi pour installer neuf Pph sur l'île Nakolo tandis les 11 Pph ont été installées en cinq jours sur l'île Dafidougou. Les coordonnées de chaque Pph installé ont été enregistrées à l'aide d'un GPS (GPSMAP 62st Garmin) pour faciliter la reconnaissance des lieux où les Pph ont été installés.

Détermination des périodes d'activité des mammifères

Une subdivision du temps en quatre périodes de 6 heures a été faite pour déterminer la répartition des périodes d'activités des mammifères selon le modèle de Takashi *et al.* (2016) et de Frey *et al.* (2017). Les espèces diurnes sont celles observées entre 6h-12h et 12h-18h (jour). Les espèces nocturnes sont celles observées entre 18h-24h et 24h-6h (nuit). Pour les espèces observées aussi bien le jour que la nuit, elles sont dites cathémérale (Daniela *et al.*, 2018). Lors de la visualisation des vidéos, les heures d'observations des animaux sont relevées.

Identification des aspects de comportement des mammifères

Sur chaque vidéo et pour chaque espèce identifiée, le type de comportement observé et le lieu d'observation ont été considérés. Des relevés ont été effectués sur les quatre aspects de comportements retenus à savoir la vigilance, le déplacement, l'alimentation et le repos. La méthode d'observation adlibitum a été utilisée. Chaque fois que l'individu observé sur la vidéo change de comportement, le nouveau comportement adopté est noté. La description de ces comportements (tableau 1) a été faite conformément à Green-Barber & Old (2018).

Tableau 1. Catégories et description du comportement des animaux

| Catégorie de comportement | Description |
|---------------------------|---|
| Vigilance | Se tient sur les pattes postérieures avec le corps en position verticale en tournant la tête pour scruter l'environnement ou encore avec seulement les oreilles en mouvement. |
| Alimentation | Toutes prises actives ou mastication d'aliments |
| Repos | Se couche sur un support (sol par exemple) ou par moment lorsqu'il reste immobile pendant un temps. |
| Déplacement | Tout mouvement quadrupède ou bipède successif. |

Identification des grands et moyens mammifères

Les guides d'identification des mammifères d'Afrique (Neuenschwander *et al.*, 2011 ; Kingdon, 2015) ont été utilisés en comparant les descriptions issues de ces guides avec les observations des vidéos des Pph pour identifier les espèces animales. La classification adoptée est celle de Kingdon (2015). Il considère les grands mammifères comme les mammifères ayant une masse corporelle supérieure à 15 kg et les moyens mammifères comme ceux dont la masse corporelle est comprise entre 1 kg et 15 kg à l'âge adulte. Partant de ces repères, nous avons pu facilement déterminer la classe de mammifère (grand ou moyen) à laquelle appartient une espèce observée sur une vidéo.

Analyse des données

La richesse spécifique (S) a été déterminée en comptant le nombre total des espèces recensées sur les îles étudiées (Grall & Coïc, 2006). L'indice de diversité de Shannon-Wiener quant à lui, permet de calculer la diversité de la faune mammalienne et quantifie la richesse en biodiversité d'un milieu d'étude à travers la formule suivante:

$$H' = -\sum p_i \times \log(p_i)$$

Où: p_i = abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce i

$$p_i = n_i / N$$

Avec n_i = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon et N = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon.

La valeur de l'indice varie de 0 (une seule espèce, ou bien une espèce qui domine très largement toutes les autres) à $\log N$ (lorsque toutes les espèces ont la même abondance).

Nous avons en outre, calculé l'indice d'équitabilité de Pielou pour déterminer la dominance des espèces selon la formule suivante:

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

$$H'_{\max} = \log(N)$$

La valeur de l'indice d'équitabilité varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équidominance des espèces).

Détermination du nombre d'individus par espèce

Les pièges photographiques ont été programmés pour prendre des vidéos durant 60 secondes. Deux vidéos consécutives sont séparées par un laps de temps d'une seconde. L'ensemble des vidéos prises à un même point de piégeage au cours d'une période de durée ≤ 30 minutes constitue un évènement (O'Brien *et al.*, 2003). Les individus de la même espèce détectés au cours d'un même évènement sont comptés une seule fois afin de minimiser les doubles comptages. Le nombre d'individus d'une espèce donnée est obtenu en additionnant les individus de l'ensemble des évènements.

Résultats

La durée totale de piégeage est de 504 heures sur l'île Dafidougou et de 432 heures sur l'île Nakolo. Ainsi, 288 vidéos ont été enregistrées à Dafidougou dont 127 permettant l'identification des mammifères contre 122 des 180 vidéos obtenues à Nakolo. Nous avons identifié à travers ces 249 vidéos utiles un total de neuf espèces de mammifères.

Diversité des mammifères vivant sur les îles Nakolo et Dafidougou

Les Pph ont révélé l'existence de huit (8) espèces de mammifères sur l'île Nakolo et cinq sur l'île Dafidougou. Ces espèces appartiennent à six familles et réparties en quatre ordres que sont les Cetartiodactyles, les Carnivores, les Primates et les Rongeurs (Tableau 2). La famille des Bovidae est la plus diversifiée. Elle renferme quatre espèces parmi lesquelles trois (*Philantomba maxwellii*, *Cephalophus silvicultor*, *Cephalophus niger*) n'ont été observées que sur l'île Nakolo tout comme *Atilax paludinosus* de la famille des Herpestidae. En revanche, *Cercopithecus petaurista*, le seul représentant de la famille des Cercopithecidae n'a été détecté que sur l'île Dafidougou. L'image des espèces exclusivement observées sur chaque île est illustrée par les figures 2, 3, 4, 5 et 6.



Figure 2. *Cephalophus niger* observé uniquement sur l'île Nakolo



Figure 3. *Philantomba maxwellii* observé uniquement sur l'île Nakolo



Figure 4. *Cephalophus silvicultor* observé uniquement sur l'île Nakolo



Figure 5. *Atilax paludinosus* observé uniquement sur l'île Nakolo



Figure 6. *Cercopithecus petaurista* uniquement observé sur l'île Dafidougou

Les valeurs de l'indice de Shannon $H'=1,209$ et $H'=1,297$ respectivement des îles Nakolo et Dafidougou montrent que la richesse en biodiversité de la faune mammalienne est faible et quasi identique sur ces deux îles (Tableau 2). Par ailleurs, sur l'île de Nakolo l'espèce *Civettictis civetta* est dominante sur les autres espèces contrairement à Dafidougou où aucune espèce n'est dominante ($E=0,81$). Toutefois, *Civettictis civetta* a un effectif plus élevé que les autres espèces sur l'île de Dafidougou.

Tableau 2. Richesse spécifique des mammifères des îles Nakolo et Dafidougou

| Ordre | Famille | Nom commun | Nom scientifique | Nombre d'individus | |
|------------------------|-----------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------|------------|
| | | | | Nakolo | Dafidougou |
| Carnivora | Herpestidae | Mangouste des marais ^M | <i>Atilax paludinosus</i> | 2 | 0 |
| | Viverridae | Civettes d'Afrique ^G | <i>Civettictis civetta</i> | 54 | 38 |
| | | Céphalophe à dos jaune ^G | <i>Cephalophus silvicultor</i> | 8 | 0 |
| Cetartiodactyla | Bovidae | Céphalophe de Maxwell ^M | <i>Philantomba maxwellii</i> | 3 | 0 |
| | | Céphalophe noir ^G | <i>Cephalophus niger</i> | 3 | 0 |
| | | Guib harnaché ^G | <i>Tragelaphus scriptus</i> | 2 | 23 |
| Primates | Cercopithecidae | Hocheur à nez blanc ^M | <i>Cercopithecus petaurista</i> | 0 | 5 |
| Rodentia | Hystricidae | Athérure africain ^M | <i>Atherurus africanus</i> | 1 | 3 |
| | Nesomyidae | Rat géant d'Emin ^M | <i>Cricetomys emini</i> | 8 | 13 |
| Richesse spécifique | | | | 8 | 5 |
| Nombre d'individus | | | | 81 | 82 |
| Indice de Shannon (H') | | | | 1,209 | 1,297 |
| Equitabilité (E) | | | | 0,58 | 0,81 |

^G Espèce considérée comme grand mammifère dans cette étude; ^M Espèce considérée comme moyen mammifère dans cette étude

Périodes d'activité des mammifères sur les îles Nakolo et Dafidougou

Les espèces rencontrées sur les deux îles sont pour la plupart nocturnes (Tableau 3). Ainsi, sur l'île de Nakolo quatre espèces (*Tragelaphus scriptus*, *Atilax paludinosus*, *Atherurus africanus*, *Cricetomys emini*) n'ont été observées que de nuit contre trois espèces (*Civettictis civetta*, *Atherurus africanus*, *Cricetomys emini*) sur l'île Dafidougou. Une seule espèce diurne a été observée sur l'île Nakolo (*Philantomba maxwellii*) tout comme sur l'île Dafidougou (*Cercopithecus petaurista*). Des espèces cathémérales au nombre de quatre ont aussi été observées. Il s'agit de *Civettictis civetta*, *Cephalophus niger*, *Cephalophus silvicultor* sur l'île Nakolo et de *Tragelaphus scriptus* sur l'île Dafidougou. On peut remarquer que des espèces peuvent être cathémérales sur une île et nocturne sur l'autre. C'est le cas de *Civettictis civetta*, cathémérale à Nakolo et nocturne à Dafidougou tout comme *Tragelaphus scriptus* cathémérale à Dafidougou et nocturne à Nakolo.

Par ailleurs, les espèces diurnes sur les deux îles sont toutes des moyens mammifères alors que les espèces cathémérales sont des grands mammifères. Les espèces nocturnes sont aussi bien des moyens mammifères que des grands mammifères.

Tableau 3. Périodes d'activités des mammifères rencontrés sur les îles Nakolo et Dafidougou du PNT

| | Diurne | Cathémérale | Nocturne |
|------------|--|--|---|
| Nakolo | <i>Philantomba maxwellii</i> ^M | <i>Civettictis civetta</i> ^G <i>Cephalophe niger</i> ^G <i>Cephalophus silvicultor</i> ^G | <i>Tragelaphus scriptus</i> ^G <i>Atilax paludinosus</i> ^M <i>Atherurus africanus</i> ^M <i>Cricetomys emini</i> ^M |
| Dafidougou | <i>Cercopithecus petaurista</i> ^M | <i>Tragelaphus scriptus</i> ^G | <i>Civettictis civetta</i> ^G <i>Atherurus africanus</i> ^M <i>Cricetomys emini</i> ^M |

^G espèce considérée grand mammifère dans cette étude; ^M espèce considérée moyen mammifère dans cette étude

Aspects du comportement des mammifères observés sur les îles Nakolo et Dafidougou

Sur l'île Nakolo, le comportement de déplacement a été observé chez tous les mammifères, mais particulièrement chez *Civettictis civetta* où il a été détecté au moins quatre fois plus que les autres comportements (Figure 7). Cette espèce consacre beaucoup de temps au déplacement. Quant au comportement de vigilance, il est le deuxième comportement fréquemment observé suivi de la nutrition. La vigilance a été observée chez tous les

mammifères rencontrés sur cette île sauf chez les rongeurs et un carnivore (*Atilax paludinosus*). Le repos est le comportement le moins observé chez les mammifères de Nakolo.

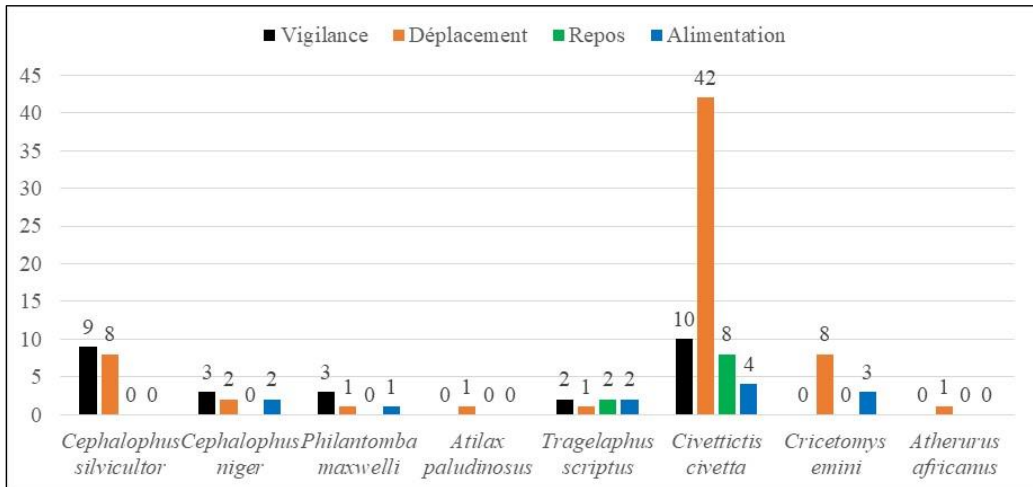


Figure 7. Fréquence d’observation des aspects de comportement chez les mammifères de l’île Nakolo

Tout comme sur l’île Nakolo, le comportement de déplacement est aussi dominant sur l’île Dafidougou. *Civettictis civeta* est encore l’espèce qui adopte le plus ce comportement (Figure 8). En revanche, ici, le comportement d’alimentation est le plus répandu après celui du déplacement. La vigilance et le repos sont peu observés chez les mammifères de cette île.

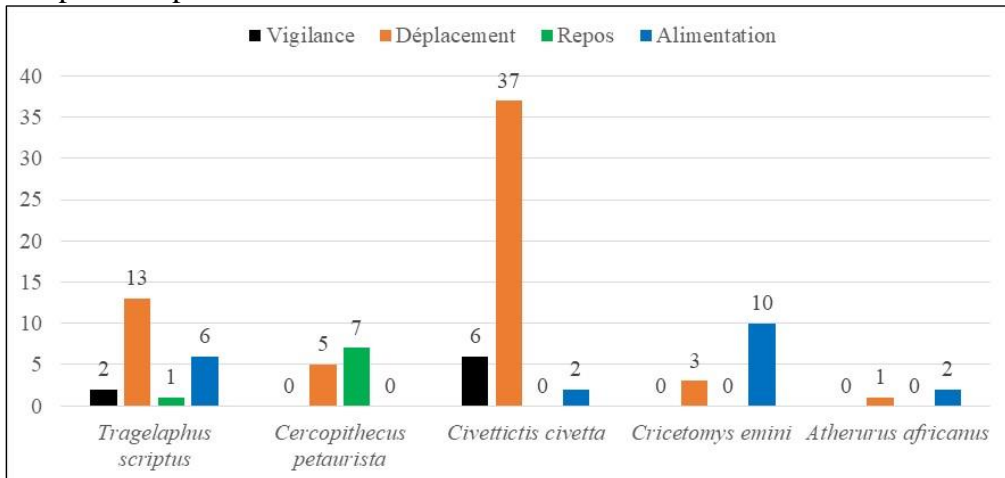


Figure 8. Fréquence d’observation des aspects de comportement chez les mammifères de l’île Dafidougou

Discussion

Les prospections ont permis de détecter neuf espèces de mammifères dont huit sur l'île Nakolo et cinq sur l'île Dafidougou. Bien que le nombre d'espèces observées sur Dafidougou soit inférieur à celui de Nakolo, l'indice de diversité de Shannon légèrement plus élevé à Dafidougou ($H'=1,297$) montre que cette île est plus riche en biodiversité que l'île Nakolo ($H'=1,209$). Cela tire son explication du fait que la civette d'Afrique (*Civettictis civetta*) est largement dominante sur toutes les autres espèces de Nakolo avec un indice d'équitabilité plus faible ($E=0,58$), contrairement à Dafidougou où il y a une quasi-codominance des espèces ($E=0,81$). Cependant, la richesse spécifique de ces deux îles (9 espèces) est très faible comparée à celle du PNT (146 espèces) (Lauginie, 2007). En effet, le PNT est largement plus vaste (536 016 ha) que les deux îles (92,42 ha). Le parc offre donc une plus grande diversité de niches écologiques, favorisant ainsi une richesse spécifique plus élevée (Currie, 1991; Tews *et al.*, 2004; Stein *et al.*, 2014). Cette même explication sous-tend la richesse spécifique plus élevée (13 espèces) sur les îles voisines Apollinaire et PK28 comme le révèle les travaux précédents de Kouakou *et al.* (2021). Parmi les espèces présentes sur les deux îles, il existe quatre grands mammifères et cinq moyens mammifères. La civette d'Afrique (*Civettictis civetta*) un moyen mammifère est particulièrement dominante sur l'île Nakolo. Cette espèce est un animal omnivore dont le régime alimentaire se compose de fruits, de mille-pattes, d'insectes, de petits mammifères, d'oiseaux, de reptiles, de grenouilles, de crabes et des végétaux (Dorst & Dandelot, 1997 ; Balakrishnan & Sreedevi 2007 ; Bekele *et al.*, 2008 ; Kingdon, 2015). Ces ressources alimentaires disponibles sur les deux îles et particulièrement sur Nakolo pourrait être un facteur explicatif de la présence exceptionnelle de ce mammifère sur cette île.

Les espèces rencontrées sur les îles peuvent être classées en trois groupes selon leurs périodes d'activités. Il y a certaines espèces qui présentent des périodes d'activité à prédominance diurne comme *Philantomba mxwellii* et *Cercopithecus petaurista* ; d'autres à prédominance nocturne telles que *Atherurus africanus*, *Atilax paludinosus* et *Cricetomys emini* ; mais aussi des espèces qui ont des périodes d'activité à prédominance à la fois diurne et nocturne. Il s'agit ici d'espèces dites cathémérales que sont *Cephalophus niger*, *Cephalophus silvicultor*, *Tragelaphus scriptus* et *Civettictis civetta*. Ces résultats corroborent ceux de N'goran *et al.* (2020) qui ont mené une étude similaire à l'intérieur du PNT dans sa partie ouest. Toutefois, nous constatons que le céphalophe noir (*Cephalophus niger*) espèce diurne au cours de leurs travaux, se comporte en espèce cathémérale sur l'île Nakolo pour optimiser sa stratégie d'acquisition des ressources alimentaires sur cette île. En effet, les grands mammifères particulièrement les frugivores, sont plus cathémérales à cause de la grande quantité d'énergie dont ils ont besoin (Newing, 2001). Ce

même comportement a été observé chez le guib harnaché (*Tragelaphus scriptus*) nocturne à Nakolo et cathémérale à Dafidougou, une île plus anthropisée. Ce changement de périodes d'activité serait de nature à réduire la compétition interspécifique directe et indirecte pour les ressources alimentaires, permettant ainsi l'exploitation distincte de celles-ci (Newing, 2001). Cependant, la plupart des mammifères rencontrés sur les deux îles sont nocturnes. Dans un passé récent, ce site a été très anthropisé avec établissement d'habitations sur les îles accompagné d'une recrudescence des activités de braconnage. Les mammifères dont la plus grande partie de leurs activités se déroulant la nuit ont dû s'adapter à cet environnement perturbé. En effet, la vie nocturne des espèces de mammifères serait une stratégie anti-prédation, mais aussi pour profiter des ressources alimentaires sous utilisées (Jiménez *et al.*, 2010).

Les mammifères ont un comportement quasi identique sur les deux îles au regard des quatre catégories comportementales que nous avons définies, à savoir la vigilance, le déplacement, le repos et l'alimentation. Il se trouve que les individus se déplacent beaucoup et se nourrissent fréquemment. Selon Van-Schaik & Van Hooff (1983), les principales exigences des animaux sont la nutrition, la reproduction et la lutte contre la prédation. La satisfaction des deux premières exigences demande surtout que les individus effectuent de nombreux déplacements. C'est par exemple le cas de la civette africaine, espèce territoriale et solitaire qui est constamment en déplacement pour contrôler son territoire ou à la recherche de nourriture mais aussi de partenaire sexuel. C'est l'espèce chez laquelle le comportement de déplacement a été le plus fréquemment observé sur les deux îles.

La plupart des espèces animales rencontrées sur les deux îles sont des animaux solitaires à l'exception de *Cercopithecus petaurista* et d'*Artherurus africanus*. Le fait que ces animaux solitaires passent beaucoup de temps à s'alimenter est un indicateur de quiétude sur ces îles. C'est plutôt chez les animaux vivant en groupe que ce comportement d'alimentation quasi permanente est le plus souvent adopté par les individus. En effet, il est observé dans une majorité de cas que les individus présents dans des groupes plus larges passent plus de temps à s'alimenter et moins de temps à scruter leur environnement (Elgar, 1989; Quenette, 1990), alors que le même niveau de détection des prédateurs est maintenu à l'échelle du groupe. Cela suppose que les animaux solitaires passeraient plus de temps à être vigilants qu'à s'alimenter. Ainsi, le faible taux de vigilance au détriment de l'alimentation, observé chez les animaux de Dafidougou vient renforcer la thèse de quiétude qui règne actuellement sur les îles. Cette situation tranche avec celle qui a prévalu dans la zone à la suite de l'installation des paysans dans cette partie du parc jusqu'en 2007. Cette époque a été celle de l'envahissement des îles par les populations avec la création de plantations de café et de cacao ainsi que

la construction d'habitations avec son corolaire d'activités de braconnage (OIPR, 2006). La quiétude des animaux serait alors gravement perturbée, suscitant chez ces derniers le développement du comportement de vigilance. Cependant, depuis le déguerpissement total des populations en 2013, les îles ont retrouvé progressivement leur quiétude d'antan. Les animaux vaquent désormais avec beaucoup plus de sérénité à leurs activités. Toutefois, des restes de ce comportement de vigilance persiste encore chez les animaux de l'île Nakolo qui a une richesse spécifique plus élevée. Cette vigilance persistante pourrait être le fait de la présence sur cette île d'un grand prédateur comme le léopard. Bien que n'ayant pas été détecté sur cette île par nos pièges photographiques, ce redoutable prédateur a été observé lors des récents travaux de Kouakou *et al.* (2021) sur Apollinaire et PK28, deux îles voisines de Nakolo. La grande richesse spécifique de Nakolo, avec surtout la présence de nombreux ongulés proies préférées du léopard (Hoppe-Dominik, 1984); ce prédateur pourrait fortement y être attiré d'où le maintien de la vigilance des animaux sur cette île.

Conclusion

Les îles Nakolo et Dafidougou abritent des grands et moyens mammifères dont neuf espèces ont été détectées au cours de ce travail. Nakolo héberge huit d'entre elles pendant que Dafidougou en abrite cinq. La civette d'Afrique (*Civettictis civetta*) commune sur ces deux îles est particulièrement dominante sur Nakolo où vivent plusieurs ongulés. Trois périodes d'activités ont été identifiées chez les mammifères de ces îles. Il s'agit, des espèces diurnes, des espèces nocturnes et des espèces cathémérales. Cependant, la plupart des mammifères rencontrés sont nocturnes. Seules deux espèces *Philantomba maxwellii* et *Cercopithecus petaurista* sont diurnes. A travers le comportement de déplacement et de nutrition quasi permanent chez ces mammifères, associé au faible taux du comportement de vigilance chez ceux-ci, nous en avons déduit que ces îles très anthropisées dans un passé récent offrent désormais un environnement de quiétude et de tranquillité aux animaux qui y vivent.

Remerciements

Nous tenons à remercier le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable de la Côte d'Ivoire à travers l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR), pour avoir autorisé la réalisation de ce travail. Nous sommes redevables à tous les agents de l'OIPR et auxiliaires villageois qui ont été d'une aide capitale dans la réussite de la collecte des données.

References:

1. Akpatou, K. B., Bohoussou, K. H., Kadjo, B., & Nicolas, V. (2018). Terrestrial small mammal diversity and abundance in Taï National Park, Côte d'Ivoire. *Nature Conservation Research*, 3(2), 66-75.
2. Avenard, J., Eldin, M., Girard, G. J., Toucheboeuf, P., Guillaumet, J. & Perraud, A. (1971). «Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire, » Mémoire ORSTOM. 13(50), 391 pp.
3. Balakrishnan, M. & Sreedevi, M. B. (2007). Husbandry and management of the Small Indian Civet *Vivericula indica* (É. Geoffroy Saint-Hillaire, 1803) in Kerala, India. *Small Carnivore Conservation*, 36, 9–13.
4. Bekele, T., Afework, B., & Balakrishnan, M. (2008). Feeding ecology of the African Civet *Civettictis civetta* in the Menagesha–Suba State Forest, Ethiopia. *Small Carnivore Conservation*, 39, 19–24.
5. Béné, J-C. K. (2000). Répertoire et contexte social d'un système graduel de vocalisation : le cas du colobe bai dans le Parc National de Taï. In Etat des recherches en cours dans le Parc National de Taï (PNT). Sempervira, 9, Abidjan : 86-95.
6. Béné, J-C. K. (2007). Les règles structurales du comportement vocal du colobe vert (*Procolobus verus*) dans le Parc National de Taï, Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, UFR Biosciences, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 134 p.
7. Béné, J-C. K., Kone, I. & Zuberbuhler, K. (2008). Répertoire et contextes sociaux des cris unitaires du colobe vert (*Procolobus verus*) dans le Parc National de Taï (PNT), Côte d'Ivoire. *Sciences & Nature*, 4(2), 137-147.
8. Berger, J., Swenson, J. E. & Persson, I.-L. (2001). Recolonizing carnivores and naïve prey: conservation lessons from Pleistocene extinctions. *Science*, 291, 1036–1039.
9. Boesch, C. & Boesch-Achermann, H. (2000). The chimpanzees of the Taï Forest: behavioral ecology and evolution. Oxford, England: Oxford Univ Pr, 316 p.
10. Bousquet, B. (1978). Un parc de forêt dense en Afrique: le parc national de Taï. *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, 179, 27-46.
11. Bshary, R., & Noë, R. (1997a). Anti-predation behaviour of red colobus monkeys in the presence of chimpanzees. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 41, 321-333.
12. Bshary, R., & Noë, R. (1997b). Red colobus and Diana monkeys provide mutual protection against predators. *Animal Behaviour*, 54, 1461-1474.
13. Collinet, J., Monteny, B. & Pouyaud, B. (1984). Le milieu physique. 35-58. In «Recherche et aménagement en milieu forestier tropical

- humide. Projet Taï en Côte d'Ivoire, ». Notes Techniques MAB-Unesco, 15. Eds. Guillaumet, J.L., Couturier, G. et Dosso, H.
14. Côté, S. D., Rooney, T. P., Tremblay, J. P., Dussault, C. & Waller, D. M. (2004). Ecological impacts of deer overabundance. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 35, 113–147.
 15. Currie, D. J. (1991). Energy and large-scale patterns of animals and plant species richness. *The American Naturalist*, 137, 27-49.
 16. Daniela, H., Ivonne, K., Matthieu, B., Bryan, K. C., Amos, C., Christophe, B. & Tony, K. (2018). A camera trap assessment of the forest mammal community within the transitional savannah-forest mosaic of the Bateke Plateau National Park, Gabon. *African Journal of Ecology*, 56, 777–790.
 17. Dorst J., & Dandelot P., 1997. Guide des grands mammifères d'Afrique : des rats à trompe aux éléphants: Delachaux et Niestlé, Lausanne, 286 p.
 18. Elgar, M. A. (1989). Predator vigilance and group size in mammals and birds: a critical review of the empirical evidence. *Biological Reviews*, 64, 13-33.
 19. FAO. 2020. Global Forest Resources Assessment 2020: Main report. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>.
 20. Fauret P., Ouattara A. A., N'Goran A. B. G., Yao J. J. K., Coulibaly B., Calas B., Courtin F. (2018). Dynamiques territoriales en périphérie des Parcs Nationaux de Taï et de la Comoé (Côte d'Ivoire). *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 278, 373-402. DOI : 10.4000/com.9387
 21. Frey, S., Fisher, J. T., Burton, A. C. J. & Volpe, J. P. (2017). Investigating animal activity patterns and temporal niche partitioning using camera-trap data: challenges and opportunities. The Authors. Remote Sensing in Ecology and Conservation published by John Wiley & Sons Ltd on behalf of Zoological Society of London, 11 p.
 22. Grall, J. & Coïc, N. (2006). Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Institut Universitaire Européen de la Mer. Bretagne, 91 p.
 23. Green-Barber, J., & Old, J. (2018). Town roo, country roo: a comparison of behavior in eastern grey kangaroos (*Macropus giganteus*) in urban and pristine habitats. *Urban Ecosystems*, 1, 520-533.
 24. Hedwig, D. I., Kienast, M., Bonnet, B. K., Curran, A., Courage, C., Boesch, H., Kuhl, S. & King, T. (2018) «A camera trap assessment of the forest mammal community within the transitional savannah-forest mosaic of the Batéké Plateau National Park, Gabon, » *African Journal of Ecology*, 56, 777–790.

25. Hoppe-Dominik, B. (1984). Etude du spectre de proies de la panthère, *Panthera pardus*, dans le parc national de Taï en Côte d'Ivoire. *Mammalia*, 48(4), 477-487.
26. Jiménez, C. F., Quintana, H., Pacheco, V., Melton, D., & Tello, G. (2010). Camera trap survey of medium and large mammals in a montane rainforest of northern Peru. *Revista Peruana de Biología*, 17(2), 191–196. DOI: <https://doi.org/10.15381/rpb.v17i2.27>.
27. Kablan, Y., Diarrassouba, A., Mundry, R., Campbell, G., Normand, E., Köhl, H., Koné, I. & Boesch, C. (2019). Effects of anti-poaching patrols on the distribution of large mammals in Taï National Park, Côte d'Ivoire. *Oryx*, 53(3), 469-478.
28. Kingdon, J. (2015) «The Kingdon field guide to African mammals, ». UK: Bloomsbury Publishing. London, 640 p.
29. Kouakou, C. Y., N'gorand, C.J., Koffi, A.D., Kely, R. M., N'guessan, A. K., Diarrassouba, A., Tondossama, A. & Béné, J. C. K. (2021). Diversity and distribution of large and medium-sized mammals of PK28 and Apollinaire quasi-island of the north of Taï National Park, Côte d'Ivoire, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 33(3), 541-550.
30. Lauginie, F. (2007). Conservation de la nature et aires protégées en Côte d'Ivoire. NEI/Hachette et Afrique Nature, Abidjan. 668 p.
31. Morrison J., Sechrest W., Dinerstein E., Wilcove D. & Lamouroux J. (2007). Persistence of large mammals faunas as indicators of global human impacts. *Journal of Mammalogy*, 88 (16), 1363-1380.
32. Neuenschwander, P., Sinsin, B. & Goergen, G. (eds) (2011). Protection de la Nature en Afrique de l'Ouest: Une Liste Rouge pour le Bénin. Conservation de la nature en Afrique de l'Ouest: Liste rouge pour le Bénin. Institut international d'agriculture tropicale, Ibadan, Nigéria. 365 pp.
33. Newing, H. (2001). Bushmeat hunting and management: implications of duiker ecology and interspecific competition. *Biodiversity and Conservation*, 10(1), 99–108. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2000.0775>,
34. N'goran, N. S. P., Cappelle, N., Bitty, E. A., Normand, E., & Kablan, Y. A. (2020). Détermination par caméra piège des périodes d'activité de quelques mammifères terrestres au Parc National de Taï. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(5), 1673-1688. DOI : <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i5.15>.
35. O'Brien T. G., Kinnaird M. F., Wibisono H. T. (2003). Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation*, 6(2), 131–139. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1367943003003172>.

36. O'Connell, F., Nichols, J. D. & Karanth, K. U. (2011). Camera Traps in Animal ecology. Methods and Analyses., Springer, 271pp.
37. OIPR (2006). Plan d'aménagement et de gestion du parc national de Taï 2006-2015, Abidjan (Côte d'Ivoire), 99 pp.
38. OIPR (2014). Plan d'aménagement et de gestion du parc national de Taï 2014-2018, Abidjan (Côte d'Ivoire), 131 pp.
39. Quenette, P. Y. (1990). Functions of vigilance behavior in mammals: a review. *Acta Oecologia*, 11, 801- 818
40. Riezebos, E., Vooren, A. & Guillaumet J. (1994). Le Parc National de Taï, Côte d'Ivoire. I. synthèse de connaissance. II. Bibliographie. Wageningen, Fondation Tropenbos, Pays-bas. 323 pp.
41. Stein, A., Gerstner, K., & Kreft, H. (2014). Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. *Ecology Letters*, 17, 866-880. doi: 10.1111/ele.12277
42. Takashi, I., Kenta, U., Yukiko, M., Hiroshi, T., Tsuyoshi, Y., Koichi, K., & Itsuro, K. (2016). Seasonal and Diel Activity Patterns of Eight Sympatric Mammals in Northern Japan Revealed by an Intensive Camera-Trap Survey. *Plos One*, 11(10), 1-16.
43. Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielborger, K., Wichmann, M.C, Schwager, M. et al. (2004). Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*, 31, 79-92. <https://doi.org/10.1046/j.0305-0270.2003.00994.x>
44. UICN (2018). Guide pratique pour la réalisation de listes rouges régionales des espèces menacées. Méthodologie de l'UICN et démarche d'élaboration. Seconde édition. France, Paris, 60 pp.
45. Van-Schaik, C. P. & Van-Hooff, J. R. A. M. (1983). On the ultimate causes of Primate social systems, *Behaviour*, 85, 91-117.
46. Yéo N. E., Soro K., Ouattara K., Gauze T. K. M., Dossou B., Koné I. (2020). Zonage des réserves de biosphère: une approche intégrée et dynamique pour la conservation durable du parc national de Taï, Cote d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 147, 15159-15169. <https://doi.org/10.35759/JABs.v147.9>
47. Zuberbühler, K., Jenny D. (2002). Leopard predation and primate evolution, *Journal of Human Evolution*, 43(6), 873-886.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Impact de l'Orpaillage sur les Ecosystemes Forestiers du Secteur de Souanke, Republique du Congo

Noël Watha-Ndoudy

Faculté des Sciences et Techniques,
Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo

Claude Mélaïne Dipakama

Institut National de Recherche Forestière, Brazzaville, Congo

Jean de Dieu Nzila

Ecole Normale Supérieure, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo

Isidore Nguelet-Moukaha

Victor Kimpouni

Institut National de Recherche Forestière, Brazzaville, Congo

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n36p169](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p169)

Submitted: 22 May 2022

Accepted: 10 November 2022

Published: 30 November 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Watha-Ndoudy N., Dipakama C.M., Nzila J.D., Nguelet-Moukaha I. & Kimpouni V. (2022). *Impact de l'Orpaillage sur les Ecosystemes Forestiers du Secteur de Souanke, Republique du Congo*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (36), 169.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p169>

Résumé

Ce travail a pour objet de contribuer à la connaissance de l'orpaillage et de ses impacts dans les écosystèmes forestiers du secteur de Souanké au Nord-Ouest de la République du Congo. La méthodologie est basée sur l'inventaire des types et des caractéristiques des exploitations, et sur une évaluation des impacts environnementaux observés à l'aide de la grille de Fecteau et des analyses au spectrophotomètre. La télédétection a servi à l'évaluation de la dégradation forestière. Occupant 18 sites sur les 20 identifiés, l'exploitation artisanale reste dominante (soit 90%) par rapport à celle semi-industrielle. L'exploitation artisanale est pratiquée par des Congolais et certains étrangers (Camerounais, Tchadiens, Congolais de la RDC et des ressortissants des pays Ouest africains,) organisés en équipes légères tandis que l'exploitation semi-industrielle est pratiquée par des sociétés chinoises. Les impacts négatifs relevés sur l'environnement du secteur sont : dégradation du couvert végétal, perturbation du milieu faunique,

excavations, stagnation des eaux et asphyxie des plantes, éboulements, modification du paysage, amoncellements de graviers et morts-terrains, augmentation de la turbidité des eaux, perturbation du régime d'écoulement des eaux, risques d'accident. Les impacts identifiés pour l'orpaillage semi-industriel et artisanal sont respectivement : majeurs (50 % vs 31%) ; moyens (29% vs 15%) ; mineurs (21% vs 54%). La turbidité est supérieure à 500 UTN du point de lavage jusqu'à 1000 m en aval dans les sites mécanisés alors qu'elle décroît rapidement en aval des sites traditionnels. La superficie forestière dégradée par les activités d'orpaillage est évaluée à 934 ha sur 13.912 ha, soit un taux de 6.7%.

Mots-clés: Souanké, Congo, orpaillage, impacts environnementaux, dégradation forestière

Impact of Gold Mining on the Forest Ecosystems in the Souanke Sector, Republic of Congo

Noël Watha-Ndoudy

Faculté des Sciences et Techniques,
Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo

Claude Mélaine Dipakama

Institut National de Recherche Forestière, Brazzaville, Congo

Jean de Dieu Nzila

Ecole Normale Supérieure, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo

Isidore Nguelet-Moukaha

Victor Kimpouni

Institut National de Recherche Forestière, Brazzaville, Congo

Abstract

The aim of this work is to contribute to the knowledge of gold artisanal mining and its impacts in the forest ecosystems of Souanké sector in the northwest of the Republic of Congo. The methodology is based on an inventory of the types and characteristics of mining operations, and on an assessment of the environmental impacts observed using the Fecteau grid and spectrophotometer analyses. Remote sensing was used to assess forest degradation. Of the 20 sites identified, 18 are dominated by artisanal mining (90%) compared to semi-industrial mining. Artisanal mining is carried out by Congolese and some foreigners (Cameroonians, Chadians, West Africans, and Congolese from the DRC) and organized in small teams, whereas semi-industrial mining is carried out by Chinese companies. The negative impacts

noted on the environment of the sector are degradation of the vegetation cover, environmental disturbance, excavations, stagnation of water and asphyxiation of plants, landslides, modification of the landscape, heaps of gravel and dead land abandoned, increase in water turbidity, disturbance of the flow regime of watercourses, risks of accidents. The impacts identified for semi-industrial and artisanal gold mining are respectively: major (50% vs. 31%), medium (29% vs. 15%), and minor (21% vs. 54%). Turbidity is above 500 NTU from the washing point to 1000m downstream in mechanized sites, whereas it decreases rapidly downstream in artisanal sites. The forest area degraded by gold mining activities is estimated at 934 ha out of 13,912 ha, corresponding to a rate of 6.7%.

Keywords: Souanké, Congo, gold mining, environmental impacts, forest degradation

1. Introduction

La gestion de l'environnement et des ressources naturelles est de nos jours au centre des préoccupations majeures du développement durable. Les écosystèmes forestiers sont sans cesse soumis aujourd'hui à des pressions liées aux activités anthropiques à l'instar des activités d'orpaillage dont les conséquences prennent une allure catastrophique aussi bien sur le milieu physique que sur la biodiversité.

L'orpaillage est une ancienne pratique encore observée de nos jours, qui consiste à concentrer et à extraire l'or en utilisant des méthodes et procédés manuels et semi-mécanisés (Kiemtore, 2012). Cette activité contribue à l'augmentation des revenus des populations locales malgré les conditions difficiles dans lesquelles elle s'opère (Mokam et al., 2016 ; Affessi et al., 2016 ; Bohbot, 2017 ; Hue et al., 2020, Ndiaye, 2020).

En Afrique comme ailleurs dans le monde, l'activité d'orpaillage occupe une place importante dans les économies de certains pays comme la Guyane, le Brésil, le Burkina Faso, le Mali, le Ghana et la Côte-d'Ivoire. Cependant ces activités ont fortement dégradé l'environnement biophysique et humain, se traduisant par la destruction du couvert végétal (Hue et al., 2020, Yao et al., 2019, Palle et al., 2013, Collectif de Guyane, 2005, Seydou, 2001) , la dégradation des sols (Bohbot, 2017 , Roamba, 2013, Sorgho, 2011), la pollution des ressources en eau résultant souvent de l'usage de produits chimiques dans les traitements (Ahoussi et Yapou, 2021, Ndiaye, 2020), le risque d'accident et de contamination des maladies (Richard et al., 2015).

Au Congo, l'orpaillage est pratiqué depuis l'époque coloniale et se développe de nos jours sur toute l'étendue du territoire congolais à l'instar du secteur de Souanké, et semble constituer un moyen de lutte contre la pauvreté. Du fait de son caractère artisanal, complètement informel et illégal, l'Etat

s'implique peu dans cette activité. Ainsi, l'exploitation de l'or se fait de manière anarchique avec des schémas de traitement rudimentaires et semi-mécanisés, et tout ceci génère beaucoup d'impacts négatifs qui conduisent à une dégradation de l'environnement dans les sites d'orpaillage (Moukouity, 2004 ; Solo, 2010 ; Kissama, 2011 ; Mouhani, 2014, Laboundou, 2014 ; Samba, 2015). Le secteur de Souanké a la particularité d'abriter à la fois l'orpaillage traditionnel et l'orpaillage semi-industriel. Cette région ayant été également choisie par le processus REDD pour un programme de gestion durable (FCPF, 2016.) est un fait qui devait susciter un nouvel intérêt pour la connaissance des impacts liés à cette association dans ce secteur.

La présente étude a pour objet d'améliorer les connaissances sur les impacts environnementaux générés par l'activité dans ce milieu afin de proposer des mesures de sauvegarde pour la gestion durable de cet écosystème forestier.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans le district de Souanké, situé au nord-ouest du Congo, dans le département de la Sangha. Les sites se situent à proximité immédiate de la frontière du Congo avec le Cameroun entre les latitudes 01°40' et 02°10' Nord et les longitudes 13°50' et 14°20' Est (figure 1). Vingt (20) sites ont fait l'objet de notre étude dont treize (13) à Elogo (Triplolie1, Triplolie2, Guinée, Kampala, Zoane, Maud1, Balola, Seya, Voula, Nasimdib1, Nasimdib2, Modidoum, Maud2), un (1) à Souanké (kolabia) et six (6) à Elen (Momépiab, Moyibwan, Djaboma1, Djaboma2, Yangadou et Ekokola).

Le milieu d'étude est caractérisé par un climat de type subéquatorial. Il comprend quatre saisons qui alternent avec régularité : deux (2) saisons sèches de décembre à février et de juillet à septembre ; deux (2) saisons des pluies bien équilibrées qui s'étalent de mars à juin et d'octobre à novembre. Les températures annuelles oscillent entre 24,5° et 25,5°, en fonction de l'altitude, et sont adoucies par un régime pluviométrique allant de 1500 à 1700 mm.

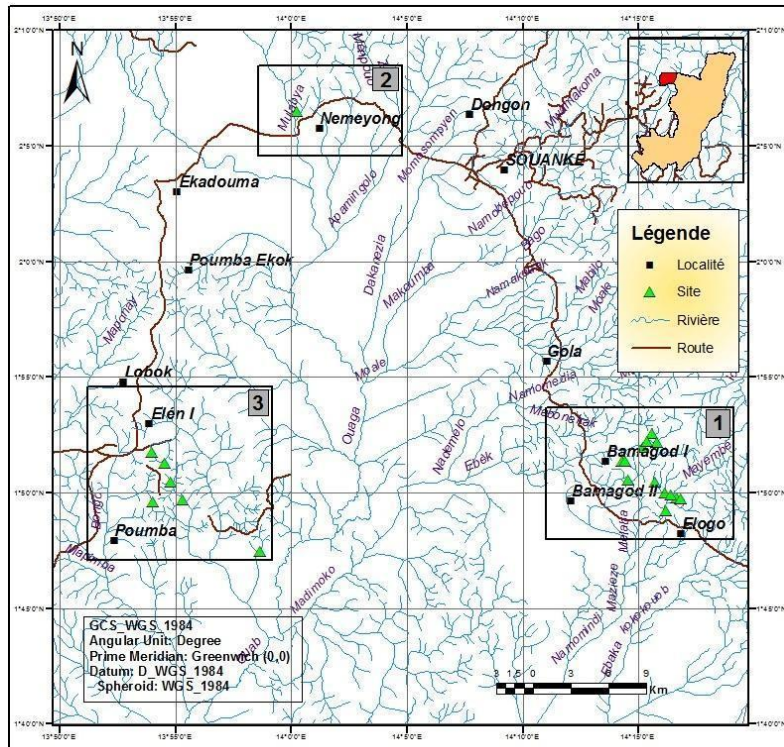


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

Le relief est accidenté, formé de hauts plateaux et de collines (300 à 400 m d'altitude) encadrant d'importantes vallées. Le réseau hydrographique est dominé par le bassin de la Sangha, alimenté par la Ngoko dans la zone de Ouessou. Les cours d'eau Ivindo, Mambili et Lengoué, qui prennent naissance à l'extrême nord, drainent une bonne partie du territoire avant de se jeter dans la Likouala.

La végétation est représentée par la forêt équatoriale primaire, particulièrement dense de plus de trois (3) millions d'hectares et d'une savane à faible superficie, localisée dans la partie Sud du Département (Rollet, 1964 ; Begué, 1967 ; Kouka, 2001).

Les sols prédominants de la Sangha sont des Ferralsols et des Gleysols qui sont favorables à l'agriculture (Bocquier, 1960 ; Martin, 1973 ; Denis et al., 1973).

La géologie de la zone est constituée des formations du socle d'Ivindo à l'Ouest du méridien 14° 30 E et par des formations sédimentaires à l'Est (Gres et Legras, 1965 ; Meloux et al., 1983 ; Desthieux et al. 1993 ; Gatsé et al., 2021).

Les conditions climatiques qui règnent dans la région, associées à un relief vallonné, conduisent à une altération poussée des roches, aboutissant ainsi à la formation des sols épais et comportant des niveaux gravillonnaires minéralisés qui sont recherchés par les orpailleurs. Le réseau hydrographique dense regorge des matériaux découpés sur les flancs des collines et drainés

Le Milieu humain du département de la Sangha qui s'étend sur une superficie de 55.800 km², compte une population de 104 366 habitants avec une densité très faible de 1,87 hbt/km². Cette population est surtout localisée le long des axes routiers, fluviaux, dans les chantiers forestiers et dans les principaux chefs-lieux de districts de Ouesso : Sembé, Souanké, Pokola et Mokeko (Groupe de la Banque Africaine de Développement, 2015).

2.2. Méthodologie

La méthodologie utilisée était basée sur les activités suivantes : (i) les enquêtes, sous forme d'entretien par focus groupes avec un échantillon de 50 orpailleurs sélectionnés au niveau des sites d'exploitation (Vilatte, 2007) ; (ii) l'identification et l'analyse des impacts générés par l'orpaillage sur l'environnement à l'aide d'une liste de contrôle des impacts. Cette analyse reposait sur la détermination de trois (3) critères fondamentaux qui sont la durée, l'étendue et l'intensité des impacts ; (iii) l'estimation de l'importance des impacts sur les composantes du milieu en faisant une interaction entre la durée, l'étendue et l'intensité des impacts à partir de la grille de Fecteau (CEH, 2015) ; (iv) les mesures de la turbidité à l'aide du spectrophotomètre SpectroDirect/PC spectro II et (v) l'estimation des superficies forestières perdues au niveau des sites d'orpaillage à partir des images satellitaires de Landsat 8 en utilisant les logiciels ENVI 4.8, Arcgis 10.5 et Qgis 3.8.2 (N'da *et al.*, 2008, Randrianarijaona, 2017, Bitiesse *et al.*, 2017).

3. Résultats

3.1. Types d'exploitation de l'or dans la zone d'étude

Sur 20 sites recensés, l'orpaillage traditionnel est pratiqué sur 18 sites recensés, soit un taux de 90% dans la zone étudiée et l'orpaillage semi mécanisé, minoritaire (10%), n'est pratiqué sur 2 sites (figure 2).

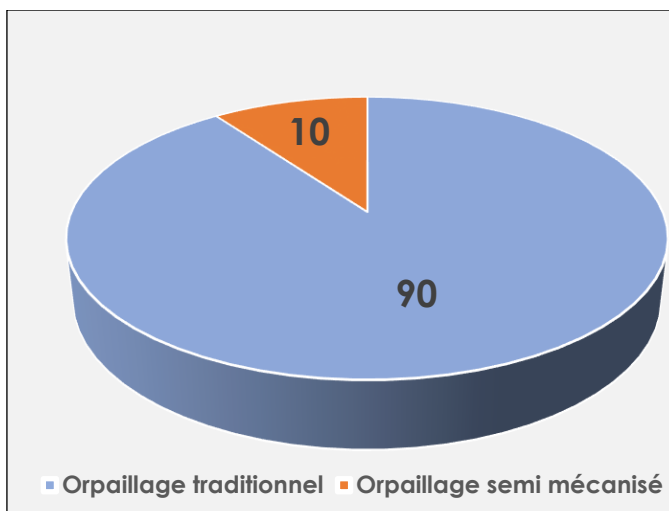


Figure 2. Proportions des types d'exploitation dans le secteur de Souanké

3.2. Répartition et organisation des orpailleurs sur les sites d'exploitation

Les figures 3 et 4 présentent la répartition des actifs de la filière de l'or dans le secteur. Sur les sites d'exploitation enquêtés, 91% des orpailleurs sont de nationalité Congolaise et 9% de nationalité étrangère. Les Congolais, constitués des Bakwélés, des Djèmes et d'autres ethnies, exploitent de façon artisanale. Les étrangers viennent de la Chine, du Cameroun, du Tchad, de l'Afrique de l'ouest et de la RDC. Les chinois pratiquent de l'exploitation semi-industrielle alors que le reste des étrangers fait de l'exploitation artisanale (figure 3).

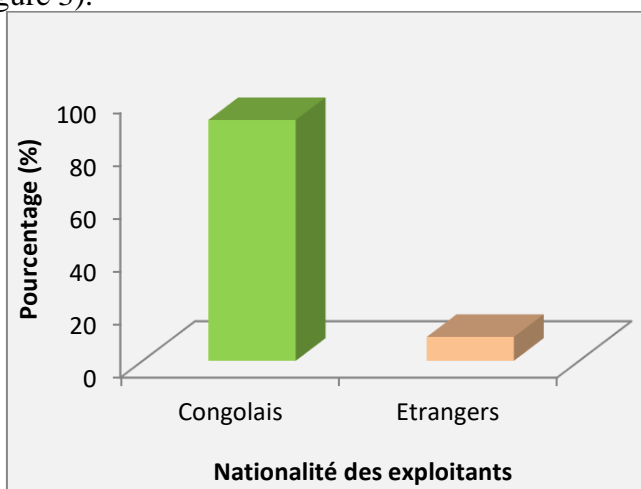


Figure 3. Répartition des nationalités

Ces exploitants s’organisent en équipes et rarement en individualité sur les sites d’orpaillage. Le nombre moyen d’orpailleurs par équipe de travail est de 5 personnes sur les sites étudiés. Toutefois, ce nombre varie selon les groupes ethniques et le volume de travail à réaliser.

3.3. Techniques d’exploitation de l’or

L’exploitation de l’or dans le secteur de Souanké passe par 3 phases : la phase de prospection, la phase de préparation du site sélectionné et la phase d’exploitation proprement dite. Les techniques d’exploitation et les outils utilisés pendant l’exploitation sont rudimentaires et manuels dans les sites traditionnels et semi-mécanisés (tableau I).

Tableau I. Outils utilisés pendant les différentes phases de l’orpaillage dans le secteur de Souanké

| Phases d’exploitation | Activités | Outils ou moyens utilisés | |
|-----------------------|-----------------------------|--|-------------------------------|
| | | Exploitation artisanale | Exploitation semi mécanisée |
| Prospection | Défrichage | Machettes, pelle, pioche | Pelle hydraulique |
| | Sondage | Barre à mine, pelle, pioche | Pelle hydraulique |
| | Test | Batée | Batée |
| Préparation du site | Dégagement de la végétation | Machettes, pelle traditionnelle, pioche | Pelle hydraulique |
| | Approvisionnement en eau | Motopompe, batée | Motopompe |
| | Extraction | Pelle traditionnelle, Echelle, Bidons en plastique | Pelle hydraulique |
| Exploitation | Stockage des graviers | Pelle, Bidons en plastique | Pelle hydraulique |
| | Lavage | Caisses de débouillage | Laveries (petites et grandes) |
| | Exhaure | Batée, motopompe | Motopompe |
| Récupération de l’or | Récupération de l’or | Batée, Papiers, Feuilles | Batée, Papiers, Feuilles |

3.3.1. Phase de prospection

Pendant la prospection, les orpailleurs commencent par foncer des puits jusqu’à atteindre la couche minéralisée caractérisée par la présence des graviers. Ensuite, les sondeurs font des tests à la batée si la couche minéralisée est présente. Enfin, lorsque la batée réalisée montre une vingtaine de minuscules fragments (paillettes ou pépites) appelés “points d’or”, la zone est dite fertile en substances minérales. En cas d’absence de gravier et que la batée montre moins d’une vingtaine de points d’or, les orpailleurs abandonnent la zone et continuent les recherches le long des rivières.

3.3.2. Phase de préparation des sites

La préparation des sites consiste à dégager le couvert végétal dans la zone fertile, à installer les matériels et le campement si nécessaire, et à approvisionner les sites en eau. Pour l'approvisionnement des sites en eau, les orpailleurs acheminent de l'eau des rivières environnantes vers le lieu de stockage à l'aide des motopompes. Lorsque la rivière est très éloignée, ils font passer l'eau d'une excavation à une autre. Par ailleurs, les cours d'eau peuvent être détournés en creusant un chenal artificiel jusqu'au lieu de stockage.

3.3.3. Phase d'exploitation

L'exploitation est une phase qui consiste à creuser dans le but d'extraire le gravier, à laver et à récupérer le minerai d'or.

- *Extraction*

Les orpailleurs procèdent premièrement au décapage de la couche stérile et ensuite à l'extraction de la couche minéralisée. Celle-ci est stockée quelque part sur le site ou dans une excavation avant d'être lavée. Pendant l'extraction, les eaux souterraines envahissent les excavations, elles sont alors évacuées à l'aide des motopompes pour faciliter le travail. Dans les sites traditionnels, le creusage se réalise en fonction de la profondeur du gravier avec des pelles et des pioches. Lorsque la couche payante est peu profonde, le creusage se fait de façon simple avec un seul compartiment. Cependant lorsqu'elle est profonde, on creuse en créant des gradins ou des galeries (Photo 1). Au niveau des sites semi-industriels, le creusage se fait avec des excavateurs (Photo 2), soit de façon simple, soit sous forme de gradins en tenant compte de la facilité de circulation des engins.

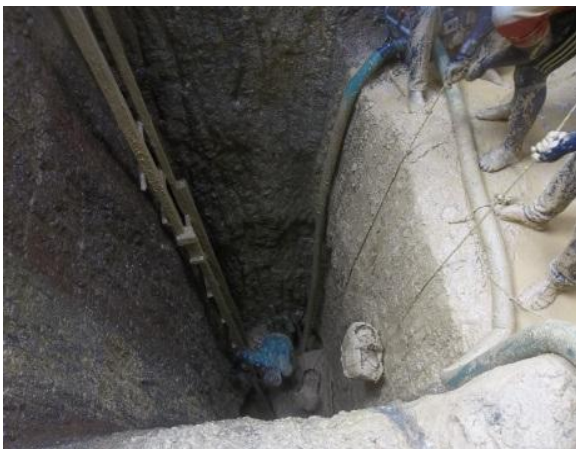


Photo 1. Extraction manuelle du gravier sur le Site Ekokola



Photo 2. Extraction semi-mécanisée du gravier sur le Site Maud 1

- *Lavage*

Au niveau des sites traditionnels, les orpailleurs utilisent les outils rudimentaires pour laver les graviers extraits. Ils utilisent la caisse de débouillage pour séparer les éléments grossiers (graviers) des éléments moins grossiers et fins (sable, argiles). L'eau est actionnée avec un seau ou un morceau de bidon et déversée dans la caisse. Les éléments fins sont entraînés dans l'eau alors que les éléments grossiers et lourds sont retenus dans la caisse de débouillage. Les éléments sableux sont ensuite lavés à la batée pour obtenir le concentré (minéraux lourds).

Dans les sites semi-industriels, le système de lavage comprend un bassin de stockage d'eau, deux laveries (petite et grande) et un bassin de rétention des sédiments. Dans un premier temps, le gravier est lavé au niveau de la grande laverie. L'eau provenant du bassin de stockage est pompée sous forte pression sur le gravier chargé dans la grande laverie, séparant ainsi le sable des argiles et des graviers. Un tapis ou moquette retient le sable et laisse passer les fins dans le bassin d'accumulation des sédiments (Photo 3).

Les sédiments arrivés dans le bassin d'accumulation sont acheminés vers la petite laveuse à l'aide des tuyaux métalliques où ils vont être soumis à un deuxième traitement. A côté, les paysans sont autorisés à faire des coups des caisses c'est-à-dire retraiter les sédiments dans l'espoir de trouver l'or qui a pu échapper au système de récupération semi-industriel (Photo 4).

- *Exhaure*

Les orpailleurs atteignent souvent la nappe phréatique pendant le creusage dans les sites traditionnels. La présence d'eau en provenance des nappes souterraines dans les excavations empêche le bon déroulement des activités. Pour pallier ce problème, les orpailleurs utilisent les batées ou les motopompes pour vider l'eau des excavations.

Au niveau de l'orpaillage semi-mécanisé, l'exhaure se fait pendant le lavage. En effet les eaux chargées de-sédiments au niveau du bassin d'accumulation et évacuées vers la petite laverie sont par la suite rejetées dans la nature.



Photo 3. Lavage traditionnel sur le site Guinée



Photo 4. Lavage semi mécanisé sur le site Maud 1

- *Récupération de l'or*

La technique de récupération est la même pour les deux types d'exploitation (traditionnelle et semi mécanisée). Le concentré des minéraux lourds obtenu après le lavage à la batée, est ensuite séché soit au soleil soit au feu. Après le séchage, l'or est séparé d'autres minéraux par soufflage.

3.4. Impacts identifiés

Les activités d'orpaillage réalisées dans le secteur de Souanké génèrent des impacts négatifs sur le milieu biophysique (végétation, sol, paysage, faune, eau) et le milieu humain (sécurité). On constate la perte du couvert végétal, les excavations, la formation des lacs, les éboulements, la dégradation de la qualité des eaux liée à l'augmentation de leur turbidité, la modification du paysage, les tas de graviers et morts terrains abandonnés, l'assèchement des cours d'eau, la perturbation des eaux souterraines, la perturbation de l'habitat faunique, les déchets abandonnés, les accidents, les nuisances sonores, le sur-alluvionnement des cours d'eau, l'asphyxie des plantes.

Les excavations, la perte du couvert végétal, la modification du paysage, l'amoncellement de graviers et les morts terrains abandonnés, la perturbation des ressources fauniques, et l'augmentation de la turbidité des eaux sont les plus fréquemment observés sur les sites d'orpaillage ; la perturbation des eaux souterraines, les nuisances sonores, la formation des lacs, le sur-alluvionnement, les déchets abandonnés et les accidents présentent une fréquence moyenne alors que l'éboulement, l'assèchement des cours d'eau et l'asphyxie des plantes ont une fréquence faible car ils ne sont observés que dans quelques sites (Maud 1, Maud 2, Guinée) (figure 4).

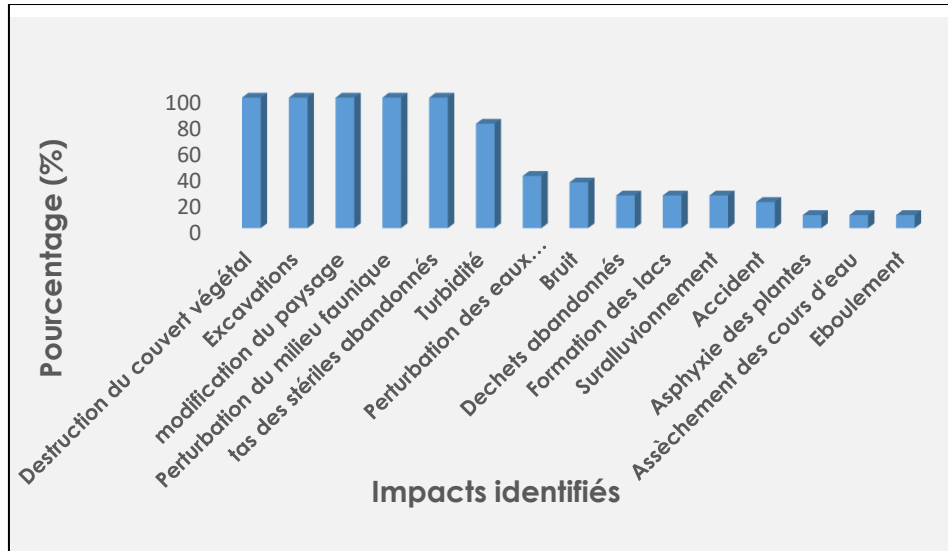


Figure 4. Proportions des impacts identifiés sur les sites d'orpaillage

3.4.1. Description des impacts identifiés sur le milieu biophysique

- ***Sur la végétation et la faune***

Les activités de l'orpaillage semi-industrielle ou traditionnelle dans le secteur de Souanké engendrent la perte et la dégradation des ressources forestières, aussi bien floristiques que fauniques de la zone. En effet, le défrichage lors de la recherche des zones minéralisées, la coupe des bois pour la déviation des cours d'eau et le soutènement des puits, le déboisement pendant la préparation des sites et l'exploitation de l'or, le déversement des eaux de lavage du minerai dans la forêt sont là des activités à l'origine de la perte du couvert végétal et de l'asphyxie des plantes. Ces activités perturbent également le milieu faunique car occasionnant l'éloignement des animaux qui perdent leurs habitats (Photos 5 et 6).



Photo 5. Perte du couvert végétal (Maud 1)



Photo 6. Asphyxie de la végétation (Maud 2)

Après traitement et classification de l'image Landsat 8 de l'année 2017, la superficie forestière dégradée par les activités d'orpaillage dans cette zone est évaluée à 934 ha sur une superficie de 13.912 ha, soit 6.7% (Figure 5).

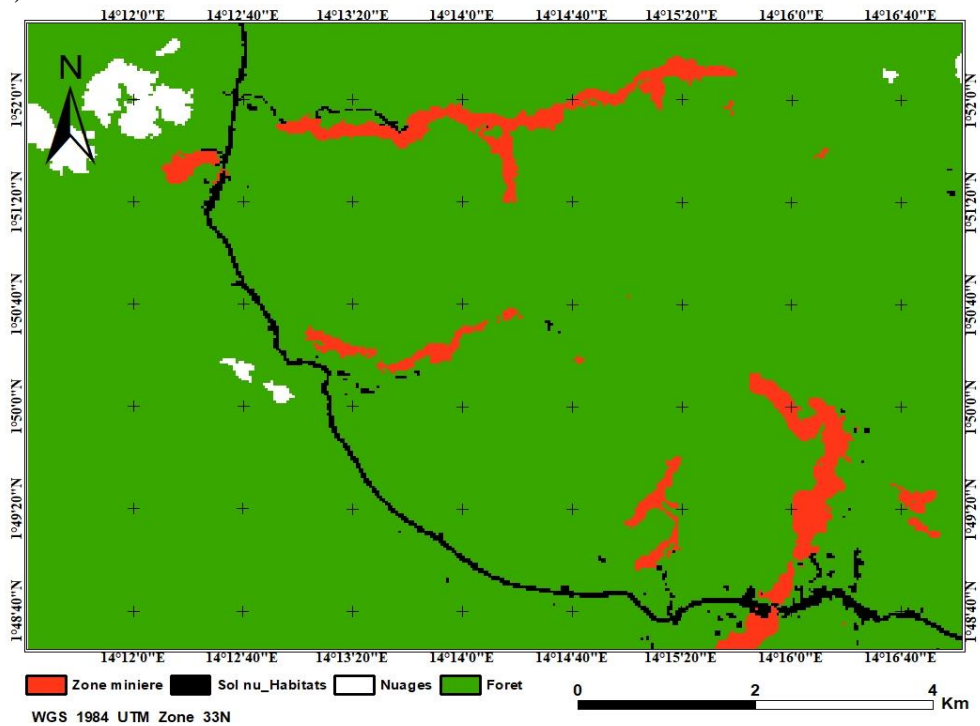


Figure 5. Carte d'occupation des sites d'orpaillage dans la zone

- *Sur le sol et le paysage*

Les impacts de l'orpaillage générés sur le sol sont identifiés à toutes les étapes de l'exploitation artisanale et semi-mécanisée de l'or.

Lors de la prospection, des puits sont foncés laissant ainsi des trous çà et là. Pendant la phase d'exploitation, on observe, après extraction du minerai, la présence des trous, des excavations, la formation des lacs, les éboulements, les tas de gravier, des morts terrains et les déchets abandonnés, ce qui dégrade durablement le sol car il n'est pas reconstitué après l'exploitation (photo 7-12).

Le volume des excavations et des tas de terrils sur les sites dépend du type d'exploitation et de la fréquence des activités. Il est plus énorme au niveau des sites semi-mécanisés à cause de la facilité des opérations liée aux outils utilisés (pelles hydrauliques, laveries mécanisées, motopompes etc...).

Ces excavations ne sont pas remblayées à la fin d'exploitation des sites. Elles sont par la suite remplies d'eau formant ainsi des lacs. Les éboulements ne sont pas fréquents dans le secteur ; ils ne sont identifiés que dans les sites artisanaux de Guinée et Ekokola. Tous ces impacts identifiés pendant et après l'exploitation du minerai d'or, modifient largement le paysage.



Photo 7. Excavation sur site semi-mécanisé (Maud 1)



Photo 8. Excavation, site traditionnel (Ekokola)



Photo 9. Formation des lacs dans un site semi-mécanisé (Maud 1)



Photo 10. Stagnation des eaux, site traditionnel (Tripoli 2)



Photo 11. Eboulement, site traditionnel (Guinée)



Photo 12. Abandon des graviers et morts terrain, site semi-mécanisé (Maud 1)

- *Sur les ressources en eau*

L'eau joue un rôle capital dans l'orpaillage car elle intervient dans presque toutes les étapes de l'exploitation. On observe les sites d'exploitation de l'or tout au long des cours d'eau, ce qui prouve à suffisance son importance dans le processus d'extraction de l'or.

Les exploitants atteignent les eaux souterraines à quelque mètre de profondeur selon les sites lors du creusage. Ils font alors usage des motopompes ou des batées pour évacuer cette eau. Ce qui impacte négativement la qualité et la quantité des eaux souterraines (Photo 13). Il en est de même lorsque le lavage du minerai ne se fait pas directement sur le lit du cours d'eau, les orpailleurs détournent les chenaux, drainent les eaux des cours d'eau à l'aide des motopompes ou encore d'une excavation à une autre lorsque le cours d'eau est très éloigné du point de lavage. Elle est alors stockée dans les bassins de rétention pour être ensuite utilisée pendant le lavage des

minerais (photo 14). Ces opérations perturbent la dynamique des cours d'eau et conduisent à leur assèchement (photo 15). Ces eaux de lavage sont ensuite retournées dans les cours d'eau après usage. Quand l'exploitation se fait directement sur le lit vif des cours d'eau, on assiste au sur-alluvionnement des cours d'eau et à l'augmentation de la turbidité des eaux à proximité des sites d'exploitation (photos 15 à 18).

Les mesures de la turbidité des eaux de deux rivières caractéristiques, la rivière Maziézé qui draine un site d'exploitation semi industrielle et la rivière Kolabia pour l'exploitation traditionnelle, ont montré que la rivière Maziézé présente une turbidité de 8 UTN en amont du point de lavage et supérieure à 500 UTN du point de lavage du minerai jusqu'à 1000 m en aval de ce point. La rivière Kolabia en revanche présente une turbidité de 11 UTN en amont du point de lavage, elle augmente à 360 UTN au niveau de la zone de lavage et diminue progressivement en aval. Ces résultats montrent que les eaux sont plus turbides en aval de l'exploitation semi-industrielle par rapport à l'exploitation traditionnelle.



Photo 13. Perturbation des eaux souterraines



Photo 14. Stagnation des eaux dans un bassin de rétention



Photo 15. Turbidité (rivière Mazieze)



Photo 16. Turbidité (rivière Kolabia)



Photo 17. Assèchement du cours d'eau (Maud 1)



Photo 18. Sur-alluvionnement d'un cours d'eau en aval du site (Maud 1)

- *Sur le milieu humain*

L'impact de l'orpaillage sur la sécurité des orpailleurs dans le secteur de Souanké est fonction de leurs conditions de travail et des techniques utilisées. Les orpailleurs travaillent dans les conditions précaires, sans mesure de sécurité (photos 19 et 20). Il a été noté la présence d'engins, de tuyaux, des déchets et excavations sur les sites (photo 21). Les sites exploités sont abandonnés sans remise en état, avec des épaves métalliques et plastiques. Ces modifications couplées au manque des équipements de protection individuelle augmentent les risques d'accidents à l'endroit des orpailleurs et ils sont par conséquent exposés aux blessures et même à la mort.



Photo 19. Conditions de travail des orpailleurs (site Balola)



Photo 20. Conditions de travail des orpailleurs (site Ekokola)



Photo 21. Présence des engins sur les sites (Maud 1)



Photo 22. Présence des tuyaux sur les sites (Maud 1)



Photo 23. Epave de générateur abandonné sur le site de Moyibona



Photo 24. Epave de laverie abandonnée sur le site Djaboma 1

3.5. Caractérisation et évaluation des impacts

Dans le secteur de Souanké, les impacts environnementaux et sociaux générés par les activités d'orpaillage ont une valeur négative c'est-à-dire qu'on assiste à une détérioration de l'environnement biophysique et humain. Dans les sites semi-mécanisés, 14 impacts ont été identifiés dont 71% des impacts ont une intensité forte et 14% ont une intensité moyenne à faible (tableaux II). Sur les 13 impacts identifiés sur les sites artisanaux, 38% des impacts ont une intensité forte alors que 31% des impacts ont une intensité moyenne à faible (tableau III).

Au niveau des sites semi-mécanisés, la durée des impacts est longue pour 57% contre 46% dans les sites artisanaux. Le pourcentage des impacts à durée moyenne est plus élevé au niveau des sites mécanisés (21%) et celui des impacts à durée courte est élevé dans les sites artisanaux (38%).

Globalement, selon le tableau IV, l'importance des impacts est plus significative dans les sites semi-mécanisés (50% d'importance majeure, 29% d'importance moyenne, 21% d'importance mineure) que dans les sites traditionnels (31% d'importance majeure, 15% d'importance moyenne et 54% d'importance mineure).

Ces impacts sont tous identifiés sur l'environnement immédiat des sites d'orpaillage sauf la turbidité qui s'étend jusqu'à plus de 1000 m en aval des sites semi- mécanisés.

Tableau II. Caractérisation et Evaluation des impacts identifiés sur les sites semi industriels

| Milieu récepteur | Eléments valorisés de l'Environnement | Impacts identifiés | Paramètre de caractérisation | | | | | | Evalua tion |
|------------------|---------------------------------------|--|------------------------------|--------|-----------|---------|-------|-------------|---------------------------|
| | | | Valeur | Nature | Intensité | Etendue | Durée | Persistance | Importan ce absolue |
| Biophysique | Paysage | Modification du paysage | - | D | F | P | L | Irr | Majeure |
| | Végétation | Perte du couvert végétal | - | D | F | P | L | Irr | Majeure |
| | | Asphyxie des plantes | - | D | F | P | L | Irr | Majeure |
| | Faune | Perturbation du milieu faunique | - | I | M | P | M | Rév | Moyenne |
| | Eau | Augmentation de la turbidité | - | D | F | L | C | Rév | Moyenne |
| | | Assèchement du chenal | - | D | F | P | L | Irr | Majeure |
| | | Sur-alluvionnement | - | D | f | P | M | Rév | Mineure |
| | | Perturbation des eaux souterraines | - | D | F | P | M | Rév | Moyenne |
| | Sol | Excavations | - | D | F | P | L | Irr | Majeure |
| | | Formation des lacs | - | D | F | P | L | Irr | Majeure |
| | | Tas de graviers et stériles abandonnés | - | D | F | P | L | Irr | Majeure |
| | | Déchets abandonnés | - | D | M | P | L | Rév | Moyenne |
| | Humain | Sécurité/Santé | Accident | - | D | F | P | C | Rév |
| Bruit | | | - | D | f | P | C | Rév | Mineure |

Valeur : négative (-) ; positive (+). Etendue : ponctuelle (P) ; locale (L). Nature : directe (D) ; indirecte (I). Intensité : forte (F) ; moyenne (M) ; faible (f). Durée : longue (L) ; moyenne (M) ; courte (C). Persistance : réversible (Rév.), irréversible (Irr.).

Tableau III. Caractérisation et Evaluation des impacts identifiés sur les sites artisanaux

| Milieu récepteur | Eléments valorisés de l'Environnement | Impacts identifiés | Paramètre de caractérisation | | | | | Evaluation | |
|------------------|---------------------------------------|--|------------------------------|--------|-----------|---------|-------|----------------|--------------------|
| | | | Valeur | Nature | Intensité | Etendue | Durée | Persistance | Importance absolue |
| Biophysique | Paysage | Modification du paysage | - | D | F | P | L | Irr | Majeure |
| | Végétation | Perte du couvert végétal | - | D | F | P | L | Irr | Majeure |
| | Faune | Perturbation du milieu faunique | - | I | M | P | M | Rév | Moyenne |
| | Eau | Augmentation de la turbidité | - | D | F | P | C | Rév | Mineure |
| | | Sur-alluvionnement | - | D | f | P | M | Rév | Mineure |
| | | Perturbation des eaux souterraines | - | D | M | P | C | Rév | Mineure |
| | Sol | Excavations | - | D | F | P | L | Irr | Majeure |
| | | Formation des lacs | - | D | F | P | L | Irr | Majeure |
| | | Tas de graviers et stériles abandonnés | - | D | M | P | L | Rév | Moyenne |
| | | Déchets abandonnés | - | D | f | P | L | | Mineure |
| Eboulement | | - | D | f | P | C | Rév | Mineure | |
| Humain | Sécurité/Santé | Accident | - | D | M | P | C | Rév | Mineure |
| | | Bruit | - | D | f | P | C | Rév | Mineure |

Valeur : négative (-) ; positive (+). Etendue : ponctuelle (**P**) ; locale (**L**). Nature : directe (**D**) ; indirecte (**I**). Intensité : forte (**F**) ; moyenne (**M**) ; faible (**f**). Durée : longue (**L**) ; moyenne (**M**) ; courte (**C**). Persistance : réversible (**Rév.**), irréversible (**Irr.**)

Tableau IV. Fréquence de l'importance absolue des impacts identifiés

| Importance absolue des impacts identifiés (%) | Sites mécanisés | Sites artisanaux |
|---|-----------------|------------------|
| Majeure | 50 | 31 |
| Moyenne | 29 | 15 |
| Mineure | 21 | 54 |

4. Discussion

L'orpaillage est pratiqué de façon traditionnelle dans 90% des sites dans le secteur de Souanké, en utilisant des techniques et outils rudimentaires, à l'exception faite des motopompes qui sont parfois utilisés pour l'exhaure. Cette situation est due à la faiblesse des moyens des orpailleurs de la zone de Souanké. On compte à peine le nombre des artisans miniers qui exploitent la zone en utilisant les outils mécanisés. Ce résultat corrobore les observations faites par Seydou, 2001 au Mali, où les méthodes d'extraction et de traitement sont rudimentaires, et les postes mécanisés en nombre très limité.

Les orpailleurs s'organisent souvent en équipe de 5 personnes sur les sites compte tenu du volume et même de la pénibilité du travail. Ils ne sont pas organisés en coopérative dans ce secteur, comme cela a été constaté dans d'autres localités où se développent les activités d'orpaillage au Congo (Bemy, 2008 ; Solo, 2010 ; Kissama, 2011 ; Laboundou, 2014). Cette observation est contraire à celle réalisée au Cameroun où les orpailleurs travaillent en coopératives et sont associés à des structures d'appui qui leur apportent le soutien logistique (matériel et technique) nécessaire à l'exercice de leur activité, (Nguepjouo & Manyacka, 2008).

Les impacts environnementaux et sociaux négatifs générés par l'activité d'orpaillage (artisanale et semi-mécanisée) dans le secteur sont nombreux sur la végétation et la faune, le sol, le paysage, les ressources en eau et la sécurité humaine.

Sur la végétation, on note la perte du couvert végétal, l'asphyxie des arbres et la perturbation de l'habitat faunique. L'installation des orpailleurs au niveau des sites d'exploitation nécessite le défrichage, le déracinement des arbres et même la coupe des bois. Ces activités sont à l'origine de la perte du couvert végétal, évaluée à une superficie de 934 ha en 2017. Celle-ci, correspondant à un taux de dégradation forestière de 6,7%, ce phénomène constitue l'un des impacts environnementaux les plus visibles de la zone de Souanké. Il faut noter que ce taux pourrait être sous-estimée à cause des difficultés liées à l'identification par télédétection des sites d'orpaillage sous le couvert forestier comme affirmé par Laperche *et al.*, 2008. Cependant, il

faut relever que ce taux est largement supérieur au taux moyen de déforestation au niveau national qui a été estimé à 0,052% selon FCPF, 2016. Ce type d'impact a aussi été identifié à l'est du Cameroun par Voundi, 2021, au Burkina Faso par Soma *et al.*, 2021 et en Côte d'Ivoire par Hue *et al.*, 2020, lesquels affirment que l'activité de l'orpaillage contribue significativement à la perte de certaines espèces ligneuses. Palle *et al.*, 2019 ont montrés que les espèces végétales subissent une forte mortalité sur les sites miniers, pouvant atteindre 100 % avec peu de régénération possible. L'asphyxie des plantes identifié est une exception au Congo, qui serait ici due à un défaut d'oxygénation racinaire causée par un mauvais drainage. Ce phénomène est en effet observé dans les zones tempérées où un hiver très pluvieux maintien des terrains inondés pendant une longue période, empêche la respiration et asphyxie littéralement les arbres. Concernant la faune, on note une perturbation de celle-ci, se traduit par l'éloignement des espèces fauniques et la destruction de leur habitat. Ceci est occasionné par la destruction du couvert végétal, couplé aux activités de fonçage, la circulation des engins, l'ambiance et la nuisance sonore sur les sites miniers. Cette observation corrobore avec celle de Digbo *et al.*, 2021. Le paysage est modifié avec un aperçu frappant à perte de vue par les excavations, la formation des lacs, les éboulements, les déchets abandonnés, les tas de graviers et morts terrains abandonnés sur le sol. Comme affirmé par Sanda *et al.*, 2019 au Niger où ces impacts sur le paysage sont d'une grande intensité.

Concernant les ressources en eau, on note une augmentation de la turbidité des eaux de surface orpaillées, le sur-alluvionnement et l'assèchement des cours d'eau ainsi que la perturbation des eaux souterraines, liée aux activités de creusage des puits mettant à nu les nappes phréatiques de la zone d'étude. Soma *et al.*, 2021, ont ainsi remarquer la présence de matières solides en suspension et l'augmentation de la turbidité de l'eau dans les cours d'eau où est lavé le sable aurifère au Burkina Faso. Djangbedja *et al.*, 2018 affirment que l'orpaillage entraîne l'envasement et l'ensablement des lits des rivières. Ces résultats vont aussi dans le même sens que ceux trouvés par Affessi *et al.*, 2016, lesquels confirment également la modification des flux de la nappe phréatique par les activités d'orpaillage.

Les impacts sur le milieu humain sont beaucoup marqués par les accidents et les nuisances sonores. Les conditions de travail sont précaires (Richard *et al.*, 2015), ce qui conduit aux accidents qui se manifestent souvent par les blessures, les morsures de serpents et occasionnellement la mort d'homme enregistré au niveau des exploitations souterraines après éboulement. Contrairement à Fode, 2019 où le taux de mortalité liée à l'orpaillage est en croissance dans la région de Siguiri et de ses environs, dans le secteur de Souanké, ce type d'accident est encore timide. Ces accidents sont liés au manque de mesure de sécurité, à la présence des engins, épaves

métalliques et plastiques, les excavations abandonnées et remplies d'eau sur les sites. Les nuisances sonores affirmé par Lala, 2019, proviennent par contre des vibrations des engins au niveau des sites semi mécanisés et, des bruits occasionnés par l'ambiance sur les sites ainsi que les machines servant à pomper l'eau hors des puits de mine (motopompe) et à extraire et traité les minerais pelle mécanique, laverie).

On peut y ajouter les conséquences immédiates qui sont l'érosion des sols et la pollution chimique des eaux même si elles n'ont pas été évaluée. Ces impacts sont ceux déjà observés dans d'autres pays comme la Guyane, le Mali, le Sénégal et la Cote d'Ivoire, par Harimalala, 2003 ; Sorgho, 2011 ; Collectif de Guyane, 2015 ; Palleet *al.*, 2013 ; Bohbot, 2017; Yao *et al.*, 2019 ; Ndiaye, 2020 ; Ahoussi et Yapo, 2021.

Les mêmes impacts identifiés dans le secteur de Souanké ont également été signalés dans la partie sud du Congo par Moukouity, 2004 ; Bemy, 2008 ; Solo, 2010 et Kissama, 2011, à l'exception de l'asphyxie des plantes qui est exclusivement liée à l'orpaillage semi-industriel et au rejet des eaux de lavage du minerai dans la forêt, uniquement observé dans le secteur de Souanké. Ces impacts sont pratiquement les mêmes que ceux observés dans d'autres Pays comme le Burkina Faso, le Cameroun, le Mali, le Sénégal et la Côte d'Ivoire (Kahitouo, 2012 ; Bamamen, 2013 ; Kiemtore, 2012 ; Ngo Minyem, 2012 ; Ndiaye, 2020 ; Ahoussi et Yapo, 2021), sauf certains impacts cités par ceux-ci et qui ne sont pas observés dans le secteur de Souanké comme les émissions de poussière, la pollution du sol et des eaux par des produits chimiques (mercure, cyanure) du fait que les techniques d'exploitation ne sont pas les mêmes et que les analyses chimiques restent à faire.

5. Conclusion et Recommandations

Il ressort de cette étude que l'activité d'orpaillage dans le secteur de Souanké est source des nombreux impacts environnementaux et sociaux. Les impacts observés sont les excavations, la perte du couvert végétal, la modification du paysage, la présence des tas de graviers et morts terrains abandonnés sur les sites, la perturbation du milieu faunique, la formation des lacs, l'augmentation de la turbidité, l'assèchement des cours d'eau, la perturbation des eaux souterraines, les déchets abandonnés, les accidents, le bruit, le sur-alluvionnement des cours d'eau, les éboulements, l'assèchement des cours d'eau et l'asphyxie des plantes. Ces impacts sont plus significatifs dans les sites mécanisés (50% d'importance majeure, 29% d'importance moyenne, 21% d'importance mineure) que dans les sites artisanaux (31% d'importance majeure, 15% d'importance moyenne et 54% d'importance mineure). On assiste à une véritable catastrophe car les sites sont dégradés et abandonnés sans réhabilitation. Il n'y a aucun plan de gestion environnementale mise en œuvre, ni respect des exigences sécuritaires aussi

bien pour l'exploitation semi-industrielle que pour l'exploitation artisanale, ce qui augmente les risques d'accidents.

Face à cette situation, des mesures doivent être prises pour mieux gérer l'environnement des milieux affectés les activités d'orpaillage. Les actions suivantes devraient être menées :

- ✓ Sensibiliser les orpailleurs sur l'ampleur des impacts environnementaux et sociaux liés à l'orpaillage. Il s'agira de promouvoir un guide de bonnes pratiques au profit des différents acteurs impliqués dans l'orpaillage.
- ✓ Renforcer le cadre institutionnel et réglementaire du secteur minier artisanal. Il faut d'abord procéder à établir un système de recensement et de contrôle des sites d'orpaillage, ensuite organiser les artisans en groupements de producteurs aux fins d'un renforcement de capacité, et inciter tous les acteurs de l'orpaillage à la restauration des sites dégradés et la revégétalisation systématique.
- ✓ Mettre en place un système de délivrance d'autorisations ou de permis d'exploitation artisanale dans les différentes zones potentielles des gisements, avec obligation de respecter le guide de bonnes pratiques.

Ce travail a pu mettre en évidence les incidences de l'orpaillage sur les milieux physique, biologique et humain dans les écosystèmes forestiers du secteur de Souanké. Les travaux de recherche devraient se poursuivre la détermination des niveaux de contamination en éléments traces métalliques ou métaux lourds dans les différents milieux. Ainsi, une cartographie détaillée des sites d'orpaillage permettra d'organiser des campagnes de prélèvements des échantillons des sols, des eaux et des ressources halieutiques et d'y effectuer des analyses chimiques.

References:

1. Affessi A.S., Koffi K.G. J.C., Sangare M., 2016. Impacts sociaux et environnementaux de l'orpaillage sur les populations de la région du Bounkani en Côte d'Ivoire. European Scientific Journal vol.12, No.26, pp. 288-306.
2. Ahoussi K. E. et Yapo A. P., 2021. Étude de la minéralisation des eaux de surface en éléments traces métalliques (ETM) des zones d'orpaillage de la sous-préfecture de Kokumbo, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Afrique SCIENCE 19(4) (2021) 36 – 50. ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.net>.
3. Bamamen Bisil. H.E., 2013. Contribution à l'étude des impacts de l'exploitation minière sur le développement durable : cas du massif

- forestier Ngoyla – Mintom. Mémoire assainissement et restauration de l'environnement, Faculté des Sciences, Université Yaoundé 1, 57p.
4. Begué L., 1967. Chronique phytogéographique : les forêts du nord de la République du Congo (Brazzaville). Bois et forêts des tropiques n°111, pp. 63-67.
 5. Bemy B., 2008. Les activités de l'orpaillage et leurs impacts sur l'environnement du sillon de Mayoko (Masif du Chaillu-Congo). Mémoire CAPES, ENS/UMNG, Brazzaville, 83p.
 6. Bitiesse C., Wandan E.N., N'da H.D., 2017. Apport de la télédétection pour le suivi spatiotemporel de l'occupation du sol dans la région montagneuse du Tonkpi. European Scientific Journal Vol.13, No.15, pp. 310-329.
 7. Bohbot J., 2017. L'orpaillage au Burkina Faso : une aubaine économique pour les populations, aux conséquences sociales et environnementales mal maîtrisées », EchoGéo [En ligne], 42 | 2017. <http://journals.openedition.org/echogeo/15150> ; doi : <https://doi.org/10.4000/echogeo.15150>
 8. Bocquier G., 1960. Caractérisation de quelques profils pédologiques observés dans le district de Souanké (République du Congo). ORSTOM-IEC, Paris, 8p.
 9. Mark B. & Shanomae R. (2010). L'impact environnemental et social de l'orpaillage au Guyana in Tourrand J.F., Sayago D., Bursztyn M., Drummond J.A. (2010). L'Amazonie un demi-siècle après la colonisation. Hors collection, éd. Quae, pp. 99-111.
 10. CEH, 2015. Etude d'impact environnemental et social du projet de renforcement et d'extension des réseaux électriques des villes de Niamey, Dosso, Maradi, Zinder, Tahoua, Agadez et Tillabéri, Société Nigérienne d'électricité (NIGELEEC), République du Niger, 106p.
 11. Denis B. ; Jamet R. ; Martin D., 1973. - Projet de développement de la culture du cacaoyer dans la région de la Sangha. Etude pédologique. Tome 1 : Texte. ORSTOM, Brazzaville, 171p.
 12. Desthieux F., Boudzoumou F., Malounguila-Nganga D., Mouanda, Moumpossa R., Ondongo C., Ongouya A. & Nzaba M., 1993. Notice explicative de la carte géologique du Congo au 1/1.000.000. Ministère des Moines et de l'Energie, Brazzaville, 32p.
 13. Dialga I., 2013. Du boom minier au Burkina Faso : opportunité pour un développement durable ou risque de péril pour les générations futures-Mémoire de recherche, Institut d'Economie et de management de Nantes-IAE, Université de Nantes, 88p.
 14. Digbo, G. A., Tchehi, Z. F. J., Dalougou, G. D., & Ouattara, L. (2021). Exploitation artisanale de l'or et transformations de la vie rurale à Zaïbo, dans le département de Daloa (centre-ouest, Côte d'Ivoire).

- International Journal of Current Research, 13(04), pp. 17084-17090.
<https://doi.org/10.24941/ijcr.41051.04.2021>.
15. Djangbedja M., Vodounou J. B. K., Zimari T. A-N. et Tchamie Thiou K. T., 2018. L'orpaillage et le développement durable à Kéméni et à Kpaza dans le centre du Togo. *Annales des Lettres et Sciences Sociales de l'Université de Parakou*, Volume 1, Numéro 1, 21p.
 16. FCPF, 2016. Document de Programme de Réductions des Émissions (ER-PD) Sangha-Likouala, République du Congo, 326p.
 17. FODE B. C., 2019. Étude des impacts de l'exploitation artisanale de l'or en République de Guinée (cas de la préfecture de Siguiri). Mémoire, Université du Québec, Montréal, 176p.
 18. Gatsé E.C., Yuling X., Adamako-Ansah K. & Yunwei Q., 2021. Petrology, geochemistry and U-Pb-Lu-Hf isotopes of granitoids from the Ivindo basement complex of the Souanké area, Republic of Congo: insights into the evolution of archean continental crust. *Geological Journal*. 4219.
 19. Gres H.B., & LeGras, M. (1965). Mission Ouesso : Première. Deuxième et troisième campagnes. Rapports. BRGM BRA 65 A7, BRGM BRA 66 A3, BRGM BRA 66 A7.
 20. Groupe de la Banque Africaine de Développement, 2015. Projet de route Ketta Djoum et de facilitation des transports sur le corridor Yaoundé-Brazzaville-phase 2, n° du projet p-z1-db0-083, multinational Cameroun – Congo, département : OITC, division : OITC1, 31p.
 21. Harimalala H., 2003. Evaluation environnementale stratégique des activités minières à Madagascar : mémoire de fin d'étude d'ingénieur en géologie ; 80p.
 22. Hue B. F. F., Kambire B. et Alla D. (2020). Mutations environnementales Mutations environnementales liées à l'orpaillage à Ity (Ouest de la Côte d'Ivoire). *Annales de l'Université de Moundou, Série A-FLASH Vol.7(2)*, Juin. 2020, aflash-revue-mdou.org, p- ISSN 2304-1056/e-ISSN 2707-6830
 23. Kahitouo H., 2012. Réalisation d'un diagnostic environnemental pour l'amélioration de la performance environnementale de l'orpaillage au Burkina Faso : cas du site de Kampti, Mémoire de Master, Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Burkina Faso, 73p.
 24. Kiemtore I., 2012. Impacts environnementaux et risques sanitaires de l'exploitation artisanale de l'or : cas du site aurifère de Bouere dans la province du Tuy (Burkina Faso). Mémoire de Master, Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Burkina Faso, 53p.

25. Kissama M.D., 2011. L'orpaillage et son impact sur l'environnement du massif forestier du Mayombe : cas du secteur de Kakamoeka-centre, Mémoire de maîtrise de géographie. FLSH, UMNG, Brazzaville, 115p.
26. Kouka L. A., 2001. Biotopes et diversité des groupes phytogéographiques de la flore du parc national d'Ozala (Congo Brazzaville). Systematics and geography of plants, n°71, pp. 827-835.
27. Laboundou R., 2014. L'orpaillage et son impact sur l'environnement de la zone Ngoyboma-Lebaye (District de Kéllé, Congo). Mémoire de Master Faculté des Sciences et Techniques, UMNG, Brazzaville, 37p.
28. Lala O., 2019. Orpaillage artisanal et développement rural. Mémoire de Thèse, Université de Laval, Québec, 152p.
29. Laperche V., Montanovanh M., Thomassin J.F., 2008. Synthèse critique des connaissances sur les conséquences environnementales de l'orpaillage en Guyane, Rapport BRGM/RP-56652-FR, 73p.
30. Martin D., 1973. – Les sols des cacaoyères de la Sangha. ORSTOM, Brazzaville, 60p.
31. Meloux J., Bigot M. & Viland J.C., 1983. Plan Minéral de la République Populaire du Congo. Ministère des Mines et de l'Energie, Brazzaville, 270p.
32. Mokam S.A.B., Tsikam M.C., 2016. Impact de l'exploitation artisanale de l'or sur les populations de Kambélé, Région de l'est Cameroun., Centre d'excellence pour la gouvernance des industries extractives en Afrique francophone, Natural resources gouvenance institute, Oil, Gas and Mining for development, 30p.
33. Mouhani Bizi Masala E., 2012. L'orpaillage et ses impacts dans l'environnement dans le secteur de M'vouti (Mayombe-Congo). Mémoire, DEA, Faculté des Sciences, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, 100p.
34. Moukouiti C., 2004. Les activités d'orpaillage et leurs impacts sur l'environnement dans le sillon de Zanaga (Massif du Chaillu, Congo). Mémoire CAPES, ENS/UMNG, 62p.
35. N'da H.D., N'guessan E.K., Wajda M.E., Affian K., 2008. Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le Parc National de la Marahoué (Côte d'Ivoire). Revue Télédétection, 2008, vol. 8, n° 1, pp. 17-34
36. Ndiaye K., 2020. Le développement de l'orpaillage, son impact environnemental et sanitaire dans le sud-est du Sénégal : exemple du site aurifère de Bantako. Mémoire de Master de Faculté des Sciences, Université de Liège, Belgique, 82p.
37. Ngo Minyem K., 2012. Realisation d'un diagnostic environnemental pour l'amélioration de la performance environnementale de

- l'orpaillage au Burkina Faso : cas du site de Gombledougou, Mémoire de de master en ingénierie de l'eau et de l'environnement, Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Burkina Faso, 85p.
38. Nguerpjouo D., Manyacka E., 2008. Exploitation minière artisanale dans la province de l'Est Cameroun : Cas du département de la Boumba et Ngoko ; Etat des lieux, Constat, Analyse et recommandation, CED, Cameroun, 65p.
 39. Palle D.A.I., Watou F., Kourouna, S., 2013. L'effet de l'exploitation artisanale de l'or sur les ressources forestières à Siguiri en Guinée.
 40. https://www.sifee.org/static/uploaded/Files/ressources/actes-des-colloques/Bamako/session-5/B_Palle_etal_comm.pdf
 41. Palle D.A.I., Wade, Kourouma, S. 2019. Effets de l'exploitation artisanale de l'or sur les ressources forestières à Siguiri, République de Guinée
 42. Randrianarijaona H.A., 2017. Suivi environnemental de la ceinture verte de Makira, Madagascar, par télédétection : Evaluation des changements d'occupation du sol et de l'efficacité de la gestion contractualisée des forêts, Master de spécialisation en sciences et gestion de l'environnement, Filière nature et Territoires, ULG - Faculté des Sciences - département des Sciences et gestion de l'environnement, UCL - Faculté des Bioingénieurs, 54p.
 43. Richard M., Moher P., Hamza D., 2015. La santé dans l'orpaillage et l'exploitation minière artisanale : Un manuel pour instructeurs, Artisanal Gold Council, Victoria, BC. ISBN : 978-0-9939459-3-9, 69p.
 44. Roamba J., 2014. Risques environnementaux et sanitaires sur les sites d'orpaillage au Burkina Faso : cycle de vie des principaux polluants et perceptions des orpailleurs (cas du site Zougnazagmligne dans la commune rurale de Bouroum, région du centre-nord), Master en ingénierie de l'eau et de l'environnement, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement. Fondation 2Ie, Ouagadougou 01, Burkina Faso, IFU 00007748B, 72p.
 45. Rollet B., 1964. Introduction à l'inventaire forestier du Nord Congo. Rapport au gouvernement de la République du Congo n°1782, Rome, Brazzaville, 44p.
 46. Samba Z.G., 2013. Caractérisation des placers et évaluation des impacts de l'orpaillage et du diamminage sur l'environnement du secteur Lébama M'pama (Massif du Chaillu-Congo). Mémoire de Master ès Sciences et Techniques, Faculté des Sciences et Techniques, UMNG, Brazzaville, 34p.

47. Sanda I., Ado M., Amadou S., Dabal Souna B., Moutari A., 2019. Le secteur minier artisanal et le rôle du Service géologique au Niger, In Tychsen J., Charles N., (Eds.), 2019. La mine artisanale en Afrique de l'Ouest francophone, pp. 251-260.
48. Seydou K., 2001. Etude sur les mines artisanales et les exploitations minières à petite échelle, MMSD project, IIED, n°80, Mali, 53p.
49. Solo G.B., 2011. L'orpaillage et son impact sur l'environnement du massif forestier du Mayombe : cas du secteur de Dimonika, Mémoire de maîtrise, Faculté des lettres et des sciences humaines département de géographie, UMNG, 74p.
50. Soma, A., Compaore, N. épouse B., & Yameogo, L., 2021. Orpaillage, mutations environnementales et risques sanitaires dans le sous-bassin versant du fleuve Mouhoun au Burkina Faso. *Espace, Territoires, Sociétés et Santé*, 4(7), pp. 99-112.
51. Sorgho, F., 2011. Evaluation environnementale et sociale des sites d'orpaillage et stratégies de compensation : cas du site de Mankarga dans la commune de Boudry au Burkina Faso, master spécialisé en gestion durable des mines, 2011, 52p.
52. Vilatte J.C., 2007. Méthodologie de l'enquête par questionnaire, Laboratoire Culture & Communication, Université d'Avignon, Grisolles, 56p.
53. Voundi E. Extractivisme minier dans l'Est-Cameroun et controverses socio-environnementales : quelles perspectives pour un développement paisible des communautés locales ? *Belgeo*. URL: <http://journals.openedition.org/belgeo/48699>. DOI: <https://doi.org/10.4000/belgeo.48699>
54. Yao, K. A., Yoro, B. M., Adou Yao, C. Y., & Amany, Y. C., (2019). Enjeux des activités humaines dans le maintien de la diversité végétale des forêts marécageuses de la Sous-préfecture de Grand-Lahou sur le littoral ivoirien. *European Scientific Journal*, Vol.15, No.15, pp 206-228. <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n15p206>.

Impacts de la Demi-lune Sylvopastorale sur la Revégétalisation des Plateaux dans le Département de Ouallam (Niger)

Moussa Abdou Ousseini

Dan Gumbo Iro

Dan Lamso Nomaou

Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

Rabiou Habou

Université de Diffa, Diffa, Niger

Harouna Seibou Abdoul-Salam

Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n36p199](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p199)

Submitted: 12 September 2022

Accepted: 14 November 2022

Published: 30 November 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Moussa Abdou O., Dan Gumbo I., Dan Lamso N., Rabiou H. & Harouna Seibou A. (2022). *Impacts de la Demi-lune Sylvopastorale sur la Revégétalisation des Plateaux dans le Département de Ouallam (Niger)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (36), 199.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p199>

Résumé

Depuis des années, les terres dégradées dans l'ouest nigérien subissent une récupération sans précédent. La présente étude conduite dans le terroir de Satara dans la commune rurale de Simiri (Ouest du Niger) a pour objectif de caractériser la végétation de 3 sites traités avec des ouvrages de demi-lunes sylvopastorales réalisées en 2015, 2016 et 2018 et ensemencées avec des espèces herbacées suivi d'une plantation avec l'espèce *Eucalyptus camaldulensis*. Les méthodes des points quadrats alignés et d'abondance-dominance ont été utilisées dans l'étude de la diversité des herbacées. La biomasse herbacée de l'ouvrage a été estimée à travers la coupe à ras du sol et la pesée, après séchage, de toute la biomasse aérienne. Un inventaire et des mesures dendrométriques des ligneux ont été aussi réalisés. Les résultats ont relevé la présence de 64 espèces d'herbacées réparties en 20 familles dominées par celle des Poaceae. Le taux élevé de recouvrement le plus des herbacées (28,54%) a été obtenu sur le site de trois ans (2018). Les meilleures valeurs de rendement et de capacité de charge animale, respectivement 345 Kg/ha et 0,07

UBT/ha ont été enregistrées sur le site de trois ans. Quant au recouvrement, c'est le site de six ans (2015) qui a le taux le plus élevé (23%). Les surface terrières du tronc à 20 cm et à 130 cm sont respectivement de 23 et 8,25 cm² sur le site de six ans (2015) et 10,14 et 6,75 cm² pour celui de trois ans (2018). Le faible taux de survie des ligneux plantés (67%) a été enregistré sur le site de trois ans. La hauteur moyenne des ligneux est de 3,1 et 6,54 m, respectivement sur le site de trois ans et six ans. L'analyse ACP a montré que les variables dendrométriques sont corrélées. La hauteur de l'individu et le diamètre de son tronc à 130 cm, ont le grand coefficient de corrélation (0,9). L'aménagement du plateau a favorisé le retour progressif de la végétation, contribuant ainsi à la restauration des services écosystèmes.

Mots-clés: Végétalisation, demi-lune sylvopastorale, aménagement des plateaux, Simiri

Impacts of the Sylvopastoral Half-moon on the Revegetation of Plateaus in the Department of Ouallam (Niger)

Moussa Abdou Ousseini

Dan Gumbo Iro

Dan Lamso Nomaou

Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

Rabiou Habou

Université de Diffa, Diffa, Niger

Harouna Seibou Abdoul-Salam

Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

Abstract

The present study conducted in the Satara terroir in the rural district of Simiri (western Niger) aimed to characterize vegetation of 3 sites treated with sylvopastoral half-moons made in 2015, 2016 and 2018, sown with herbaceous species and planted with *Eucalyptus camaldulensis*. A aligned quadrat points and abundance-dominance methods were used to study herbaceous diversity. The estimation of herbaceous biomass in the structure was carried out by cutting at ground level and weighing all the above ground biomass. An inventory and dendrometric measurements of woody species were also made. Results showed that 64 species of herbaceous plants in 20 families were founded, dominated by the Poaceae family. The highest herbaceous cover (28.54%) was obtained at the three-year site (2018). The best values for yield and animal carrying capacity, respectively 345 Kg/ha and

0.07 LU/ha, were recorded at the three-year-old site. the six-year-old site (2015) had the highest rate of the land cover (23%). Land area at 20 cm and 130 cm is of 23 and 8.25 cm² respectively at the six-year site and 10.14 and 6.75 cm² at the three-year site. The low survival rate of planted trees (67%) was recorded at the three-year site. The average height of the woody plants is of about 3.1 m and 6.54 m at the three-year and six-year sites, respectively. PCA analysis showed that the dendrometric variables are correlated. The individual height and diameter of the trunk at 130 cm have the highest correlation coefficient (0.9). The development of the plateau has favoured the gradual return of vegetation, thus contributing to the restoration of ecosystem services.

Keywords: Revegetation, Sylvopastoral half-moon, Recovery of Plateaus, Simiri, Western Niger

Introduction

Le Niger connaît depuis plusieurs décennies une dégradation progressive de son environnement due à de nombreux facteurs complexes par leurs interactions. En effet, chaque année, plus de 250 000 ha d'hectares de terres cultivables sont emportés par le phénomène de la dégradation (FEM-FIDA, 2002). Parallèlement à la dégradation des terres, le pays enregistre une croissance importante de sa population et de l'effectif de son cheptel. A titre illustratif, la population de la région de Tillabéri est passée de 1 889 515 habitants en 2001 à 2 722 482 habitants en 2012 et serait de 3 903 596 habitants en 2022 avec un taux d'accroissement de 3,9 (INS, 2018). Le cheptel passe de 4 280 311 têtes en 2003 à 7 661 215 têtes en 2018, soit une augmentation de 3 380 904, représentant 79% en 15 ans (DS/MEL, 2014). Cette croissance de la population conjuguée aux chocs de sécheresse, entraînent une pression accrue sur les ressources naturelles déjà maigres (Issoufou et al., 2012). La couverture végétale se fragilise davantage avec l'accentuation des phénomènes de l'érosion éolienne et hydrique.

A l'image du Sahel, les populations nigériennes sont essentiellement rurales (Issoufou et al., 2011) et dépendent fortement de l'exploitation des ressources naturelles à travers la pratique du pastoralisme extensif, de l'agriculture vivrière pluviale, de la cueillette des Produits Forestiers Non-Ligneux (PFNL), etc. Les productions agro-sylvo-pastorales du pays restent fortement dépendantes à l'unique saison des pluies qui dure en moyenne trois à quatre mois dans l'année. Les populations animales et humaines, se retrouvent de plus en plus dans l'incapacité de faire face aux chocs notamment celui de la crise alimentaire.

Pour renforcer la résilience des écosystèmes et réduire la vulnérabilité populations face aux différents chocs naturels, des travaux d'aménagement des

espaces pastoraux dégradés ont été réalisés par l'Etat du Niger et ses partenaires techniques et financiers (PTF). Des plateaux totalement dégradés ont été récupérés à travers la confection des demi-lunes sylvopastorales. Ces actions ont eu des impacts sur les écosystèmes dans plusieurs parties du Niger (REUNIR et PAM, 2020). C'est ainsi que la présente étude a été entreprise pour caractériser la végétation des sites aménagés par des demi-lunes sylvopastorales.

Matériel et Méthodes

Site d'étude

Le site d'étude est le plateau aménagé de Satara dans la commune rurale de Simiri. Avant l'aménagement, le plateau était caractérisé par un sol latéritique, cuirassé et dénudé à part quelques bosquets composés essentiellement de Combrétacées et un tapis herbacé discontinu sous les ligneux. Le climat est de type sahélien avec des cumuls de précipitations annuelles variant de 200 à 400 mm respectivement du Nord au Sud de la commune (Laminou et al., 2020). L'année est caractérisée par une saison sèche de 8 à 9 mois et une saison des pluies dont la durée entre 3 et 4 mois. Les moyennes des températures minimales et maximales tournent respectivement autour de 18°C et 45°C. Cette élévation de la température engendre alors une augmentation de l'évapotranspiration. Le plateau aménagé a été subdivisé en sites (Tableau 1).

Tableau 1. Superficies et âges des sites d'étude

| Sites | Superficie (ha) | Age des sites (ans) |
|--------------|-----------------|---------------------|
| Site de 2015 | 6,6 | 6 |
| Site de 2016 | 7,12 | 5 |
| Site de 2018 | 18,8 | 3 |

Ces sites ont subi les mêmes traitements mécanique et biologique. Le traitement mécanique a consisté à la confection de la demi-lune selon les normes techniques données dans le Tableau 2.

Tableau 2. Normes techniques de la demi-lune

| Caractéristiques de la Demi-lune sylvopastorale pastorale | Valeurs |
|---|-------------|
| Diamètre (m) | 4 |
| Profondeur de la cuvette (m) | 0,15 à 0,30 |
| Hauteur du bourrelet (m) | 0,30 à 0,40 |
| Emprise (m ²) | 32 |
| Densité à l'hectare | 313 |

La demi-lune (Figure 1) est un ouvrage creusé en terre compactée ou en pierres en forme de demi-cercle avec des ouvertures perpendiculaires au sens d'écoulement des eaux de ruissellement (PAC, 2006). Cet ouvrage

présente 2 compartiments, la cuvette et le bourrelet. Les demi-lunes sont disposées en ligne et en quinconce entre les lignes et étant, un ouvrage de captage d'eau, son installation requière une pente de 1,5 à 2%.

Le traitement biologique a consisté à l'ensemencement des herbacées sur le bourrelet, essentiellement avec les espèces *Schizachyrium exile*, *Schoenefeldia gracilis*, *Cenchrus biflorus*, *Andropogom gayanus* et la plantation d'*Eucalyptus camaldulensis* dans le trou de plantation de l'ouvrage (Figure 1). Ces espèces herbacées ont été choisies pour leur résilience écologique et qualité fourragère. En raison d'un plant par demi-lune, la plantation des ligneux a été faite au cours de la saison des pluies, dans le mois d'août de l'année de réalisation. L'adaptabilité des espèces et les conditions favorables qui se créent au fil des années, font que la végétation colonise toutes les composantes de l'ouvrage.

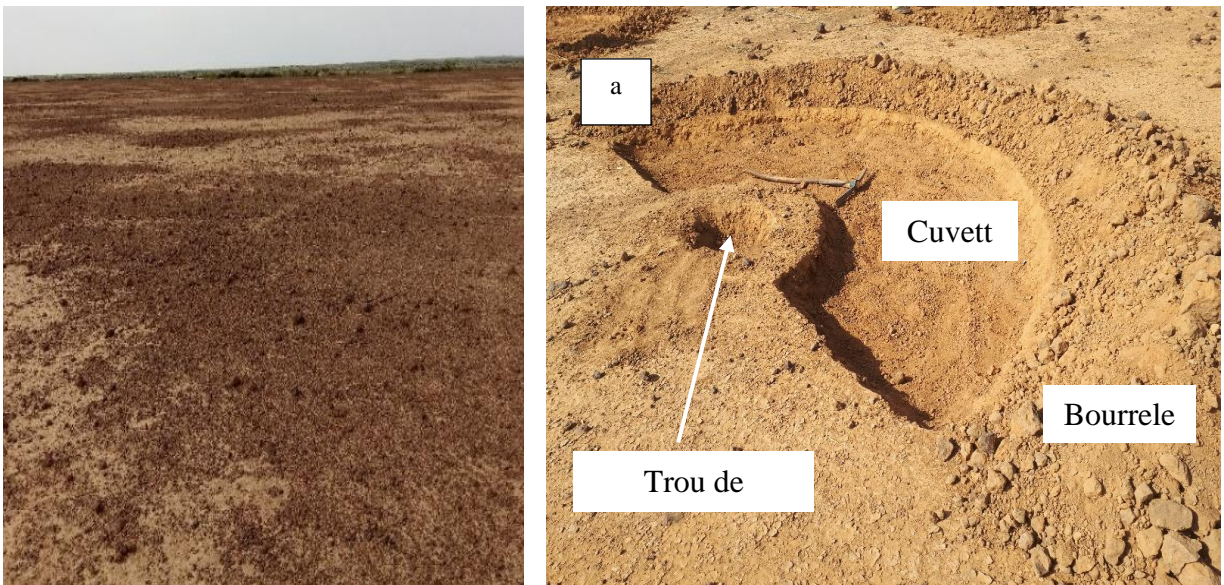


Figure 1. a : Vue d'un site non aménagé ; b : Compartiments d'une demi-lune réalisée

Dispositif de collecte des données

La demi-lune dans toutes ses composantes a été considérée comme étant l'unité d'observation où toutes les manipulations ont été effectuées.

Pour chaque site, trois (3) transects parallèles ont été retenus (Figure 2) et sur chaque transect, dix (10) demi-lunes ont été considérées en utilisant la méthode de « Pas de sondage » selon la formule ci-dessous. Le nombre de demi-lunes étudiées par site est de trente (30).

$$P = \frac{N}{10} \quad \mathbf{N} = \text{Nombre total des demi-lunes sur le transect} : \mathbf{P} : \text{Pas de sondage}$$

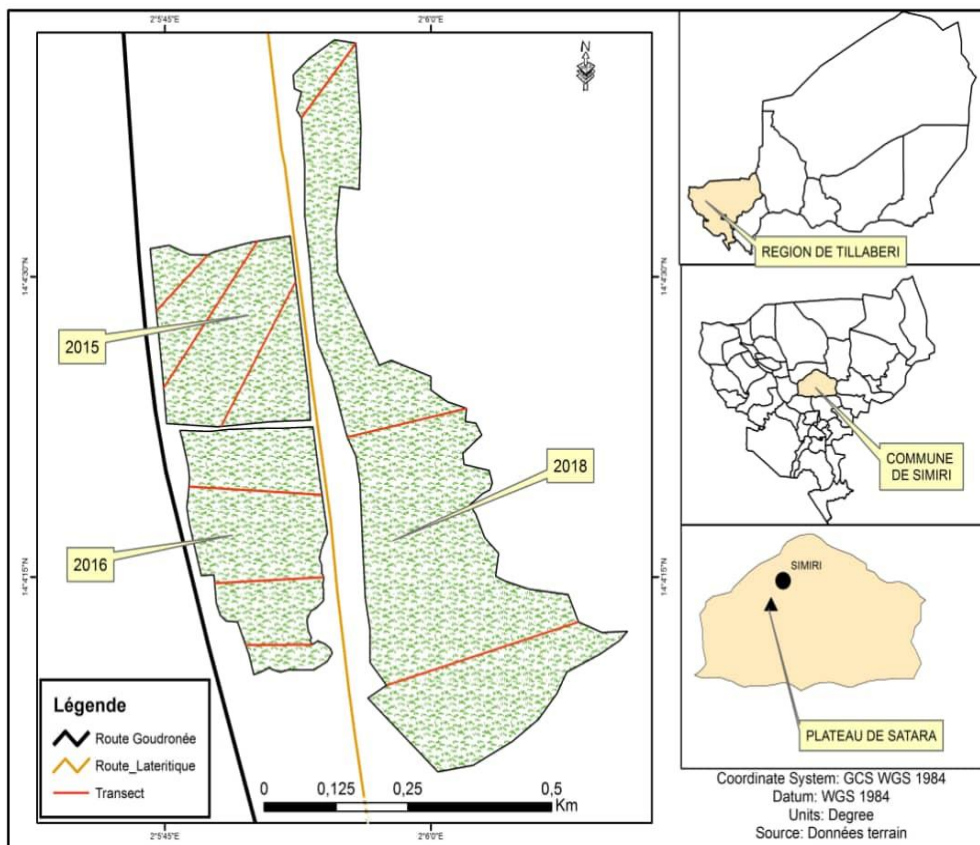


Figure 2. Sites du plateau de Satara concernés par l'étude

Collecte des données

La collecte des données a été conduite en 2020. L'étude des herbacées a été menée de septembre à mi-octobre, période pendant laquelle toutes les espèces végétales ont exprimé le maximum de leur potentiel de production. L'évaluation a concerné la diversité floristique et la production de la Matière Sèche (MS). La méthode des points quadrats alignés de Daget et Poissonet (1971) a été utilisée pour collecter les données sur les herbacées. La ligne de lecture, matérialisée par un fil (Figure 3) placée à une hauteur d'environ 50 cm du sol, a été marquée à chaque 10 cm, appelée point de lecture. Toute espèce herbacée dont la partie aérienne a eu au moins un contact avec la tige de lecture a été recensée. Au cas où aucune espèce ne touche la tige de lecture, le point a été considéré « sol nu ».



Figure 3. Disposition de la ligne de lecture dans une demi-lune

La méthode d'abondance-dominance de Braun-Blanquet (1932) a été appliquée pour compléter les aspects qui ne sont pas pris en charge par la méthode des points quadrats alignés. Basée sur une observation directe sur le terrain, cette méthode permet de mieux appréhender la présence et l'ampleur des différentes espèces à travers une estimation de l'occupation ou de la couverture de chaque espèce. Ainsi, les coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet utilisés sont consignés dans le Tableau 3.

Tableau 3. Coefficients d'abondance-dominance

| Coefficients | Couverture/Occupation | Recouvrement Moyen (R) en % |
|--------------|-------------------------|-----------------------------|
| + | Espèce rare, $R \leq 1$ | 0,5 |
| 1 | $1 < R \leq 5$ | 3 |
| 2 | $5 < R \leq 25$ | 15 |
| 3 | $25 < R \leq 50$ | 37,5 |
| 4 | $50 < R \leq 75$ | 62,5 |
| 5 | $75 < R \leq 100$ | 87,5 |

R : Recouvrement

La quantification de la biomasse produite (MS) a été obtenue par la coupe systématique à ras du sol de toutes les herbacées se trouvant dans la demi-lune.

A partir de la matière sèche, la Capacité de Charge animale (CC) a été évaluée par la formule suivante (Kouassi *et al.*, 2014) :

$$CC = \frac{\text{Biomasse} \times K}{6,25 \times Dp}$$

CC : Capacité de charge en UBT/ha/Dp ; K = coefficient d'utilisation (k = 0,33) ; Biomasse (Kg MS/ha) ; 6,25 = consommation journalière d'une UBT (Unité de Bétail Tropical de 250 kg de poids vif) ; Dp (durée d'utilisation) : 273 jours, soit 9 mois.

La collecte des données sur les ligneux a porté sur des mesures dendrométriques des pieds de *Eucalyptus camaldulensis*, l'espèce plantée, ainsi que de l'inventaire des ligneux spontanés non plantés. Cette activité avait eu lieu au mois d'Octobre, période à laquelle l'étude de la végétation ligneuse est recommandée au Sahel (Massaoudou et al., 2015). Les mesures dendrométriques ont concerné la hauteur, le diamètre du tronc à 20 cm et à 130 cm du sol ainsi que les diamètres moyens du houppier. La dendrométrie a concerné tous les individus vivants car les différentes mesures sont applicables. Le diamètre du houppier a été mesuré par la mesure horizontale de la frondaison en utilisant un mètre ruban. On effectue deux mesures sur l'individu, l'une dans la direction Est-ouest et l'autre dans celle Nord-sud et on retient la moyenne. Il a été procédé à un dénombrement ligneux plantés en vue de calculer le taux de survie.

Analyse et traitement des données

Les paramètres calculés sont :

- La Contribution spécifique (Cs) des herbacées :

$Cs = \frac{Fs}{Ni} \times 100$ Fs = fréquence spécifique et Ni = nombre total des fréquences de toutes les espèces recensées sur la ligne de lecture ;

- Le Taux de recouvrement (Tr) des herbacées :

$Tr = \frac{Nt - Sn}{Nt} \times 100$ Nt = nombre total de points de lecture et Sn = sol nu.

- Le recouvrement des ligneux (R) :

$$R = \frac{Si}{St} \times 100$$

Si = somme des surfaces couvertes par les houppiers des espèces ligneuses et St = surface totale de tous les ouvrages retenus sur tous les transects de l'étude

- Le recouvrement basal ou surface terrière (Rb) des ligneux :

$$Rb = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad d = \text{diamètre du tronc à 20 cm ou à 1,30 m du sol}$$

- Le Taux de survie (T) des ligneux plantés :

$$T = \frac{Pv}{N} \quad Pv = \text{Pieds vivants et } N = \text{nombre de DLSP à l'hectare}$$

Les différentes observations des ligneux ont concerné les sites de 2015 et 2018. Le site de 2016 n'a pas été effectivement planté. En effet, l'espèce *Eucalyptus camaldulensis* a été plantée pour sa fourniture en bois de service. La croissance de la partie aérienne est alors recherchée et constitue le centre d'intérêt pour la présente étude. Ce qui a conduit à analyser les variables taille, frondaison et volume du tronc des individus. En dendrométrie, ces variables correspondent respectivement à la hauteur, au diamètre du houppier et aux diamètres du tronc (20 et 130 cm).

Les données ont été traitées sur le tableur Excel et analysées sur le logiciel R Studio, version 4.0.5. Le package 'FactoMineR' a été utilisé pour l'Analyse en Composantes Principales (ACP) des variables de la dendrométrie.

Résultats

Richesse spécifique des herbacées et diversité des espèces au niveau des familles

L'inventaire des herbacées a permis d'identifier 64 espèces réparties en 20 familles pour l'ensemble du site de Satara (Tableau 4). La famille la plus représentée est celle des Poaceae avec 16 espèces, soit une fréquence de 25%, suivie de celle des Fabaceae avec 7 espèces (11%) et 7 autres familles représentées chacune par une espèce (1,56%).

Tableau 4. Nombre d'espèces par famille et fréquence relative des familles recensées sur le site de Satara

| Famille | Espèces | Nombre d'espèce | Fréquence de famille % |
|-----------------|--|------------------------|-------------------------------|
| Acanthaceae | <i>Monechma ciliatum</i> | 1 | 1,59 |
| Amaranthaceae | <i>Amaranthus graecizans ; Celosia trigyna</i> | 2 | 3,13 |
| Asclepiadaceae | <i>Leptadenia hastata ; Pergularia tomentosa</i> | 2 | 3,13 |
| Asteraceae | <i>Vernonia ambigua</i> | 1 | 1,59 |
| Caesalpiniaceae | <i>Cassia mimosoide, Cassia nigricans</i> | 2 | 3,13 |
| Caryophyllaceae | <i>Polycarpaea linearifolia</i> | 1 | 1,59 |
| Compositae | <i>Centaurea perrotteti</i> | 1 | 1,59 |
| Convolvulaceae | <i>Evolvulus alsinoides, Ipomea asarifolia, Ipomoea coscosperma, Ipomoea vagans, Jacquemontia tamnifolia, Merremia pinnata</i> | 6 | 9,38 |
| Cucurbitaceae | <i>Citrullus colocynthis, Citrullus lanatus, Cucumis hystrix, Cucumis Melo, Cucumis prophetarum</i> | 5 | 7,81 |
| Cyperaceae | <i>Cyperus amabilis, Fimbristylis hispidula</i> | 2 | 3,13 |
| Euphorbiaceae | <i>Chrozophora brocchiana, Euphorbia aegyptiaca, Phyllanthus pentandrus</i> | 3 | 4,69 |
| Fabaceae | <i>Styllosanthes trutticosa, Cassia obtusifolia, Alysicarpus ovalifolius, Zornia Glochidiata, Sesbania pachycarpa, Tephrosia linearis, Tephrosia purpurea</i> | 7 | 11 |
| Poaceae | <i>Andropogon gayanus, Aristida mutabilis, Cenchrus biflorus, Cymbopogon schoenanthus, Dactyloctenium Aegyptium, Digitaria gayana, Digitaria horizontalis, Eragrostis tremula, Eragrostis Atrovirens, Leuca martinicensis, Panicum Anabaptistum, Panicum laeta, Panicum laetum, Pennisetum pedicellatum, Schizachyrium exile, schoenefeldia gracilis</i> | 16 | 25 |
| Malvaceae | <i>Cienfuegosia digitata, Hibiscus asper, Sida acuta, Sida cordifolia</i> | 4 | 6,25 |
| Molluginaceae | <i>Mollugo nudicaulis</i> | 1 | 1,59 |
| Pedaliaceae | <i>Sesamum alatum</i> | 1 | 1,59 |
| Rubiaceae | <i>Mitracarpus Scaber, Richardia brasiliensis, Spermacoce radiata, Spermacoce stachydea</i> | 4 | 6,25 |
| Solanaceae | <i>Solanum incanum</i> | 1 | 1,59 |
| Sterculiaceae | <i>Waltheria Indica, Melochia corchorifolia</i> | 2 | 3,13 |
| Tiliaceae | <i>Corchorus fascicularis, Corchorus tridens</i> | 2 | 3,13 |
| Total | 20 | 64 | 100 |

Le Tableau 5 présente la liste des espèces dominantes issue de l'appréciation d'abondance-dominance de Braun-Blanquet.

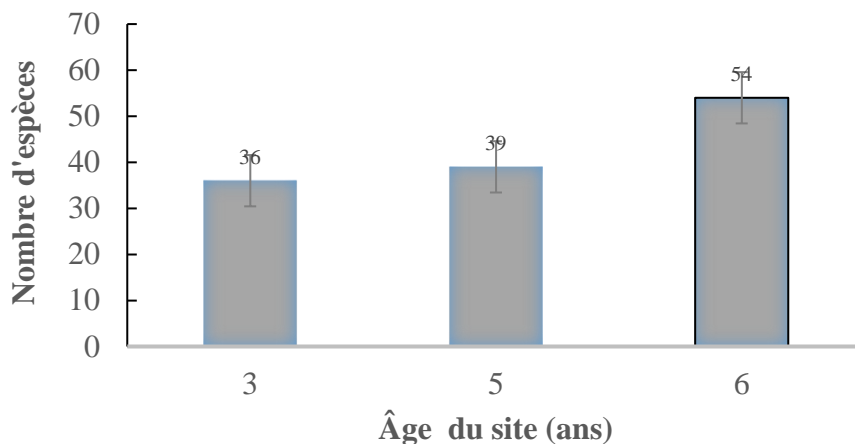
Tableau 5. Coefficients d'abondance-dominance des espèces dominantes

| Nom scientifique des espèces | Echelle du recouvrement | Couverture/Occupation | Recouvrement Moyen (R) en % |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| <i>Alysicarpus ovalifolius</i> | 1 | 1 < R ≤ 5 | 3 |
| <i>Andropogon gayanus</i> | 2 | 5 < R ≤ 25 | 15 |
| <i>Aristida mutabilis</i> | 2 | 5 < R ≤ 25 | 15 |
| <i>Cenchrus biflorus</i> | 2 | 5 < R ≤ 25 | 15 |
| <i>Chrozophora brocchiana</i> | 1 | 1 < R ≤ 5 | 3 |
| <i>Cymbopogon schoenanthus</i> | 2 | 5 < R ≤ 25 | 15 |
| <i>Eragrostis tremula</i> | 1 | 1 < R ≤ 5 | 3 |
| <i>Ipomoea coscinosperma</i> | 1 | 1 < R ≤ 5 | 3 |
| <i>Jacquemontia tamnifolia</i> | 1 | 1 < R ≤ 5 | 3 |
| <i>Monechma ciliatum</i> | 1 | 1 < R ≤ 5 | 3 |
| <i>Pennisetum pedicellatum</i> | 2 | 5 < R ≤ 25 | 15 |
| <i>Polycarpha linearifolia</i> | 1 | 1 < R ≤ 5 | 3 |
| <i>Schizachyrium exile</i> | 3 | 25 < R ≤ 50 | 37,5 |
| <i>Schoenefeldia gracilis</i> | 3 | 25 < R ≤ 50 | 37,5 |
| <i>Sida cordifolia</i> | 2 | 5 < R ≤ 25 | 15 |
| <i>Spermacoce strachydea</i> | 1 | 1 < R ≤ 5 | 3 |
| <i>Tephrosia linearis</i> | 1 | 1 < R ≤ 5 | 3 |
| <i>Waltheria indica</i> | 2 | 5 < R ≤ 25 | 15 |
| <i>Zornia glochidiata</i> | 2 | 5 < R ≤ 25 | 15 |

Il ressort des résultats que les espèces *Schizachyrium exile* et *Schoenefeldia gracilis*, sont les plus dominantes avec un coefficient d'abondance-dominance 3. Il est à noter que ces dernières font partie des espèces ensemencées.

Le nombre d'espèces présentes sur les sites est présenté par la Figure 4.

Figure 4. Nombre d'espèces présentes suivant l'âge des sites



Le nombre d'espèce commune aux trois sites est de 27 et celui propre à chaque site est de 9, 11 et 27, respectivement pour celui de 3, 5 et 6 ans. Le nombre des espèces présentes relève que le plus âgé (site de 6 ans) a la diversité la plus élevée. Cela indique que le retour de la végétation est progressif. Le Tableau 6 donne la contribution spécifique des espèces.

Tableau 6. Contribution spécifique des espèces selon le site

| Espèces | Contribution spécifique (%) | | |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------|
| | Site de 6 ans | Site de 5 ans | Site de 3 ans |
| <i>Alysicarpus ovalifolius</i> | 0,55 | 1,40 | 0,89 |
| <i>Amaranthus graecizans</i> | 0,05 | - | - |
| <i>Andropogon gayanus</i> | 15,78 | 8,84 | 5,53 |
| <i>Aristida mutabilis</i> | 0,49 | 0,31 | 0,18 |
| <i>Cassia mimosoide</i> | 5,95 | 0,16 | - |
| <i>Cassia nigricans</i> | 0,27 | 0,16 | - |
| <i>Cassia obtusifolia</i> | 0,22 | 0,16 | - |
| <i>Celosia trigyna</i> | 0,05 | - | - |
| <i>Cenchrus biflorus</i> | 1,09 | 2,33 | 0,36 |
| <i>Centaurea perrotteti</i> | 0,05 | - | - |
| <i>Chrozophora brocciana</i> | 0,05 | 2,79 | - |
| <i>Cienfuegosia digitata</i> | 0,05 | - | - |
| <i>Citrullus colocynthis</i> | 0,11 | 0,16 | 0,09 |
| <i>Citrullus lanatus</i> | 0,05 | 0,16 | 0,09 |
| <i>Corchorus fascicularis</i> | 0,11 | - | - |
| <i>Corchorus tridens</i> | 0,55 | 0,93 | 2,05 |

| | | | |
|---------------------------------|-------|-------|-------|
| <i>Cucumis hystrix</i> | 0,05 | - | - |
| <i>Cucumis melo</i> | 0,11 | - | 0,09 |
| <i>Cucumis prophetarum</i> | 0,05 | - | - |
| <i>Cymbopogon schoenanthus</i> | 11,74 | 0,62 | 0,09 |
| <i>Cyperus amabilis</i> | 0,27 | - | - |
| <i>Dactyloctenium aegyptium</i> | 0,38 | 1,40 | - |
| <i>Digitaria gayana</i> | 0,05 | 0,16 | - |
| <i>Digitaria horizontalis</i> | 0,55 | 3,88 | - |
| <i>Eragrostis tremula</i> | 1,31 | 2,17 | 0,36 |
| <i>Eragrotis atrovirens</i> | 3,11 | 0,31 | 1,16 |
| <i>Euphorbia aegyptiaca</i> | 0,05 | 0,31 | 0,27 |
| <i>Evolvulus alsinoides</i> | 0,05 | - | - |
| <i>Fimbristylis hispidula</i> | 0,05 | 11,78 | 0,71 |
| <i>Hibiscus asper</i> | 0,05 | - | - |
| <i>Ipomea asarifolia</i> | 0,05 | - | - |
| <i>Ipomoea coscinosperma</i> | 0,22 | 0,31 | 0,09 |
| <i>Ipomoea vagans</i> | 0,76 | 1,71 | 0,09 |
| <i>Jacquemontia tamnifolia</i> | 0,49 | 0,47 | - |
| <i>Leptadenia hastata</i> | 0,05 | 0,16 | - |
| <i>Leuca martinicensis</i> | 0,05 | - | - |
| <i>Melochia corchorifolia</i> | - | - | 0,09 |
| <i>Merremia pinnata</i> | 0,49 | 0,47 | - |
| <i>Mitracarpus scaber</i> | 1,26 | - | - |
| <i>Mollugo nudicaulis</i> | 0,76 | 7,75 | - |
| <i>Monechma ciliatum</i> | 0,33 | 1,71 | 0,09 |
| <i>Panicum anabaptistum</i> | 0,66 | 0,62 | 0,89 |
| <i>Panicum laeta</i> | 0,11 | 0,16 | 1,87 |
| <i>Panicum laetum</i> | 0,11 | 0,16 | - |
| <i>Pennisetum pedicellatum</i> | 1,09 | 14,73 | 6,33 |
| <i>Pergularia tomentosa</i> | | - | 0,09 |
| <i>Phyllanthus pentandrus</i> | - | - | 0,09 |
| <i>Polycarpaea linearifolia</i> | 0,33 | 0,31 | 0,09 |
| <i>Richardia brasiliensis</i> | 0,00 | - | 0,09 |
| <i>Schizachyrium exile</i> | 18,94 | 18,91 | 44,30 |
| <i>schoenefeldia gracilis</i> | 10,86 | 0,31 | 21,93 |
| <i>Sesamum alatum</i> | - | - | 0,09 |
| <i>Sesbania pachycarpa</i> | - | - | 0,09 |
| <i>Sida acuta</i> | - | - | 0,09 |
| <i>Sida cordifolia</i> | 6,33 | 0,47 | 2,67 |
| <i>Solanum incanum</i> | - | - | 0,09 |

| | | | |
|--------------------------------|------|------|------|
| <i>Spermacoce radiata</i> | 1,58 | 0,93 | 0,53 |
| <i>Spermacoce stachydea</i> | 0,33 | 0,47 | 0,27 |
| <i>Stylosanthes trutticosa</i> | - | - | 0,09 |
| <i>Tephrosia linearis</i> | 0,22 | 0,31 | 0,09 |
| <i>Tephrosia purpurea</i> | 0,11 | 2,33 | - |
| <i>Vernonia ambigua</i> | - | - | 0,09 |
| <i>Waltheria indica</i> | 7,53 | 6,98 | 0,45 |
| <i>Zornia glochidiata</i> | 3,82 | 2,79 | 7,58 |

- : Espèce non recensée sur la ligne de lecture

Taux de recouvrement des herbacées

Avec 28,54%, le site de 3 ans a le plus grand taux de recouvrement (Figure 5).

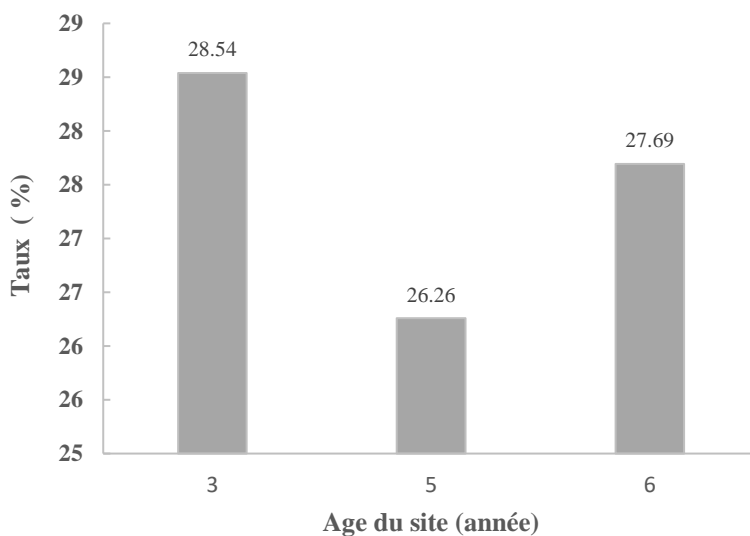


Figure 5. Taux de recouvrement des herbacées en fonction de l'âge du site

On constate que le recouvrement a tendance à régresser lorsque l'âge du site augmente. Le recul de la végétation entraîne ainsi l'augmentation des sols nus.

Matière sèche et capacité de charge

La quantité du fourrage varie en fonction des sites (Tableau 7).

Tableau 7. Rendement en matière sèche et capacité de charge

| Age du site | Rendement (Kg/ha) | Capacité de Charge (UBT/ha/Dp) |
|-------------|-------------------|--------------------------------|
| 6 | 149,40 ± 60,56 | 0,03 ± 0,1 |
| 5 | 123,01 ± 66,36 | 0,02 ± 0,1 |
| 3 | 345,60 ± 109,68 | 0,07 ± 0,2 |

Il ressort de ces résultats que le site le moins âgé a la plus grande production et par conséquent, la meilleure capacité de charge

Ligneux

La régénération spontanée des ligneux non plantés est quasiment nulle car seulement l'espèce *Guiera senegalensis* a été rencontrée rarement. Ainsi, les différents résultats ne traitent que de l'espèce *Eucalyptus camaldulensis* car elle a été l'unique relevée par l'inventaire dont les mesures de dendrométrie sont applicables.

Recouvrement

Le recouvrement ligneux est présenté par le Tableau 8.

Tableau 8. Recouvrement de l'espèce *Eucalyptus camaldulensis*

| Sites | Âge | Recouvrement (R) en % |
|--------------|-----|-----------------------|
| Site de 2015 | 6 | 23 ± 12 |
| Site de 2018 | 3 | 14 ± 7 |

Il apparaît que le taux de recouvrement augmente avec l'âge. Cela dénote l'évolution de la croissance des individus en dépit des conditions écologiques arides du milieu.

Surface terrière (Rb)

Le Tableau 9 donne le recouvrement basal. La surface terrière augmente avec l'âge. Elle confirme le développement de la partie aérienne relevé par le recouvrement.

Tableau 9. Surface terrière de l'espèce *Eucalyptus camaldulensis*

| Sites | Age du site | Recouvrement basal (Rb) à 20 cm (cm ²) | Recouvrement basal (Rb) à 130 cm (cm ²) |
|--------------|-------------|--|---|
| Site de 2015 | 6 | 23,84 ± 8,63 | 8,25 ± 2,67 |
| Site de 2018 | 3 | 10,14 ± 3,23 | 6,75 ± 3,78 |

La surface terrière a ressorti que le volume du tronc diminue nettement du bas vers le haut. Sa valeur à 20 cm où celle du site de 6 ans est largement supérieure à celle du site de 3 ans, renseigne que la différence des individus des deux sites, est plus perceptible à moins d'un mètre de hauteur.

Taux de survie

Le taux de survie représente aussi la densité de l'espèce *Eucalyptus camaldulensis* (Figure 6).

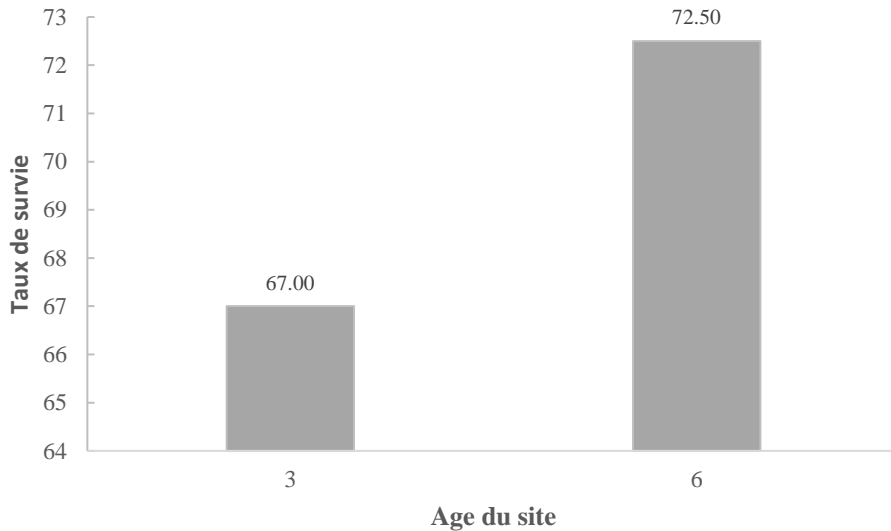


Figure 6. Taux de survie de l'espèce *Eucalyptus camaldulensis*

Sur tous les sites, il a été enregistré une régression du taux de survie. Le site de 3 ans et celui de 6 ans avaient respectivement 303 ± 14 et 297 ± 4 pieds à l'hectare à leur année de plantation. La Figure 7 présente une vue des sites.



Figure 7. Végétation sur les sites illustrant la diversité des herbacées et le taux de survie des ligneux :
a : site de 2 ans ; **b** : site de 3 ans ; **c** : site de 6 ans

ACP des variables dendrometriques

Les variables utilisées sont la hauteur, le diamètre du houppier, le diamètre du tronc à 20 cm et le diamètre du tronc à 130 cm. Les Figures 8 et 9 présentent les graphiques de l'ACP, respectivement pour le site de 2015 (6 ans) et celui de 2018 (3 ans).

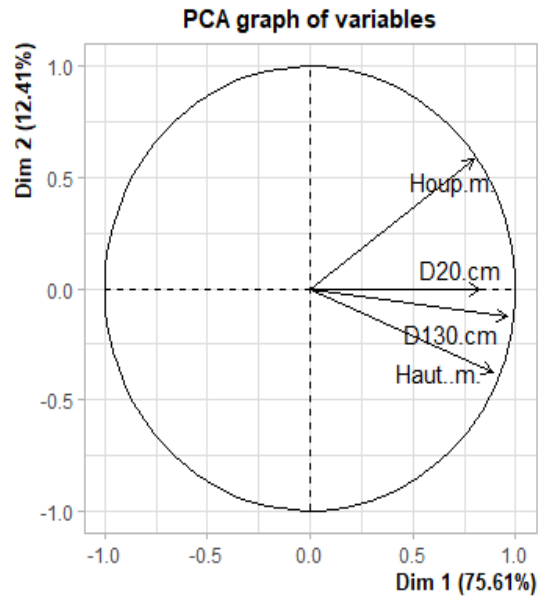


Figure 8. Graphique ACP des variables dendrométriques du site de 6 ans
Haut.m. : Hauteur en mètres ; **Houpp.m.** : Diamètre du houppier en mètres ; **D20.cm** :
Diamètre du tronc à 20 cm du sol ; **D130.cm** : Diamètre du tronc à 130 cm du sol.

Toutes les variables se trouvent dans la partie positive de la première dimension qui est à 75,61%. La somme des deux dimensions est de 88,02%. Cela montre que ces variables sont liées et évoluent ensemble dans le même sens. L'augmentation d'une variable entraîne celle des autres variables.

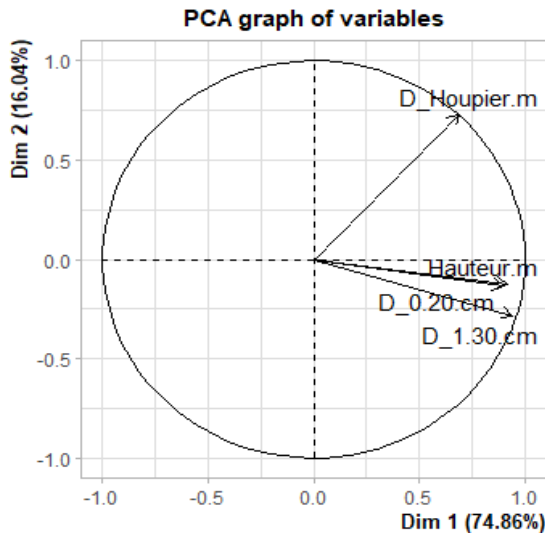


Figure 9 : Graphique ACP des variables dendrométriques du site de 3 ans

Hauteur.m : Hauteur en metres ; **D_Houppier.m** : Diamètre du houppier en mètres ; **D_20.cm** : Diamètre du tronc à 20 cm du sol ; **D_130.cm** : Diamètre du tronc à 130 cm du sol.

Au même titre que la Figure 8, toutes les variables se trouvent dans la partie positive de la première dimension. La somme des deux dimensions est de 90,9, montrant que la corrélation est plus forte. L'analyse ACP a indiqué que les variables sont corrélées. Afin de relever le degré de liaison, des tests de corrélation intervariables ont été effectués. Les coefficients sont donnés par le Tableau 10.

Tableau 10. Corrélation intervariables dendrométriques

| Coefficients | Hauteur-Houppier | Hauteur-D_0,20 | Hauteur-D_1,30 | D_0,20-D_1,30 |
|------------------------|------------------|----------------|----------------|---------------|
| Corrélation site 6 ans | 0,530 | 0,617 | 0,904 | 0,702 |
| Significativité | 0,004** | 0,001*** | 0,001*** | 0,001*** |
| Corrélation site 3 ans | 0,532 | 0,702 | 0,881 | 0,846 |
| Significativité | 0,002** | 0,001*** | 0,001*** | 0,001*** |

** : Très Significatif *** : Très très Significatif

Les coefficients de corrélation révèlent que la hauteur et le diamètre à 130 cm, constituent les variables les plus liées avec 0, 9 et 0,88, respectivement pour le site de 6 ans et celui de 3 ans. Aussi, on constate que la hauteur et le diamètre du houppier ont le même coefficient de corrélation

(0,53) dans tous les sites. Les niveaux de corrélation étant connus, le Tableau 11 donne les valeurs des variables.

Tableau 11. Valeurs des variables dendrométriques

| Sites | Hauteur (m) | Diamètre Houppier (m) | Diamètre tronc à 20 cm (cm) | Diamètre tronc 130 cm (cm) |
|---------------|-------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Site de 3 ans | 3,1±0,6 | 2,24±0,5 | 5,45±1,14 | 2,8±1,08 |
| Site de 6 ans | 6,54±1,6 | 2,94±0,76 | 10,14±3,24 | 8,25±2,67 |

Le Tableau 11 relève que le diamètre du houppier a la petite valeur Ecart type et la grande valeur a été observée au niveau du diamètre du tronc à 20 cm. Cela implique que les valeurs du diamètre du houppier sont les plus homogènes comparées à celles du diamètre à 20 cm.

Discussion

Le nombre d'espèces obtenu est de 64, réparti en 20 familles dont la plus représentée est celle des Poaceae avec 16 espèces (25%), suivie de celle des Fabaceae avec 7 espèces (11%). Ces résultats sont proches de ceux trouvés par Amani et al. (2021). Dans leur travail effectué dans la commune de Simiri sur la banquette pastorale et la demi-lune forestière, ils ont trouvé 79 espèces d'herbacées réparties dans 21 familles dont la plus représentée est la famille des Poaceae (25%) suivie de celle des Fabaceae (12,5%). La dominance de la famille des Poaceae est due à leur adaptabilité à l'environnement sahélien (Pierre et Henry, 2006 ; Saidou et al., 2013).

Le nombre d'espèces est passé de 0 à 36 puis à 54 respectivement du site non aménagé au site de 3 ans puis à celui de 6 ans. La demi-lune a permis le retour et la diversification des espèces avec l'âge du site. Cela signifie que l'aménagement favorise la régénération floristique des terres dégradées notamment les parcours pastoraux. Kiema et al. (2012) au Burkina, ont trouvé que la demi-lune a améliorée la composition floristique évoluant de 8 espèces comparativement au témoin. En effet, en considérant la végétation herbacée de la brousse tigrée comme étant la flore d'origine des plateaux dégradés, Maazou et al. (2017) ont obtenu sur un plateau de Dantchandou (Ouest du Niger), 111 espèces recensées, regroupées dans 24 familles où les Poaceae sont les plus représentées (19 espèces représentant 17%). Aussi, dans la réserve de biosphère du W du Niger, Mamadou et al. (2018) ont trouvé que les Poaceae et Fabaceae représentent respectivement 21,42 et 12,69% de la diversité floristique des plateaux.

En effet, en comparant le nombre des espècesensemencées à celui des espèces observées après l'aménagement, on constate que la récupération a contribué à la réhabilitation des écosystèmes dégradés. Le retour et

l'amélioration de la diversité de la végétation consécutive à la restauration, ont été aussi obtenus sur les sols dunaires parallèlement aux plateaux. Sur des sols dunaires stabilisés après trois années de mise en place de palissades anti-érosives, Laminou (2009) a obtenu une végétation spontanée comprenant 58 espèces (20 familles) contre 16 espèces pour les zones non traitées. L'évolution du nombre d'espèces en fonction de l'âge d'un site récupéré a été aussi trouvée par Tidjani (2008) sur des dunes (Damagaram, Sud-Est du Niger). Ainsi, il a obtenu 13 espèces recensées à la première année (2005), 29 espèces en deuxième année (2006) et 59 espèces en troisième (2007). Ces différents résultats témoignent que la pratique des techniques de récupération des terres dégradées, améliore la diversité des herbacées de manière progressive. Cela participe à l'optimisation des performances de l'élevage à travers l'amélioration de la qualité nutritionnelle qui en découlerait de la diversité des espèces fourragères.

Le meilleur taux de recouvrement des herbacées a été obtenu sur le site de 3 ans. Cela est lié à la reprise spontanée de la végétation aux premières années des ouvrages (2 et 3 ans). Par la suite, les sols nus augmentent avec l'âge de l'ouvrage au détriment de la couverture végétale. La chute de la production fourragère constatée sur les anciens sites (au-delà de 3 ans) serait due au manque d'entretien des ouvrages d'une part et d'autre part au pâturage des animaux puisque la pression de pâture est l'une des causes influençant la dynamique des parcours pastoraux (Pierre et Henry, 2006). Cela est d'autant plus évident car la mise en défens des sites récupérés est levée progressivement en fonction de l'âge de réalisation. Douma et al. (2011) ont obtenu que le recouvrement des herbacées de la zone mise en défens s'améliore tout au long de la période de l'étude (2007 à 2009) sur la restauration de plages nues d'une brousse tachetée dans le sud-ouest du Niger. Ces résultats confirment l'évolution de la végétation jusqu'à trois ans mais aussi l'utilité de la mise en défens. La production fourragère est passée de 345 à 149,4 Kg/ha respectivement du site de 3 ans à celui de 6 ans. La différence des quantités de fourrage produites par les sites serait liée à des facteurs comme celui de la qualité du sol. Conedera et al. (2010) ont abouti à ce résultat de l'hétérogénéité temporelle et spatiale de la quantité de la biomasse herbacée sur la demi-lune au Burkina. Ils ont obtenu que le poids de matière sèche varie de 190 à 2 090 kg MS/ha. Aussi, dans leur travail portant sur les produits forestiers non-ligneux issus de la restauration des terres, Sacande et Parfondry (2018) rapportent qu'en moyenne 1,2 tonne /ha de fourrage a été récolté à la première année après les travaux de restauration (Burkina Faso). La variation de ces résultats peut être imputable à la pluviométrie, à la fertilité du sol et à la gestion du site dont la mise en défens. Les sites sylvopastoraux doivent être protégés contre la divagation des animaux dans les 2 à 3 premières années qui suivent leur réalisation, pour booster la reprise de la végétation. André et al.

(2008) ont rapporté que la production fourragère des cordons pierreux est liée à la pluviométrie (Burkina Faso). La capacité de charge étant dépendante de la production, elle suit l'évolution de la matière sèche.

Le taux de survie élevé des ligneux a été obtenu sur le site le plus ancien. Ainsi, malgré son statut de plante hydrophile, l'espèce *Eucalyptus camaldulensis* s'adapte tant bien que mal au milieu des plateaux, témoignant ainsi sa résilience écologique. Laminou et al. (2020) ont obtenu un taux de survie de 64,44% pour l'espèce *Eucalyptus camaldulensis* sur la banquette sylvopastorale dans la commune de Simiri (Ouallam). La chute du taux de survie a été aussi obtenue par Douma et al. (2011) concernant les espèces *Acacia senegal*, *Bauhinia rufescens*, *Acacia seyal* et *Ziziphus mauritiana* (Niger). Au Burkina, Kagambega et al. (2011) ont obtenu sur la demi-lune de deux ans, un taux de survie inférieur à 70%. Quant au recouvrement et la surface terrière, ils évoluent positivement avec l'âge du site. L'analyse de la corrélation sur les variables de la dendrométrie a révélé que la hauteur et le diamètre à 130 cm, constituent les plus liés avec des coefficients variant de 0,88 à 0,9. Issaka (2017) avait abouti à cette conclusion avec une forte corrélation entre la hauteur des arbres et le diamètre (circonférence à la base), sur des plantations d'*Acacia senegal* (Maradi, Niger). On constate que la dispersion des valeurs d'une variable augmente avec l'âge du site à l'exception du houppier. Cette homogénéité du houppier pourrait être due à la frondaison caractéristique de l'espèce qui se développe plus verticale qu'horizontal ou encore à l'élagage des pieds des *Eucalyptus camaldulensis* par la population.

Conclusion

Cette étude a permis d'aboutir à plusieurs constats. La diversité des espèces herbacées s'améliore avec l'âge du site. Les herbacées sont annuelles avec une dominance de la famille des graminées et cela à cause de leur adaptabilité à l'environnement sahélien. La production fourragère est fonction de l'âge mais aussi liée à d'autres facteurs dont la protection des sites contre la divagation des animaux. La végétation ligneuse est essentiellement composée de l'espèce plantée. Malgré qu'elle soit qualifiée de plante hydrophile, *Eucalyptus camaldulensis* s'adapte mieux sur les plateaux même si son taux de survie chute avec l'âge au même titre que la majorité des espèces utilisées en restauration des terres dégradées au Sahel. Mieux, cette espèce a une offre en bois plus précoce que la plupart des espèces ligneuses plantées en récupération des terres notamment *Bauhinia rufescens*, *Ziziphus mauritiana*, *Balanites aegyptiaca*. De par le retour de la végétation, le bétail obtient du fourrage et la population s'approvisionne en bois de service et d'énergie. La demi-lune est efficace en récupération des plateaux dégradés.

Remerciements

Les auteurs remercient le Programme Alimentaire (PAM) pour son soutien financier dans le cadre de son partenariat avec l'Université Abdou Moumouni de Niamey.

Conflit d'intérêts: Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas d'intérêts concurrents.

References:

1. Amani, A., Adam, I., Barmo, S., Abdourahaman, E. M., & Mahamane, A. (2021). Impacts des banquettes et demi-lunes forestières sur les caractéristiques physico-chimiques du sol et la diversité végétale spontanée dans l'Ouest nigérien. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 34(3), 583-600. <http://www.ijias.issr-journals.org/>.
2. André, K., Aimé J. N., & Tinrmegson, O. (2008). Effets des cordons pierreux sur la régénération d'un pâturage naturel de glacis au Sahel. *Cahiers Agricultures*, 17(3), 281-288. DOI : 10.1684/agr.2008.0204
3. Braun-Blanquet, J. (1932). Plant sociology. The study of plant communities. Ed. McGray Hill, New York, London, 439 p.
4. Conedera, M., Bomio-Pacciorini, N., Bomio-Pacciorini, P., Sciacca, S., Grandi, L., Boureima, A., & Vettrano, A. M. (2010). Reconstitution des écosystèmes dégradés sahéliens. *Bois et Forêts des tropiques*, 304(2), 61-71.
5. Daget, P. et Poissonnet, J., (1971). Une méthode d'analyse phytosociologie des prairies. Critères d'application. *Ann. Agron.*, 22(1), 5-41.
6. Douma, S., Idrissa, S., Ali, M., Saadou, M., Ambouta, K., Ichaou, A., & Gandou, Z. (2011). Restauration de plages nues d'une brousse tachetée au Niger. *Afrique SCIENCE*, 07(1), 77-92. <http://www.afriquescience.info>
7. DS/MEL (Direction de la Statistique /Ministère de l'Élevage du Niger). (2014). Atlas sur l'élevage au Niger : l'élevage au Niger, une richesse sans fin., 137 p.
8. FEM-FIDA (Fonds pour l'Environnement Mondial- Fonds International de Développement Agricole). (2002). S'attaquer à la dégradation et à la désertification des terres. 9 p.
9. GIZ (Deutsche Geselles chaft für Internationale Zusammenarbeit). (2012). Bonnes pratiques de conservation des eaux et des sols. Contribution à l'adaptation au changement climatique et à la résilience des producteurs au Sahel. pp 20-54.

10. INS (Institut National de la Statistique du Niger), 2018. Le Niger en chiffre. 88 p.
11. Issaka, M. C. (2017). Importance socio-économique et environnementale des plantations de *Acacia senegal* (L.) Willd du projet biocarbone au Niger : Cas du site de Chabaré dans la région de Maradi. Mémoire de Master, Centre Régional AGRHYMET, 53 p.
12. Issoufou, W. S., Ali, M., & Issa O. (2012). La surveillance écologique et environnementale au Niger : Un instrument d'aide à la décision. 220-230.
13. Issoufou, W., Mounkaila, Z., Yahouza, C., & Abdou, M. (2011). Approche expérimentale du renforcement des capacités et de la mise au point d'outils pour le suivi et l'évaluation des initiatives d'adaptation aux effets du changement climatique. Etude de cas Niger. Rapport de synthèse, 76 p.
14. Kagambega, F. W., Traore, S., Thiombiano, A., & Boussim, J. I. (2011). Impact de trois techniques de restauration des sols sur la survie et la croissance de trois espèces ligneuses sur les « zipellés » au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 5(3), 901-914.
15. Kiema, A., Nianogo, A.J., Kabore-Zoungana, C. Y., & Jalloh B. (2012). Effets des demi-lunes associées au scarifiage sur les productions fourragères en région sahéenne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6(6), 4018-4030. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i6.13>
16. Kouassi, A., Koffi, K., N'Goran, K., & Ipou, I. (2014). Potentiel de production fourragère d'une zone pâturée menacée de destruction : cas du cordon littoral Port-Bouet et Grand-Bassam. *Journal of Applied Biosciences*, 82, 7403-7410. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v82i1.9>
17. Laminou, M.O. (2009). Fixation des dunes dans le Sud-est du Niger : Evaluation de l'efficacité de la barrière mécanique, espèces ligneuses adaptées et potentialités de l'inoculation mycorhizienne. Thèse de Doctorat, Université de Liège (ULG), Gembloux Agro Bio tech, 142 p.
18. Laminou, M.O., Amani, A., Dan Guimbo, I., Rachidi, A. H., & Mahamane A. (2020). Impacts des banquettes dans la récupération des terres dégradées au Niger. *Journal of Applied Biosciences*, 151, 15510-15529. DOI : <https://doi.org/10.35759/JABs.151.1>
19. Maazou, R., Rabiou, H., Issiaka, Y., Abdou, L., Idi, S. S., & Mahamane, A. (2017). Influence de l'occupation des terres sur la dynamique des communautés végétales en zone Sahéenne : cas de la commune rurale de Dantchandou (Niger). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 11(1), 79-92. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i1.7>

20. Mamadou, A. J., Soumana, D., Ali M., & Saadou, M. (2018). Analyse de l'état de la diversité floristique des plateaux suivant un gradient d'aridité nord- sud dans la réserve de biosphère du w du Niger. *European Scientific Journal*, 14 (3): 156-178. DOI : 10.19044/esj.2018.v14n3p156
21. Massaoudou, M., Larwanou, M., & Mahamane, S. (2015). Caractérisation des peuplements ligneux des parcs à *Faidherbia albida* (Del) A. Chev. et à *Prosopis africana* (Guill., Perrot et Rich.) Taub. du Centre-Sud Nigérien. *Journal of Applied Biosciences*, 94, 8890-8906. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v94i1.6>
22. PAC (Programme d'Action Communautaire). 2006. Recueil des fiches techniques en gestion des ressources naturelles et de productions agrosylvo-pastorales. Ministère du développement agricole, Niger. 270 p.
23. Pierre, H., & Henry, N. (2006). Les parcours du Sahel. *Sécheresse*, 17(1-2), 51-71.
24. REUNIR (Réseau des Universités du Sahel pour la Résilience) & PAM (Programme Alimentaire Mondial). (2020). Apports de la recherche pour un changement de paradigme dans l'opérationnalisation de l'approche résilience au Sahel. 217p.
25. Sacande, M., & Parfondry, M. (2018). Les produits forestiers non-ligneux : de la restauration des terres à la génération de revenus. Rome, FAO. 40 pp. Licence : CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
26. Saidou, O., Riccardo, F., Marichatou, H., & Yenikoye, A. (2013). Dynamique du peuplement herbacé de la station sahéenne expérimentale de Toukounous (Filingué – Niger). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7(2), 657-671. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i2.22>
27. Tidjani, A. D. (2008). Erosion éolienne dans le Damagaram Est (Sud-Est du Niger) : Paramétrisation, quantification et moyens de lutte. Thèse de Doctorat, Université Catholique de Louvain, Belgique, 171 p.

Caractéristiques Agronomiques et Identification des Facteurs Déterminant la Faible Productivité des Agroforêts à Cacaoyers (*Theobroma Cacao* L.) au Togo

Kadanga Pana

Laboratoire des Sciences Agronomiques et Biologie Appliquée/ Institut Supérieure des Métiers de l'Agriculture/ Université de Kara, Togo
Institut Togolais de Recherche Agronomique / Centre de Recherche Agronomique de la zone Forestière (ITRA/CRA-F), Togo

Tchabi Atti

Laboratoire des Sciences Agronomiques et Biologie Appliquée/ Institut Supérieure des Métiers de l'Agriculture/ Université de Kara, Togo

Ablede Komlan Adigninou

Ametefe Komivi Exonam

Kondow Moubarak

Institut Togolais de Recherche Agronomique / Centre de Recherche Agronomique de la zone Forestière (ITRA/CRA-F), Togo

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n36p224](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p224)

Submitted: 20 April 2022

Accepted: 24 November 2022

Published: 30 November 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Pana K., Atti T., Adigninou A.K., Exonam A.K. & Moubarak K. (2022). *Caractéristiques Agronomiques et Identification des Facteurs Déterminant la Faible Productivité des Agroforêts à Cacaoyers (Theobroma Cacao L.) au Togo*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (36), 224. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p224>

Résumé

Les agroforêts à cacaoyers du Togo sont caractérisées par leur faible productivité. L'objectif de cette étude est d'identifier les caractéristiques agronomiques et les facteurs déterminant la faible productivité des cacaoyers. Une enquête a été menée auprès de 385 cacaoculteurs suivie d'une prospection réalisée dans 88 vergers de cacaoyers répartis en quatre tranches d'âge : les jeunes plantations entrant en production (5 à 10 ans), les cacaoyers adultes en pleine production (10 à 20 ans), les cacaoyers vieillissants dont la production est en déclin (21 à 30 ans) et les vieilles plantations (>30 ans). Les résultats ont montré que la tranche d'âge moyenne des vergers est comprise entre 10 et 20 ans. Ces vergers sont essentiellement installés sur les anciens champs de

cacaoyers (42,6%) et sur précédent forestier (40,3%) avec du matériel végétal constitué en grande partie d'hybrides sélectionnés (82,9%). Les fréquences de désherbages, des traitements phytosanitaires (insecticides et fongicides) et d'applications de fumure (organique et minérale) sont inférieures aux normes recommandées par la recherche. Les rendements moyens sont faibles et sont compris entre 218,64 kg/ha dans les vieilles plantations (> 30 ans) et 450,77 kg/ha dans les plantations adultes en pleine production (10 à 20 ans). En ce qui concerne les différentes sous zones agroécologiques, les résultats ne révèlent aucune différence significative pour les rendements. Ces rendements varient de 305,76 kg/ha dans la sous zone de plateaux à 376,59 kg/ha dans la sous zone de Kloto-Litimé. Cette faible productivité est liée au faible niveau de gestion et d'entretien des vergers, aux caractéristiques des peuplements cacaoyers et des peuplements associés.

Mots-clés: Agroforêts à cacaoyers, sous zones agro écologiques, peuplements cacaoyers, productivité

Agronomic Characteristics and Identification of Factors Determining the Low Productivity of Cocoa Agroforests (*Theobroma Cacao* L.) in Togo

Kadanga Pana

Laboratoire des Sciences Agronomiques et Biologie Appliquée/ Institut Supérieure des Métiers de l'Agriculture/ Université de Kara, Togo
Institut Togolais de Recherche Agronomique / Centre de Recherche Agronomique de la zone Forestière (ITRA/CRA-F), Togo

Tchabi Atti

Laboratoire des Sciences Agronomiques et Biologie Appliquée/ Institut Supérieure des Métiers de l'Agriculture/ Université de Kara, Togo

Ablede Komlan Adigninou

Ametefe Komivi Exonam

Kondow Moubarak

Institut Togolais de Recherche Agronomique / Centre de Recherche Agronomique de la zone Forestière (ITRA/CRA-F), Togo

Abstract

Cocoa agroforests in Togo are characterized by their low productivity. The objective of this study is to identify the agronomic characteristics and factors determining the low productivity of cocoa trees. A survey was conducted among 385 cocoa farmers followed by a survey carried out in 88

cocoa orchards and four age groups were considered: young plantations entering production (5 to 10 years), adult cocoa trees in production (10 to 20 years), aging cocoa trees in production (21 to 30 years) and old plantations (>30 years). The results showed that the mean age group of orchards is 10 to 20 years old. These orchards are mainly installed on old cocoa fields (42.6%) and on previous forest (40,3%) with plant material consisting largely of selected hybrids (82,9%). The frequencies of weeding, phytosanitary treatments (insecticides and fungicides) and manure applications (organic and mineral) are below the standards recommended by research. Average yields are low and range between 218,64 kg/ha in old plantations (> 30 years) and 450,77 kg/ha in adult plantations in production (10 to 20 years). With regard to the different agro-ecological sub-zones, the results show that yields vary from 305,76 kg/ha in the plateau sub-zone to 376,59 kg/ha in the Kloto-Litimé sub-zone. This low productivity is linked to the low level of management and maintenance of orchards, to the characteristics of cocoa stands and associated stands.

Keywords: Cocoa agroforests, cocoa, agro-ecological subzones, cocoa stands, productivity

Introduction

Le cacaoyer (*Theobroma cacao L.*), est un arbre appartenant à la famille des Malvaceae cultivé pour la production de fèves de cacao principalement destinées à l'industrie du chocolat et dans une moindre mesure, à l'industrie cosmétique et pharmaceutique (Jagoret, 2011). La majorité des surfaces occupées aujourd'hui par la cacaoculture dans le monde est détenue par de petits planteurs qui pratiquent généralement une culture sous ombrage en forêts éclaircies, ou en association dans des systèmes agroforestiers (Asare *et al.*, 2014). Cette activité génère des emplois pour de nombreuses communautés rurales et contribue aussi à l'amélioration de la vie sociale des pays.

Au Togo, le cacao est une culture de rente qui occupe, parmi les produits agricoles d'exportation, le troisième rang après le coton et le café. Les vergers de cacaoyers togolais occupent près de 17% des actifs agricoles (Adden, 2017). En 2010, la production cacaoyère a contribué à 1,3% au Produit Intérieur Brut (INSEED, 2015).

En 1960, les vergers cacaoyers couvraient une superficie de 40 000 ha de plantations d'Amelonado (Deuss et Meatchi, 1981) et étaient essentiellement bâtis sur les reliques forestières avec des rendements relativement faibles de 150-200 kg/ha (SOFRECO, 2010 et 2011). Cette superficie a baissé à 19 200 ha en 2010 avec les rendements ne dépassant pas 330 kg/ha. En 2019, les agro forêts à cacaoyers togolais sont évaluées à

26356,66 ha avec un rendement moyen de 506,83 kg/ha (DSID, 2019) contre un potentiel de 1200 à 3500 kg/ha selon les estimations de la recherche (CRAF, 2004). Cette faible productivité de cacao résulte de nombreuses contraintes qui menacent la durabilité de la cacaoculture togolaise. Elles comprennent le vieillissement de la cacaoyère existante, l'épuisement des réserves forestières, le faible taux d'adoption des itinéraires techniques adéquats, la baisse de la fertilité des sols, l'émergence de nouvelles maladies et ravageurs et l'échec des tentatives spontanées de replantation sur des précédents non forestiers.

Malgré les efforts considérables de transfert des technologies consentis, la cacaoculture togolaise demeure encore extensive et marquée par sa faible productivité. En effet, les systèmes traditionnels de production continuent d'être pratiqués mais ne peuvent prospérer du fait de l'épuisement des réserves forestières (Assiri et *al.*, 2009). Ces systèmes traditionnels doivent donc se transformer en systèmes de cacaoculture intensifs et durables. La mutation pour la modernisation de la cacaoculture exige l'utilisation effective des techniques éprouvées de culture (culture pure ou sous un ombrage léger et homogène, fertilisation minérale et traitements phytosanitaires) et de traitements post-récoltes du cacao (Assiri et *al.*, 2009). Les actions à mener doivent passer d'une part par la connaissance précise des caractéristiques majeures actuelles du verger cacaoyer et des contraintes endogènes de production et d'autre part par l'identification des facteurs qui déterminent la faible productivité des agroforêts à cacaoyers.

La présente étude vise donc à effectuer de façon participative, un diagnostic en vue de (i) connaître les caractéristiques sociodémographiques des producteurs de cacao et (ii) déterminer les caractéristiques agronomiques des agro forêts à base de cacaoyer au Togo. Ce diagnostic permettra d'identifier les facteurs limitant la production des agro forêts à cacaoyers et de proposer aux différents acteurs de la filière des solutions adaptées pour améliorer les performances de ces agro forêts.

Matériel et Méthodes

Zone d'étude

L'étude a été conduite dans la zone écologique IV (Figure 1) qui représente la grande zone de production de cacao au Togo. Cette zone est subdivisée en trois sous-zones agroécologiques : la sous-zone des plateaux, la sous-zone de piedmonts et plaines, la pénéplaine d'Agou (ITRA, 2009) :

- **La sous-zone des plateaux** : elle correspond à la chaîne de l'Atacora, constituée des plateaux de Kouma, Danyi, Akposso et Akébou d'altitude moyenne de 700 m d'une part et aux monts isolés d'Agou et de Haïto d'autre part. Elle jouit d'un climat de montagne avec une pluviométrie annuelle de 1200-1600 mm. Les sols sont de type

ferralitique ou ferrugineux à concrétions. La végétation est constituée de forêts mésophile ou semi – décidue partiellement dégradée et de savanes arborées et arbustives.

- **La sous-zone de plateaux et plaines** : elle est localisée de part et d'autre de la chaîne de l'Atacora et est représentée à l'Est par les espaces de plaines autour de l'axe routier Kpalimé – Atakpamé et du côté Ouest par la plaine du Litimé. Ces espaces bénéficient d'un climat tropical de type guinéen avec une pluviométrie annuelle qui varie de 1300 à 1600 mm. Les sols sont ferralitiques épais et ont de bonnes aptitudes agricoles. La végétation est composée de forêts soudano-guinéennes alternées de savanes arborées.
- **La péninsule d'Agou** : elle correspond à la vaste étendue de sols ferrugineux sur roche métamorphique qui couvre l'ensemble de la préfecture d'Agou excepté la partie montagneuse. Le climat est de type tropical humide avec une pluviométrie annuelle comprise entre 900 et 1200 mm. La végétation est essentiellement constituée de la savane arborée, des forêts - galeries et des forêts artificielles de tecks par endroits.

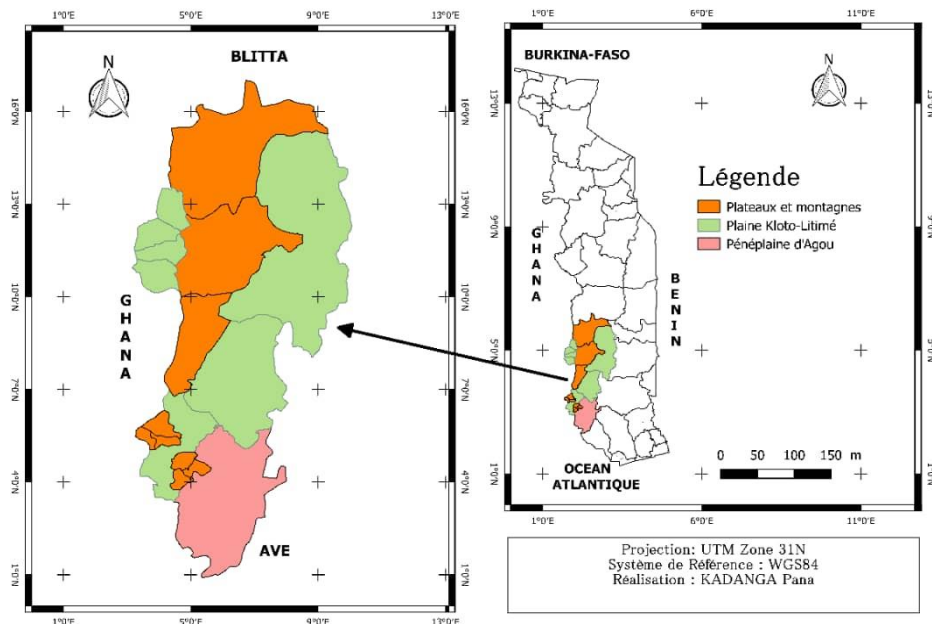


Figure 1. Localisation de la zone d'étude (Kadanga, 2021)

Réalisation de l'enquête et des prospections

Une enquête a été menée en milieu paysan auprès des producteurs de cacao. Un échantillonnage aléatoire a permis de choisir au total 385 producteurs pour l'enquête. Ces producteurs de cacao ont été enquêtés dans trente-neuf (39) villages issus de seize (16) cantons appartenant aux préfectures d'Agou, Kloto, Kpélé, Danyi, Wawa et Akébou (tableau 1). Le choix des planteurs et les entretiens ont été faits avec l'aide des Techniciens Formateurs Préfectoraux (TFP) de l'Institut de Conseil et d'Appui Technique / Unité Technique Café – Cacao (ICAT/UTCC). Les critères de choix des producteurs retenus pour les entretiens ont été entre autres : (i) le nombre d'années d'expérience accumulé dans la culture du cacao (au moins cinq ans d'expérience) ; (ii) l'âge des enquêtés afin de prendre en compte toutes les groupes (jeunes, vieux) et surtout (iii) la possession d'au moins une plantation de cacao.

Pour les prospections, 103 placettes de 625 m² (25 m x 25 m) ont été disposées dans 88 plantations pour la collecte de données sur les cacaoyers et les espèces associées. Les plantations ont été choisies afin de disposer d'une gamme de cacaoyères représentatives des principaux stades d'évolution des vergers au cours du temps (Jagoret, 2011). Afin d'avoir une représentation des principaux stades de développement des plantations, quatre tranches d'âge des vergers cacaoyers ont été considérées : les jeunes plantations entrant en production (5 à 10 ans), les cacaoyers adultes en pleine production (10 à 20 ans), les cacaoyers vieillissants dont la production est en déclin (21 à 30 ans) et les vieilles plantations (>30 ans) (Tableau 2).

Tableau 1. Nombre de producteurs enquêtés, de plantations prospectées et de placettes posées suivant les différentes sous-zones agroécologiques

| Sous zones agroécologiques | Préfectures | Cantons | Nombre de producteurs enquêtés | Nombre de plantations prospectées |
|----------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Pénéplaine d'Agou | Agou | Agou-Atigbé, Gadza, Agotimé Nord | 48 | 19 |
| | Danyi | Ahlon, Atigba | 21 | |
| Montagnes et plateaux | Akébou | Sérégbéné, Kougnonhou | 30 | 17 |
| | Wawa (Plateau d'Akposso) | Klabè-Efoukpa | 24 | |
| Piémonts et plaines | Kloto | Tové, Tomé, Kpadapé | 26 | |
| | Kpélé | Kpélé-Nord | 21 | 52 |
| | Wawa (Litimé) | Késsibo, Badou, Tomégbé, Kpété-Béna | 215 | |
| Total | | | 385 | 88 |

Tableau 2. Nombre de placettes posées suivant les différentes tranches d'âges des plantations et les différentes sous-zones agro écologiques

| Sous zones | Classes d'âge des plantations | | | | Total |
|-----------------------|-------------------------------|-------------|-------------|----------|-------|
| | < 10 ans | 10 à 20 ans | 21 à 30 ans | > 30 ans | |
| Pénéplaine d'Agou | 6 | 9 | 7 | 10 | 32 |
| Montagnes et plateaux | 6 | 8 | 5 | 9 | 28 |
| Piémonts et plaines | 9 | 11 | 12 | 11 | 43 |
| Total | 21 | 28 | 24 | 30 | 103 |

Collecte de données

Les données collectées ont porté sur :

- **les caractéristiques sociodémographiques des producteurs** : âge et niveau d'étude ;
- **les caractéristiques des pratiques agronomiques** : l'âge des vergers, la superficie, le précédent cultural, le matériel végétal planté et le niveau d'entretien des plantations de cacaoyers qui a été apprécié en considérant le nombre de désherbage, de traitements insecticides, de traitements fongicides et de fertilisations effectués par an.
- **les caractéristiques des peuplements associés aux vergers cacaoyers** : les densités des arbres associés, des arbres forestiers et des arbres fruitiers.
- **les paramètres de rendement et le rendement potentiel des vergers** : la densité de cacaoyers et le nombre de cabosses par arbre.

Ces différents paramètres ont été utilisés pour calculer le rendement potentiel moyen du cacao marchand de chaque parcelle par la formule suivante (Jagoret, 2011) :

$$Rdt \text{ (kg/ha)} = (Ncab \times PFf \times Ct) \times D \text{ (1)}$$

Où Rdt (kg/ha) = rendement en cacao marchand (kg/ha) ; Ncab = nombre moyen de cabosses par cacaoyer ; PFf = poids moyen de fèves fraîches par cabosse (0,115 kg). Ct : coefficient de transformation poids de fèves fraîches/poids de cacao marchand. Ce coefficient est une variable considérée comme constante et a une valeur de 0,35 (Braudeau, 1969 ; Lachenaud, 1984). D: nombre moyen de cacaoyers par hectare.

En posant $PFf \times Ct = 0,115 \text{ kg} \times 0,35 = 0,04025 \text{ kg}$ de cacao marchand/cabosse, L'équation du rendement du cacao marchand d'une cacaoyère (kg ha^{-1}) peut finalement s'écrire de la façon suivante (Assiri et al., 2012) :

$$Rdt \text{ (kg/ha)} = (Ncab \times 0,04025) \times D \text{ (2)}$$

Caractérisation des sols sous cacaoyers

Dans la zone d'étude, des échantillons de sols ont été prélevés dans vingt-quatre parcelles cacaoyères au niveau de la couche superficielle du sol (0-20 cm) afin de caractériser les sols sous cacaoyers. Dans chaque parcelle, un échantillon composite de 1 kg de sol a été prélevé pour la caractérisation physico-chimique. Ces échantillons ont été séchés au laboratoire en plein air pendant une semaine et les mottes ont été écrasées à la main et les graviers enlevés. Ensuite, ces sols ont été tamisés à travers un tamis de 2 mm. Les analyses des échantillons de sols ont été effectuées dans le laboratoire Sols – Eaux – Végétaux – Engrais (SEVE) de l'Institut Togolais de Recherche Agronomique à Lomé. Les paramètres déterminés ont porté sur le pH, le taux de carbone, l'azote, le phosphore, le potassium et la matière organique.

Traitement statistique

Les données collectées ont été codées, saisies puis validées sur le tableur Excel. Le dépouillement des données relatives aux caractéristiques sociodémographiques des producteurs et aux caractéristiques agronomiques des peuplements cacaoyers a été effectué en utilisant l'assistant « Tableaux croisés » du logiciel SPSS (Statistical Package for Social Sciences) version 25.0. Les données sur les paramètres de rendement, le rendement potentiel des vergers, les densités des peuplements cacaoyers, les plantes associés et les caractéristiques des sous-sols cacaoyers ont été analysées avec le logiciel R version 4.0.2. La comparaison des moyennes des variables quantitatives a été faite en utilisant le test de Student Newman-Keuls au seuil de 5% avec le logiciel R version 4.0.2.

Résultats

Caractéristiques sociodémographiques des producteurs

Les résultats de l'étude montrent que l'âge moyen des cacaoculteurs est de 52 ans et se situe dans la tranche d'âge 51 – 60 ans. De plus, cette classe d'âge est la plus prédominante (41,56 %), suivie de la classe 41 à 50 ans (28,83 %), puis la classe supérieure à 60 ans (14,29 %) et 31 à 40 ans (12,47 %) alors que la classe d'âge minoritaire est celle inférieure à 30 ans (2,86 %) (Figure 2A). La plus grande proportion des producteurs (57,66 %) a un niveau secondaire. En moyenne 22,34 % des producteurs ont le niveau du primaire, 10,65 % sont analphabètes, 5,45 % ont un niveau du supérieur alors que 3,90% seulement sont alphabétisés (Figure 2B).

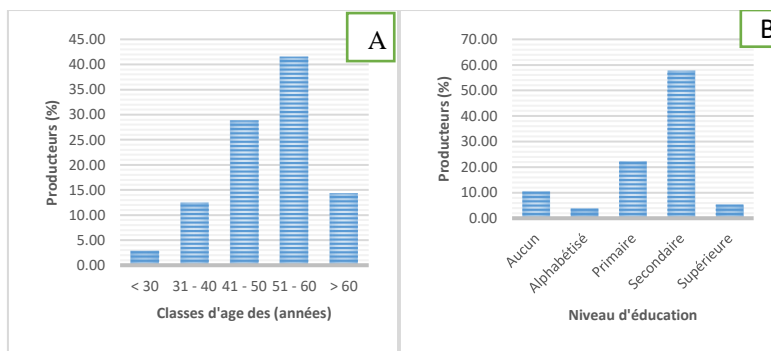


Figure 2. Répartition des planteurs de cacao enquêtés suivant les classes d'âge (A) et le niveau d'éducation (B)

Caractéristiques des pratiques agronomiques dans les peuplements cacaoyers

Age et superficie des plantations

Les superficies des plantations sont comprises entre 0,25 ha et 8 ha avec une moyenne de 1,22 ha (Figure 3B). Les plantations de 10 à 30 ans représentent en moyenne 64,7 % alors que celles de moins 10 ans représentent 23,1 %. Les plantations les plus âgées (supérieures à 30 ans) représentent 12,2 % des vergers (Figure 3A). Ces plantations sont installées sur des superficies inférieures à 1 ha (47,5 %) et entre 1 à 2 ha (46,5 %).

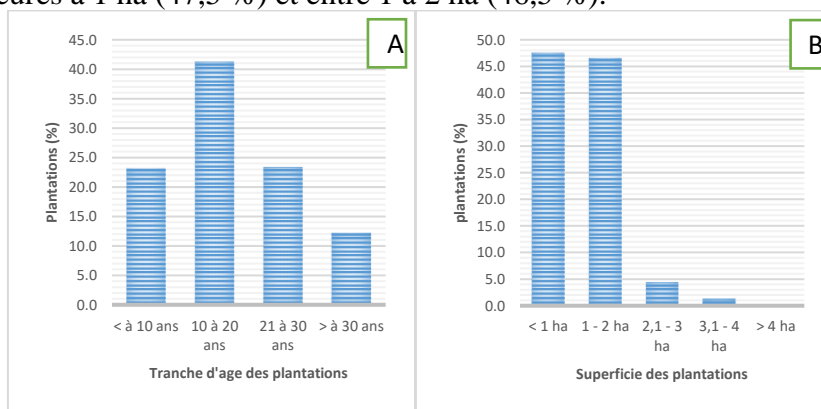


Figure 3. Répartition des cacaoyères suivant la tranche d'âge des plantations (A) et la taille des vergers (B)

Précédent culturel et variétés cultivées

Les plantations cacaoyères sont installées après cinq principaux types de précédents culturels. Les anciens champs de cacaoyers (42,6 %) et le « précédent forêt » (40,3 %) sont les plus représentés alors que les autres précédents culturels sont minoritaires avec 2,9 % pour les anciens champs de caféiers, 7,5 % pour des champs de vivriers et 6,8 % pour des précédents « jachère » (Figure 4A). Ces vergers sont plantés avec du matériel végétal de

différents origines. Plus de la moitié des plantations (82,9 %) est plantée avec du matériel végétal sélectionné. La variété ancienne «Amelonado» (5,5 %) et le matériel «Tout venant» (11,7 %) sont minoritaires quelles que soient la tranche d'âge et la sous-zone agroécologique considérées (Figure 4B).

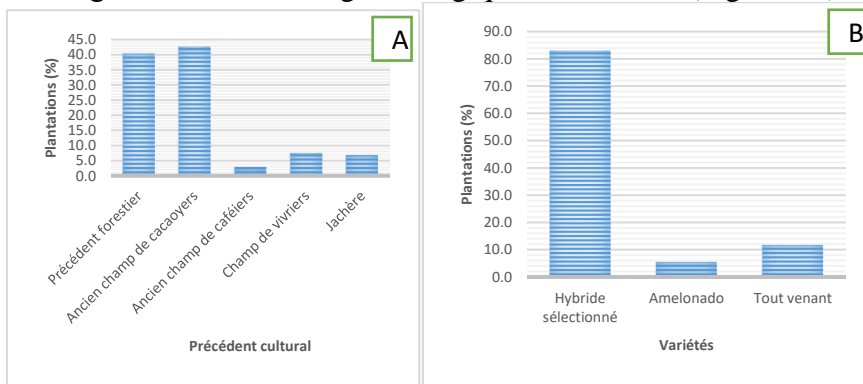


Figure 4. Répartition des cacaoyères en fonction des précédents culturels (A) et des variétés cultivées (B)

Entretien et gestion des vergers

La fréquence de désherbages des vergers varie de un (01) sarclage à plus de quatre (04) sarclages par an. La fréquence de trois passages/an est la plus adoptée dans 55,3 % des plantations suivie de celle de deux passages par an dans 28,6 % des plantations. Les fréquences les moins représentées sont de quatre passages par an dans 14,8 % des plantations, d'un passage (0,8 %) et de plus de quatre passages par an (0,5 %) (Figure 5A).

Pour les traitements fongicides, les résultats révèlent que 13,2 % des plantations ne reçoivent aucun traitement fongicide. La fréquence de 4 à 6 traitements fongicides est la plus adoptée dans 41,8 % des vergers suivie de celle de 1 à 3 traitements (13,2 % des vergers), celle de 7 à 9 traitements dans 28,1 % alors que la fréquence de plus de 9 traitements fongicides est adoptée dans seulement 3,6 % des vergers (Figure 5B).

En moyenne, 25,2 % des vergers ne reçoivent aucun traitement insecticide. Les plantations qui sont traitées à l'insecticide reçoivent une à trois applications par an (12,5 % reçoivent une application, 16,9 % deux applications et 13,8 % trois applications) sur quatre traitements recommandés. Toutefois, seulement 31,7 % des vergers reçoivent plus de trois traitements insecticides par an (Figure 5C).

Dans l'ensemble, l'épandage d'engrais dans les plantations cacaoyères est rare. En moyenne 84,9 % des vergers prospectés ne sont pas fertilisés. On note cependant une fréquence qui varie de 1 à 2 applications/an (respectivement 11,9 % et 2,6 % des vergers) (Figure 5D).

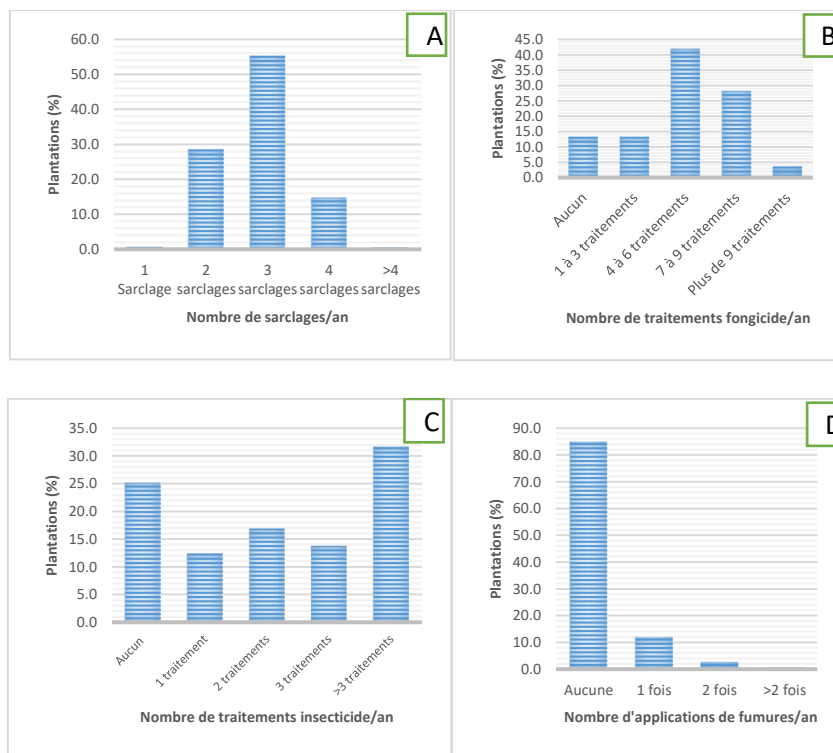


Figure 5. Niveau d'entretien des vergers : Nombre de sarclages (A), de traitements fongicide (B) de traitement insecticide (C) et d'application de fumure (D) par an

Caractéristiques des peuplements cacaoyers

Densité des peuplements cacaoyers

La densité moyenne des vergers cacaoyers est de 1046 cacaoyers/ha. En effet, suivant l'âge des plantations, cette densité moyenne va de 1172 plants/ha dans les jeunes plantations entrant en production à 876 plants/ha dans les vieilles plantations (Tableau 3).

Globalement, la densité de cacaoyers à l'hectare est hétérogène selon les différentes sous-zones agro écologiques. Cette densité est en moyenne de 1084 plants/ha dans la sous zone d'Agou, 932 plants/ha dans la sous-zone de Danyi-Akébou et 1074 plants/ha dans celle de Kloto-Litimé. La densité obtenue dans la sous-zone de Danyi-Akébou est significativement inférieure ($p = <0,001$) par rapport aux densités obtenues dans les autres sous zones agro écologiques (Tableau 3).

Nombre de cabosses/cacaoyer

Les résultats obtenus montrent que le nombre moyen de cabosses/cacaoyer est de 9 cabosses/cacaoyer. Une différence significative ($p = 1,74E-08$) du nombre de cabosses/cacaoyer a été mise en évidence entre les différentes classes d'âge. Le nombre de cabosses/cacaoyer est plus faible dans

les vieilles plantations (en moyenne 6 cabosses/arbre) et plus élevé dans les plantations adultes en production (en moyenne 10 cabosses/arbre).

Aucune différence significative ($p = 0,731$) du nombre de cabosses/arbre n'a été mise en évidence entre les différentes sous-zones agro écologiques (Tableau 3).

Rendement en cacao marchand

Le rendement en cacao marchand varie selon les différentes tranches d'âge. Il existe une différence significative ($p = 2,20E-16$) de rendement entre les vieilles plantations (218,64 kg/ha) et les plantations d'âge inférieure (371,34 kg/ha dans les jeunes plantations entrant en production, 450,77 kg/ha dans les plantations adultes en production et 412,83 kg/ha dans les plantations vieillissantes).

Globalement, le rendement du cacao marchand varie selon les différentes sous zones de production. Il est en moyenne de 349,49 kg/ha/an dans la sous zone d'Agou, 305,76 kg/ha/an dans la sous-zone de Danyi-Akébou et de 376,59 kg/ha/an dans la sous-zone de Kloto-Litimé. Il n'existe aucune différence significative ($p = 0,07$) de rendement du cacao marchand entre les différentes sous-zones de production (Tableau 3)

Tableau 3. Densité de peuplement des cacaoyers, nombre de cabosses/cacaoyer et rendement potentiel des vergers en fonction des tranches d'âge des vergers et des sous-zones agro écologiques

| | Densité de cacaoyers | Nombre de cabosses/cacaoyer | Rendement potentiel de cacao marchand (kg/ha) |
|---|----------------------|-----------------------------|---|
| Tranche d'âge[‡] | | | |
| < à 10 ans | 1172,00 a | 8,00 b | 371,34 b |
| 10 à 20 ans | 1120,00 a | 10,00 a | 450,77 a |
| 21 à 30 ans | 1076,00 a | 10,00 a | 412,83 ab |
| > à 30 ans | 876,00 b | 6,00 c | 218,64 c |
| Probabilité | 1,07E ⁻¹⁰ | 1,74E ⁻⁰⁸ | 2,20E ⁻¹⁶ |
| CV % | 17,00 | 32,00 | 28,57 |
| Sous zones de production[‡] | | | |
| Agou | 1084,00 a | 8,00 a | 349,49 a |
| Danyi Akébou | 932,00 b | 9,00 a | 305,76 a |
| Kloto Litimé | 1074,00 a | 9,00 a | 376,59 a |
| Probabilité | <0,001 | 0,731 | 0,067 |
| CV % | 19,00 | 37,00 | 38,31 |

[‡] Les données sont rapportées comme moyennes et erreurs standards pour les quatre tranches (04) d'âge et les trois (03) sous zones de production. Les différences significatives entre les systèmes de culture sont indiquées par différentes lettres (test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%).

Caractéristiques des peuplements associés aux cacaoyers

La densité des arbres associés aux cacaoyers varie de 73 arbres/ha dans les vieilles plantations à 106 arbres/ha dans les jeunes plantations entrant en production. En ce qui concerne les arbres forestiers, leur densité varie de 40 arbres/ha dans les vieilles plantations à 53 arbres/ha dans les plantations vieillissantes alors que la densité des arbres fruitiers varie de 34 arbres/ha dans les vieilles plantations à 64 arbres/ha dans les jeunes plantations entrant en production. Une différence significative a été mise en évidence pour la densité d'arbres associés ($p = 3,31E-03$) et la densité d'arbres fruitiers ($p = 1,38E-04$) entre les vieilles plantations et les plantations plus jeunes. Cependant, aucune différence significative ($p = 8,51E-02$) n'a été mise en évidence pour la densité d'arbres forestiers entre les différentes tranches d'âge (Tableau 4).

Les densités d'arbres associés aux cacaoyers, d'arbres forestiers et d'arbres fruitiers ont été significativement inférieures dans la sous-zone de Danyi – Akébou (50 arbres associés/ha, 18 arbres forestiers/ha et 32 arbres fruitiers/ha) par rapport aux autres sous-zones (Tableau 4).

Tableau 4 . Densité des arbres associés aux cacaoyers, des arbres forestiers et fruitiers en fonction des tranches d'âge des vergers et des sous-zones agro écologiques

| | Densité d'arbres associés | Densité d'arbres forestiers | Densité d'arbres fruitiers |
|--|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Tranche d'âge [£] | | | |
| < à 10 ans | 106,00 a | 42,00 a | 64,00 a |
| 10 à 20 ans | 95,00 a | 49,00 a | 46,00 b |
| 21 à 30 ans | 91,00 ab | 53,00 a | 38,00 b |
| > à 30 ans | 73,00 b | 40,00 a | 34,00 b |
| Probabilité | 0,003 | 0,08 | 0,0001 |
| CV % | 40,00 | 52,00 | 62,00 |
| Sous zones de production [£] | | | |
| Agou | 103 a | 53 a | 50 a |
| Danyi Akébou | 50 b | 18 b | 32 b |
| Kloto Litimé | 99 a | 54 a | 46 a |
| Probabilité | 0,000 | 0,000 | 0,033 |
| CV % | 35,00 | 41,00 | 65,00 |

[£] Les données sont rapportées comme moyennes et erreurs standards pour les quatre tranches (04) d'âge et les trois (03) sous zones de production. Les différences significatives entre les systèmes de culture sont indiquées par différentes lettres (test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%).

Caractéristiques des sols sous cacaoyers

Les résultats d'analyse d'échantillons de sols ont montré que ces sols sont peu acides (6,11 à 6,44 pour les tranches d'âge et 5,79 à 6,59 pour les sous zones agro écologiques), moyennement fournis en carbone (2,24% à 3,61% pour les tranches d'âge et 2,61% à 3,27% pour les sous zones agro écologiques). Ils sont généralement pauvres en azote (0,17% à 0,22% pour les

tranches d'âge et 0,15% à 0,22% pour les sous zones agro écologiques), phosphore assimilable (1,45 mg.kg⁻¹ à 18,88 mg.kg⁻¹ pour les tranches d'âge et 2,48 mg.kg⁻¹ à 9,25 mg.kg⁻¹ pour les sous zones agro écologiques) et en potassium échangeables (45,91 mg.kg⁻¹ à 93,28 mg.kg⁻¹ pour les tranches d'âge et 60,65 mg.kg⁻¹ à 97,56 mg.kg⁻¹ pour les sous zones agro écologiques). Cependant, il ressort des résultats que les sols sous cacaoyers sont très riches en matière organique (4,21% à 6,26% pour les tranches d'âge et 4,49% à 5,64% pour les sous zones agro écologiques) (Tableau 5).

Considérant les tranches d'âge, on note une différence significative pour le phosphore assimilable ($p < 0,001$) et le potassium échangeable ($p = 0,055$). En ce qui concerne les différentes sous zones agro écologiques, une différence significative a été mise en évidence pour le pH ($p = 0,006$) et le taux d'azote ($p = 0,003$).

Tableau 5 . Caractéristiques chimiques des sols sous cacaoyers

| | pH (H ₂ O) | C (%) | MO (%) | N (%) | P (mg.kg ⁻¹) | K (mg.kg ⁻¹) |
|---|-----------------------|--------|--------|--------|--------------------------|--------------------------|
| Tranches d'âges[‡] | | | | | | |
| < à 10 ans | 6,28 a | 2,99 a | 5,03 a | 0,22 a | 1,45 b | 93,28 a |
| 10 à 20 ans | 6,44 a | 3,61 a | 6,26 a | 0,19 a | 18,88 a | 73,77 ab |
| 21 à 30 ans | 6,11 a | 2,44 a | 4,21 a | 0,20 a | 4,23 b | 92,92 ab |
| > à 30 ans | 6,15 a | 3,09 a | 5,32 a | 0,17 a | 2,03 b | 45,91 b |
| Probabilité | 0,755 | 0,197 | 0,197 | 0,480 | 0,001 | 0,055 |
| CV (%) | 9,10 | 30,40 | 30,40 | 25,90 | 104,60 | 41,30 |
| Sous zones de production[‡] | | | | | | |
| Agou | 6,59 a | 3,27 a | 5,64 a | 0,22 a | 9,25 a | 71,20 a |
| Danyi Akébou | 5,79 b | 2,61 a | 4,49 a | 0,15 b | 2,48 a | 60,65 a |
| Kloto Litimé | 6,35 a | 3,18 a | 5,48 a | 0,21 a | 8,21 a | 97,56 a |
| Probabilité | 0,006 | 0,337 | 0,337 | 0,003 | 0,343 | 0,096 |
| CV (%) | 7,20 | 31,60 | 31,60 | 20,20 | 146,00 | 43,40 |

[‡] Les données sont rapportées comme moyennes et erreurs standards pour les quatre tranches (04) d'âge et les trois (03) sous zones de production. Les différences significatives entre les systèmes de culture sont indiquées par différentes lettres (test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%).

Discussion

Caractéristiques sociodémographiques des producteurs

Il ressort des résultats de l'enquête que l'âge moyen des planteurs de cacao est de 52 ans. Cette valeur se situe dans la tranche d'âge 51 à 60 ans qui est la classe d'âge la plus représentée (41,56 %). Par ailleurs, les jeunes planteurs appartenant à la tranche d'âge inférieure ou égale à 40 ans ne représente que 15,33 % des enquêtés, ce qui signifie que la production actuelle de cacao au Togo est assurée par les planteurs de plus de 40 ans (84,67 % en moyenne). Cette tendance a été mise en évidence par la Direction de la

Statistique, de l'Informatique et de la Documentation (DSID 2018 a) qui a rapporté que l'âge moyen des planteurs de cacao est de 48,4 ans alors que les jeunes planteurs de cacao appartenant à la tranche d'âge 18 à 40 ans représentent 34,5 %. Cette situation est de plus en plus préoccupante, car dans les années à venir, l'extension et la régénération des plantations connaîtront un essoufflement à cause du vieillissement des planteurs dont une proportion non négligeable de propriétaires sortira de la filière par décès ou par incapacité physique (DSID, 2018a).

Il est apparu que les planteurs ayant un niveau d'études secondaire représentent 57,66 % alors que ceux ayant le niveau primaire représentent 22,34 %. Ce niveau d'instruction des planteurs pourra constituer l'un des facteurs qui faciliteront considérablement l'adoption des technologies dans la filière de même que l'organisation socioprofessionnelle des acteurs (DSID, 2018a).

Caractéristiques des pratiques agronomiques dans les peuplements cacaoyers

Les plantations de 10 à 30 ans représentent en moyenne 64,7%, alors que les plantations de moins de 10 ans représentent 23,1% des plantations. Ce rajeunissement est à l'actif de la distribution, depuis 2013, de 203987 cabosses de cacao sélectionnées provenant de l'ITRA/CRAF et du Ghana à travers le Projet d'Appui au Secteur Agricole (PASA) (Adden, 2017 ; DSID, 2019). Cependant, une proportion non négligeable de ces plantations va rentrer dans la phase de vieillissement les années à venir. Par conséquent, ces plantations nécessiteront comme les vieilles plantations actuelles une régénération car il est établi que l'âge moyen de régénération est de 25 à 30 ans (Assiri *et al.*, 2016 ; Adden, 2017). Les plantations sont installées sur des superficies inférieures à 1 ha (47,5 %) et entre 1 et 2 ha (46,5 %) avec une superficie moyenne de 1,22 ha, ce qui montre que la production de cacao au Togo est assurée par de petites exploitations familiales.

En ce qui concerne le précédent cultural, les vergers de cacaoyers sont plantés en majorité sur des anciens champs de cacaoyers (42,6 %) et le précédent forestier (40,3%). Ceci s'explique par la mise en place par de plus en plus des planteurs des vergers cacaoyers sur des précédents non forestiers (anciennes cacaoyères) à cause de l'épuisement des réserves forestières. Cependant, l'installation des vergers cacaoyers sur des précédents non forestiers présenterait des risques d'échecs (Koko, 2014; Adden, 2017) car le précédent cultural le plus adapté pour le cacaoyer est la forêt (Gockowski et Sonwa, 2010). En effet, le précédent cultural « forêt » offre à la cacaoyère des avantages en termes de fertilité de sol et d'ombrage contre le soleil jouant le rôle de régulateur de température (Beer *et al.*, 1998). Par ailleurs, plus de la moitié des plantations (82,9 %) est plantée avec du matériel végétal

sélectionné. Ce résultat s'explique par le fait que de plus en plus des planteurs effectuent des remplacements des pieds des anciennes variétés (tout venant et amelonado) par celles d'hybrides sélectionnées par la recherche, plus productives (DSID, 2019).

Les recommandations sur l'entretien et gestion des vergers ne sont pas respectées par la grande majorité des planteurs. Les fréquences de désherbages les plus citées par les planteurs sont de trois fauchages par an (55,3 % des planteurs) et de deux fauchages par an (28,6 % des planteurs). Ces fréquences sont bien inférieures aux six passages par an qui sont recommandés (Koudjega *et al.*, 2016).

Concernant les traitements phytosanitaires, il ressort que seulement 31,7 % des vergers reçoivent au moins quatre à six traitements insecticides par an tel que recommandé par la recherche alors qu'en moyenne, 25,2 % des vergers ne reçoivent aucun traitement insecticide. S'agissant des traitements fongicides contre la pourriture brune des cabosses de cacao, les résultats montrent que seulement 28,1 % des planteurs traitent leurs plantations à une fréquence de 7 à 9 traitements par an sur au moins huit traitements fongicides par an recommandés (Koudjega *et al.*, 2016) alors que 13,2 % des planteurs n'appliquent pas de fongicides dans leurs plantations.

L'épandage d'engrais dans les plantations cacaoyères est rare. En moyenne 84,9% des planteurs enquêtés ne fertilisent pas leurs plantations. Cette situation s'explique par l'inexistence à ce jour de formules d'engrais recommandées en cacaoculture au Togo d'une part et par le fait que l'effet des engrais sur la production des cacaoyers dépend pour beaucoup des conditions de culture et de lumière (Koudjega, 2013) d'autre part. Toutefois, les travaux de Koudjega et Tossah (2009) ont permis de proposer des doses de fumure minérale pour les zones de production de cacaoyers au Togo mais ces fumures ne sont pas encore vulgarisées.

Caractéristiques des peuplements cacaoyers

Les résultats ont montré que la densité moyenne des plantations de cacao prospectées est de 1046 cacaoyers/ha à l'hectare alors que la densité recommandée par la recherche est de 1 333 pieds par hectare (3 mètres entre les lignes et 2,5 mètres entre les plants sur la ligne). Suivant l'âge des plantations, cette densité moyenne va de 1172 plants/ha dans les jeunes plantations entrant en production (inférieures à 10 ans) à 876 plants/ha dans les vieilles plantations. La densité de cacaoyers décroît significativement ($p = 1,07E^{-10}$) avec le vieillissement des vergers. La variation de la densité moyenne à l'hectare peut être expliquée par des mortalités enregistrées tout au long de l'évolution des plantations mais aussi et surtout la perte des plantations cacaoyères à cause des longues poches de sécheresse, des feux de brousses,

des transhumances et la recrudescence des maladies et des insectes prédateurs (DSID, 2018b).

Les résultats montrent que la productivité des vergers cacaoyers est faible. En effet, le rendement moyen du cacao marchand est passé de 242 kg/ha en 2012 (DSID, 2014) à 506,83 kg/ha en 2019 (DSID, 2019) mais dans les conditions de cette étude, il ressort que les rendements moyens sont de 218,64 kg/ha dans les vieilles plantations, 371,34 kg/ha dans les jeunes plantations entrant en production, 412,83 kg/ha dans les plantations vieillissantes et de 450,77 kg/ha dans les plantations adultes en production. Ce résultat montre que le rendement du cacao marchand diminue avec le vieillissement des plantations (Tableau 3). Ces rendements sont largement en dessous du rendement potentiel de 1200 à 3500 kg/ha selon les estimations de la recherche (CRAF, 2004). Les principaux facteurs pouvant expliquer cette faible productivité sont la faible densité de peuplement et le non-respect des recommandations sur l'entretien et gestion des vergers (insuffisance des désherbages, des traitements phytosanitaires et de la fertilisation). A cela s'ajoutent les facteurs environnementaux (poches de sécheresse longues) et des facteurs humains (feux de brousse, transhumance) qui occasionnent des pertes d'environ 6 % des plantations cacaoyères (DSID, 2018b).

Caractéristiques des peuplements associés aux cacaoyers

Le cacaoyer est souvent associé aux arbres (fruitiers, bois d'œuvre et autres) qui forment un ombrage très dense dans le verger. La densité des arbres associés aux cacaoyers varie de 73 arbres/ha dans les vieilles plantations à 106 arbres/ha dans les jeunes plantations entrant en production. La densité des arbres forestiers varie de 40 arbres/ha dans les vieilles plantations à 53 arbres/ha dans les plantations vieillissantes alors que la densité des arbres agroforestiers recommandée par les services de recherche et de vulgarisation dans une plantation cacaoyère au Togo est en moyenne de 83 arbres agroforestiers/ha (12 mètres x 10 mètres) surtout dans les jeunes (Adden et *al.*, 2018). Ces arbres agroforestiers doivent être éliminés au fur et à mesure que la plantation vieillit pour ne laisser qu'au plus 20 arbres/ha. Par rapport aux systèmes en culture pure, les agro forêts à cacaoyers produisent moins de cacao, mais ils sont plus durables et plus respectueux de l'environnement car leur conduite exige généralement moins de pesticides et d'engrais chimiques (Adden, 2017). Cependant, Gala et *al.*, (2017) ont rapporté que lorsque la densité d'arbres associés est supérieure à 30 arbres/ha, le rendement peut être réduit de moitié. Par ailleurs, ils ont montré que les actions des arbres associés (selon leurs espèces) sur le cacaoyer peuvent aller jusqu'à causer la mortalité des pieds de cacaoyers sous leurs canopées. L'ombrage fourni par les autres espèces associées leur est naturellement favorable (régulation du microclimat, apport de matière organique, etc.). Cependant, il est prouvé que l'ombrage

peut aussi avoir des effets défavorables, en créant par exemple, des conditions propices au développement de maladies (Adden, 2017). Ainsi dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyers, l'ombrage réduit l'incidence d'insectes comme les mirides, mais il favorise la pourriture des cabosses. C'est donc en réglant le niveau d'ombrage dans son exploitation que l'agriculteur équilibre les effets favorables et défavorables liés à l'association d'arbres avec les cacaoyers (CIRAD, 2013).

Caractéristiques des sous-sols cacaoyers

Les résultats d'analyse de sols ont montré que les sols sous cacaoyers sont peu acides, moyennement fournis en carbone, pauvres en azote, phosphore assimilable et en potassium échangeable alors qu'ils sont très riches en matière organique. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Koudjega et Tossah (2009) et Koudjega (2013) qui ont montré que les sols sous cacaoyers togolais sont riches en matière organique (55 g.kg^{-1}), pauvres en azote (2 mg.kg^{-1}) et phosphore ($21,9 \text{ mg.kg}^{-1}$) avec un bas niveau de bases échangeables ($0,3 \text{ meq\% K}$; $13,4 \text{ meq\% Ca}$ et $5,9 \text{ meq\% Mg}$), une Capacité d'Echange Cationique (CEC) de $21,1 \text{ meq\%}$ et le pH moyen de 6,7.

La gestion de la fertilité des sols sous cacaoyers est basée sur l'utilisation des arbres agroforestiers à usage multiples (fertilisation et ombrage) notamment des ligneux qui sont des légumineuses ou non comme *Albizia spp.*, *Terminalia spp.*, *Samanea saman*, *Erythrophleum guineensis*, *Cola spp.*, *Khaya spp.* et *Chlorophora excelsa* (Koudjega et al, 2010). Par ailleurs, les agriculteurs en tirent d'autres productions qu'ils consomment ou commercialisent (fruits divers, huiles, vin de palme, produits médicinaux, fourrage, bois d'œuvre, etc.). Les systèmes agroforestiers offrent également une gamme de services environnementaux importants tels que la conservation de la biodiversité, le stockage du carbone. Ces arbres ont également la particularité d'effectuer une double symbiose : rhizobium et mycorhizes. Les champignons mycorhiziens qui vivent en symbiose avec les plantes cultivées rabattent pour celles-ci les minéraux (N, P, K...) redistribués par les arbres fertilitaires. Les mycorhizes facilitent également l'absorption de l'eau par les plantes. Elles leur permettent d'acquérir une meilleure résistance à diverses attaques de pathogènes en provenance du sol, et élaborent des substances antibiotiques et vitamines dont les plantes profitent directement (Humbert et Devresse, 2019).

Conclusion

La production cacaoyère au Togo est assurée par des petits planteurs dont la plupart est âgé de plus de 40 ans. Ces planteurs ne pourront plus continuer cette activité dans l'avenir à cause de leur vieillissement d'où la nécessité d'inciter les jeunes à s'intéresser à la culture de cacao.

Les vergers de cacaoyers sont plantés en majorité sur des anciens champs de cacaoyers et sur précédent forestier avec des hybrides sélectionnés par la recherche. L'étude a mis en évidence que les fréquences de désherbages, des traitements phytosanitaires et d'applications de fumure sont inférieures aux normes recommandées par la recherche.

L'ombrage créé par les peuplements associés aux cacaoyers est dense dans l'ensemble. Cet ombrage fourni par les espèces associées est naturellement favorable pour les agroforêts à cacaoyers. Par ailleurs, l'enquête a révélé que les espèces associées procurent d'autres productions que les planteurs consomment ou commercialisent, ce qui leur permet d'obtenir un complément de source de revenu. Cependant, une mauvaise gestion de ces espèces peut occasionner la baisse de la productivité des vergers. Il est donc indispensable de régler le niveau d'ombrage dans l'exploitation afin que l'agriculteur équilibre les effets favorables et défavorables liés à l'association d'arbres avec les cacaoyers.

Afin d'intensifier durablement la cacaoculture togolaise et améliorer leur productivité, il est nécessaire pour les producteurs d'utiliser les itinéraires techniques mis au point par la recherche agronomique. Il faut donc sensibiliser et former ces producteurs sur les bonnes pratiques agricoles et mener des actions pour améliorer leur niveau d'adoption des innovations mises au point par la recherche et faciliter l'accès de ces producteurs aux intrants (engrais, pesticides, cabosses améliorées, etc). Il faudra également mettre sur pied et vulgariser un engrais cacao spécifique au Togo afin d'améliorer la productivité des vergers. Enfin, il faut que les résultats et innovations mises au point en stations soient évalués en milieu paysan afin de faciliter leur maîtrise et appropriation par les cacaoculteurs.

References:

1. Adden A. K., 2017. Amélioration de la productivité des vergers de cacaoyers (*Theobroma cacao* Linn.) pour une gestion forestière durable au Togo. *Sciences du Vivant [q-bio]*. Ecole Supérieure d'Agronomie de l'Université de Lomé, 2017.
2. Adden Ayi K., Zoupoaya K., Batocfétou M., Koudoyor B. et Ayita D. K., 2018. Bien cultiver les bananiers plantains en pure ou en association avec les cacaoyers au Togo. Guide de technicien. Février 2018, 27 p.
3. Asare R., Afari-Sefa V., OSei-Owusu Y., Pabi O., 2014. Cocoa agroforestry for increasing forest connectivity in a fragmented landscape in Ghana. *Agroforest Syst.* 88, 1143-1156.
4. Assiri A. A., Yoro G. R., Deheuvels O., Kebe B. I., Keli Z. J., Adiko A. et Assa A., 2009. Les caractéristiques agronomiques des vergers de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal*

- & *Plant Sciences*, 2009. Vol. 2, Issue 1: 55- 66. ISSN 2071 – 7024; <http://www.biosciences.elewa.org/JAPS>
5. Assiri A. A., Kacou E. A., Assi F. A., Ekra K. S., Dji K. F., Couloud J. Y. et Yapou A. R., 2012. Rentabilité économique des techniques de réhabilitation et de replantation des vieux vergers de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 2012. Vol. 14, Issue 2: 1939-1951, <http://www.m.elewa.org/JAPS> ;
 6. Assiri A.A., Deheuvels O., Keli Z.J., Kebe B.I., Konan A. et Koffi N., 2016. Identification de caractéristiques agronomiques pour le diagnostic et la prise de décision de régénération des vergers de cacaoyers en côte d'ivoire. *African Crop Science Journal*, Vol. 24, No. 3, pp. 223 - 234
 7. Beer J., Muschler R., Kass D., Somarriba E., 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38, 139-164.
 8. Braudeau J., 1969. Le cacaoyer. Collection Techniques agricoles et productions tropicales. Paris, France, Maisonneuve et Larose, 304 p.
 9. CIRAD, 2013. Améliorer les systèmes agroforestiers en zone tropicale humide : les cas de cacaoyers et des caféiers. CIRAD. 2p.
 10. CRAF. 2004. Point sur la recherche cacaoyère au Togo. Kpalimé, 22 p.
 11. Deuss J. et Meatchi B. 1981. Société Nationale pour la rénovation et le développement de la cacaoyère et de la caféière togolaise. Ministère du Développement rural, Lomé 32 pages
 12. Deheuvels O., 2007. Modélisation économique des exploitations agricoles : modélisation, simulation et aide à la décision avec le logiciel Olympe. In: *Penot E., Deheuvels O. (Eds.). L'Harmattan, Paris, France*, pp. 49-61.
 13. DSID, 2014. Recensement des planteurs et des plantations de café cacao au Togo. Rapport finale. DSID/MAEP/PNIASA/Banque Mondiale. Lomé, Togo, 73 p.
 14. DSID 2018a. Recensement des planteurs et des plantations de café et de cacao au Togo. Rapport provisoire. Janvier 2018. DSID/MAEH/PNIASA/Banque Mondiale. Lomé, Togo, 52 p.
 15. DSID 2018b. Évaluation des superficies et des rendements de café et de cacao, campagne agricole 2017-2018. Mai 2018. DSID/MAEH/PNIASA/Banque Mondiale. Lomé, Togo, 76 p.
 16. DSID 2019. Suivi des planteurs et plantations de café et de cacao Campagne agricole 2018-2019. Version provisoire. Juin 2019. DSID/MAEH/PNIASA/Banque Mondiale. Lomé, Togo, 58 p.
 17. Humbert P. et Devresse B., 2019. L'agroforesterie par les arbres fertilisants pour une cacaoculture forestière durable et biologique.

- Association pour la Promotion des Arbres Fertilitaires (APAF), de l'agroforesterie et la Foresterie. Fondation YVES ROCHER, 2019. 12p.
18. ITRA, 2009. Stratification du Togo en zones homogènes pour la recherche agronomique In : Rapport Annuel 2009. ITRA. Lomé, Togo, pp. 25-28.
 19. Jaroget P., 2011. Analyse et évaluation des systèmes agroforestiers complexes sur long terme : Application aux systèmes de culture à base de cacaoyers au centre Cameroun. Thèse, Université Montpellier SUPAGRO, 288p.
 20. Jagoret P., Deheuvels O. et Bastide P., 2014. S'inspirer de l'agroforesterie. Production durable de cacao. *Centre de coopération Internationale de Recherche agronomique pour le Développement*. Perspective intensification écologique no 27, 4p.
 21. Koko L., 2014. Teractiv cacao as a new fertilizer based reactive phosphate rock for cocoa productivity in Côte d'Ivoire: A participatory approach to update fertilization recommendation. *Procedia Engineering* 83, 348-353.
 22. Koudjega T., Tossah B.K., 2009. Improvement of soils fertility management in cocoa plantations in Togo. Proceeding of the 7th international symposium on plant-soil interactions at low pH. 17-21 may, Guangzhou, China, pp. 184-185.
 23. Koudjega T., Wegbe K., Ablede K., 2010. Stratégies de gestion des sols en cacaoculture au Togo In : COPAL Workshop on Soil Management for Sustainable Cocoa Production Proc. March 16-18. Kumasi, Ghana.
 24. Koudjega T., 2013. Détermination de formules d'engrais adaptées aux trois sous zones cacaoyères du Togo. Mémoire du Diplôme d'Etudes Approfondies en Biologie du Développement à l'Université de Lomé – Togo. 97p.
 25. Koudjega T., Dare B. P., Ametefe K. E., Ouro-Djobo A. Biwou A., 2016. Référentiel technico-économique de la culture du cacaoyer au Togo. Mieux produire le cacao de qualité et gagner de l'argent. 21p.
 26. Lachenaud P., 1984. Une méthode d'évaluation de la production de fèves fraîches applicable aux essais entièrement randomisés. *Café Cacao Thé* 28 : 21-30.
 27. SOFRECO, 2010. Evaluation des perspectives de développement des filières café et cacao. Rapport final phase A. SOFRECO/IDA/Ministère de l'Economie et des Finances de la République Togolaise. Lomé, Togo, 168 p.
 28. SOFRECO, 2011. Evaluation des perspectives de développement des filières café et cacao. Rapport final phase B.

SOFRECO/IDA/Ministère de l'Economie et des Finances de la
République Togolaise. Lomé, Togo, 96 p.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Reconstitution Lithostratigraphique des Formations Albiennes du Puits k1 du Bassin Offshore Ivoirien: Identification des Réservoirs

T.M. Kesse

Institut National Polytechnique Houphouët Boigny,
Ecole Supérieure des Mines et Géologies,
Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

A.F.A. Kouao

F. Y. P. Assalé

S. Tiene

S. Monde

Université Félix Houphouët Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des
Ressources minières, Laboratoire Géosciences des Environnements
Sédimentaires et des Energies, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n36p246](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p246)

Submitted: 04 July 2022

Accepted: 28 November 2022

Published: 30 November 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Kesse T.M., Kouao A.F.A., Assalé F.Y.P, Tiene S. & Monde S. (2022). *Reconstitution Lithostratigraphique des Formations Albiennes du Puits k1 du Bassin Offshore Ivoirien: Identification des Réservoirs*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (36), 246.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p246>

Résumé

La mise en évidence des fluides dans les réservoirs albiens du puits K1 du bassin offshore ivoirien a été possible grâce aux traitements des données lithologiques et diagraphiques aux logiciels Strater et Interactive Petrophysics (IP). La reconstitution lithologique des formations de ce puits révèle trois unités lithologiques qui sont dans le sens du forage : unité 1, unité 2 et unité 3. Les épaisseurs respectives de ces unités sont 37 m, 109 m et 52 m. L'unité 1 forme une épaisse roche couverture et est constituée d'argilites avec de fines intercalations de sables/grès et de dolomie. L'unité 2 est caractérisée par une alternance d'argilites, de dolomies et de sables/grès. Cette unité est caractérisée par l'existence de quatre réservoirs à hydrocarbures. Les épaisseurs de ces réservoirs sont respectivement dans le sens du forage : 11,30 m, 2,74 m, 3,35 m et 11,6 m. Ce sont des réservoirs gréseux dont la porosité

est assez bonne à très bonne (10 à 27%). Tous ces réservoirs ne contiennent que du gaz à l'exception du premier réservoir qui renferme en plus du gaz, de l'huile et de l'eau. Enfin, l'unité 3 comprend des argilites avec un banc de sable/grès et des traces de calcaire et de dolomie.

Mots-clés: Reconstitution, Offshore ivoirien, Diagraphie, Déblais, hydrocarbures

Lithostratigraphic Reconstruction of Albian Formations of Well K1 in Ivorian Offshore Basin: Identification of Reservoirs

T.M. Kesse

Institut National Polytechnique Houphouët Boigny,
Ecole Supérieure des Mines et Géologies,
Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

A.F.A. Kouao

F. Y. P. Assalé

S. Tiene

S. Monde

Université Félix Houphouët Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des
Ressources minières, Laboratoire Géosciences des Environnements
Sédimentaires et des Energies, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

The highlighting of fluids in the Albian reservoirs of the K1 well in the Ivorian offshore basin was possible thanks to the processing of lithological and log data with Strater and Interactive Petrophysics (IP) software. The lithological reconstruction of the formations of this well reveals three lithological units which are in the direction of the drilling: unit 1, unit 2 and unit 3. The respective thicknesses of these units are 37 m, 109 m and 52 m. Unit 1 forms a thick cap rock and consists of argillites with fine sand/sandstone and dolomite intercalations. Unit 2 is characterized by an alternation of argillites, dolomites and sands/sandstones. This unit is characterized by the existence of four hydrocarbon reservoirs. The thicknesses of these reservoirs are respectively in the direction of drilling: 11.30 m, 2.74 m, 3.35 m and 11.6 m. These are sandstone reservoirs with fairly good to very good porosity (10 to 27%). All these tanks contain only gas except for the first tank which also contains gas, oil and water. Finally, Unit 3 includes argillites with a sand/sandstone layer and limestone and dolomite trail.

Keywords: Reconstruction, Ivorian Offshore, Logging, Cuttings, hydrocarbons

Introduction

Au cours des forages pétroliers, deux sources indépendantes de données lithologiques sont disponibles à savoir une série de données venant directement du forage et une autre venant des diagraphies.

Les données de forage se composent de déblais, de carottes et de tous les enregistrements des paramètres du forage. Pour une reconstruction lithologique fiable, les deux séries de données sont essentielles.

Un forage d'exploration représente généralement 60% du budget d'exploration. Une erreur dans la caractérisation pétrophysique du réservoir peut être fatale pour l'entreprise qui la commet.

Ainsi, pour avoir une idée beaucoup plus précise des informations géologiques cachées dans le sous-sol, tout en réduisant au maximum les dépenses, les risques, la durée des travaux et les efforts fournis, le géologue doit être plus précis dans l'analyse et l'interprétation des données diagraphiques.

C'est dans ce contexte de recherche de rapidité, de simplicité et de précision dans les travaux de recherches, que la présente étude est réalisée. L'objectif principal est de reconstituer la lithostratigraphie des formations sédimentaires du puits K1 par l'utilisation des enregistrements diagraphiques en vue d'y déceler d'éventuels fluides. Pour atteindre cet objectif nous nous appuyerons sur les objectifs spécifiques suivants :

- établir la lithostratigraphie complète du puits K1;
- identifier tous les réservoirs du forage K1;
- desceller les propriétés pétrophysiques des réservoirs présents dans ce forage.

Materiel et methode

Localisation de la zone d'étude

Le forage soumis à notre étude est situé dans la marge d'Abidjan. Cette marge est caractérisée par un socle plus profond sous d'épaisses séries sédimentaires, elle s'étend de Grand-Lahou au Cap des Trois Points avec une puissance estimée à 12 000 pieds sous les formations superficielles du plateau continental (Bessoles, 1977 ; Blarez *et* Mascle 1988 ; Blarez, 1986 ; Tastet, 1993). C'est dans cette marge que le puits K1 a été foré plus précisément dans sa partie orientale (figure 1).

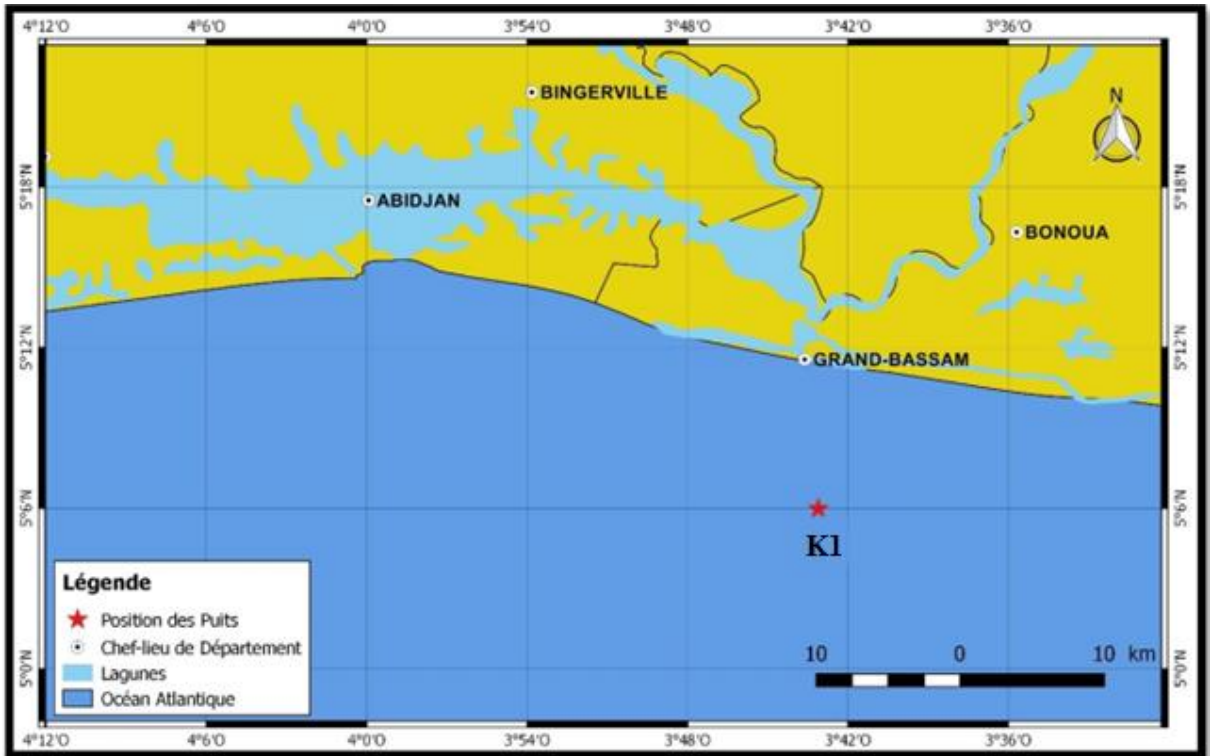


Figure 1. Localisation du puits K1

Méthode de détermination de la lithologie

L'interprétation lithologique à partir des diagraphies nécessite l'utilisation des logs GR et de la combinaison des logs densité-neutron sur une échelle compatible (Rider, 2006). Le traitement des diagraphies se fera à l'aide du logiciel Strater 5.

Sur le log GR, les valeurs minimales et maximales sont repérées en vue de distinguer les roches à GR faible (grès, calcaire ou dolomie) et les roches à GR élevé (argilites). La courbe de Gamma Ray évolue vers les valeurs fortes dans les formations argileuses et dans les formations non argileuses, elle évolue vers les faibles valeurs (Selley, 1982).

Avec la combinaison des logs densité-neutron à échelle compatible, chaque lithologie peut être identifiée. Dans cette échelle, le neutron est calibré calcaire c'est-à-dire 3 unités de neutron (en %) par division correspond à 0,05 g/cm³ de densité par division (Serra, 1985), (Serra, 1986). L'échelle est dite compatible si l'on amène le 0 % de porosité du neutron sur la valeur de la matrice calcaire (2,71 g/cm³). Dans ces conditions les deux logs doivent se superposer au bruit près pour autant que l'on ait une formation calcaire avec comme fluide de l'eau.

Si les deux courbes ne sont pas confondues, cela peut provenir :

- d'une lithologie sableuse ou gréseuse (densité à droite et neutron à gauche) ;
- d'une lithologie argileuse, marneuse ou dolomitique (neutron à droite et densité à gauche).

Le densité-neutron est également utilisé pour faire un cross plot où les différentes valeurs sont portées sur des échelles linéaires en relation l'une avec l'autre.

Les points qui correspondent à une matrice simple, saturée en eau, permettent de tracer des lignes qui peuvent être graduées en unités de porosité. On admet que le fluide en présence est de l'eau douce avec $p_f = 1$ (Devoton, 1986). Pour ce faire, l'abaque CP-1c de Schlumberger est utilisé (figure 2). Cet abaque permet d'identifier plus spécifiquement les grès, les calcaires, et les dolomies. Les points qui seront situés dans sa partie supérieure gauche traduiront la présence de gaz dans la roche et ceux situés dans la partie inférieure à droite sous la ligne des dolomies traduiront la présence d'argilites. L'abaque permet également de déterminer les lithologies mixtes (grès argileux, marnes, grès à ciment calcitique, ...) lorsque les points sont entre les lignes. Le cross plot neutron-densité sera couplé au GR par une association automatique de couleurs aux points plotés afin de mieux distinguer la répartition des points à faibles GR et des points à fortes valeurs de GR.

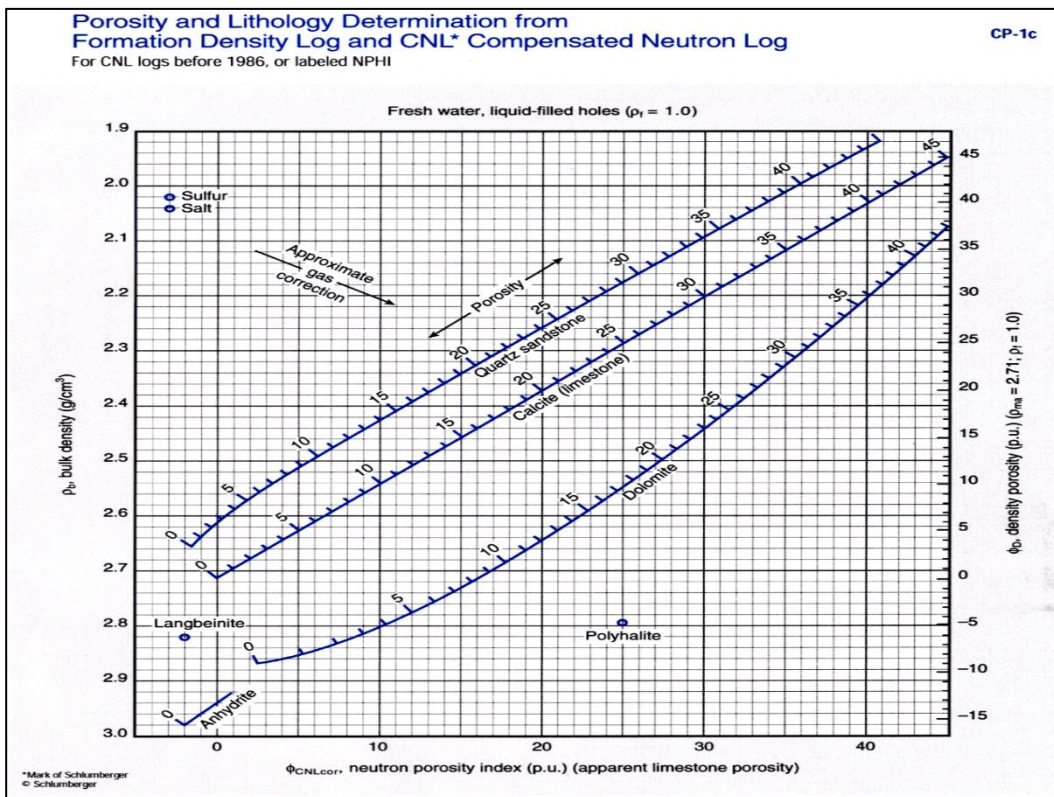


Figure 2. Abaque de cross plot de Schlumberger

Méthode de détermination des réservoirs et des paramètres pétrophysiques

Les logs utilisés pour cette étude sont : le GR, les logs de résistivités (R_{x0} et R_t) ainsi que les logs densité et neutron.

Les niveaux réservoirs sont repérés par les plus faibles valeurs du Gamma ray. On observe une forte déviation de la courbe du gamma ray vers la gauche. Les couvertures des réservoirs sont des formations dont les valeurs de GR sont élevées (Selley, 1982 ; Serra, 1985 ; Serra, 1986 ; Andersen 2011). Les résistivités R_{x0} et R_t se tracent sur le même log en échelle logarithmique. Sur ce log, les roches réservoirs (zones poreuses et perméables) correspondent aux zones où R_{x0} et R_t ne sont pas superposés (Andersen, 2011). R_{x0} étant la résistivité de la zone lavée par la boue de forage et R_t , la résistivité de la zone vierge non contaminé par la boue de forage. L'utilisation de ces résistivités en vue de l'identification des fluides doit se faire si et seulement si la boue utilisée est une boue à eau.

Lorsque $R_{x0} > R_t$ (R_t à gauche de R_{x0}), alors le réservoir comporte de l'eau dans le cas contraire ce sont des hydrocarbures qui sont présents dans le réservoir ($R_{x0} < R_t$).

Le neutron et la densité lisent dans la zone lavée et donnent une réponse globale. Les hydrocarbures n'ont pas une composition aussi uniforme que l'eau car leur densité augmente avec le nombre d'atome de carbone. Les hydrocarbures lourds ont une quantité d'hydrogène équivalente à celle que l'on trouve dans l'eau. Ils donnent en général la même réponse que l'eau et n'apporteront pas de perturbations considérables sur le log. Les huiles légères par contre ont une réponse plus faible que l'eau. Le gaz a un index d'hydrogène très faible, le neutron va lire des valeurs très basses en face d'une zone poreuse à gaz. La densité des huiles est variable (0,8 à 0,9). Les hydrocarbures liquides n'ont pas une très grande influence. Le gaz a une grande influence car sa densité est de l'ordre de 0,1. La lecture du log densité en face des formations à gaz sera très basse.

Resultat

Description des pourcentages lithologiques du puits K1

L'intervalle d'étude du puits K1 se situe entre les côtes 2301m et 2103m. Les proportions de sables/grès et d'argilites varient respectivement de 0 à 90% et 10 à 90% selon les profondeurs d'échantillonnage des déblais (*tableau 1*). Les calcaires sont en traces avec des proportions variant de 0 à 10% dans les déblais.

Tableau 1. Proportions relatives des sables/grès, argilites et calcaires dans les déblais

| Profondeur | | Sable/grès (%) | Argilite (%) | Calcaire (%) |
|------------|------|----------------|--------------|--------------|
| From | To | | | |
| 2103 | 2109 | 0 | 95 | 5 |
| 2109 | 2118 | 10 | 90 | 0 |
| 2118 | 2128 | 15 | 85 | 0 |
| 2128 | 2137 | 65 | 30 | 5 |
| 2137 | 2155 | 15 | 80 | 5 |
| 2155 | 2164 | 50 | 50 | 0 |
| 2164 | 2182 | 10 | 90 | 0 |
| 2182 | 2210 | 90 | 10 | 0 |
| 2210 | 2219 | 60 | 30 | 10 |
| 2219 | 2231 | 70 | 30 | 0 |
| 2231 | 2240 | 65 | 30 | 5 |
| 2240 | 2249 | 80 | 20 | 0 |
| 2249 | 2268 | 50 | 50 | 0 |
| 2268 | 2280 | 40 | 60 | 0 |
| 2280 | 2295 | 25 | 75 | 0 |
| 2295 | 2301 | 70 | 30 | 0 |

Reconstitution lithostratigraphique du puits K1

La reconstitution lithostratigraphique de ce puits à partir des pourcentages de déblais et des logs diagraphiques montre que la lithostratigraphie est constituée d'une alternance de sables/grès et d'argilites avec de rares intercalations de calcaires (figure 3). Les sables/grès sont les zones localisées en jaune sur le log densité-neutron et les argilites les zones vertes. La superposition des courbes marque la présence des calcaires. Sur le log GR, les valeurs varient de 8 à 48 API. Les pics à gauche du GR inférieurs à 30 API traduisent la présence de sable/grès. Les pics GR à droite et supérieurs à 30 API, marquent la présence d'argilites. Le GR des calcaires reste pour la plupart inférieur à 20 API.

De ce qui précède, trois unités lithologiques peuvent être identifiées dans le sens du forage : unité 1 (2140m- 2103m), unité 2 (2249m- 2140m) et unité 3 (2301m-2249m).

L'unité 1 est constituée d'une épaisse couche d'argilites sur 37m qui correspond à des traces de calcaire.

L'unité 2 présente plutôt une alternance de sables/grès et d'argilites sur une épaisseur 109m. Les épaisseurs d'argilites étant plus ou moins grandes. Celles des sables/grès augmentent dans le sens de la sédimentation. Les calcaires sont rares. Ces argilites sont le plus souvent calcareuses avec des GR compris entre 24 et 32 API. Elles sont aussi silteuses (24 à 28 API). Le ciment des grès est soit siliceux, soit calcitique.

L'unité 3 a une épaisseur 52m. Elle est constituée d'une épaisse couche d'argilites avec de fines intercalations de sables/grès. Les argilites ont des GR

qui varient de 28 à 40 API. Les sables/grès ne sont pas propres, car ils contiennent de l'argile (16 et 20 API). Ce sont donc des sables/grès argileux.

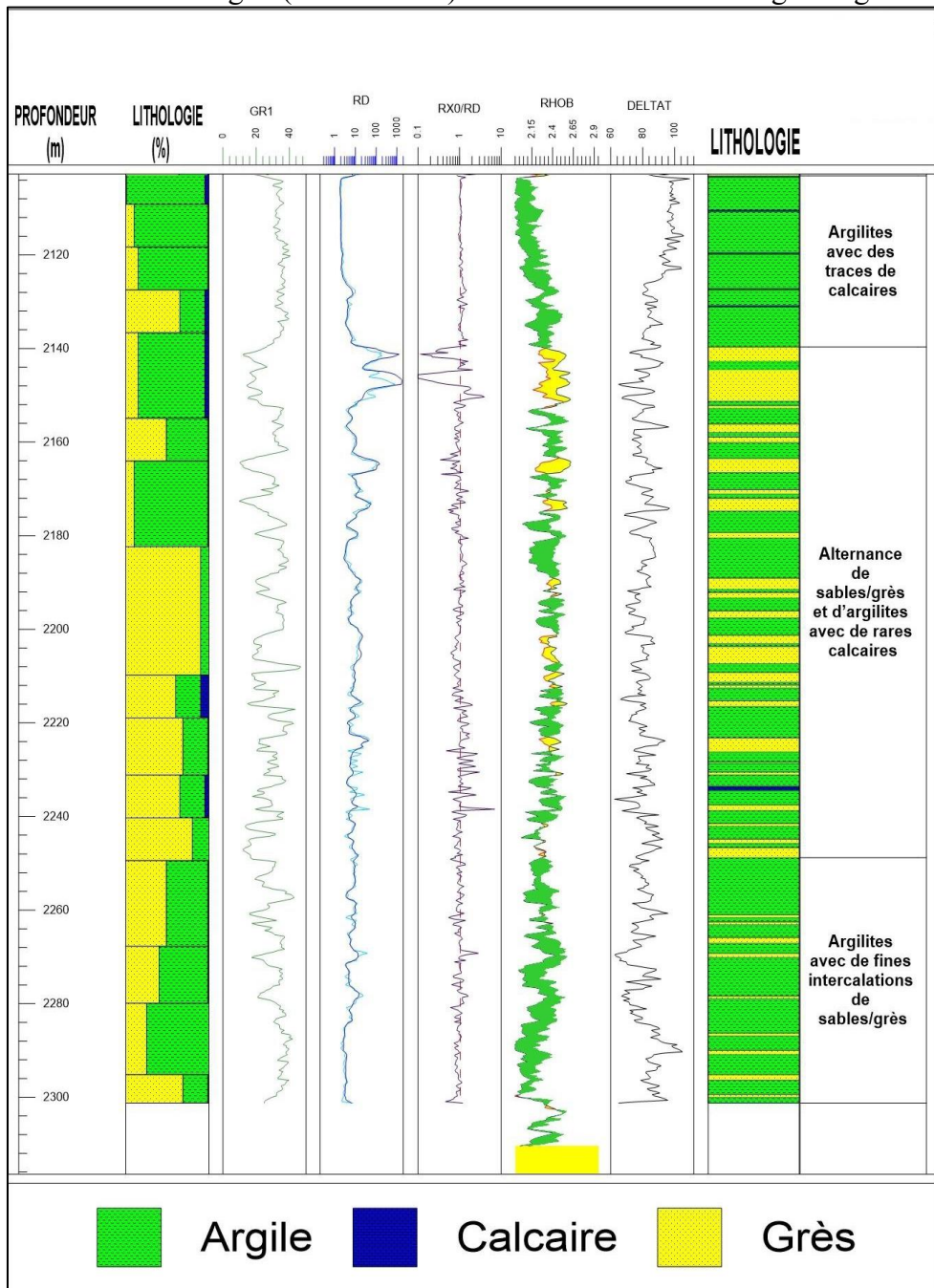


Figure 3. Reconstitution lithologique des formations du puits K1

Description des unités lithostratigraphiques par IP

Le cross plot neutron-densité montre une lithologie principalement argileuse (argilites) à intercalations de sables/grès avec avec des traces de carbonates dans l'unité 1 (figure 4). Les argilites ont des GR qui varient de 28 à 40 API. Ces argilites sont parfois calcareuses, dolomitiques et même silteuses. Les carbonates (calcaires et dolomies) sont très rares dans cette unité et leurs GR varient de 20 à 28 API. Les sables/grès ne sont pas propres, car ils contiennent de l'argile (20 et 30 API). Ce sont donc des sables/grès argileux.

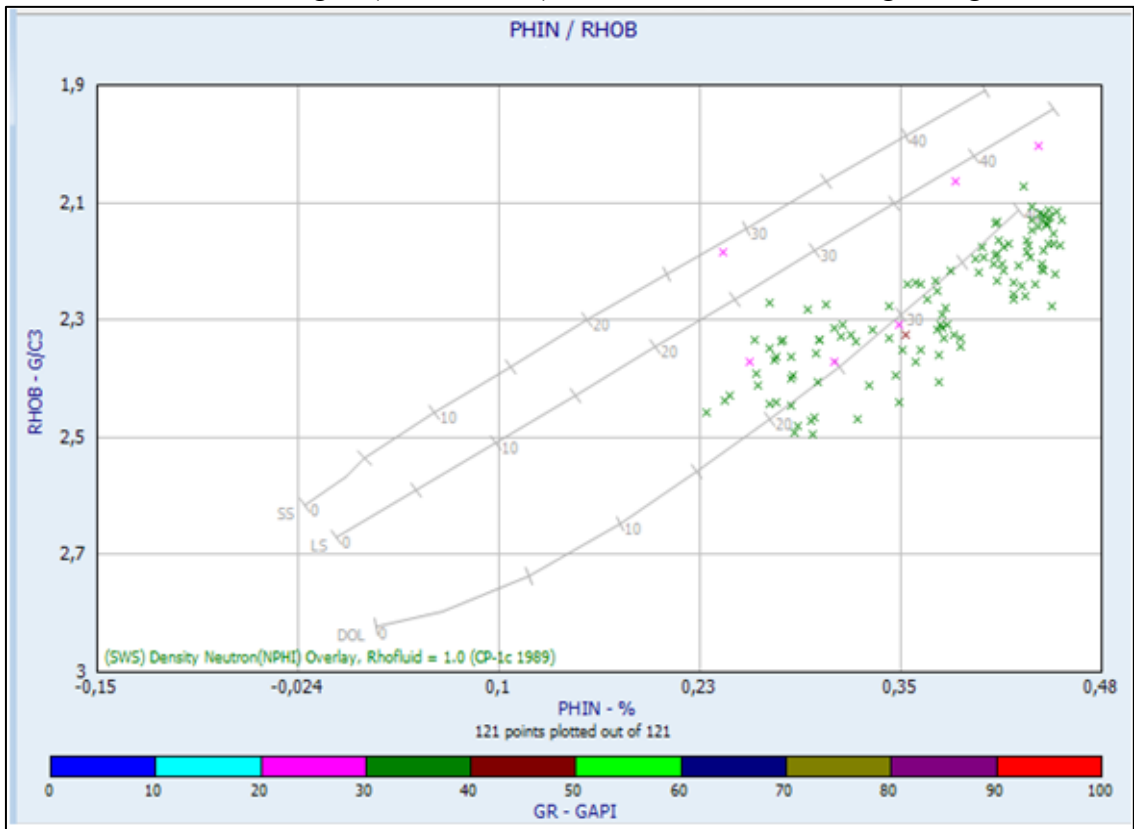


Figure 4. Cross plot Neutron-Densité de l'Unité 1

Le cross plot de l'unité 2 montre une dispersion des points de part et d'autre des trois lignes lithologiques (figure 5). Les points situés au-dessus de la ligne des grès indiquent des formations contenant du gaz tandis que les points localisés en dessous de la ligne des dolomies élucident la présence d'argilites. Ces argilites sont le plus souvent carbonatées (calcareuses et dolomitiques) avec des GR compris entre 24 et 32 API. Elles sont aussi silteuses (24 à 28 API). Les points situés sur la ligne des grès, la ligne des calcaires et sur la ligne des dolomies traduisent respectivement la présence de grès à ciment siliceux, de calcaires purs et de dolomies pures. Les formations

contenant du gaz sont les grès (16 à 20 API), les grès argileux (20 à 24 API), les calcaires (8 à 16 API). Les termes intermédiaires entre les calcaires et les dolomies existent également : calcaire dolomitique et dolomie calcitique. Le ciment des grès est soit siliceux, soit calcitique et même dolomitique.

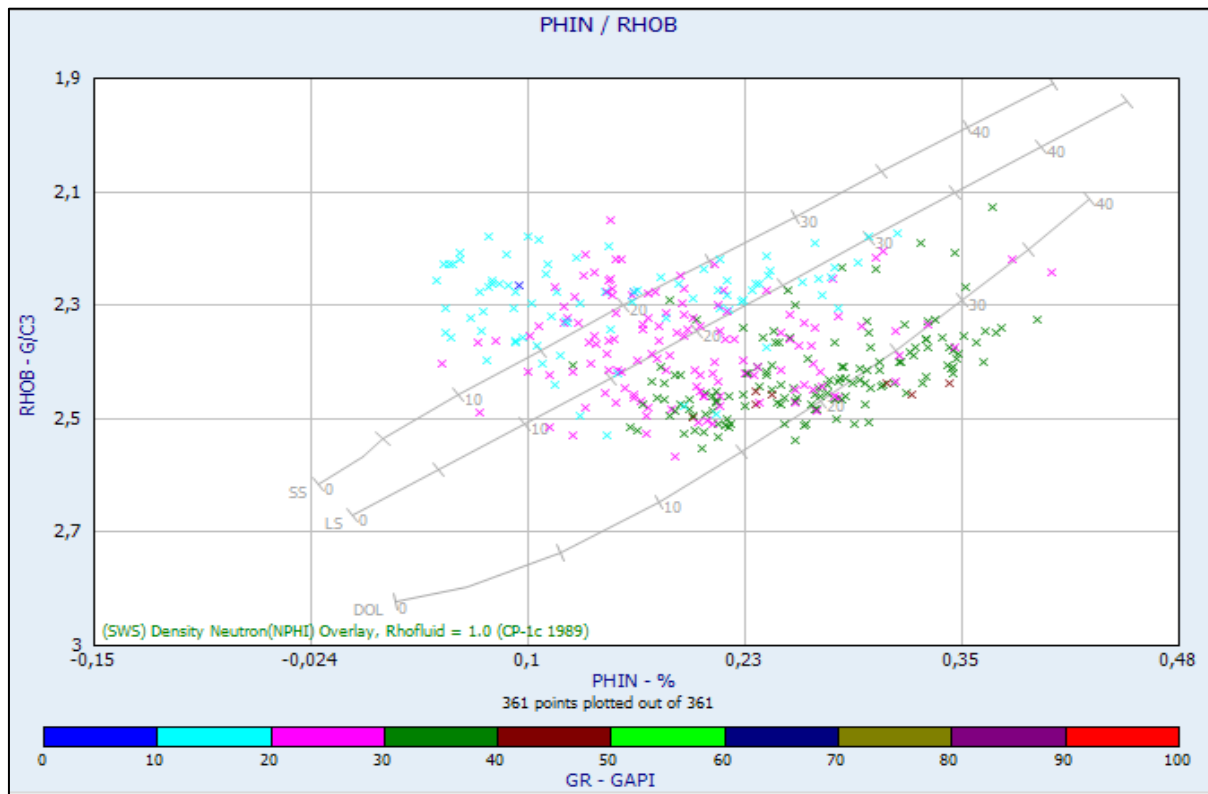


Figure 5. Cross plot Neutron-Densité de l'Unité 2

Dans l'unité 3, le cross plot permet de mettre en évidence des argilites, des dolomies et des dolomies calcitiques (figure 6). Les points plotés sont regroupés sur la ligne des dolomies et autour de cette même ligne. La plupart des points sont situés en dessous de la ligne des dolomies ; ce qui démontre que l'Unité 3 est constituée principalement d'argilites. Les points situés sur et au-dessus de la ligne des dolomies sont peu nombreux et correspondent à des valeurs de GR élevées. Cela révèle que l'Unité 3 est constituée d'argilites contenant de fines intercalations de dolomies. Ces dolomies sont parfois calcareuses.

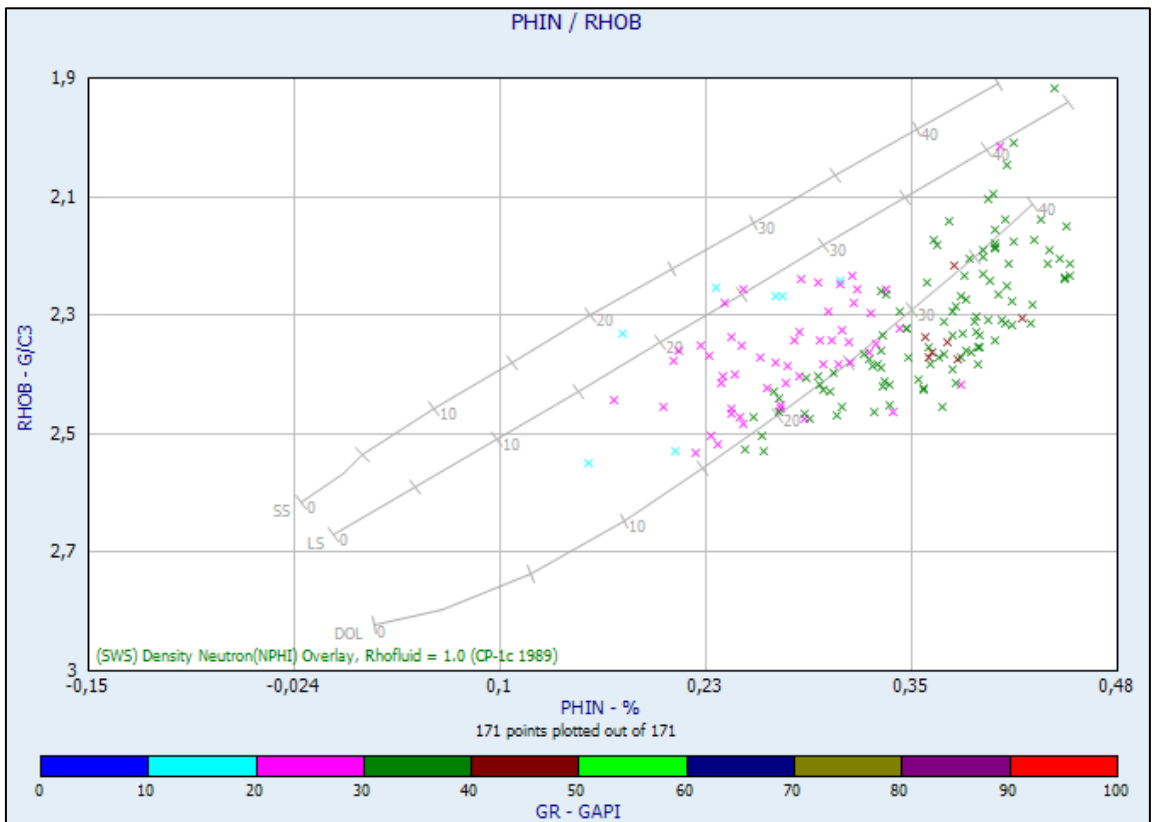


Figure 6. Cross plot Neutron-Densité de l'Unité 3

Identification des réservoirs du puits K1

L'analyse du log de résistivité prouve l'existence de zones poreuses et perméables. Ces zones sont caractérisées par une chute des valeurs de la courbe du gamma ray et par la séparation des R_{xo} et R_t . La plupart de ces zones sont constituées de sables/grès et quelques fois de calcaires. Sur les cross plots, les réservoirs identifiés sont matérialisés en jaune par le croisement neutron-densité bien visible sur la figure 3. Les roches imperméables sont visualisées en vert et correspondent à des argilites.

Sur la base de la disposition des logs de résistivité, quatre réservoirs à hydrocarbures ont été identifiés et ceux dans l'unité 2. Ces réservoirs sont localisés entre 2139 m et 2208 m de profondeur. Les épaisseurs de ces réservoirs sont respectivement du haut vers le bas 11,6 m ; 3,35 m ; 2,74 m et 11,30 m. Les autres réservoirs sont des réservoirs secs dont la couche réservoir est moins épaisse.

Pétrophysique du réservoir 1

Le réservoir 1 est situé dans l'intervalle (2152 m-2140 m). Il est constitué de grès à ciment siliceux, calcitique et parfois dolomitique. Ce cross

plot montre l'existence de gaz dans le réservoir. La porosité densité de ces grès varie de 10% à 27%. Le réservoir 1 est un réservoir à porosité moyenne et bonne. Il est recouvert par une épaisse couche de roche couverture constituée d'argilites de l'unité 1. Les courbes de résistivité et le Quick look densité-neutron au Strater révèlent la présence de gaz, de pétrole surnageant sur de l'eau. L'épaisseur de la zone à pétrole est la plus élevée (figures 7 et 8).

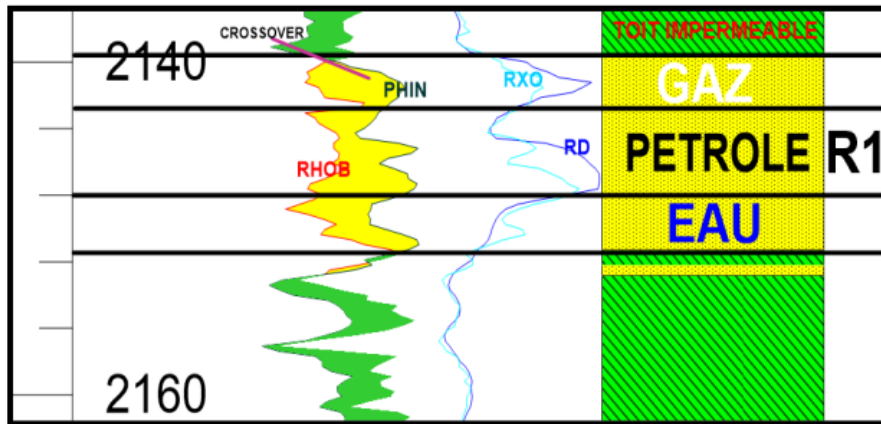


Figure 7 .Différenciation des fluides dans le Réservoir 1 (R1)

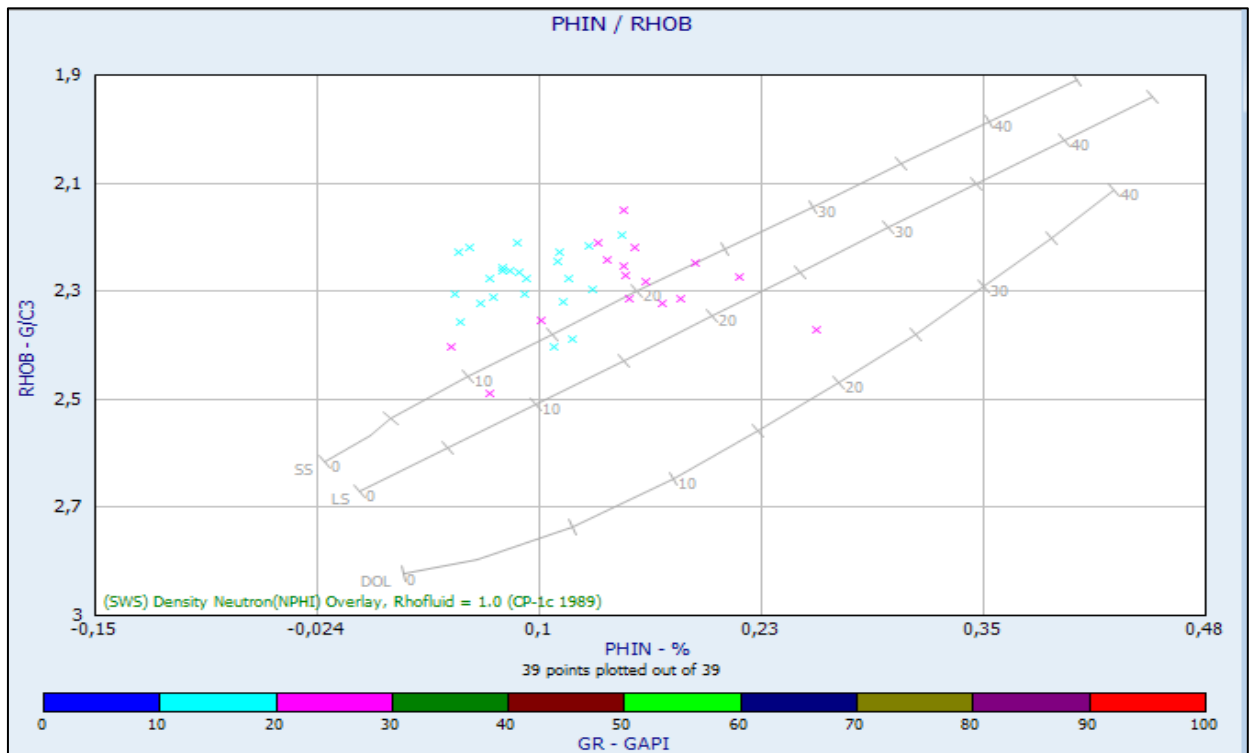


Figure 8. Cross plot Neutron-Densité-GR du réservoir 1

Pétrophysique du réservoir 2

Il est localisé entre la côte 2166 m et la côte 2164 m. Ce réservoir est un grès à ciment calcitique et dolomitique (figures 9). Le ciment siliceux serait également présent dans ce grès. La porosité varie de 12 à 25%, ce qui confère une porosité moyenne à bonne. La combinaison des différents logs montre uniquement la présence de gaz dans les pores de ce réservoir.

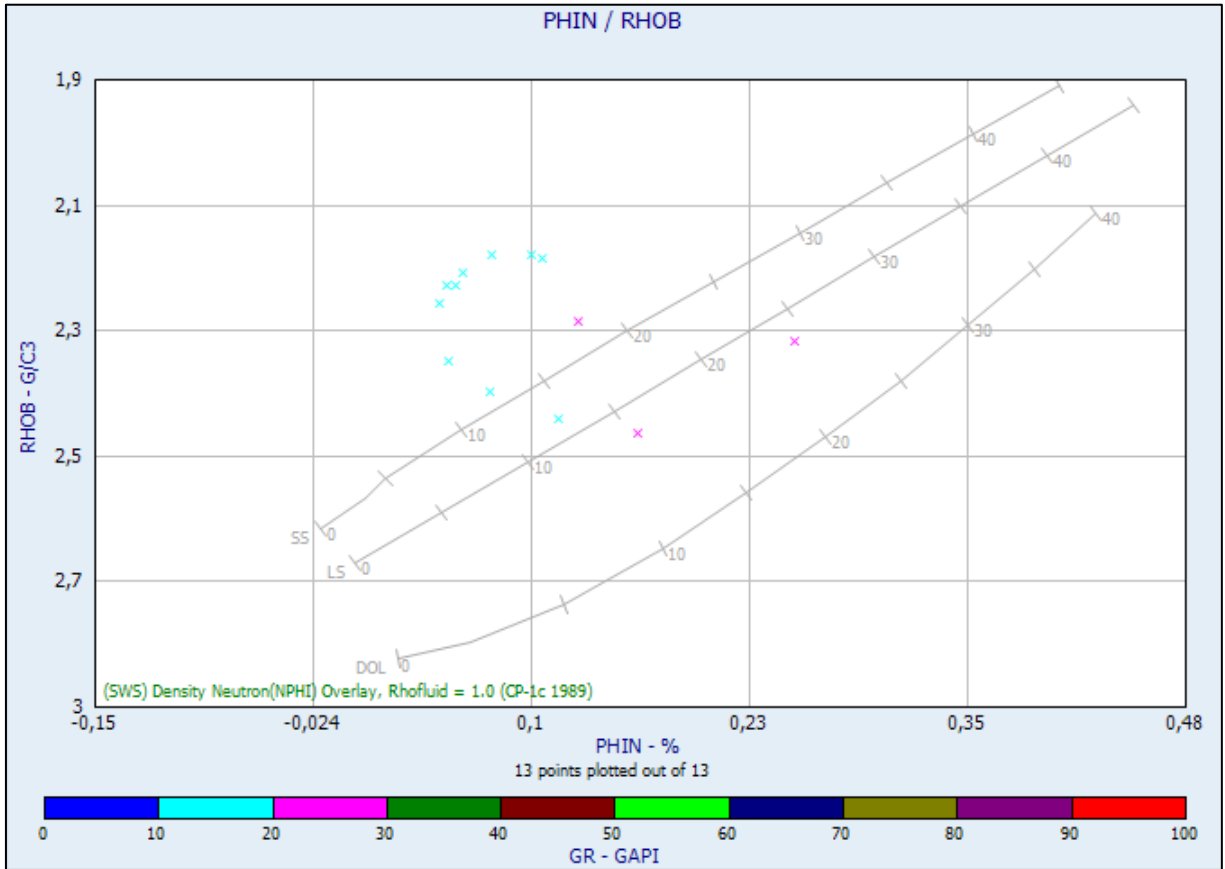


Figure 9. Crossplot Neutron-Densité-GR du réservoir 2

Pétrophysique du réservoir 3

Ce réservoir 3 est situé entre les cotes 2175 m et 2172 m. Il est composé de grès à ciment calcitique voire siliceux. Dans ces grès, se trouve également des calcaires. La porosité est de 15 à 20% dans les grès et de 20 à 25 % dans les calcaires. Le fluide présent est composé uniquement de gaz (figures 10 et 11).

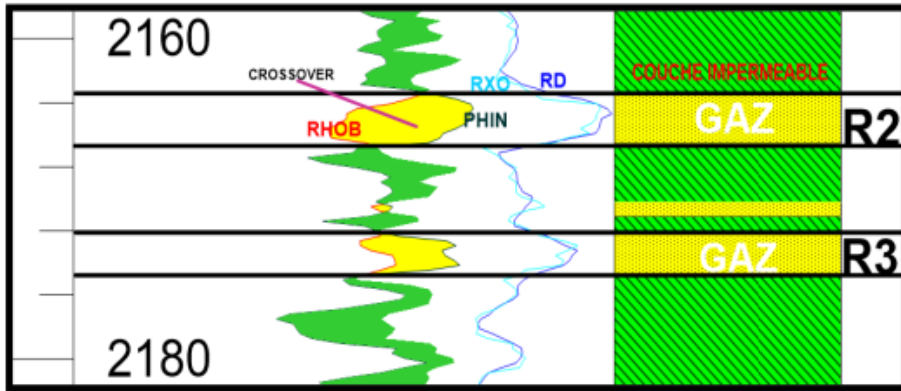


Figure 10. Différenciation des fluides dans les réservoirs 2 et 3 (R2 et R3)

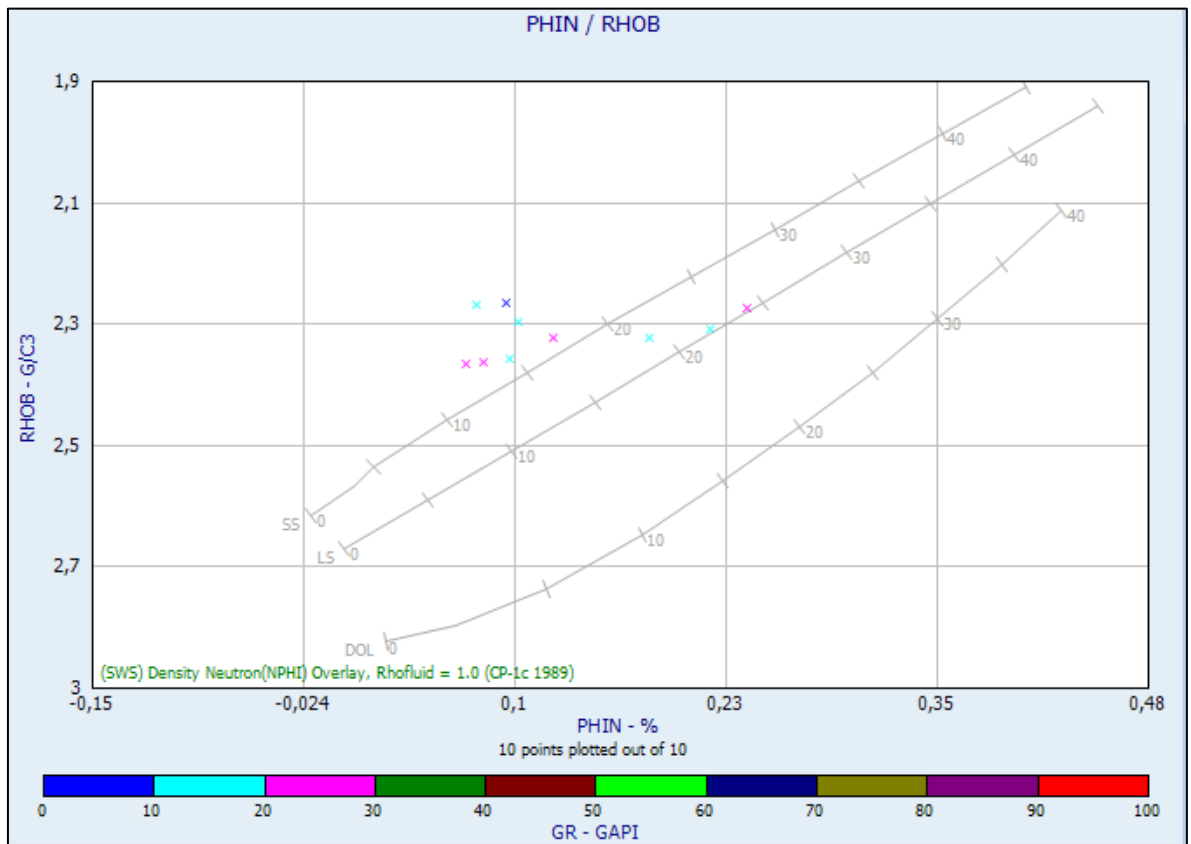


Figure 11. Crossplot Neutron-Densité-GR du réservoir 3

Pétrophysique du réservoir 4

Ce réservoir est constitué de cinq compartiments à hydrocarbure. Ces compartiments sont séparés par une roche imperméable. Cette roche est composée d'argilites dont l'enregistrement GR est supérieur à 45 API. Les compartiments sont constitués de grès à ciment siliceux, calcitique et

dolomitique (figures 12 et 13). Des traces de calcaires et de dolomies sont présentes dans ce réservoir. Le réservoir 4 est situé entre la côte 2216 m et la côte 2201 m. La porosité varie de 14 à 27% ; elle est donc moyenne à bonne.

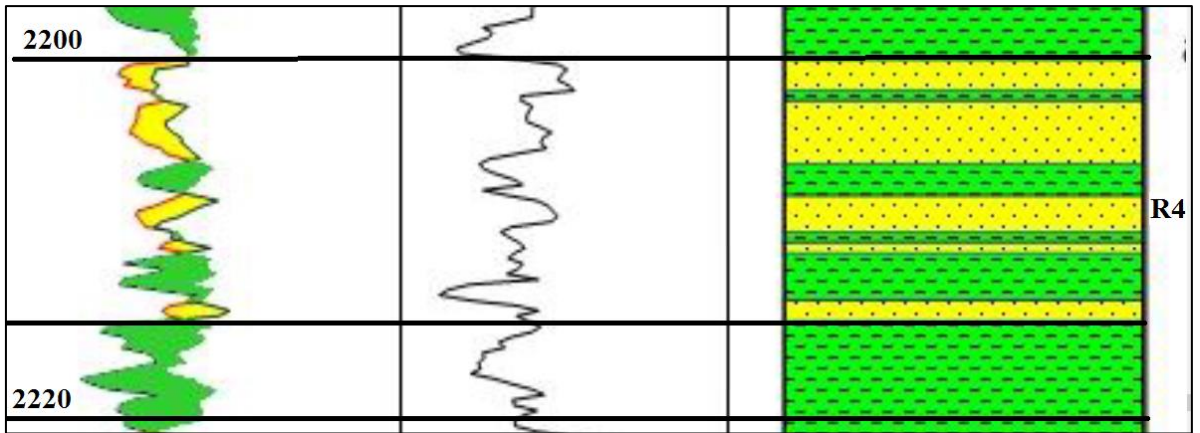


Figure 12. Différenciation des fluides dans le réservoir 4 (R4)

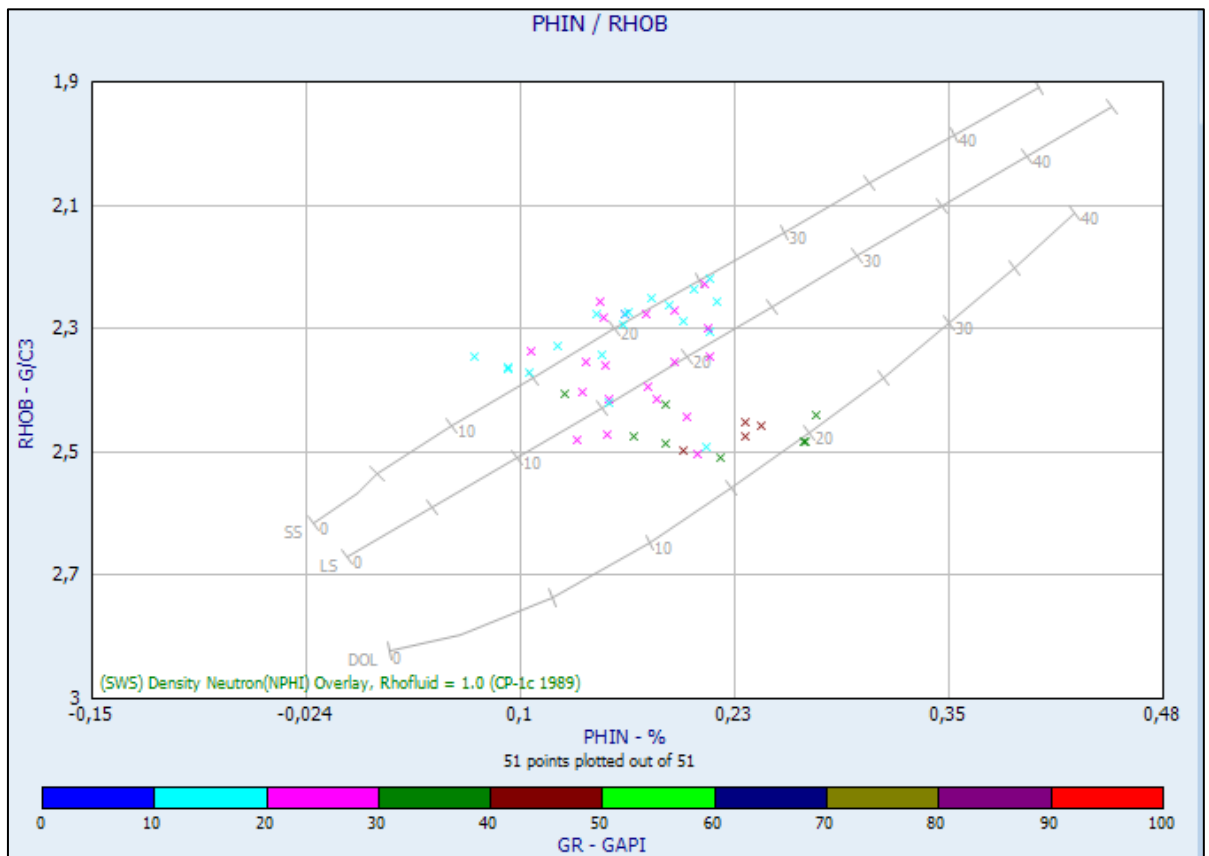


Figure 13. Crossplot Neutron-Densité-GR du réservoir 4

Discussion

Les logiciels Strater et IP ont permis de reconstituer le log lithostratigraphique du puits K1 et de caractériser les réservoirs de ce puits. La reconstitution lithologique par Strater met en évidence quatre unités lithologiques.

Ces unités sont constituées d'une alternance d'argilites et de grès avec de rares intercalations de calcaire. Par contre, les cross plots réalisés par IP révèlent la présence de dolomies et de sédiments mixtes (argilites silteuses et sables argileux) bien que ces lithologies soient absentes sur les logs de pourcentages et lithostratigraphiques de Strater. La lithostratigraphie obtenue par Strater est un résultat semi-automatique car elle utilise en partie les données de l'analyse des déblais et se base sur l'interprétation de la forme des logs contrairement à IP qui est purement automatique et qui utilise les données brutes des outils diagaphiques. Ainsi, l'absence de la dolomie dans Strater peut s'expliquer par l'utilisation d'un grand pas d'échantillonnage ou d'une technique d'identification des carbonates inadaptés pour les dolomies.

La description lithologique classique adoptée pour les carbonates est la calcimétrie qui n'est autre que l'attaque à l'HCl à 10% à froid. Cela entraîne une effervescence suivie d'un dégagement de dioxyde de carbone en cas de présence de calcaire, et pourtant la dolomite ne réagit pas à cette attaque à HCl mais plutôt à partir de 16% avec une effervescence lente ou à chaud (Gary, 2009).

Les faibles valeurs du GR dans les argilites du puits témoignent d'une importance d'éléments siliceux dans ces argilites. Cette assertion est soutenue par des travaux antérieurs (Kouao, 2017) qui mettent en évidence la présence d'argilites silteuses dans les formations du Crétacé supérieur.

De par l'analyse pétrophysique, les grès du Crétacé supérieur renferment des hydrocarbures (gaz et pétrole). Les hydrocarbures ont été identifiés dans quatre réservoirs dont la porosité moyenne est estimée entre 12 et 25%. La présence de plusieurs fluides dans le réservoir 1 et uniquement du gaz dans les trois autres réservoirs pourraient s'expliquer par une origine et des stades d'évolution différents de la matière organique qui a engendré les hydrocarbures.

En effet, la superposition gaz-huile-eau rencontrée dans le réservoir numéro 1 traduit l'état de la fenêtre à huile (ou catagenèse). Cependant, l'unique présence de gaz dans les autres réservoirs indique l'état de métagenèse.

Conclusion

Le présent travail a permis de reconstituer la lithostratigraphie et d'étudier les paramètres pétrophysiques des réservoirs d'un puits K1 du bassin offshore ivoirien.

Il ressort de ce travail que l'utilisation des logiciels Strater et Interactive Petrophysics accélère et facilite remarquablement la représentation du sous-sol à partir des enregistrements des outils de diagraphie. La reconstitution lithologique et les cross plots montrent que la plupart des formations traversées sont des argilites plus ou moins silteuses. Ces argilites sont donc caractérisées par des valeurs de GR très faibles, la valeur maximale étant 48 API. Viennent ensuite les grès. Ces derniers sont moins abondants et ont des épaisseurs très faibles comparativement à celui des argilites. Leur épaisseur maximale est de 11,60 m. On observe aussi des calcaires qui se présentent presque toujours sous la forme d'une fine intercalation entre des argilites ou sous forme de ciment dans les grès. De la dolomie a été également identifiée dans ce puits. Elle s'exprime également sous forme de ciment dans les grès.

Grâce au cross plot réalisé sur l'IP, des lithologies mixtes ont été révélées à savoir les argilites dolomitiques, les argilites calcareuses, les calcaires dolomitiques et les dolomies calcareuse.

L'étude pétrophysique révèle quatre réservoirs à hydrocarbures montrant une lithologie à dominance gréseuse et une porosité comprise entre 12 et 25% dans le puits K1. Le réservoir 1 contient de l'eau, du pétrole et du gaz avec une épaisseur de 11,60 m. Les réservoirs 2, 3 et 4 ne renferment que du gaz et sont situés un peu plus en profondeur avec des épaisseurs respectives de 3,35 m, 2,74 m et 11,30 m. Les grès ont plusieurs types de ciment qui sont par ordre d'abondance la silice, la calcite et la dolomite.

References:

1. Bessoles B. 1977. Géologie de l'Afrique, le craton ouest africain Mém. B.R.G.M. n°88, 402 p.
2. Blarez E. et Mascle J. 1988. Shallow structure and evolution of the Ivory Coast and Ghana transform margin. Mar. Pet. Geol. Min., 54-64.
3. Blarez E. 1986. La marge continentale de la Côte d'Ivoire-Ghana. Structure et évolution d'une marge continentale transformant, Thèse de doctorat d'Etat Es. Sc., Paris VI (France), 188p.
4. Tastet J. P., Martin L., Aka K. 1993. Géologie et environnements sédimentaires de la marge continentale de Côte d'Ivoire in Environnement et ressources aquatiques de la Côte d'Ivoire, Tome I. Le milieu marin. Ed. ORSTOM, Paris, 23-61.
5. Rider M. H. 2006. The geological interpretation of well logs. Rider-French Consulting Ltd (Edit), Second edition, 280p.
6. Selley R. C. 1982. Introduction to sedimentology. Academic press Inc. U.S; 2 Rev Ed. 287p.

7. Serra O. 1985. Diagraphies différées. Bases de l'interprétation : Interprétation des données diagraphiques. Tome 2. Bulletin des Centres de Rech. Explo. -Product. Elf-Aquitaine, Pau, 7, 631p.
8. Serra O. 1986. Les diagraphies différées : leur emploi en géologie sédimentaire. Bull. Centres Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine, 10 (2), 205-227.
9. Doveton J. H. 1986. Log analysis of subsurface geology concepts and computer methods: Wiley Interscience, New York, 273p.
10. Andersen M. A. 2011. Core Truth in Formation Evaluation, Schlumberger Oilfield Review, Spring 23, no.1, pp. 60–62.
11. Gary N. S. 2009. Sedimentology and stratigraphy. Second edition. Wiley-Black well: A John Wiley & Sons, Ltd., Publication 111 River Street, Hoboken, USA, 419p.
12. Kouao A. F. A. 2017. Apport des diagraphies à la reconstitution électrofacio-séquentielle des dépôts crétacés : paléoenvironnement et eustatisme du bassin ivoirien. Thèse de Doctorat unique, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire, 163p.

Caractéristiques de la dynamique des Oiseaux d'eau sur le bras majeur de la Komadougou dans les Communes de Diffa et Gueskerou, (Niger)

Issiaka Youssoufa

Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement,
Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger

Karema Ary Madou Kaoulé

Assane Anabi Toudjani

Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Diffa, Diffa, Niger

Grema Moustapha

Mahamane Ali

Faculté des Sciences et Technique,
Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n36p264](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p264)

Submitted: 26 July 2022

Accepted: 28 November 2022

Published: 30 November 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Issiaka Y., Karema Ary Madou K., Assane Anabi T., Grema M. Mahamane A. (2022). *Caractéristiques de la dynamique des Oiseaux d'eau sur le bras majeur de la Komadougou dans les Communes de Diffa et Gueskerou, (Niger)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (36), 264. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p264>

Résumé

Cette étude a pour objectif de caractériser la faune aviaire sur un tronçon de 10 km de la Komadougou en période hivernale dans les communes de Diffa et Gueskerou. Les oiseaux ont été dénombrés entre juillet et octobre 2021 suivant des lignes transects avec des points d'arrêt de 20 minutes par endroits. Un total de 25 espèces appartenant à 12 familles et 8 ordres ont été identifiées. La présente étude révèle la présence d'une espèce nouvellement observée dans cette localité ; Il s'agit de *Platalea alba*. La communauté ornithologique est dominée par les espèces telles que *Dendrocygna viduata*, *Plegadis falcinellis*, *Egretta garzetta*, *Actophilornis africana* et *Egretta intermedia*. Au plan spécifique, les résultats donnent 10 espèces résidentes, une migratrice intra-africain, trois migratrices du paléarctique, six (6) espèces avec des populations résidentes ou migratrices intra-africaines, une espèce présente des populations résidentes ou migratrices intra-africaines ou

migratrices du paléarctique et une espèce rare. Cette étude, la première du genre dans cette zone, constitue une référence permettant de constituer une base de donnée sur l'avifaune de la komadougou, ainsi que son importance du point de vue quantitative et qualitative.

Mots-clés: Oiseaux, Biodiversité, peuplement, Parc, Niger

Characteristics of Waterbirds Dynamic on the Major Arm of the Komadougou in the Communes of Diffa and Gueskerou, (Niger)

Issiaka Youssoufa

Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement,
Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger

Karema Ary Madou Kaoulé

Assane Anabi Toudjani

Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Diffa, Diffa, Niger

Grema Moustapha

Mahamane Ali

Faculté des Sciences et Technique,
Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

Abstract

This study aims to characterize the avian fauna on a 10 km stretch of the Komadougou in winter in the municipalities of Diffa and Gueskerou. The birds were counted between July and October 2021 following transect lines with 20-minute stopping points in places. A total of 25 species belonging to 12 families and 8 orders have been identified. The present study reveals the presence of a newly observed species in this locality; This is *Platalea alba*. The ornithological community is dominated by species such as *Dendrocygna viduata*, *Plegadis falcinellis*, *Egretta garzetta*, *Actophilornis africana* and *Egretta intermedia*. At the specific level, the results give 10 resident species, one intra-African migrant, three Palearctic migrants, six (6) species with resident populations or intra-African migrants, one species with resident populations or intra-African migrants or migrants of the Palearctic and a rare species. This study, the first of its kind in this area, is a reference for building a database on the avifauna of the Komadougou River, as well as its importance from a quantitative and qualitative point of view.

Keywords: Birds, Biodiversity, Population, dynamics, Park, Niger

Introduction

Au cours des trente dernières années, le monde a subi une forte détérioration de son environnement et particulièrement de la biodiversité des espaces ruraux. Les oiseaux sont souvent les premières victimes de cette dégradation et sont à ce titre d'excellents indicateurs des dommages causés à notre patrimoine naturel OSS (2022). Le Niger, Pays sahéliens au 2/3 désertique est, malgré l'aridité de son terroir, parsemé d'écosystèmes terrestres et aquatiques riches en biodiversité. Cette diversité biologique est, à l'instar des autres pays du monde profondément perturbée par les facteurs climatiques et anthropiques.

En effet, la dégradation de ces écosystèmes et la disparition de l'avifaune aquatique s'accroissent exceptionnellement sous l'effet de la coupe du bois non durable, l'assèchement des milieux humides, l'érosion et la fragmentation forestière, ainsi que l'accroissement des terres cultivées Yaokokore-Beibro (2001, 2010a). La rivière Komadougou et le Lac Tchad, milieux naturels nigériens, habitats, surement d'une faune aquatique diversifiée, en particulier les oiseaux d'eau, n'échappent pas à cette perturbation.

Pour réduire le dégât et renverser la tendance, une gestion et une exploitation rationnelle de ces milieux très productifs s'imposent. Une connaissance parfaite de cette biodiversité fondée sur des bases scientifiques bien établies est donc nécessaire pour sa meilleure conservation et son utilisation durable (Ramade (2005) ; Odukpe *et al.* (2014). Et pourtant, l'écosystème Komadougou qui est au cœur des programmes de gestion des écosystèmes naturels des Communes de Diffa et de Gueskerou, n'a pas fait l'objet d'études scientifiques approfondies principalement sur sa faune aviaires. La présente étude faite sur la zone humide Komadougou, a pour objectif général de dresser un tableau actualisé de la faune aviaire autour de cet écosystème sur une distance de 10km.

De manière spécifique il s'agit de:

- ✓ Procéder à l'identification des espèces d'oiseaux de la zone sur une distance de 10 km;
- ✓ Etudier la répartition des espèces dans le temps et dans l'espace ;
- ✓ Etablir une typologie des espèces basée sur la biogéographie.

Matériel et méthodes

Localisation et présentation de la Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans trois sites qui se trouvent dans les communes de Diffa et Gueskerou (Figure 1). Dans cette zone les moyennes annuelles des températures varient entre $20 \pm 24,61^{\circ}\text{C}$ et $38 \pm 41^{\circ}\text{C}$.

La pluviométrie annuelle en 2001 était de $345,5 \pm 233,6$ mm (IRNAN, 2021). La végétation est caractérisée par une strate arborée dominée par les

espèces telles que *Vachellia tortilis* (Forssk.) Hayne (Fabaceae-Mimosoideae), *Balanites aegyptiaca* Delile (Zygophyllaceae), *Tamarindus indica* L. (Fabaceae-Caesalpinioideae), *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A.DC. (Ebenaceae), *Vachellia nilotica* (L.) P.J.H. Hurter & Mabb. (Fabaceae-Mimosoideae), *Adansonia digitata* L. (Malvaceae) et *Hyphaene thebaica* (L.) Mart. (Arecaceae). La strate arbustive est dominée par *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. (Fabaceae-Mimosoideae), *Salvadora persica* L. (Salvadoraceae), *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir. (Capparraceae), *Ziziphus mauritiana* Lam. (Rhamnaceae), et *Leptadenia pyrotechnica* (Forssk.) Decne (Apocynaceae). Les activités socio-économiques des populations de la zone sont l'agriculture sur les sols sablo-limoneux et argileux, l'élevage, la pêche, commerces et artisanats.

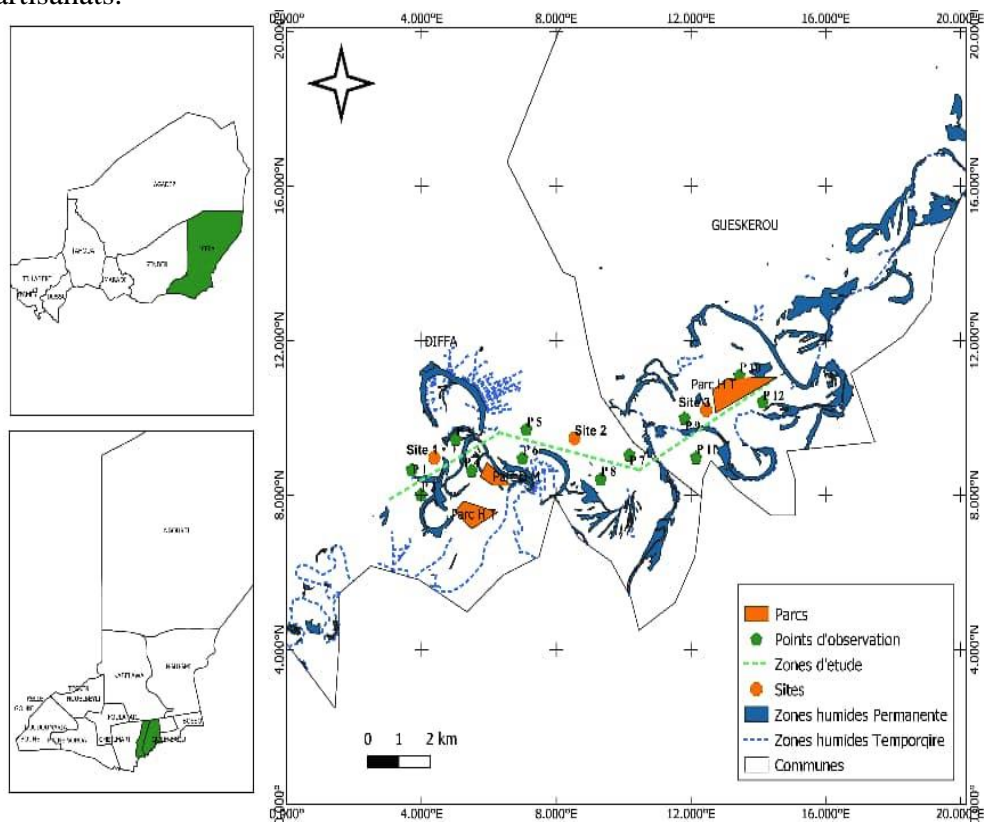


Figure. Localisation de la zone d'étude

Méthodologie

Au cours de cette étude, seuls les oiseaux strictement inféodés au milieu aquatique ont été identifiés. Ils ont été dénombrés à l'aide d'une paire de jumelles entre juillet et octobre 2021 suivant des lignes transects avec des points d'arrêt de 20 minutes par endroit. Sur chaque site, quatre points (d'écoute et observation) distants de 200 m les uns des autres ont été disposés.

A chaque point, pendant une durée de 20 minutes, toutes les espèces d'oiseaux d'eau observées et écoutées, ont été dénombrées les matins de 8 heures à 10 heures correspondant aux moments de fortes activités des oiseaux Yaokokoré-Béibro (2001). La disposition des points dans la zone ne permet pas aux surfaces échantillonnées de se superposer et permet de couvrir une plus grande partie de chaque site comme proposée par Harch-Rass *et al.* (2012). Ainsi, les espèces vues ou entendues dans un rayon de 100 mètres ont été prises en compte dans la détermination de l'indice ponctuel d'abondance (IPA).

La nomenclature et l'ordre phylogénétique des espèces observées sont ceux de Gill *et al.* (2022). Les origines biogéographiques des espèces (résidentes, migratrices afrotropicales, migratrices du Paléarctique) sont déterminées selon Borrow et Demey (2015). Les statuts de conservation des espèces sont identifiés selon BirdLife (2004), Barlow et Dodman (2015) et UICN (2015).

La fréquence relative (Fr) d'observation est utilisée pour caractériser les populations de chaque espèce d'oiseau selon les normes de Thiollay (1986).

Traitements et analyse des données

Diversité des peuplements d'oiseaux

La diversité des populations ornithologiques de la zone a été appréciée en calculant trois indices :

- ✓ La richesse spécifique : Deux types de richesse spécifique sont calculés : La richesse spécifique totale (nombre total d'espèces d'oiseau inventorié par site) et la richesse spécifique moyenne par communauté d'oiseau au niveau de chaque site.
- ✓ L'indice de diversité de Shannon - Weaner (1949):

L'indice de diversité de Shannon-Weaner, variant entre 0 et 5 bits, mesure l'entropie des données par le nombre d'individus de l'espèce d'oiseau dans sa communauté, calculée sur la base des proportions des espèces observées.

$$H' = - \sum P_i \log_2 P_i$$

Avec $P_i = n_i/n$ où n_i est le nombre d'individus de l'espèce d'oiseau i au niveau de chaque site de recensements et n le nombre total d'individus d'oiseau inventorié au niveau du site.

- ✓ L'Équitabilité de Piélou:

L'indice d'équitabilité de Piélou traduit la manière dont les individus sont distribués à travers les espèces (Kouyaté *et al.*, 2020). Elle est souvent calculée pour traduire le degré de diversité atteint par rapport au maximum possible. Il varie de 0 à 1.

$$E = H'/\text{Log}_2(S)$$

Avec S le nombre total d'espèces au niveau du site et H' l'indice de diversité de Shanon Weaner.

Analyses statistiques

Après la vérification de la normalité et de l'homogénéité des variables, richesse spécifique moyenne, indice de diversité de Shannon-Weaner et Equitabilité de Piélou, un test d'Analyse de Variance est réalisé pour tester si la diversité des communautés d'oiseaux est significativement différente d'un site à l'autre. Les logiciels R et Minitab ont été utilisés. Le test de Khi2 a été réalisé pour étudier la dépendance entre les espèces et le site.

Résultats

Composition spécifique et abondance

Le peuplement aviaire de l'ensemble des sites, pour la période d'étude considérée, se compose de 25 espèces réparties dans 12 familles et 8 ordres ayant un effectif cumulé de 1685 individus et un Indice Ponctuel d'Abondance (IPA) de 366 individus d'oiseaux (Tableau 1).

Tableau 1. Composition aviaire des sites

| | | Statut | Fr (%) |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--------|--------|
| Ordres des Péléciformes | | | |
| Famille des Ardeidae | | | 35,43 |
| Nom Commun | Nom Scientifique des Espèces | | |
| Aigrette garzette | <i>Egretta garzetta</i> | Lc | 10,27 |
| Héron Goliath | <i>Ardea goliath</i> | Lc | 4,63 |
| Héron strié | <i>Butorides striatus</i> | Lc | 4,27 |
| Aigrette dimorphe | <i>Egretta gularis</i> | Lc | 3,68 |
| Aigrette intermédiaire | <i>Egretta intermedia</i> | Lc | 6,11 |
| Bihoreau gris | <i>Nycticorax Nycticorax</i> | Lc | 1,13 |
| Blongios nain | <i>Ixobrychus minutus</i> | Lc | 2,02 |
| Héron crabier | <i>Ardeola ralloides</i> | Lc | 1,07 |
| Grande aigrette | <i>Egretta alba</i> | Lc | 2,26 |
| Famille des Threskiornithidae | | | 11,81 |
| Nom Scientifique des Espèces | | | |
| Ibis falcinnelle | <i>Plegadis falcinellus</i> | Lc | 11,57 |
| Spatule 'Afrique | <i>Platalea alba</i> | Lc | 0,06 |
| Ibis sacre | <i>Threskiornis aethiopica</i> | Lc | 0,18 |
| Famille des scopidae | | | |
| Nom Scientifique des Espèces | | | |
| Ombrette | <i>Scopus umbretta</i> | Lc | 2,55 |
| Ordre des Ansériformes | | | |

| Famille des Anatidae | | | 28,19 |
|--------------------------------------|--------------------------------|------------------|------------|
| Nom Scientifique des Espèces | | | |
| Dendrocygne veuf | <i>Dendrocygna viduata</i> | Lc | 18,04 |
| Canard casqué | <i>Sarkidiornis melanotos</i> | Lc | 3,38 |
| Canard armé | <i>Plectropterus gambensis</i> | Lc | 5,16 |
| Sarcelle à oreillons | <i>Nettapus auritus</i> | Lc | 1,6 |
| Ordre des Ciconiiformes | | | |
| Famille des Ciconidae | | | |
| Nom Scientifique des Espèces | | | |
| Bec ouvert | <i>Anostomus lamelligerus</i> | Lc | 2,14 |
| Ordre des Suliformes | | | |
| Famille des Phalacrocoracidae | | | |
| Nom Scientifique des Espèces | | | |
| Cormoran africain | <i>Phalacrocorax africanus</i> | Lc | 2,97 |
| Ordre de Gruiformes | | | |
| Famille des Ralidae | | | |
| Nom Scientifique des Espèces | | | |
| Râle noir | <i>Amauromis flavirostris</i> | Lc | 2,43 |
| Ordre des Charadriiformes | | | |
| Famille des Pluvianidae | | | |
| Nom Scientifique des Espèces | | | |
| Pluvian D'Egypte | <i>Pluvianus aegyptian</i> | Lc | 3,09 |
| Famille des Charadriidae | | | |
| Nom Scientifique des Espèces | | | |
| Vanneau éperonné | <i>Vanellus spinosus</i> | Lc | 2,43 |
| Famille des Jacanidae | | | |
| Nom Scientifique des Espèces | | | |
| Jacana à poitrine dorée | <i>Actophilornis africana</i> | Lc | 6,59 |
| Famille des Scolopacidae | | | |
| Nom Scientifique des Espèces | | | |
| Chevalier sylvain | <i>Tringa glareola</i> | Lc | 2,02 |
| Famille des Coraciiformes | | | |
| Famille des Alcédinidae | | | |
| Nom Scientifique des Espèces | | | |
| Martin pêcheur pie | <i>Ceryle rudis</i> | Lc | 0,36 |
| TOTAL | 25 espèces; | 8 Famille | 100 |

Les Pélécaniformes renferment 794 individus répartis en 3 familles avec un Indice Ponctuel d'Abondance de 235 individus suivis par les Anseriformes (4 espèces, 472 individus) et les Charadriiformes (4 espèces,

136 individus). La famille dominante est celle des Ardéidés (9 espèces, 597 individus, Fr = 35,43 %), suivie des Anatidés (4 espèces, 475 individus, Fr = 28,18 %) et des Threskiornithidés (3 espèces, 199 individus, Fr = 11,81 %).

Structure du peuplement avifaunique

L'indice d'abondance déterminé à partir de la fréquence relative de détection des différentes espèces et de leurs populations respectives indique que le peuplement se compose de cinq espèces dominantes qui sont *Dendrocygna viduata* (18,04 %), *Plegadis falcinellis* (11,57 %), *Egretta garzetta* (10,26 %), *Actophilornis africana* (6,58 %) et *Egretta intermedia* (6,11 %). Par ailleurs 15 autres espèces sont régulières (Fr = 60 %) et 5 espèces sont rares (Fr = 20 %). Le milieu est favorable aux espèces des zones humides (23 espèces ; Fr = 92 %) à celles des milieux ouverts (une espèce ; Fr = 4 %) et une espèce a l'habitat mixte Fr = 4 %). Aussi, la moitié des espèces sont résidentes (10 espèces, Fr = 40 %).

Le test d'indépendance de χ^2 montre qu'il existe une dépendance ou une préférence significative entre les cinq espèces d'oiseaux dominantes et les formations végétales.

Variation mensuelle du peuplement d'oiseaux

Les richesses spécifiques mensuelles varient de 14 espèces en juillet, 19 espèces en août, 17 espèces en septembre et 25 espèces en octobre avec une moyenne de 18 espèces présentes chaque mois. Les effectifs mensuels quant à eux varient de 306 individus en juillet, 300 individus en août à 278 individus en septembre et 801 individus en octobre avec une moyenne mensuelle de 421,25 individus (tableau 2).

Les analyses de variances indiquent que les mois agissent significativement sur la richesse spécifique des oiseaux ($ddl = 11$; $P < 0,05$). Cependant, ils ne sont d'aucun effet significatif sur les effectifs d'oiseaux ($P = 0,50$ pour les mois).

Il ressort de l'analyse de ce Tableau 2 qu'il existe une différence significative ($P < 0,05$) entre les IPA des quatre mois d'observation, la différence significative est observée entre Juillet –Août et Septembre-Octobre. Pour les autres mois il n'y a pas de différence significative entre les mois d'observations.

Les variations mensuelles du peuplement sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2. Comparaison mensuelle des espèces d'oiseaux

| Distribution | Df | SumSq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|--------------|----|-------|---------|---------|-----------|
| Facteur | 3 | 10334 | 3445 | 4.253 | 0.00757** |
| Résiduels | 84 | 68039 | 810 | | |

| Distribution | Estimation | Std. Error | F value | Pr(> t) |
|--------------------|------------|------------|---------|-----------|
| Juillet –Août | 7.136 | 8.581 | 0.832 | 0.83928 |
| Octobre –Août | 24.864 | 8.581 | 2.897 | 0.02447* |
| Septembre-Août | -3.091 | 8.581 | -0.360 | 0.98389 |
| Octobre –Juillet | 17.727 | 8.581 | 2.066 | 0.17292 |
| Septembre- Juillet | -10.227 | 8.581 | -1.192 | 0.63369 |
| Septembre- Octobre | -27.955 | 8.581 | -3.258 | 0.00866** |

Diversité spécifique des communautés d'oiseaux d'eau par site

L'indice de diversité le plus élevé est obtenu au site 3 ($H'=4,13$). Ce site renferme 25 espèces qui appartiennent à 11 familles.

Le site 1 est le second site le plus diversifié ($H'=4$). Il renferme 22 espèces qui appartiennent à 11 familles. Les familles des Ardeidae et des Anatidae sont les plus représentées avec respectivement neufs (9) et quatre (4) espèces chacune. En termes d'abondance, il y a deux espèces dominantes, 16 espèces régulières et 4 espèces rares.

Le site 2 est le site le moins diversifié ($H'=3,65$). Il renferme 21 espèces qui appartiennent à 5 ordres regroupés en 10 familles. En termes d'abondance, il y a deux espèces dominantes, 15 espèces régulières et 4 espèces rares. L'indice de diversité est moyenne

Tableau 3. Diversité spécifiques des trois (3) sites

| Diversité par site | | | | | |
|--------------------|----------|---------|-----------|------|-----|
| Zones | Familles | Espèces | Individus | H' | E |
| Site 1 | 11 | 22 | 518 | 4 | 0,8 |
| Site 2 | 10 | 21 | 611 | 3,65 | 0,8 |
| Site 3 | 11 | 25 | 556 | 4,13 | 0,8 |

Typologie des espèces selon leurs sources biogéographiques

L'analyse du tableau 4 montre que les 25 espèces recensées se répartissent en espèces résidente (R), migratrice intra-africaine (M), migratrice du paléarctique (P) et rare (Ra). Certaines de ces espèces présentent des populations résidente migratrice intra-africaine (R/M), des résidente migratrice du paléarctique (R/P) et des résidente migratrice intra-africaine et du paléarctique (R/M/P).

Tableau 4. Répartition des espèces en fonction des sources biogéographiques

| Espèces/ S bio | | Fr(%) |
|---------------------------------|-------------|---------------|
| M | | |
| <i>Anostomus lamelligerus</i> | 36 | 2,14 |
| P | | |
| <i>Platalea alba</i> | 11 | 0,63 |
| <i>Threskiornis aethiopia</i> | 22 | 1,28 |
| <i>Tringa glareola</i> | 5 | 0,32 |
| Total | 38 | 2,23 |
| R | | |
| <i>Actophilornis africana</i> | 41 | 2,43 |
| <i>Butorides stritus</i> | 50 | 2,97 |
| <i>Ceryle rudis</i> | 72 | 4,27 |
| <i>Egretta alba</i> | 111 | 6,59 |
| <i>Nettapus auritus african</i> | 87 | 5,16 |
| <i>Phalacrocora africanus</i> | 27 | 1,60 |
| <i>Plectropterus gambensis</i> | 195 | 11,57 |
| <i>Plegadis falcinellis</i> | 43 | 2,55 |
| <i>Scopus umbretta</i> | 38 | 2,26 |
| <i>Vanellus spinosus</i> | 6 | 0,36 |
| Total | 670 | 39,76 |
| R/M | | |
| <i>Amauromis flavirostris</i> | 78 | 4,63 |
| <i>Ardea goliath</i> | 304 | 18,04 |
| <i>Dendrocygna viduata</i> | 57 | 3,38 |
| <i>Egretta gularis</i> | 62 | 3,68 |
| <i>Egretta intermedia</i> | 103 | 6,11 |
| <i>Sarkidiornis melanotos</i> | 41 | 2,43 |
| Total | 645 | 38,28 |
| R/M/P | | |
| <i>Egretta garzetta</i> | 173 | 10,27 |
| R/P | | |
| <i>Ardeola ralloides</i> | 19 | 1,13 |
| <i>Iobrychus minutus</i> | 34 | 2,02 |
| <i>Nycticora Nycticora</i> | 18 | 1,07 |
| Total | 71 | 4,21 |
| Ra | | |
| <i>Pluvianus aegyptian</i> | 52 | 3,09 |
| Total | 1685 | 100,00 |

La famille des Anatidae est représentée par deux espèces Résidentes et deux espèces résidente migratrice intra-africaine (R/M). Celle des Ardeidae

est représentée par une espèce résidente, migratrice intra-africaine, migratrice du paléarctique (R/M/P), trois (3) espèces résidentes, migratrices intra-africaines (R/M), trois (3) espèces résidentes migratrices intra-africaines (R/M) et deux espèces résidentes, les autres familles représentées par une autre sources biogéographique sont minoritaires en terme d'effectifs.

Les sources biogéographiques les plus représentées sont les résidentes (R= 39,76 %) suivie par les résidentes migratrices intra-africaines (R/M=38,28 %) et les Résidentes migratrices du paléarctique (R/P=4,21 %).

Discussion

Le faible nombre d'espèces d'oiseaux (25 espèces) recensées entre juillet et octobre 2021 sur l'ensemble des trois (3) sites dans les communes de Diffa et Gueskerou limite les possibilités de comparaison. Ce nombre est inférieur aux 34 espèces d'oiseaux d'eau dénombrées sur le Lac de Madarounfa et les 29 espèces comptées sur la mare de Kourfin Koura par Assane *et al.* (2013). Ceci pourrait s'expliquer par la dégradation des habitats d'hivernage des migrateurs dues à la crise sécuritaire dans la zone mais aussi à la courte période de l'étude. La totalité des espèces recensées au cours de cette étude ont été rencontrées par Assane *et al.* (2013). Par contre, la majorité des espèces identifiées n'ont pas été rencontrées au niveau de la mare de Rouafi dans le département de Birni N'Konni (Mahaman, 1999). Ceci pourrait s'expliquer par la proximité de la mare d'une route bitumée très fréquentée. Au niveau des trois (3) habitats étudiés, la composition spécifique des communautés d'oiseaux est variable, avec certaines espèces qui caractérisent bien les habitats dans lesquels elles apparaissent. Tous les habitats ne présentent pas la même valeur de l'indice de diversité. En effet, les site 1 et 2 présentent les indices de diversité les plus faibles ($H_1' = 4$, $H_2' = 3,65$) par rapport à celui du site 3 ($H_3' = 4,13$). Cela pourrait s'expliquer par l'existence de contraintes écologiques qui seraient plus importantes dans le site 3 que dans les sites 1 et 2. Selon Yaokokoré-Béibro (2015), la diversité est plus importante dans les communautés propres à des environnements peu favorables, et est plus faible dans ceux où les contraintes écologiques sont fortes. Aussi, Antoine *et al.* (2019) affirment que, du fait de la diversité des habitats et de la diversité biologique qu'elle renferme, un écosystème aquatique est considéré comme un site d'importance écologique.

Cependant, il n'existe pas de différence significative entre les effectifs mensuels, c'est en raison de la juxtaposition de nombreuses espèces à cycles d'abondance différents qui rend les variations globales des densités au cours des mois, assez faibles. Aussi, le fait qu'une part importante de l'abondance est supportée par une seule famille, celle des Ardeidés qui est rencontrée toute l'année, expliquerait cette situation. En grande saison de pluies, le milieu se caractérise par la repousse de la végétation et la remontée du niveau d'eau.

L'avifaune subit également des pressions conduisant à une réorganisation des peuplements. Ceci intervient avec le départ ou le retour des migrateurs du paléarctique. Une variation de la densité aviaire est également observée selon les saisons. Selon Poilecot et Loua (2009), la saison pluvieuse correspond à la période de nidification, du fait de la régénération du couvert végétal et de la disponibilité des ressources alimentaires pour un grand nombre d'espèces.

Conclusion

L'étude a permis une meilleure connaissance de la faune aviaire inféodée aux zones humides de la région de Diffa. La faune de cette zone est composée de 25 espèces réparties dans 12 familles et 8 ordres avec un effectif cumulé de 1685 individus et un IPA de 366 individus d'oiseaux. La famille dominante est celle des Ardeidés (9 espèces, 597 individus, Fr = 35,43%), suivie de celles des Anatidae (4 espèces, 475 individus, Fr = 28,18%) et des Threskiornithidae (3 espèces, 199 individus, Fr = 11,81). Au niveau spécifique, ce peuplement aviaire est significativement influencé par les mois. Cependant, au niveau des effectifs, les différences observées à l'échelle mensuelle ne sont significatives. Ces sites sont donc favorables aux oiseaux de diverses origines biogéographiques qui, à toutes les périodes de l'année, y trouvent les ressources nécessaires à leur survie.

Cet important réservoir de biodiversité que représentent ces sites, en plein milieu urbain et rural, mérite toutefois une attention particulière et un suivi continu afin de les préserver de l'action dévastatrice de l'homme.

References:

1. Adjakpa, J. B., Tchabi, V., Lawouin, L.E., Tossou, J., Adjakpa, W.L.A. & Coquillat, J.M. (2017). Specific diversity of avifauna of wetlands of the Lower Delta of Ouémé (Ramsar Site 1018). *European Journal of Scientific Research*, 3:239-255.
2. Antoine, Y. A., Mexmin, K. K., Lassina, D., Allassane, O., & Germain, G. (2019). Diversité et Structure du Peuplement Ichtyologique du Bassin Inférieur du Fleuve Comoé (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, ESJ, 15(6),
3. 244.<https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n6p244>
4. Assane A.T., Issiaka Y., Adamou M M (2013). Typologie de l'avifaune des zones humides de Madarounfa, région de Maradi (Niger). *Journal des Sciences de l'Environnement*, 2 (1): 17-24
5. Barlow, C. R. & Dodman, T. (2015). Guide de la voie de migration Est-Atlantique africaine- Guide Photographique des oiseaux d'eau et des oiseaux marins des côtes atlantiques de l'Afrique. Common wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Allemagne ; *Birdlife*

- Internationale*, Cambridge, Royaume-Uni ; Programme Rich Wadden Sea Leeuwarden, Pays-Bas. 287 p.
6. Birdlife International (2004). Threatened Birds of the World 2004. CD-ROM, BirdLife International, Cambridge.
 7. Blondel, J., Ferry, C. & Frochot, B. (1970). La méthode des indices ponctuels d'abondance (IP A) pour des relevés d'avifaune par "station d'écoute". *Alauda*, 38: 55-71.
 8. Borrow, N. & Demey, R. (2015). Oiseaux de l'Afrique de l'Ouest Delachaux et Niestlé - Paris . ISBN: 9782603023969 (Guide Delachaux).
 9. Brooks, A., Russell, M. & Bevitt, R. (2007). Response to aquatic macroinvertebrates to the first environmental flow regime in the Snowy River. Snowy River Recovery: *Snowy River Flow Response Monitoring*, NSW Department of Water and Energy
 10. Gill, F., Donsker, D. et Rasmussen, P. (2022). IOC World Bird List (v12.2). doi : 10.14344/IOC.ML.12.2.
 11. Harch-Rass, A., El Kharrim, K. & Belghyti, D. (2012). Etude ornithologique et évaluation de l'importance du site RAMSAR Sidi Boughaba entre 2005 et 2010 (Maroc). *ScienceLib* Editions Mersenne, 4: 1-22
 12. INRAN (2021). Rapport annuel de l'institut National de la recherche agronomique de Niger.
 13. Kouyate, A. M., Diarra, I., & Habou, R. (2020). Composition Floristique, Diversité Et Structure Des Espèces Forestières Alimentaires De La Région De Sikasso Au Sud Du Mali. *European Scientific Journal*, ESJ, 16(12), 156. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n12p156>
 14. Mahaman Laouali A.T., (1999). Indicateurs d'avantages potentiels des zones humides du Niger : Cas de la mare de Rouafi. Mémoire de fin d'études du cycle d'ingénieurs des Techniques Agricoles (ITA), Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger), 52 p.
 15. Magurran, A.E. (2004). Measuring Biological Diversity. Blackwell Publishing, Oxford, 256 p.
 16. Odoukpe, S. G. K., Yaokokore Beibro, H. K., Kouadio, P. K. & Konan, M. E. (2014). Dynamique du peuplement des Oiseaux d'une riziculture et ses environs dans la zone humide d'importance internationale de Grand-Bassam. *Journal of applied biosciences* 79:6909-6925, ISSN 1997-5902.
 17. OSS, (2022). Les écosystèmes africains : entre dégradation et restauration. ISBN : 978-9938-933-32-1. 168 p.
 18. Poilecot, P. & Loua, N.S. (2009). Les feux dans les savanes des monts Nimba, Guinée, *Bois et Forêts des Tropiques*, No.301 pp.51-66 ref.26

19. Pasquet, R. & Fotso, M. (1994). Répartition des cultivars de niébé *Vigna unguiculata* (L.) Walp. du Cameroun : influence du milieu et des facteurs humains. *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, 36 (2), p. 93-143. ISSN 0183-5173.
20. Ramade, (2005). *Eléments d'écologie appliquée*, ed Dunod, A Paris
21. Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana, IL: The University of Illinois Press, 1-117.
22. THIOLLAY, J.M. (1986). Diversité spécifique et écologie comparée des Falconiformes de forêts tropicales sur trois continents. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Série A ; Zoologie*, 1 32 : 67-77.
23. UICN (2015). Rapport annuel 2015. 36 pages
24. Waltert, M., Yaokokoré-Béibro, K. H., Müllenberg, M. & Waitkuwait, W. E. (1999). Preliminary check-list of the birds of the Bossématié area Ivory Coast, *Malimbus*, 21, pp. 93 – 109.
25. Yaokokoré-Béibro & Ellenberg (2000). A contribution to the study of the Bossématié forest: current status,” *Ostrich*, vol. 7, no. 1 & 2, pp. 292–294
26. Yaokokoré-Béibro, H. K. & Konan, M. E. (2015). Variation temporelle du peuplement aviaire des écosystèmes lacustres de la ville de Yamoussoukro, centre de la Côte d'Ivoire,). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(8) : 2566-2581
27. Yaokokoré-Béibro, H.K., N'guessan, M.A., Odoukpé, K.S.G., Zouzou, E.J., N'douba, V. & Kouassi, P.K. (2010). Premières données sur les oiseaux de la zone humide d'importance internationale de Grand-Bassam (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(6): 2169-2180.
28. Yaokokoré-Béibro, (2001). Avifaune des forêts classées de l'est de la Côte d'Ivoire : Données sur l'écologie des espèces et effet de la déforestation sur les peuplements. Cas des forêts classées de la Béki et de la Bossématié (Abengourou). Thèse de Doctorat. Université de Cocody, Abidjan (RCI), 245 pages.
29. Yaokokoré-Béibro, (2010a). Diversité avifaunique de la forêt classée de la Besso, Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *Sciences & Nature* 7 (2) :207–219.
30. Yaokokoré-Béibro, (2010b). Oiseaux du Parc National des Iles Ehotilé, sud-est. Côte d'Ivoire. *Malimbus* 32: 89-102.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Evaluations Gîtologique et Environnementale des Activités Minières Artisanales Liées à l'Or de Doumbiadougou, Duékoué, Ouest de la Côte d'Ivoire

Zié Ouattara
Odon Clément N'Cho
Gnamba Franck Emmanuel Gouédji
Yannick Evrard Batille Kouakou

Université de Man,
UFR des Sciences Géologiques et Minières, Côte d'Ivoire

Gbélé Ouattara
Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny,
UFR STeRMI, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Yacouba Coulibaly
Université Félix Houphouët-Boigny, UFR STRM, Laboratoire de Géologie
des ressources minérales et énergétiques, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n36p278](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p278)

Submitted: 01 October 2022

Accepted: 29 November 2022

Published: 30 November 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Ouattara Z., N'Cho O.C., Gouédji G.F.E., Kouakou Y.E.B., Ouattara G., Coulibaly Y. (2022). *Evaluations Gîtologique et Environnementale des Activités Minières Artisanales Liées à l'Or de Doumbiadougou, Duékoué, Ouest de la Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (36), 278. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p278>

Résumé

La présente étude évalue les connaissances gîtologiques et les impacts environnementaux liés aux activités artisanales de prospection et d'exploitation d'or de Doumbiadougou, département de Duékoué, ouest de la Côte d'Ivoire. L'étude s'appuie sur des données issues de la description in situ des puits de prospection, des carrières ainsi que des méthodes de récupération de l'or et de l'environnement. La typologie des gîtes indique deux ensembles à Doumbiadougou : d'une part les gîtes alluvionnaires dans les bas-fonds et d'autre part les gîtes filoniens sur les collines environnantes. Leur prospection s'effectue par le fonçage de puits tests de 1m³ jusqu'à 16m³ dans les bas-fonds, également sur les pentes et autour des veines de quartz sur les collines. L'exploitation des gîtes alluvionnaires se fait par l'ouverture de carrières de 5

m x 2 m x 2 m soit 20 m³ tandis que ceux filoniens se fait par l'ouverture de puits de 80 cm de diamètre et de profondeur allant jusqu'à 25 m. Le minerai alluvionnaire est traité par les lavages à la batée ou au sluice tandis que celui des filons est pulvérisé avant de subir le même traitement. La production aurifère se termine par la récupération de l'or après amalgamation au mercure. Sur le volet environnemental, ces méthodes laissent des puits béants, détruisent les cultures tout en réduisant les espaces cultivables, accélèrent le drainage minier acide, réactivent les conflits fonciers et exposent les communautés locales à l'inhalation du mercure.

Mots-clés : Méthodes artisanales, or, gîtologie, environnement, Duékoué, Côte d'Ivoire

Gitological and Environmental Evaluations of the Artisanal Mining Activities Related to Gold at Doumiadougou, Duekoue, Western Cote d'Ivoire

Zié Ouattara

Odon Clément N'Cho

Gnamba Franck Emmanuel Gouédji

Yannick Evrard Batille Kouakou

Université de Man,

UFR des Sciences Géologiques et Minières, Côte d'Ivoire

Gbélé Ouattara

Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny,

UFR STeRMI, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Yacouba Coulibaly

Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, UFR STRM, Laboratoire de Géologie des ressources minérales et énergétiques, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

This study assesses the geological knowledge as well as the environmental impacts of artisanal gold mining activities at Doumbiadougou, Côte d'Ivoire. The study is based on data from in situ descriptions of exploration wells, quarries, and gold recovery methods. Ore typology indicates two sets: the alluvial in the shallows and filonian on the surrounding hills. Their prospection is carried out by test wells of 1m³ up to 16m³ in the shallows, also on the slopes and around the quartz veins on the hills. The exploitation of alluvial deposits is done by the quarries of 5 m x 2 m x 2 m or 20 m³ while those filonian is done through wells of 80 cm in diameter and

depth up to 25 m. The alluvial ore is treated by washing by women or sluice while that of the veins is sprayed before undergoing the same treatment. Gold production is finally recovered after amalgamation with mercury. On the environmental side, these methods leave gaping wells, destroy crops while reducing arable land, accelerate acid mine drainage, reactivate land conflicts, and expose local communities to mercury inhalation.

Keywords: Artisanal and small miners, gold, gitology, environment, Duékoué, Côte d'Ivoire

1- Introduction

Les activités minières artisanales contribuent à la production de l'or et sont au cœur des débats en Afrique et singulièrement en Côte d'Ivoire (OCDE, 2018 ; World Gold Council, 2015 ; ONUDI, 2009). Le développement de ces activités artisanales s'observe dans la plupart des régions de la Côte d'Ivoire. En effet, selon le ministère en charge des mines, trente régions sont concernées sur les trente-quatre régions que compte le pays. Ce développement suscite un fort engouement au sein des populations. C'est aussi le cas chez les compagnies industrielles et du monde académique car ces activités artisanales s'installent parfois dans des zones où les connaissances gîtologiques sont limitées. Les investigations sur ces espaces d'activité artisanale permettent d'évaluer les incidences socio-économiques et environnementales (Ouattara et Coulibaly, 2013 ; Yapi *et al.*, 2014 ; Coulibaly *et al.*, 2021). C'est ainsi que nos intérêts sont allés grandissants pour la localité de Doumbiadougou, dans le département de Duékoué dans le but de découvrir les méthodes employées pour rechercher, extraire et traiter l'or. Evidemment, ces approches ont été évaluées afin de comprendre leurs impacts sur le contexte gîtologique de l'or mais aussi sur la population et l'environnement. De manière spécifique, il s'agit de (i) décrire les méthodes et techniques artisanales de prospection d'or ; (ii) décrire les méthodes d'exploitation artisanale ; (iii) Identifier la typologie des gîtes minéraux et (iv) d'évaluer les impacts de ces méthodes sur l'environnement et la population.

2- Localisation de la zone d'étude

Le village de Doumbiadougou est distant d'environ vingt kilomètres de la ville de Duékoué. Il est situé sur l'axe Duékoué – Guiglo, accessible par la voie carrossable à partir de la localité de Pinhou, située à 11 km de Duékoué (Fig.1A). La localité de Doumbiadougou présente un relief peu accidenté dominé par des plateaux recouverts de cuirasse latéritique et de bas-fonds. Le climat est généralement chaud et humide. L'essor des activités minières artisanales s'observe dans le département de Duékoué notamment à Doumbiadougou mais également dans d'autres localités telles que Amanikro

(conseil régional, 2017). Sur le plan géologique, la zone d'étude se trouve dans la partie archéenne de la Côte d'Ivoire, à l'ouest de la faille de Sassandra au sein de la dorsale de Man, dans le sud du Craton Ouest Africain (Fig. 1B). Séparé par la faille de Sassandra, ce socle d'âge précambrien comporte deux domaines résultant de la juxtaposition d'un panneau occidental (catarchéen et archéen) avec le reste du socle qui est d'âge protérozoïque inférieur où les formations birimiennes s'observent (Kouamelan et al., 1997 ; Camil, 1984). Le domaine Kenema-Man d'âge archéen a été structuré par les cycles orogéniques suivants :

- Le Léonien (Catarchéen = 3300 - 2900 Ma) : caractérisé sur le plan pétrographique par 4 ensembles lithologiques à savoir les gneiss gris d'origine magmatique et les granulites roses, les anatexites, les quartzites ferrifères et les charnockites intrusives (Djro, 1998 ; Camil, 1984).
- Le Libérien (Archéen = 2900 - 2700 Ma) : caractérisé sur le plan pétrographique par les granulites, les charnockites, les migmatites, les quartzites, les amphibolopyroxénites (Camil, 1984). La géologie de Doumbiadougou, telle que présente par la feuille de Guiglo, est faite de quartzites à magnétite, des gneiss à biotite et des granites tardi-migmatitiques intimement liée à celle de la feuille de Guiglo (Sodemi, 1967). En ce qui concerne les minéralisations aurifères de la Côte d'Ivoire, elles présentent un rapport étroit avec les sillons volcano-sédimentaires. Le pays en compte dix-sept sillons (Tagini, 1971 ; Yacé, 1976) et se répartissent sur deux alignements de références à savoir Téhini-Dimbokro à l'Est et Ferkessedougou-Soubre au Centre. Parmi ces sillons, celui de Toulepleu-Itty se retrouve dans la zone archéenne de l'ouest de la Côte d'Ivoire ainsi il concentre autour de lui de nombreux sites où la production d'or est faite par des méthodes industrielles et artisanales (Coulibaly *et al.*, 2021 ; Tabaud *et al.*, 2015).

A



B

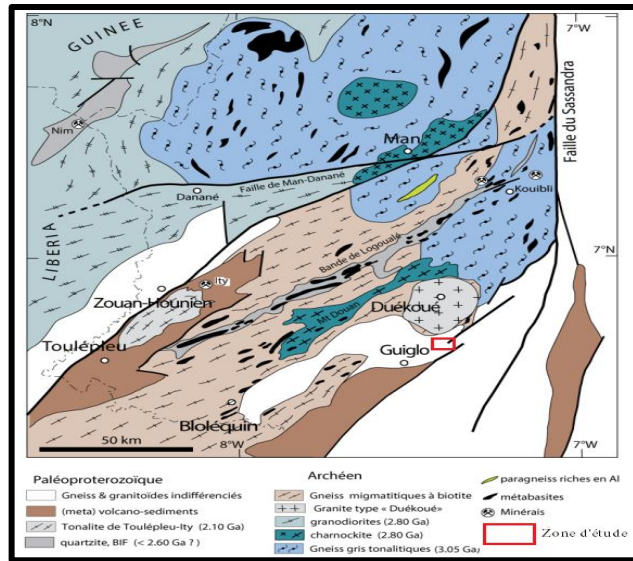


Figure 1. Cartes géographique (A) et géologique (d'après Koffi, 2020) (B) indiquant la zone d'étude de Doumbiadougou.

3- Matériel et méthodes

L'étude des sites de prospection et d'exploitation aurifères artisanales de Doumbiadougou s'est réalisée en deux étapes. La première étape s'est faite lors des travaux de terrain initiés par l'UFR des Sciences Géologiques et Minières de l'Université de Man dans la localité de Doumbiadougou notamment par la visite des sites actifs d'exploitation (dizaines de puits et deux carrières) et des anciens puits de prospection artisanales. Les échanges avec la population et surtout avec les acteurs sur les sites d'orpaillage ont permis de comprendre les critères de sélection des parcelles et de connaître les outils employés pour le fonçage des puits tests et des carrières d'exploitation. Nous avons également assisté aux activités de lavage par les techniques de lavage au sluice et à la batée, observer l'amalgamation au mercure et la pesée de l'or obtenu. La deuxième étape s'est déroulée au laboratoire de l'UFR SGM et a consisté à synthétiser les acquis de terrain. De manière pratique, elle a évalué les techniques de prospection, les méthodes d'exploitation, les types de gîtes et les impacts socio-économique et environnemental de ces activités minières artisanales dans la localité de Doumbiadougou.

4- Resultats

4.1- Acteurs de l'activité minière artisanale de Doumbiadougou

Les sites d'orpaillage de Doumbiadougou se succèdent sur environ un kilomètre. Ils s'étendent sur une colline exposant un profil d'altération haut de quatre mètres de cuirasse latéritique et se terminent dans un bas-fond au pied de cette colline. Ainsi, les sites limités par les plantations de café, cacao et

d'hévéa au sein desquelles sont creusés des puits tandis que les carrières sont dans le bas-fond. Cinq principaux acteurs sont mis en évidence :

- **Les autorités villageoises**

Il s'agit du chef de village et du président des jeunes. Ils conduisent les négociations entre les autres acteurs artisanaux et tiennent à la stabilité dans la localité.

- **Les propriétaires terriens**

Ce sont majoritairement les autochtones, propriétaires des terres. Dans le cas où la parcelle est mise en valeur (champ de cacao, café, manioc ou autre) par une tierce personne, alors le propriétaire du champs et l'occupant sont associés aux négociations afin d'éviter les conflits fonciers.

- **L'opérateur économique**

Il s'agit de la personne qui finance toutes les opérations. Il négocie les parcelles et confie la gestion quotidienne du chantier à un chef des opérations. Dans sa quête de terrain favorable, les propriétaires terriens lui sont d'un appui vital en lui indiquant des zones potentiellement favorables à l'or sur leurs parcelles.

- **Le chef de chantier ou chef des opérations**

C'est le représentant de l'opérateur économique sur le chantier. Pour le compte de celui-ci, il organise toute la chaîne allant de la prospection à la production de l'or. Il tient ce rôle de par son expérience de l'or acquise aussi bien en Côte d'Ivoire que dans la sous-région. Il recrute la main d'œuvre, fournit les équipements, s'assure de la bonne exécution des méthodes de production de l'or, supervise l'achat de l'or produit et reverse la paie des travailleurs.

- **L'équipe de terrain**

La prospection mobilise trois à quatre personnes sur le terrain. Deux ou trois personnes assignées au fonçage des puits tests et les autres lavent les horizons traversés. L'exploitation mobilise une équipe d'environ huit personnes, travaillant à la chaîne, en deux groupes différents :

- Le premier groupe est constitué de trois à quatre personnes ; ce sont des hommes, chargés de creuser la fosse et à faire ressortir le minerai à l'aide d'une pelle. C'est la tâche harassante de l'activité d'exploitation artisanale de l'or.

- Le deuxième groupe composé de quatre hommes et deux voire trois femmes est chargé de laver et récupérer l'or.

4.2 Techniques minières artisanales pratiquées à Doumbiadougou

Elle commence par la prospection, puis se poursuit par la production d'or et s'achève par la vente du métal.

4.2.1 Technique artisanale de prospection

Elle commence par l'identification des sites potentiellement minéralisés notamment grâce à certains indicateurs de présence d'or. A Doumbiadougou, les bas-fonds sont la première cible surtout s'ils sont marqués par des plantes, tels que *Raphia approximata* et *Celtis africana* également connu comme le bois de fourche (Fig. 2). Les veines de quartz sont la seconde cible. L'ouverture des puits tests ou puits de prospection (Fig. 3) de volume d'environ 1m³ est réalisé par l'équipe de terrain afin d'extraire le minerai (sédiments) par le biais de certains outils tels que les pioches et pelles. Elle se fait en trois jours au cours desquels le lavage de chaque couche de sédiments est systématique afin d'en évaluer le contenu métallifère. Lorsque qu'un puits rentable est obtenu, il s'en suit des accords signés devant les autorités villageoises ce qui donne droit à la production. Dans le cas échéant, le site est abandonné. Une quantité de trente grammes d'or a été obtenue dans l'un des puits tests à Doumbiadougou, ce qui donna lieu à la ruée vers l'or que l'on observe.

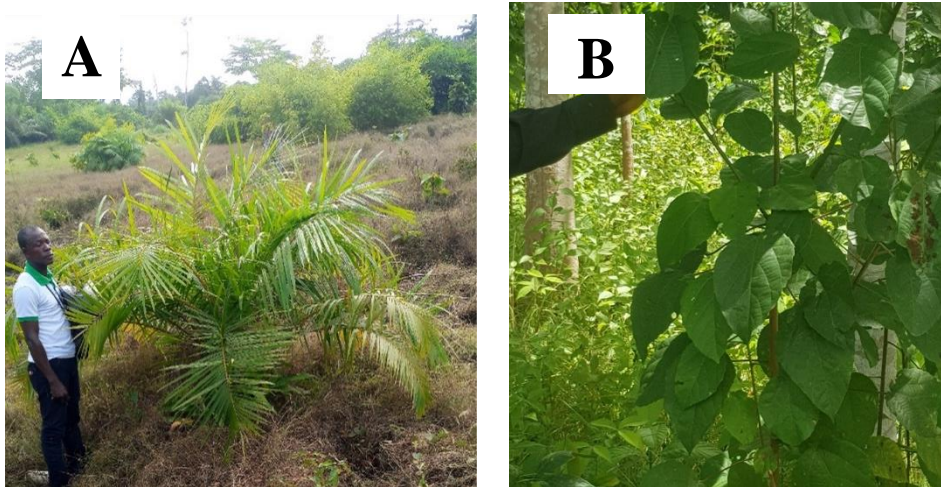


Figure 2 .Indicateurs biologiques de présence d'or à Doumbiadougou.

A : *Raphia approximata* ; B : *Celtis africana* ou bois de fourche



Figure 3. Aperçu d'un puits de prospection réalisé à Doumbiadougou.

4.2.2 Exploitation

L'exploitation se fait en deux phases : l'extraction du minerai et le traitement.

- Extraction du minerai

Pour extraire le minerai, les orpailleurs creusent des fosses de grande dimension pouvant varier de 16m^3 (4m de longueur, 2m de largeur et une profondeur atteignant 1,80m voire 2m) à 20m^3 appelées puits de production, contrairement aux puits de prospection qui sont de dimension beaucoup plus réduite. Les hommes qui ont la charge de creuser entassent le stérile d'un côté de la fosse puis lorsqu'ils atteignent le banc minéralisé, les sédiments de celui-ci sont déposés dans le côté opposé au stérile dans le but de le distinguer du minerai. L'eau présente dans la fosse est drainée par des motopompes installées dans la fosse. Le minerai est lavé sur place par des femmes par la technique de la batée.

- Traitement ou préparation

Les techniques utilisées sur le site pour traiter le minerai d'or sont : le lavage à la batée, le lavage au sluice et la récupération au mercure.

- Technique de la batée

Elle se fait en lavant le minerai à l'aide d'une calebasse ou une cuvette (Fig. 4A et 4B). L'élimination des particules selon leur taille de diamètre est réalisée par tamisage dans une retenue d'eau. Pendant le lavage, il se forme, dans un premier temps, un mélange de sables et d'or. Puis, en laminant successivement la matière stérile ou gangue, on obtient des particules d'or.

- Lavage au sluice

Ce type de lavage est effectué à l'aide d'un sluice communément appelé « pirogue » (Fig. 4A). Le sluice est un instrument en bois garni d'un tapis velu qui permet de piéger les particules d'or contenu dans le minerai. Le minerai constitué de sédiments est répandu dans le sluice. Ensuite, on y ajoute

de l'eau pour séparer la fraction argileuse de l'or. L'argile est drainée et rejetée tandis que le minerai riche en or est retenu dans le tapis.

- **Récupération au mercure**

Le minerai issu du lavage au sluice ou de la batée est additionné de mercure. Il se forme un amalgame mercure-or qui est ensuite chauffé à l'aide d'un chalumeau (Fig. 4C) pour permettre au mercure de s'évaporer et de disposer de l'or qui est ensuite pesé grâce à une balance numérique..



Figure 4.Techniques de traitement du minerai
A : Lavage au sluice ; B : Lavage à la batée ; C : Récupération au mercureaa

4.3- Evaluations des techniques minières artisanales de Doumbiadougou

4.3.1- Evaluation gîtologique

La production de l'or à Doumbiadougou se fait dans les bas-fonds et sur les collines mitoyennes. Dans les bas-fonds, l'or est lié aux sédiments et se trouve à une profondeur d'environ 2m. Ce type de minéralisation secondaire est typique des gîtes alluvionnaires. Sur les collines, une épaisse carapace latéritique contient l'or au sein des micaschistes et des veines de quartz. Il s'agit ainsi de gîte filonien qui matérialise l'origine primaire de l'or à Doumbiadougou. Il découle qu'à Doumbiadougou, la minéralisation aurifère admet une double origine : primaire et secondaire.

4.3.3- Impacts environnementaux

Les déchets issus de l'exploitation artisanale de l'or affectent les ressources en eau et le sol.

4.3.3.1- Dégradation des ressources en eau

Les gîtes filoniens ainsi que ceux alluvionnaires mettent à disposition des sulfures qui amplifient le drainage acide minier. Aussi, le site d'orpaillage de Doumbiadougou étant situé dans un bas-fond, les eaux de surface ainsi que les eaux de profondeur sont exposées à une contamination au mercure qui est l'unique produit de traitement chimique des minerais utilisés sur le site (Fig. 5). En effet, les eaux usées ainsi que les boues générées par les activités d'orpaillage sont directement rejetées dans la nature. Toutefois, après des phénomènes pluvieux, les eaux usées et les boues déversées dans la nature sont drainées dans les eaux de surface ou s'infiltrent dans le sol. En plus de cette contamination, s'ajoute le ruissellement de boues, stériles et résidus de traitement ainsi que le lavage direct de minerais dans les eaux naturelles.

4.3.3.1-Dégradation et contamination des sols

Les sols du site d'activité artisanale d'or de Doumbiadougou sont exposés à la pollution des déchets miniers tels que les eaux usées, les stériles et les résidus de traitement (Fig. 5). Les eaux usées, par infiltration dans le sol, entraînent avec elles des polluants dont le mercure. Aussi, l'épandage des stériles et des résidus de traitement sur le sol modifie ses propriétés physico-chimiques et par conséquent le rend défavorable aux pratiques agricoles. Surtout que l'activité dans les bas-fonds se pratique en saison sèche ou les travaux champêtres ont baissé en intensité. A cela, nous pouvons évoquer les emplois générés par la filière et le développement du petit commerce dans la zone d'exploitation artisanale clandestine de l'or. Toutefois, le caractère illégal de cette exploitation ouvre sur bien plus d'impacts. Les impacts négatifs de l'exploitation artisanale de l'or au niveau de Doumbiadougou sont observables

sur les équilibres sociaux, la santé et la sécurité des acteurs au travail. La perturbation de l'équilibre social local avec de régulières tensions intercommunautaires est due au fait que certains propriétaires terriens refusent de céder leurs parcelles, ce qui a conduit à la fermeture d'un des sites. Les observations de terrain montrent que cette activité est de nature à affecter de façon négative la vie et la santé des orpailleurs et celle des populations riveraines pour plusieurs raisons ; en effet, l'exploitation artisanale de l'or, telle qu'elle se fait à Doumbiadougou semble à la fois dangereuse et pénible par l'absence de règles élémentaires de sécurité et d'hygiène sur les sites d'orpaillage : l'environnement des sites d'orpaillage se caractérise par la précarité des conditions de travail (absence de matériel de protection individuel) et l'utilisation de produits hautement toxiques, tels que le mercure. L'amenuisement des terres et des superficies d'exploitation agricole ; en effet, en exerçant cette activité aussi bien dans les jachères que dans les plantations en exploitation, les orpailleurs réduisent les disponibilités de terres cultivables et la viabilité des exploitations agricoles.

5- Discussion

La présente étude a permis d'identifier les différents acteurs intervenant dans l'activité minière à Doumbiadougou, ainsi que la description des techniques et méthodes de prospection et d'exploitation artisanale de l'or et les impacts socioéconomiques et environnementaux liés à celle-ci.

A Doumbiadougou, les acteurs participant à l'exploitation artisanale de l'or sont le chef de chantier, les propriétaires terriens et les orpailleurs. Ils constituent les acteurs clés de l'orpaillage. En effet, le chef de chantier a pour rôle la gestion du site d'orpaillage afin de créer des conditions d'exploitation viable, ensuite viennent les propriétaires terriens qui gèrent les autorisations foncières et enfin les orpailleurs qui sont en charge de la prospection et l'exploitation artisanale de l'or. Cette organisation s'observe sur le site d'orpaillage de Yaouré (Goh, 2016).

La prospection artisanale de l'or à Doumbiadougou est basée sur l'identification des sites potentiellement minéralisées par le biais de certains indicateurs de présence d'or notamment le *Raphia approximata* et *Celtis africana*. Ces végétaux sont dotés d'un système racinaire très dense qui joue en quelque sorte le rôle de capteur ou de piège, ce qui favorise, lors du transport des sédiments par l'eau une accumulation des sédiments très souvent minéralisés autours de ces végétaux, accumulation aidée par la densité des métaux. Par la suite des puits tests sont creusés suivi d'un lavage de prospection à la batée afin d'évaluer la teneur de l'or. Cette manière de vérifier le potentiel métallifère des puits de prospection est la méthode utilisée dans le domaine de la prospection artisanale de l'or surtout lorsqu'il s'agit d'un gîte

alluvionnaire comme c'est le cas des minerais exploités dans les bas-fonds de Doumbiadougou.

Figure 5. Dégradation du sol et des ressources en eau sur les sites d'activités artisanales de Doumbiadougou

A à C : Puits béants, cultures et forêts dégradées et transport des minerais par les femmes

D : Drainage acide minier dans une carrière d'exploitation



Ce type de minerai est exploité sur la majorité des sites d'exploitations artisanales de l'or en Afrique de l'ouest (ONUDI, 2009 ; Jacques, 2001 ; Keïta, 2001). L'or contenu dans les alluvions est récupéré soit avec des produits chimiques ou sans produits chimiques. Le produit chimique utilisé par les orpailleurs sur le site est uniquement le mercure. En fait, le mercure est le produit le plus accessible à tous les orpailleurs car il est moins coûteux (deux mille francs cfa pour un volume équivalent au remplissage du capuchon du stylo à bille). De plus, il est facile à manipuler comparativement aux autres produits chimiques (Kouadio, 2012). La récupération de l'or sans produit chimique, elle se fait par lavage au sluice et/ou à la batée. Pour ce qui concerne les impacts liés à l'exploitation artisanale de l'or à Doumbiadougou, nous avons observé des impacts environnementaux principalement. Au niveau des impacts socio-économiques, on distingue les impacts positifs qui sont les gains financiers perçus par les propriétaires terriens dont les droits d'accès à la terre et la quote-part perçue de la vente de l'or produit sur leur parcelle, en contrepartie de la cession de leur patrimoine foncier à des fins d'orpaillage. Ensuite il y a les emplois générés par la filière notamment le creusage des puits ou fosse, le lavage du minerai, la gestion du chantier et enfin le développement du petit commerce dans la zone d'exploitation artisanale clandestine de l'or, dont la nourriture essentiellement. Concernant les impacts négatifs nous avons mis en exergue les impacts relatifs aux équilibres sociaux et communautaires, à l'économie locale, la santé et la sécurité des acteurs au travail. Ces mêmes impacts, que ce soit au niveau positif ou négatif ont été observés sur le site d'orpaillage de Yaouré (Goh, 2016).

Au niveau environnemental, l'exploitation artisanale de l'or a pour effet néfaste, la dégradation et la contamination des ressources en eau et sol. Elle accentue le drainage minier acide. En outre, les eaux usées, le mercure ainsi que les boues générées par l'activité d'orpaillage directement rejetées dans la nature contribuent fortement non seulement à la pollution des eaux de surface et souterraine mais modifie les propriétés physiques et chimiques du sol, le rendant quasi-permanemment défavorable aux pratiques agricoles. En outre, le déversement des boues de traitement dans les eaux de surface et l'utilisation du mercure peut conduire à la dégradation de ces milieux comme c'est le cas à Akissi so et Agbalé dans la zone de Hiré (Koffi, 2015 ; Bamba, 2012 ; Ouattara et Coulibaly, 2013). Les mêmes phénomènes sont observés sur les autres sites d'orpaillage tels que ceux de Yaouré, Angovia (Goh, 2016) et de Katiola (Koné, 2014). Ce dernier auteur a observé de fortes teneurs en ETM dans les sédiments et l'eau de la rivière (Nabion) dues à l'utilisation du mercure sur les sites d'exploitation artisanale d'or.

Sur ces sites, les produits chimiques utilisés pour le traitement des minerais comprennent le mercure mais aussi le cyanure, l'acide sulfurique et nitrique, qui font partie des polluants qui dégradent l'environnement. Selon

Gold, 2002, l'utilisation de ces produits chimiques serait la cause de la disparition de certaines espèces animales et / ou végétales, entraînant par conséquent, la dysfonctionnement de la chaînes trophique.

Conclusion

Au terme de cette étude, l'on retient que la prospection artisanale de l'or se fait grâce à des indicateurs de présence d'or notamment le raphia et le bois de fourche, puis la réalisation de puits de prospection pour évaluer la présence d'or. Les minerais exploités à Doumbiadougou sont issus de deux types de gîte : alluvionnaire et filonien. Les méthodes employées pour le traitement du minerai sont la technique de la batée et le lavage au sluice bien évidemment après une phase de pulvérisation dans le cas du minerai filonien. La récupération du métal jaune se fait après amalgamation au mercure. Par conséquent, on observe en terme d'impact environnemental, un drainage acide minier important, une dégradation des ressources en eau et des sols ainsi que leur contamination. Cela ouvre sur les impacts socio-économiques dont quelques aspects "positifs": d'abord une diversification des revenus notamment par les gains financiers perçus par les propriétaires terriens par le biais des droits d'accès à la terre et la quote-part perçue de la vente de l'or produit sur leur parcelle, ensuite la génération d'emplois notamment pour le fonçage des puits ou fosse, le lavage du minerai, la gestion du chantier et enfin le développement des petits commerces sur le site d'orpaillage. Enfin, la gestion inclusive des problèmes fonciers afin d'éviter les conflits. Les aspects négatifs sont légion : en premier lieu, une fragilisation des équilibres sociaux et communautaires se manifestant par la perturbation de l'équilibre social avec des risques réguliers de tensions intercommunautaires. En second lieu, il y a le développement des problèmes de santé et de sécurité liés au travail des orpailleurs dû à l'absence de règles élémentaires de sécurité et d'hygiène sur le site d'orpaillage.

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude au chef du village de Doumbiadougou ainsi qu'aux acteurs des sites d'exploitation artisanales pour avoir facilité l'accès et surtout la réalisation des travaux de terrain. Les remerciements vont également à l'endroit de messieurs Méhi Yves Arsène Ali et Koffi Olivier Kanga pour leurs actives participations à la phase de terrain. Enfin, nous remercions les évaluateurs anonymes qui ont contribué par leurs critiques à améliorer le manuscrit.

References:

1. Bamba Y. (2012). Evaluation des impacts de l'exploitation de la mine d'or de Bonikro sur les ressources en eau. Mémoire de Master, Institut

- International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Ouagadougou, Burkina Faso, 44 p.
2. Camil J. (1984). Pétrographie, chronologie des ensembles archéens et formations associées de la région de Man (Côte d'Ivoire). Implications pour l'histoire géologique du craton ouest africain. Thèse de Doctorat, ès Sci.Uni. d'Abidjan, Côte d'Ivoire, 306 p.
 3. Conseil Régional du Guémon (2017). Rapport interne, 30p.
 4. Coulibaly S. L., Zahui F. M., Mangoua-Allali L. C., Chérif A., Coulibaly L. (2021). Artisanal mining practice and physical impacts on the environment in the Ity-Floleu gold region, Côte d'Ivoire. International journal of environment and climate change, 11 (11) : 17-31.
 5. Djro S. C. (1998). Evolutions tectono-métamorphiques des gneiss granulitiques archéens du secteur de Biankouma-Touba (Nord-Ouest de la Côte-d'Ivoire), Thèse d'Etat, Université d'Abidjan, Côte d'Ivoire, 171p.
 6. Goh D. (2016). L'exploitation artisanale de l'or en Côte d'ivoire : la persistance d'une activité illégale. European Scientific Journal, 12 (3) : 18-36.
 7. Gold C. (2002). Etude des effets de pollution métallique (Cd/Zn) sur la structure des communautés de Diatomées périphtiques des cours d'eau. Approches expérimentales in situ et en laboratoire. Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux, 175p.
 8. Jacques E. (2001). La mine artisanale en Afrique : aspects techniques et environnementaux, séminaire sur l'exploitation minière artisanale, Ouagadougou, Burkina Faso, du 01 au 03 Décembre 2000, CIFEG Publication 2001/37, 87-93.
 9. Keïta S. (2001). Etude sur les mines artisanales et les exploitations minières à petite échelle au Mali. Rapport MMSD N° 80, 54 p.
 10. Koffi D. (2015). Impact de l'exploitation minière artisanale de l'or sur les eaux de surface à Hiré (Côte d'Ivoire). Mémoire de Master, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire, 73 p.
 11. Koffi G. R. S. (2020). Réévaluation géochimique et géochronologique des évènements orogéniques dans le domaine Archéen de la Côte d'Ivoire : implications dans la géodynamique du craton. Thèse unique, Sp. Pétrologie-Métallogénie, Univ. Félix HOUPOUET-BOIGNY, Abidjan, Côte d'Ivoire, 283 p.
 12. Koné M. (2014). Evaluation du niveau de contamination de la rivière « Nabion » par les ETM (Fe, Zn, Cu, Cd, Pb) issus des travaux de l'orpaillage dans le département de Katiola. Mémoire DEA en Sciences et Gestion de l'Environnement, option chimie, santé et Environnement, 69 p.

13. Kouadio N. (2012). Exploitation artisanale de l'or à Hiré. Rapport final Newcrest, 81 p.
14. Kouamelan A. N., Délor C., Peucat J. J. (1997). Geochronological evidence for reworking of Archean terrains during the Early Proterozoic (2.1 Ga) in the western Côte d'Ivoire (Man Rise-West African Craton). *Precambrian Research*, 86, 177-199.
15. Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). 2018. L'or à la croisée des chemins : Etude d'évaluation des chaînes d'approvisionnement en or produit au Burkina Faso, au Mali et au Niger.
16. ONUDI (2009). Atelier sous-région d'information des pays de l'Afrique de l'Ouest francophone sur les problèmes liés à l'orpaillage. Rapport de synthèse, 34 p
17. Ouattara Z. and Coulibaly Y. (2013). Impacts of the small miners in the Oumé – Hiré gold district, Fettekro Greenstone belt, Côte d'Ivoire. 3rd GIRAF Workshop, 23 – 27 September, Accra, Ghana.
18. SODEMI (1967). Feuille de Guiglo issue de la carte géologique de la Côte d'Ivoire au 1/200 000, édition provisoire.
19. Tabaud A. S., Trap P., Marquer D., Durand C., Lescuyer J. L., Furic R. (2015). New insight on the magmatic and tectono-metamorphic evolution of the Paleoproterozoic gold-bearing Toulépleu-Ity district (SW Côte d'Ivoire). 13th SGA Biennial meeting 2015. Proceedings, Vol 4, pp. 1667-1670.
20. Tagini B. (1971). Esquisse structurale de la Côte d'Ivoire. Essai de géotectonique régionale. Thèse doctorat, Lausanne (Suisse), Univ., Fac. Des Sc., et SODEMI, Abidjan, 302p.
21. World Gold Council (2015). Gold demand trends full year 2014. GFMS, 100p
22. Yacé I. (1976). Le volcanisme Eburnéen dans les parties centrale et méridionale de la chaîne Précambrienne de Fettekro en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sce Nat. Univ Abidjan, 373 p.
23. Yapi Y.H.A., Dongui B.K., Trokourey A., Barima Y. S. S., Essis Y. & Atheba P. (2014). Evaluation de la pollution métallique des eaux souterraines et de surface dans un environnement minier aurifère à Hiré (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological Chemistry Science*, 8 (3) : 1281-1289.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Connaissances et Pratiques des Pharmaciens et Auxiliaires des Officines de Pharmacie de la Ville de Parakou Face aux Topiques Auriculaires en 2021

Fatiou Alabi Bouraïma

Maitre-Assistant, Faculté de Médecine, Université de Parakou, Benin

Appolinaire Koukouroum

Faculté de Médecine, Université de Parakou, Benin

Samaké Djibril

Centre de Santé de Référence de la Commune V de Bamako, Mali

Alexis do Santos

François Avakoudjo

Faculté des Sciences de la Santé, Université d'Abomey Calavi, Benin

Marius Flatin

Spéro Raoul Hounkpatin

Faculté de Médecine, Université de Parakou, Benin

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n36p294](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p294)

Submitted: 19 September 2022

Accepted: 17 November 2022

Published: 30 November 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Bouraïma F.A., Koukouroum A., Djibril S., Do Santos A., Avakoudjo F., Flatin M. & Hounkpatin S.R. (2022). *Connaissances et Pratiques des Pharmaciens et Auxiliaires des Officines de Pharmacie de la Ville de Parakou Face aux Topiques Auriculaires en 2021*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (36), 294.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n36p294>

Resume

Introduction : Les topiques auriculaires (TA) sont très utilisés dans le monde en raison de leur remarquable efficacité. L'objectif de cette étude était d'évaluer les connaissances et pratiques des pharmaciens et auxiliaires des officines de pharmacie de la ville de Parakou face aux topiques auriculaires en 2021. **Méthode :** Il s'est agi d'une étude transversale à visée descriptive et analytique portant sur les pharmaciens et auxiliaires des 19 officines de la ville de Parakou. Les données ont été collectées à l'aide d'une fiche d'enquête du 8 Avril 2021 au 8 Juillet 2021. **Résultats :** Sur les 129 sujets colligés, les auxiliaires représentaient 86,05% des enquêtés et les pharmaciens (13,95%). La sex-ratio était de 0,32 avec une prédominance féminine. L'âge moyen était

de 31,78 ans \pm 8,52ans. Près de la moitié des enquêtés avaient en majorité moins de 5 ans d'ancienneté (49,61%). La majorité des enquêtés (66,67%) avaient reçu leurs connaissances sur les topiques auriculaires lors de leur formation de base. Les gouttes auriculaires étaient la forme galénique connue de tous (100%). Les antibiotiques étaient la classe thérapeutique la plus connue (97,64 %). Seuls 11,62% des enquêtés avaient une bonne connaissance des topiques auriculaires. Le bon niveau était significativement plus retrouvé chez les pharmaciens comparativement aux auxiliaires de pharmacie ($p=0,004$). Les topiques auriculaires étaient délivrés hors prescription médicale dans 97,67% des cas. L'automédication représentait 89,92% selon les enquêtés. En cas d'automédication, l'intégrité des tympons n'était pas vérifiée dans 92,80% des cas. La pratique adéquate était retrouvée chez 40,31% des enquêtés. **Conclusion :** Cette étude a montré que le niveau de connaissance du personnel de pharmacie sur les topiques auriculaires est insuffisant mais la pratique est adéquate chez 40% des enquêtés. Des mesures d'information et de sensibilisation sur les topiques auriculaires sont à envisager pour améliorer les niveaux de connaissance et de pratique des pharmaciens et auxiliaires des officines de pharmacie de la ville de Parakou sur les topiques auriculaires.

Mots-clés: Connaissances, pratiques, topiques auriculaires, pharmacie, Parakou

Knowledge and Practices of Pharmacists and Associate Pharmacists on Topical Ear Medication in Pharmacies of Parakou City

Fatiou Alabi Bouraïma,

Faculty of Medicine, University of Parakou, Parakou, Benin

Appolinaire Koukouroum

Faculty of Medicine, University of Parakou, Parakou, Benin

Samaké Djibril,

Health center of Commune V, Bamako, Mali

Alexis do Santos

François Avakoudjo,

Faculty of Health Sciences, University of Abomey Calavi

Flatin Marius

Spero HR Hounkpatin,

Faculty of Medicine, University of Parakou, Parakou, Benin

Abstract

Introduction: Topical Ear Medication (TEM) is widely used around the world because of its remarkable efficacy. The goal of this study was to assess the knowledge and practices of pharmacists and associate pharmacists with regard to topical ear medication in Parakou city in 2021. **Method:** This was a descriptive and analytical cross-sectional study on pharmacists and their associates in the 19 pharmacies of Parakou city. Data were collected using a survey form from April 8, 2021 to July 8, 2021. **Results:** Out of 129 subjects collected, associate pharmacists represented 86.05% of respondents and pharmacists (13.95%). The sex ratio was 0.32 with a female predominance. The average age was 31.78 years \pm 8.52 years. Nearly half of the respondents had mostly less than 5 years of seniority (49.61%). The majority of respondents (66.67%) had received their knowledge on topical ear medication during their basic training. Ear drops were the dosage form known to everyone (100%). Antibiotics were the best known therapeutic class (97.64%). Only 11.62% of respondents had a good knowledge of topical ear medication. The good level was found significantly more among pharmacists compared to associate pharmacists ($p=0.004$). Topical ear medication was delivered without a medical prescription in 97.67% of cases. Self-medication accounted for 89.92% according to respondents. In case of self-medication, the integrity of eardrums was not checked in 92.80% of cases. Adequate practice was found in 40.31% of respondents. **Conclusion:** It appears from this study that the level of pharmacy staff knowledge on topical ear medication is insufficient but the

practice is adequate in 40% of respondents. Measures of sensibilisation should be taken to improve the level of knowledge and practice among pharmacists and their associates on topical ear medication in Parakou city.

Keywords: Knowledge, practices, topical ear medication, pharmacy, Parakou

Introduction

Les topiques auriculaires sont très utilisés dans le monde en raison de leur grande efficacité. Ils permettent des concentrations *in situ* infiniment supérieures à une administration par voie générale et leur coût est abordable. Il s'agit de préparations pharmaceutiques utilisées dans plusieurs affections de l'oreille (SFORL, 2001)

Toye *et al.* (2018) dans une étude sur l'automédication chez les patients en Oto-Rhino-Laryngologie (ORL) à Ido Ekiti (Nigéria) ont trouvé que 66% des patients s'étaient livrés à l'automédication avec les gouttes auriculaires. Les pharmacies étaient dans 42% des cas les principales sources d'approvisionnement (Toye, 2018). Au Centre Hospitalier Départemental du Borgou (CHUD-B) au Nord-Bénin, Hounkpatin *et al.* ont noté que l'automédication était pratiquée par 62,4% des consultants du service d'ORL et la pharmacie a été dans 59,1% des cas le principal fournisseur en médicaments (Hounkpatin, 2011). Ainsi, le lieu d'approvisionnement majeur en automédication des topiques auriculaires est l'officine de pharmacie. Cependant, le potentiel réel d'ototoxicité de ces topiques auriculaires n'est pas négligeable. De nombreuses gouttes auriculaires peuvent contenir des aminosides (gentamycine, néomycine), des anti-inflammatoires ou des antiseptiques (chlorexidine) toxiques pour l'oreille. Si ces produits parviennent à passer dans l'oreille interne, ils peuvent induire une surdité irréversible, accompagnée de vertiges. En raison du risque d'ototoxicité, certains topiques sont contre-indiqués en cas de perforation tympanique. Il en découle alors qu'ils ne devraient être utilisés qu'après vérification de l'état du tympan par un médecin (Ikeda, 1989).

L'objectif de cette étude était d'évaluer les connaissances et pratiques des pharmaciens et auxiliaires des officines de pharmacie de la ville de Parakou face aux topiques auriculaires en 2021 en vue d'identifier les insuffisances à leur niveau et de contribuer à la bonne délivrance et un meilleur usage des topiques auriculaires.

1. Méthodes

Cette étude s'est déroulée dans les 19 officines de pharmacie de la ville de Parakou. C'est la troisième ville à statut particulier du Bénin située à 407 km de Cotonou, la capitale économique du Bénin. Il s'est agi d'une étude transversale descriptive et analytique. L'enquête a été menée sur une période

allant du 8 avril au 8 juillet 2021 et concernait les pharmaciens et auxiliaires des officines de pharmacie de la ville de Parakou présents au moment de l'enquête. Les auxiliaires stagiaires, caissières, gestionnaires, préparateur et les gardiens des officines de pharmacie n'ont pas été inclus dans l'étude. Nous avons procédé à un recrutement exhaustif et le taux de participation était d'environ 96%. Les enquêtés étaient soumis à des questions dont le remplissage se faisait en leur présence.

La variable dépendante était une variable composite : connaissances, et pratiques des pharmaciens et auxiliaires des officines de pharmacie de la ville de Parakou face aux topiques auriculaires.

Le score total de bonnes réponses pour l'évaluation des niveaux de connaissances et de pratiques était respectivement égal à 9 et 32. En nous inspirant du modèle d'Essi (José, 2013), l'appréciation du niveau de connaissance a été faite en 4 niveaux. Ainsi le niveau de connaissance était mauvais si le score est moins de 50% de bonnes réponses ; insuffisant si le score est entre 50 et 65% de bonnes réponses ; moyen entre 65 et 70% de bonnes réponses et bon si le score est plus de 70% de bonnes réponses. L'appréciation du niveau de pratique a été établie en 3 niveaux : le niveau de pratique était néfaste si le score est moins de 50% de bonnes réponses ; inadéquat si le score est entre 50% et 70% de bonnes réponses ; adéquat si le score est plus de 70% de bonnes réponses.

Les variables indépendantes ont été : l'âge, le sexe, le niveau d'étude, la profession et l'ancienneté dans la profession

Les données recueillies ont été enregistrées avec le logiciel Epi-data 3.1 puis analysées avec le logiciel Epi info 7.2. Le test de χ^2 a été utilisé pour la comparaison des proportions. Les valeurs de p inférieur à 5% ont été considérées comme statistiquement significatives pour toutes les comparaisons.

2. Résultats

2.1 Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés

Durant la période d'étude, 129 sujets ont été colligés dont 111 auxiliaires en pharmacie (86,05%) et 18 pharmaciens (13,95%). La majorité (75,19%) des enquêtés étaient de sexe féminin et 24,81% de sexe masculin avec une sex-ratio de 0,32. L'âge moyen était de 31,78 ans ($\pm 8,52$) ans avec les extrêmes de 18 ans et 65 ans. La tranche d'âge la plus représentée était celle comprise entre 25 et 35 ans dans une proportion de 57,36%. Les enquêtés avec un niveau d'étude secondaire étaient majoritaires (75,19%) et ceux ayant un niveau d'étude universitaire et primaire représentaient respectivement 23,26% et 01,55% de l'effectif. La durée moyenne de l'ancienneté de la profession était de 7,18 ans ($\pm 5,59$) ans avec les extrêmes de 1an et 28 ans. Les enquêtés ayant moins de 5 ans

d'ancienneté étaient majoritaires et représentaient 49,61% de l'effectif comme le décrit le tableau I.

Tableau I. Répartition des pharmaciens et auxiliaires des officines de pharmacie de Parakou selon leur ancienneté dans la profession en 2021 (N=129).

| | Effectif (n) | Pourcentage (%) |
|--------------|--------------|-----------------|
| [1-5 ans [| 64 | 49,61 |
| [5-10 ans [| 37 | 28,68 |
| [10-15 ans [| 20 | 15,50 |
| [15-20 ans [| 3 | 2,33 |
| [20-28 ans] | 5 | 3,88 |

2.2. Evaluation des connaissances des pharmaciens et auxiliaires des officines de pharmacie de la ville de Parakou

Les pharmaciens et auxiliaires des officines de pharmacie avaient reçu leurs connaissances sur les topiques auriculaires dans 66,67% des cas lors de leur formation professionnelle. Le reste avait appris par internet (13,18%) et expérience officinale (13,18%). Tous les pharmaciens et auxiliaires des officines de pharmacie de la ville de Parakou connaissaient les gouttes auriculaires. Les autres formes galéniques connues des enquêtés étaient la pommade dans 16,3% des cas, les poudres (11,6%) et le spray dans 11,63% des cas. Parmi les différents types de topiques auriculaires, les antibiotiques étaient la classe thérapeutique la plus connue avec une proportion de 97,64 %, suivi des antalgiques (91%), et les céruminolytiques (67,7%). Concernant la connaissance des indications des topiques auriculaires, l'otalgie était l'indication la plus connue des topiques auriculaires chez 94,57% de l'effectif. Les enquêtés connaissaient les autres indications à type d'otorrhée dans 82% des cas, bouchon de cérumen (85%). Une minorité des enquêtés (3,10%) n'ont aucune connaissance des indications. Les contre- indications liées aux topiques auriculaires à base de corticoïde étaient méconnues par 95,79% des pharmaciens et auxiliaires des officines de pharmacie. Parmi les modalités d'utilisation des gouttes auriculaires : Rester couché (enfant) ou pencher la tête du côté opposé à l'oreille malade (adulte) pendant 5 à 10 min après l'instillation était la modalité d'utilisation des gouttes auriculaires connue par 93,02% des enquêtés. Dans cette série, 117 sujets soit 92,13% déclaraient connaître la posologie des gouttes auriculaires. Concernant les posologies conseillées aux adultes par les pharmaciens et auxiliaires 15,97% étaient adaptées. Les posologies inadéquates représentaient 84,03% des réponses. Quant à celles conseillées aux enfants 7,56% étaient adaptées et 92,44% étaient inadéquates. L'acouphène était l'effet secondaire le plus connu des pharmaciens et auxiliaires des officines de pharmacie de la ville de Parakou (57,53%) suivis du prurit auriculaire (75,70%) et des céphalées (65,42%).

Le score global de connaissance variait entre 8/32 et 26/32. Au sein de l'échantillon, 15(11,62%) des enquêtés avaient un niveau 4 (bon niveau de connaissance) comme l'indique la figure 1 suivante :

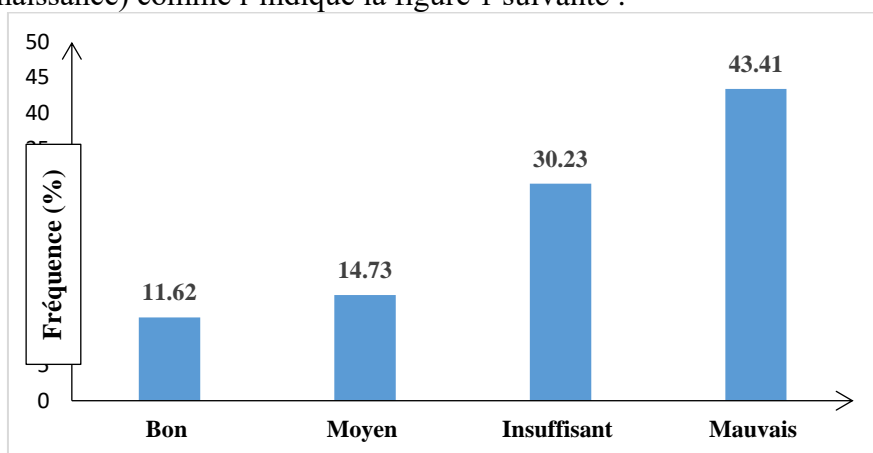


Figure 1. Répartition des pharmaciens et auxiliaires des officines de pharmacie de la ville de Parakou selon leurs niveaux de connaissance face aux topiques auriculaires en 2021.

2. 3. Evaluation des pratiques des pharmaciens et auxiliaires des officines de pharmacie de la ville de Parakou

Selon les enquêtés, les topiques auriculaires hors prescription médicale étaient délivrés par automédication dans 89,92% selon l'équipe de pharmacie et sur conseil de l'auxiliaire de pharmacie dans 79,07% des cas. En cas d'automédication, la concordance des signes avec le topique auriculaire demandé était vérifiée par les enquêtés dans 64,80% des cas. Dans 35,2% des cas, le topique auriculaire demandé était directement servi sans rechercher la concordance des symptômes otologiques. L'état des tympons n'était pas vérifié par les enquêtés dans 92,80% de leur effectif en cas d'automédication. Les enquêtés cherchaient à vérifier l'intégrité du tympan à l'œil nu ou au moyen d'une lampe torche dans 7,20% des cas.

Les conseils portant sur l'apparition des effets secondaires des topiques auriculaires étaient précisés dans 24,03% cas. Après délivrance des topiques auriculaires, la majorité (75,97%) des enquêtés ne prodiguaient pas de conseils liés aux effets secondaires des gouttes auriculaires. En cas de survenue des effets secondaires les enquêtés incitaient le client à consulter un médecin dans 87,60% des cas. Mais au préalable, dans 58,14% des cas l'utilisation du topique auriculaire était stoppée. Dans 75,96 % des cas, l'avis d'un médecin était demandé via le contact téléphonique.

A propos des pratiques, le score global variait entre 3/9 et 7/9. Au sein de l'échantillon, 52 enquêtés (40,31%) avaient des pratiques adéquates. La figure 2 suivante présente les niveaux de pratiques du personnel des officines de pharmacie de la ville de Parakou face aux topiques auriculaires.

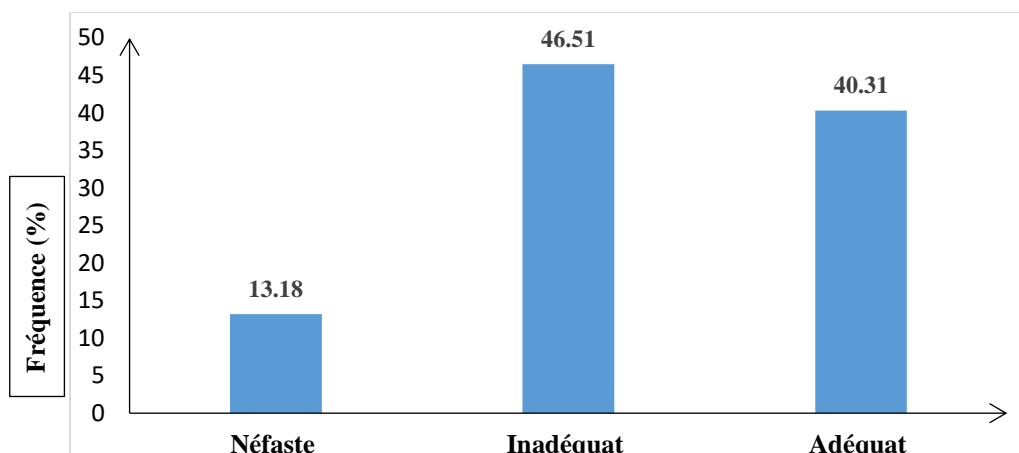


Figure 2. Répartition des pharmaciens et auxiliaires des officines de pharmacie de la ville de Parakou selon leurs niveaux de pratiques face aux topiques auriculaires.

2.4. Facteurs associés aux bons niveaux de connaissances et de pratiques

La relation existant entre le bon niveau de connaissance et le niveau d’instruction des enquêtés était significativement liée ($p=0,001$). Elle était en corrélation avec l’ancienneté de la profession ($p < 0,001$). Le bon niveau de connaissance des enquêtés était lié de façon significative aux deux types de profession de pharmacie ($p=0,004$) comme l’indique le tableau II suivant.

Tableau II. Répartition des enquêtés selon le bon niveau de connaissances sur les topiques auriculaires en fonction des facteurs sociodémographiques en 2021 (N=129)

| | Total (N) | Bonne Connaissance | | Rp | IC _{95%} | p-value |
|--|--------------|-----------------------|-------|-------|-------------------|---------|
| | | n | % | | | |
| Niveau d’instruction | | | | | | 0,001* |
| Universitaire | 30 | 12 | 40,00 | 2,88 | 5,35-8,54 | |
| Secondaire | 97 | 3 | 3,09 | 1 | | |
| Primaire | 2 | 0 | 0,00 | 0,00 | - | |
| Profession | | | | | | 0,004* |
| Pharmacien | 18 | 9 | 50,00 | 17,50 | 5,07-60,30 | |
| Auxiliaire pharmacie | 111 | 6 | 5,41 | 1 | | |
| Ancienneté dans la profession | | | | | | <0,001* |
| [1-5 ans] | 64 | 2 | 3,15 | 1 | | |
| [6-10 ans] | 37 | 0 | 0,00 | 0,00 | - | |
| [11-15 ans] | 20 | 8 | 40,00 | 10,00 | 2,59-38,61 | |
| [16-20 ans] | 3 | 1 | 33,33 | 7,50 | 0,55-101,49 | |
| [21-28 ans] | 5 | 4 | 80,00 | 6,00 | 5,36-6,58 | |

*Présence d’un lien significatif entre la variable et le bon niveau de connaissance.

IC_{95%} = Intervalle de confiance à 95%

La relation existant entre la pratique adéquate et le niveau d'instruction des enquêtés était significativement liée ($p=0,003$). Elle n'était pas en corrélation avec l'ancienneté de la profession ($p=0,510$)

3. Discussion

3.1. Caractéristiques sociodémographiques

Dans cette étude, une prédominance féminine (75,19%) a été notée avec une sex-ratio de 0,32. Selon l'étude menée par Ganfon *et al.* sur les connaissances et pratiques de la prise en charge du paludisme par le personnel des pharmacies privées de cinq grandes villes du Bénin, du Burkina Faso, du Mali en 2014, la sex-ratio au Mali était de 2,66 au Burkina Faso 01,37 et au Bénin 0,53 (Ganfon *et al.*, 2017). Concernant le Bénin, ces résultats sont proches des nôtres. Par contre au Burkina Faso et au Mali, la tendance est inversée par le genre masculin. La prédominance féminine des pharmaciens et auxiliaires de pharmacies au Bénin serait due au fait que les femmes soient plus accueillantes et sont donc relativement plus recrutées.

La tranche d'âge la plus représentée dans cette étude était celle comprise entre 25 et 35 ans dans une proportion de 57,36%. Ce résultat est similaire à celui de Mbow *et al* (2019) sur les pharmacies privées dans l'offre de services de planification familiale au Sénégal qui montrait que la majorité du personnel avait moins de 40 ans (Mbow *et al*, 2019). Ainsi les sujets jeunes sont les plus nombreux au sein du personnel vu les exigences de ce travail.

Le niveau d'instruction des enquêtés était variable, ceux qui avaient un niveau secondaire étaient beaucoup plus représentés (75,19%) que ceux ayant un niveau primaire et supérieur. Les auxiliaires de pharmacie étaient fortement représentés dans une proportion de 86,05%. Le même constat a été fait dans l'étude de Mbow *et al.* dans laquelle les auxiliaires ont représenté 66,7% du personnel (Mbow *et al*, 2019). Près de la moitié des pharmaciens et auxiliaires de pharmacie (49,61%) avaient moins de 5 ans d'ancienneté. Ganfon *et al.* ont fait le même constat : plus de la moitié des dispensateurs avaient moins de 5 ans d'exercice dans la profession (Ganfon *et al*, 2017). Quant à Badoum *et al.* (2015) les pharmaciens d'officines qui avaient moins de 5 ans d'ancienneté étaient majoritaires dans une proportion de 45,7 % (Badoum *et al*, 2015).

3.2 Niveau de connaissances des pharmaciens et auxiliaires des officines de pharmacie face aux topiques auriculaires

Les sources de connaissances des topiques auriculaires des pharmaciens et auxiliaires étaient dans 70,49% des cas la formation professionnelle. Ces différentes sources d'informations pourraient être mieux organisées pour être véritablement à l'avantage du personnel de l'officine dans le cadre de la formation initiale et continue. Ces sources d'informations n'étant pas suffisantes, les pharmaciens en collaboration avec les spécialistes ORL

pourraient organiser des modules de formation continue et de recyclage pour améliorer la connaissance de l'ensemble du personnel. Les principales indications connues des enquêtés à propos des gouttes auriculaires étaient les otalgies (94,57% des cas) et les bouchons de cérumen (85%). Toye *et al.* (2018) ont noté que l'otalgie (23,4%) était la seconde indication liées à l'automédication aux gouttes auriculaires (Toye *et al.* 2018). Quant à Afolabi *et al.* l'otalgie était l'indication la plus fréquente (27%) des ototopiques en cas d'automédication (Afolabi *et al.* 2011). Cela s'expliquerait par le fait que les patients souffrant d'affections otologiques répondent assez rapidement à la douleur en essayant de trouver les moyens de la soulager. L'otalgie est un symptôme et peut être le signe d'appel d'une affection de l'oreille, mais aussi une otalgie réflexe d'une affection pharyngée, buccale et dentaire. Ainsi devant une otalgie, l'attitude du personnel de pharmacie devrait donc être de conseiller un traitement antalgique (paracétamol) puis orienter le client vers un médecin ORL.

En effet, les gouttes auriculaires associant les antibiotiques et corticoïdes sont indiquées dans le traitement local des otites externes d'origine bactérienne. La majorité des enquêtés de cette étude méconnaissaient les contre indications liées aux topiques auriculaires à base de corticoïde. Par mesure de précaution, il faut s'assurer de l'intégrité tympanique avant toute administration. En cas de lésion tympanique, l'administration intra-auriculaire risque de mettre en contact le produit avec les structures de l'oreille moyenne et d'être à l'origine d'effets indésirables à leur niveau. Des posologies inadaptées étaient conseillées aux adultes par la plupart des enquêtés (84,03%). Quant aux posologies des gouttes auriculaires conseillées aux enfants 92,44% étaient inadaptées. Cette méconnaissance des posologies des gouttes auriculaires pourrait avoir un impact négatif (chronicité) sur les affections auriculaires incriminées et induire une erreur thérapeutique au cours de la médication officinale et de l'automédication. En 2011, Hounkpatin *et al* ont noté une proportion de posologie inadaptée à 68,97% concernant les patients ayant pratiqué l'automédication en ORL dans le Centre Hospitalier Départemental du Borgou à Parakou (Hounkpatin *et al* 2011).

L'usage des gouttes auriculaires n'est pas sans effet secondaire inhérent. Concernant les effets secondaires, l'acouphène était le mieux connu (18,08%). La surdité et les vertiges étaient connus respectivement par 12,42% et 11,32% des enquêtés. Les traitements locaux sont susceptibles d'induire une réaction d'intolérance cutanée au niveau du méat acoustique externe et de l'auricule au même titre que les autres territoires cutanés (Hillen *et al.*, 2000). Des études expérimentales ont été réalisées chez le cobaye et le chinchilla, utilisant les solvants de gouttes auriculaires, acide acétique (Hillen *et al.*, 2000) et propylène glycol (Van Ginkel *et al.*, 1995). Ces études ont conclu à la toxicité de ces deux composés à la fois sur la membrane tympanique et l'oreille

moyenne, et sur l'oreille interne (diminution du potentiel endocochléaire). Les topiques auriculaires ototoxiques peuvent détruire les cellules sensorielles de l'organe de Corti ou de l'organe vestibulaire, la strie vasculaire ou le nerf auditif. Cela va entraîner une surdité parfois irréversible, des vertiges et des acouphènes. Ces produits notamment les aminosides et polymyxines sont contre-indiqués en cas de perforation du tympan (Hounsa *et al*, 2010). Il est nécessaire que ces informations soient portées à la connaissance de tout le personnel des officines de pharmacie de Parakou afin de protéger l'audition des patients souffrant d'affections auriculaires.

Globalement, les enquêtés avaient une mauvaise connaissance des topiques auriculaires dans 40,41% des cas. Ainsi, pour améliorer le niveau des connaissances, et en attendant l'organisation pratique de formations continues et/ou de recyclage collectif, l'autoformation du personnel des officines de pharmacie et en l'occurrence des auxiliaires de pharmacie doit être encouragée car pour jouer un rôle d'informateur, d'éducateur, de communicateur, il faut être bien informé.

3.3 Niveau de pratiques des enquêtés face aux topiques auriculaires

Dans cette étude, la pratique des pharmaciens et des auxiliaires de pharmacie de la ville de Parakou était adéquate dans 40,31%. Elle était inadéquate chez 46,51% et néfaste chez 13,18% des enquêtés. En l'absence de prescription médicale, les topiques auriculaires étaient acquis sur conseil de l'auxiliaire de pharmacie dans 79,07% et d'autre part par automédication dans 89,92%. Hounsa *et al*. dans leur étude sur l'automédication par les antibiotiques provenant des pharmacies privées de la ville d'Abidjan en Côte d'Ivoire notait qu'en dehors du mode d'acquisition par ordonnance, les antibiotiques étaient acquis pour les adultes sur conseils dans 12,2% et par automédication dans 24,3% (Hounsa *et al*, 2010). En effet les auxiliaires de pharmacie non qualifiés ne pourraient que donner des conseils peu professionnels guidés parfois par la recherche du bénéfice financier et influencés fortement par les délégués médicaux. Ce rôle de conseiller sanitaire, ou de la médication officinale devrait être du ressort du pharmacien qui a reçu une formation suffisante pour cela.

L'automédication est une pratique courante chez les patients présentant des symptômes otologiques. A Parakou, la prévalence de l'automédication en ORL était de 62.4% en 2011 (Hounkpatin *et al*, 2011). Au Nigéria Toye *et al* (Toye *et al* , 2018) ainsi que Afolabi *et al* (Afolabi *et al*, 2011) ont trouvé respectivement une prévalence de 66% et de 31% d'automédication aux gouttes auriculaires. En somme, la dispensation en automédication des gouttes auriculaires ne permet pas une bonne prise en charge des affections otologiques. Il y a un besoin d'éducation en matière de santé publique pour sensibiliser la population au danger de l'automédication.

De plus, en cas d'automédication, la concordance des signes était vérifiée par le personnel (pharmaciens et auxiliaires) de pharmacie dans 64,80% des cas grâce à l'interrogatoire du client à la recherche des signes fonctionnels. Le pharmacien, entouré de son équipe officinale, doit être capable d'évaluer la gravité des plaintes des patients et de les orienter vers un médecin lorsque les situations l'exigent. A l'inverse, dans d'autres cas, la prise en charge officinale pourra être faite. La fonction du personnel de pharmacie consistera alors à soulager le patient à l'aide de traitements adaptés ainsi qu'à prodiguer des conseils préventifs. En l'absence du pharmacien, l'attitude des auxiliaires de pharmacies d'officine devrait être d'orienter le client dans un centre de santé pour le diagnostic de la maladie évoquée. Il faut tenir compte des antécédents otologiques du patient ainsi que de l'examen physique pour une bonne prescription. Les gouttes auriculaires ne doivent être données qu'en cas d'otite à tympan fermé. Le personnel des pharmacies ne pouvant effectuer l'examen du tympan, doit s'abstenir de délivrer des gouttes auriculaires. L'état du tympan n'était pas vérifié par la plupart des enquêtés dans 92,80% en cas d'automédication. De nombreuses gouttes auriculaires peuvent contenir des aminosides (gentamycine, néomycine), des anti-inflammatoires ou des antiseptiques (chlorhexidine) toxiques pour l'oreille. Les enquêtés exposeraient ainsi les clients ayant des affections otologiques à tympan perforé à de grave problème de santé. Les conseils portant sur l'apparition des effets secondaires des topiques auriculaires n'étaient précisés que dans 24,03%. Après délivrance des topiques auriculaires, la majorité du personnel (75,97%) ne prodiguaient pas de conseil sur les effets secondaires. Le nombre accru de clients dans les officines de pharmacies ne saurait expliquer le fait que la délivrance de topiques auriculaires soit rarement accompagnée d'instructions d'utilisation au vu de leurs toxicités éventuelles sur l'oreille externe (intolérance cutané), sur l'oreille moyenne (toxicité sur la membrane tympanique) et sur l'oreille interne (diminution du potentiel endocochléaire, surdité) (Hounsa *et al*, 2010). Il y a donc lieu d'améliorer la connaissance des pharmaciens et auxiliaires de ces pharmacies sur les topiques auriculaires afin de protéger l'audition des patients souffrant d'affections auriculaires.

3.4. Facteurs associés aux bons niveaux de connaissances et de pratiques pour un bon usage des topiques auriculaires

Les facteurs associés au bon niveau de connaissance étaient, la profession (pharmaciens), le niveau d'étude (universitaire) et l'ancienneté dans la profession. Le bon niveau était significativement plus retrouvé chez les pharmaciens comparativement aux auxiliaires de pharmacie ($p=0,004$). Cela s'expliquerait par le fait qu'ils ont un niveau d'étude élevé et qu'ils auraient reçu des cours de pathologie et de thérapeutique en ORL au cours de la formation. Le niveau d'instruction et la profession étaient significativement

associés aux pratiques adéquates ($p < 0,05$). Cela pourrait s'expliquer par le fait que ces deux facteurs sont associés au bon niveau de connaissance améliorant ainsi la pratique.

Conclusion

Les pharmaciens et leurs auxiliaires jouent un rôle important dans l'utilisation des topiques auriculaires en particulier les gouttes auriculaires pour la prise en charge des affections otologiques. Cette étude a montré un faible niveau de connaissance et de pratique inadéquate des pharmaciens et des officines de pharmacie de la ville de Parakou face aux topiques auriculaires en 2021.

Des mesures sont donc à envisager pour améliorer les niveaux de connaissance et de pratique de ce personnel des officines de pharmacie de la ville de Parakou en matière de topique auriculaire. Ces différentes mesures regroupent le renforcement des cours sur les topiques auriculaires dans les écoles de formation, l'organisation des enseignements post formation et la sensibilisation du personnel de pharmacie sur les bonnes pratiques d'utilisation des topiques auriculaires.

Conflit d'intérêts: Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt

References:

1. Société Française d'ORL (SFORL). Recommandations pour la pratique clinique : Utilisation des gouttes et poudres à usage auriculaires [En ligne]. Arceil : Lob Conseil ; 2001 [consulté le 2 fév 2021]. Disponible sur : https://www.orlfrance.org/wp-content/uploads/2017/06/RPC2_gouttes_auric_court.pdf
2. Toye G, Aremu KS, Esan OT, Dosunmu AO, Raji MM. Topical ear drop self-medication practice among the Ear, Nose, and Throat patients in Ido Ekiti, Nigeria: A cross-sectional study. *Ann Afr Med.* 2018 ; 17(2):70: Doi : 10.4103/aam.aam_28_17
3. Hounkpatin SHR, Flatin MC, Avakoudjo F, Lawson-Afouda S, Vodouhe UB, Dossou-Kpanou KAFB, Njouokep Kembou Gj, Adjibabi W. L'automédication en ORL au centre hospitalier départemental du Borgou à Parakou dans le Nord-Bénin. *La revue africaine d'ORL et de la Chirurgie cervico-faciale.* 2015 ;15 (1) : 20-5.
4. Ikeda K, Morizono T. The preparation of acetic acid for use in otic drops and its effect on endocochlear potential and pH in inner ear fluid. *Am J Otolaryngol.* 1989; 10(8): 382-5. Doi: 10.1016/0196-0709(89)90032-x

5. José EM, Oudou N. L'Enquête CAP (Connaissances, Attitudes, Pratiques) en Recherche Médicale. *Health Sci Dis.* 2013 ; 14(2) : 1-3.
6. Ganfon H, Diallo T, Nanga C, Coulibaly N, Benao V, Ekanmian G, Sandouidi A, Daniel GE. Connaissances et pratiques de la prise en charge du paludisme par le personnel des pharmacies privées de cinq grandes villes du Bénin, Burkina Faso et Mali en 2014. *Médecine et Santé Tropicales.* 2017 ; 27(2) : 164-9.
7. Mbow, Fatou, Dela Nai, Sara Chace Dwyer, Aparna Jain, and Babacar Mane. Les pharmacies privées dans l'offre de services de planification familiale au Sénégal : Une étude pilote [en ligne]. Dakar : Population Council, The Evidence Project ; 2019 [consulté le 20 aout 2021]. Disponible sur : <https://knowledgecommons.popcouncil.org/doi10.31899/rh12.1020>
8. Badoum G, Toloba Y, Thiombiano R, Ouédraogo G, Ouédraogo B. Attitude du pharmacien d'officine dans la dispensation des médicaments de l'asthme. *Revue des Maladies Respiratoires.* 2015 ; 32(1) : 18-23. Doi. org/10. 1016/j. rmr.2013. 0 9.019
9. Afolabi OA, Ehalaiye BF, Fadare JO. Abdur-Rahman AB, Ehalaiye DN. Survey of ototopical self-medication among patients attending ENT and family medicine departments in a Nigerian hospital. *European Journal of General Practice.* 2011 ; 17(3) : 167–70. Doi.org/10.3109/13814788.2011.565323
10. Haute autorité de santé. Rapport d'évaluation des gouttes auriculaires associant un corticoïde à un (des) antibiotique(s) dans le traitement local des otites externes aiguës [en ligne]. [Consulté le 2 sept 2021]. Disponible sur https://www.hassante.fr/plugins/ModuleXitiKLEE/types/FileDocument/doXiti.jsp?id=c_2824773
11. Hillen U, Geier J, Goos M. Contact allergies in patients with eczema of the external ear canal. Results of the Information Network of Dermatological Clinics and the German Contact Allergy Group. *Hautarzt.* 2000; 51(4):239-43. Doi: 10.1007/s001050051111.
12. Van Ginkel CJW, Brintjes TD, Huizing EH. Allergy due to topical medications in chronic otitis externa and chronic otitis media. *Clin Otolaryngol.* 1995 ; 20 (4) : 326-8. Doi: 10.1111/j.1365-2273.1995.tb00052. X
13. Dauman R, Dulon D. Ototoxicité médicamenteuse. *Traité d'Otorhinolaryngologie* : 20-184-B-10.1995 ; 7 (4) : 1-7. Doi :10.1016 /S02 46-0351(12)39238-6
14. Hounsa A, Kouadio L, De Mol P. Automédication par les antibiotiques provenant des pharmacies privées de la ville d'Abidjan en Côte

d'Ivoire. *Med Mal Infect.* 2010 ; 40(6) : 333-40. Doi. org/ 10.1016 /j.medmal. 2009.10.002