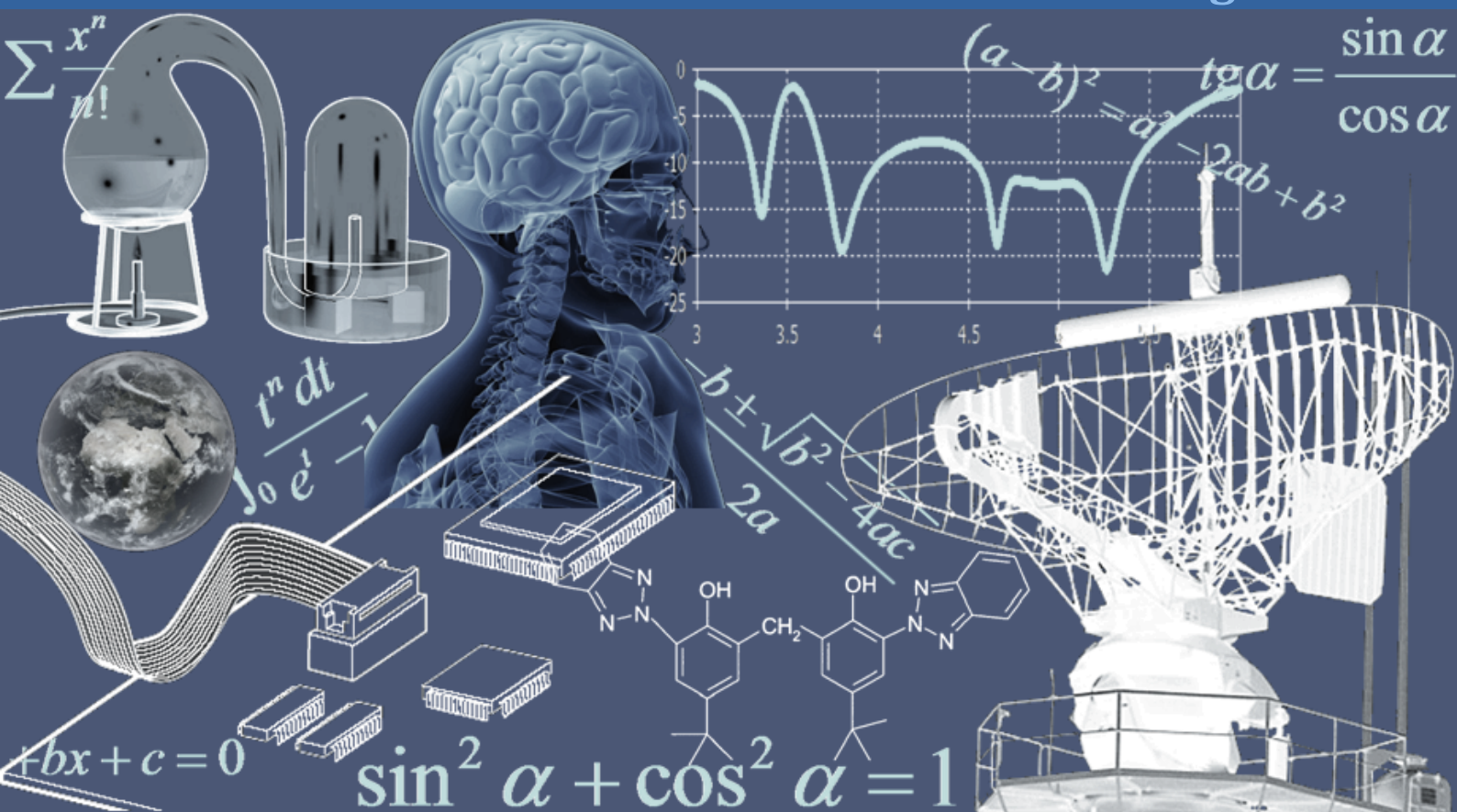


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 40 N. 2 August 2023



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Applied Studies

International Journal of Innovation and Applied Studies (ISSN: 2028-9324) is a peer reviewed multidisciplinary international journal publishing original and high-quality articles covering a wide range of topics in engineering, science and technology. IJIAS is an open access journal that publishes papers submitted in English, French and Spanish. The journal aims to give its contribution for enhancement of research studies and be a recognized forum attracting authors and audiences from both the academic and industrial communities interested in state-of-the art research activities in innovation and applied science areas, which cover topics including (but not limited to):

Agricultural and Biological Sciences, Arts and Humanities, Biochemistry, Genetics and Molecular Biology, Business, Management and Accounting, Chemical Engineering, Chemistry, Computer Science, Decision Sciences, Dentistry, Earth and Planetary Sciences, Economics, Econometrics and Finance, Energy, Engineering, Environmental Science, Health Professions, Immunology and Microbiology, Materials Science, Mathematics, Medicine, Neuroscience, Nursing, Pharmacology, Toxicology and Pharmaceuticals, Physics and Astronomy, Psychology, Social Sciences, Veterinary.

IJIAS hopes that Researchers, Graduate students, Developers, Professionals and others would make use of this journal publication for the development of innovation and scientific research. Contributions should not have been previously published nor be currently under consideration for publication elsewhere. All research articles, review articles, short communications and technical notes are pre-reviewed by the editor, and if appropriate, sent for blind peer review.

Accepted papers are available freely with online full-text content upon receiving the final versions, and will be indexed at major academic databases.

Editorial Advisory Board

Amir Samimi, Ph.D. of Science in Chemical engineering, Process Engineer & Risk Specialist of Oil and Gas Refinery Company, Iran
Mahsa Ja'fari, Department of Chemical Engineering, Abadan Faculty of Petroleum, Petroleum University of Technology, Abadan, Iran
Alin Velea, Paul Scherrer Institute, Switzerland
Kamyar Hasanzadeh, Aalto University, Finland
Ogbonnaya N. Chidibere, University of East Anglia, United Kingdom
Oumair Naseer, University of Warwick, United Kingdom
Wei Zheng, University of Texas Health Science Center at San Antonio, USA
Hu Zhao, University of Southern California, USA
Haijian Shi, Kal Krishnan Consulting Services, Inc, USA
Syed Ainul Abideen, University of Bergen, Norway
Malika Maataoui, Mohammed V University, Morocco
Fabio De Felice, University of Cassino and Southern Lazio, Italy
Giovanni Leonardi, Mediterranea University of Reggio Calabria, Italy
Siham El Gouzi, Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, Spain
Mohamed KOSSAÏ, European Business School EBS Paris, France
Mustafa Batuhan AYHAN, Marmara University, Turkey
Andrzej Klimczuk, Warsaw School of Economics, Poland
Corinthias P. M. Sianipar, Tokyo University of Science, Japan
Irfan Jamil, Sinohydro Engineering, China
Sukumar Senthilkumar, Chonbuk National University, South Korea
Bratu (Simionescu) Mihaela, Bucharest University of Economic Studies, Romania
Mirela Maria Codescu, National Institute for R&D in Electrical Engineering ICPE-CA, Romania
Milen Zamfirov, St. Kliment Ohridski Sofia University, Bulgaria
Svetoslava Saeva, Neofit Rilski South-West University, Bulgaria
Dimitris Kavroudakakis, University of the Aegean, Greece
Vaitsa Giannouli, Aristotle University of Thessaloniki, Greece
Nataša Pomazalová, Mendel University in Brno, Czech Republic
Hazem M. Shaheen, Damanhour University, Egypt
Shalini Jain, Manipal University Jaipur, India
Amin Jula, National University of Malaysia, Malaysia
Mahdi Moharrampour, Islamic Azad University, Buin zahra Branch, Iran
Ricardo Rodriguez, Technological University of Ciudad Juarez, Mexico
Yuniel E. Proenza Arias, Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba
Elizabeth Bissell Miller, University of Missouri, Columbia
Bertin Désiré SOH FOTSING, University of Dschang, Cameroon
Antonella Petrillo, University of Cassino and Southern Lazio, Italy
Hong Zhao, The Pennsylvania State University, USA
Jianjun Chen, The University of Chicago, USA
Shaju George, Royal University for Women, Kingdom of Bahrain
Chandrasekaran Subramaniam, Kumaraguru College of Technology, India
Ilango Velchamy, New Horizon College of Engineering, India
M. Kumaresan, M.P.N.M.J. Engineering College, India
Mohammad Valipour, University of Tehran, Iran
Mohameden Sidi El Vally, King Khalid University, KSA
Mona Hedayat, Boston Children's Hospital, Harvard Medical School, USA
Suresh Kumar Alla, Advanced Medical Technologies, BD Technologies, USA
Ahmed Hashim Mohaisen Al-Yasari, Babylon University, Iraq
Aziz Ibrahim Abdulla, Tikrit University, Iraq
Khalid Mohammed Shaheen, Technical College of Mosul, Iraq
Baskaran Kasi, Kuala Lumpur Infrastructure University College, Malaysia
Nurul Fadly Habidin, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia
Adnan Riaz, Allama Iqbal Open University, Pakistan
Syed Noor Ul Abideen, KPK Agricultural University, Pakistan
Arab Karim, M'Hammed Bougara University of Bumerdes, Algeria
Zoubir Dahmani, UMAB University of Mostaganem, Algeria
Mohsen Brahmi, Sfax University, Tunisia
Mongi Besbes, University of Carthage, Tunisia
Mai S. Mabrouk, Misr University for Science and Technology, Egypt
Olfat A Diab Kandil, Misr University for Science and Technology, Egypt

Munir Ahmed G. Timol, Veer Narmad South Gujarat University, India
Saravanan Vasudevan, Arunai Engineering College, India

Table of Contents

Integration of SVD leadership framework: A basis for improving the Catholic Educators' Ministry <i>Judy Agustin Bañez</i>	333-381
Evaluation of the technical and economic performances of shea mills and crushers in Benin <i>Roger Houéchéhè AHOUANSOU, Clarence SEMASSOU, Pelagie Bidossessi AGBOBATINKPO, Alphonse SINGBO, and Gaspard BIZIMONGOU</i>	382-396
The influence of exogenous elements on technological innovation system development: The case of rainwater harvesting for irrigation in Kenya <i>Radhika Singh, Thai Thi Minh, Nicholas Oguge, and Collins Odote</i>	397-411
Use of Phytase in Aquaculture and Possibilities of Incorporation into Trout (<i>Oncorhynchus Mykiss</i>) Feed <i>Niang Mamadou Sileye and Jean Fall</i>	412-420
Study of the mechanical behavior of starch-cotton fiber waste composite sheets <i>Eric GBEGBO, Valéry K. DOKO, and Chakirou A. Toukourou</i>	421-430
Stratégie des ressources humaines: Pourquoi et comment devenir une source de meilleure performance des entreprises <i>MBALA BUKASA Lambert and BANGIMINA KABEMBA Alpha</i>	431-443
Consequences of errors in the functioning of the immune system Descriptive review <i>Majda Samih and Ahmed Omar Touhami Ahami</i>	444-451
Variabilités morphologique et phénologique de dix accessions de <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. (Fabaceae), niébé cultivées en Côte d'Ivoire <i>Kimou Serge Hervé, Nanti Bi Tra Jean-Innocent, KONE Tchoa, and Mongomaké KONE</i>	452-458
Structure de la végétation et distribution des touracos (Musophagidae) dans quelques milieux naturels du Centre et du Sud-est de la Côte d'Ivoire <i>Okon Okon Modeste, Kouadio Kouakou Pierre, Assa Essé Savorgnan, Koue-Bi Tih Mathieu, and Yaokokore-Beibro K. Hilaire</i>	459-466
Au-delà des opportunités: Les défis de la digitalisation de la communication interne - Une étude de cas exploratoire auprès d'une compagnie d'assurance marocaine <i>Khadija Elkam and Mohamed Faridi</i>	467-478
Le déploiement du processus de la capacité dynamique: Cas des PME Marocaines <i>Hicham Achelhi</i>	479-492
Perceptions des usagers à l'égard des espaces verts d'alignement des voies publiques de la commune de Lemba dans la ville de Kinshasa <i>Rebecca Mitshiabu Mudiayi, Michel Ndengoli Momangi, Isaac Kikuni Mubake, Nipha Ibunga Nkanga, and Guillaume Lusambu Anelk</i>	493-504
Drying kinetics of cassava by indirect drying in forced convection <i>Emmanuel N'Dri Abouanou, Paul Magloire Ekoun Koffi, Blaise Kamenan Koua, and Prosper Gbaha</i>	505-519
Contribution of LandSat OLI imagery and field indices to the structural cartography of the aquifer system of black Volta catchment in Côte d'Ivoire <i>Armel Kouadio KOUAME, Marc Youan Ta, Bertrand Hounnigho AKOKPONHQUE, and Omer Zéphir de LASME</i>	520-531
Disponibilité et technologies d'amélioration des teneurs en lysine et en méthionine des ingrédients utilisés dans l'alimentation des porcs et des poulets: Revue de littérature <i>Isidor Zangbéwindin Quedraogo, Timbilfou KIENDREBEOGO, Salam Richard Komdombo, Pierre Alexandre Eric Djifaby SOMBIÉ, Saliou NGOM, Lassina OUATTARA, Logténé Youssoufou Mopate, Aboubacar TOGUYENI, and Chantal Yvette Kabore-Zoungrana</i>	532-544
Phytochemical study and antioxidant activity of <i>Prosopis africana</i> leaf extracts <i>Fatia Moustapha, Xavier Worowounga, Semboli Olivia, Namkona Armel Frédéric, Koueni-Ouakounda Kevin Hermann, and Jean-Laurent Syssa-Magalé</i>	545-552
La pensée sociale en Afrique: Entre neutralité et engagement <i>Dotsè Charles-Grégoire Alosse</i>	553-562
L'assainissement des réseaux électriques basse tension de la ville de Kolwezi: Moteur de stabilité de l'énergie électrique basse tension dans la ville de Kolwezi	563-567

Daniel Kasongo Monga Muswa and Jean De Dieu Kadiata

Factors Related to Sanitation at Padang Great Market, West Sumatra

568-572

Aria Gusti, Nadhifah Salsabila, and Luthfil Hadi Anshari

Integration of SVD leadership framework: A basis for improving the Catholic Educators' Ministry

Judy Agustin Bañez

Sanchez Mira Campus, Faculty of the Graduate School, Cagayan State University, Philippines

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study was conducted against a background of Philippine schools having endured the longest and most stringent lockdowns in the Asia-Pacific region due to the COVID-19 pandemic. Distance learning and inherent problems such as low availability of internet connections and devices have exacerbated the difficulties faced by teachers to effectively deliver the curriculum *and* maintain a context of Catholic Ministry which will naturally be less effective without face-to-face interaction. As of 15 September 2020 for example, an estimated 27 million students in the Philippines had lost more than a year of in-person learning (UNICEF, 2021).

It is therefore gratifying to conclude from the data returned for this study that the seven sample schools in the provinces of the SVD PHN were generally perceived by the teacher respondents to be well-integrated and effective in their implementation of the SVD Leadership Programme.

KEYWORDS: SVD, leadership, framework, Philippines, schools, learning, teacher.

1 THE PROBLEM AND ITS BACKGROUND

1.1 INTRODUCTION

"Go Forth with the Joy of evangelizing by educating and of educating by evangelizing" (Pope Francis, May 21 2022).

The Society of the Divine Word (SVD) is a religious-missionary congregation of the Roman Catholic Church that participates in God's mission through its missiological paradigm and leadership framework known as Prophetic Dialogue (In Dialogue with the Word 6, 2006). The SVD operates schools and colleges throughout the Philippines and indeed throughout the World, and considers its educational institutions a vital forum for missionary work. The congregation must therefore consider teachers as not mere workers delivering a national curriculum, but as co-missionaries that should align their values and actions to the institutional values and culture of the SVD schools, which are rooted in Prophetic Dialogue (In Dialogue with the Word 10, 2010).

This study is a partial response to questions being raised recently at the highest level of the Catholic Church as to the 'Catholicity' of today's Catholic schools. Pope Francis (May 21, 2022) said that Christian teachers are "on the front line" in "educating so as to move from a closed world to an open world; from a throwaway culture to a culture of care; from a culture of rejection to a culture of integration; from the pursuit of vested interests to the pursuit of the common good." "As educators, you know very well that this transformation must start from the conscience, or it will only be a façade."

Fr. Ranhilio Acquino (June 6 2022) lamented in the Manila Times "Sadly, Catholic higher education has contented itself with run-of-the-mill classes in 'theology' that neither the students nor the professors take seriously. It would be interesting to find out how much of the Catholic faith the students of our Catholic schools and colleges know". He points out that Pope Francis has summoned the whole church to a Synodality, " – on what can be done about transforming our Catholic Colleges and schools from high-performing institutions of learning into active centers and hubs of evangelization, without in any way, sacrificing scholastic excellence."

In addition to the above, it has been observed by this researcher that there are rapidly changing contemporary realities in SVD schools. Examples include disruption caused by the COVID-19 pandemic resulting in pedagogical adjustments such as 'blended learning'; decreasing enrolment; the increasing migration of teachers from private Catholic schools to public schools, largely prompted by pay disparities (Panti, 2022); increased mental health issues associated with isolation and home confinement (Lally et al 2019); increased (over-) use of social media and increasing levels of misinformation (Tus et al, 2021); emerging discussion around gender identity and inclusion and systemic issues in K-12 education in the Philippines (DepEd 2022). As found by the pre-pandemic assessment conducted by the Programme for International Student Assessment (PISA) in 2018, many of these factors have resulted in poor rankings in international performance surveys conducted by the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) in 2019.

Prompted by these concerns, this study attempted to go to the heart of this perceived problem by investigating the current health of the Catholic Educators' Ministry through assessment of the extent of integration and level of effectiveness of the SVD Leadership Framework.

This research study classifies the SVD Leadership Framework according to the well-documented Prophetic Dialogue marked by four characteristic dimensions: Biblical Apostolate; Mission Animation; Justice, Peace and the Integrity of God's Creation (JPIC) and Communion (In Dialogue with the Word 6, 2006). The indicators for the Catholic Educators' Ministry, perceptible to the teacher respondents and that relate directly to these characteristic dimensions, are Classroom Practice, Behaviors and School Culture.

1.2 THEORETICAL FRAMEWORK

The nature of Catholic education cannot be separated from the nature of the Catholic Church which forms the basis of why the Catholic schools are instituted (Aguas, 2019).

The Catholic Educational Association of the Philippines (CEAP) was founded in 1941 to promote religious instruction as an essential element of Catholic education, thereby contributing towards character formation and citizenship building. They are to this day working vigorously on programmes such as Education for Social Transformation (CEAP National Conference, 2022). As referred to in the Review of Related Literature in this study, there are many examples of Catholic Institutions' attempts to define their Catholic Identity, with associated standards, including one published by the CEAP. Also referenced are the Five Marks of Catholic School Identity as formulated by Archbishop Michael Miller (2006) and key Educational Leadership Programme elements from five (5) relevant global research studies/programmes. It is this committee-based work and referenced research studies on these defining factors and standards that form the theoretical framework for this study.

The SVD Leadership Framework is the way in which SVD schools attempt to emulate such defining factors and standards through the characteristic dimensions of Prophetic Dialogue. By assessing the extent of integration and effectiveness of the SVD Leadership Framework, it should be possible to assess the health of the Catholic Educators' Ministry.

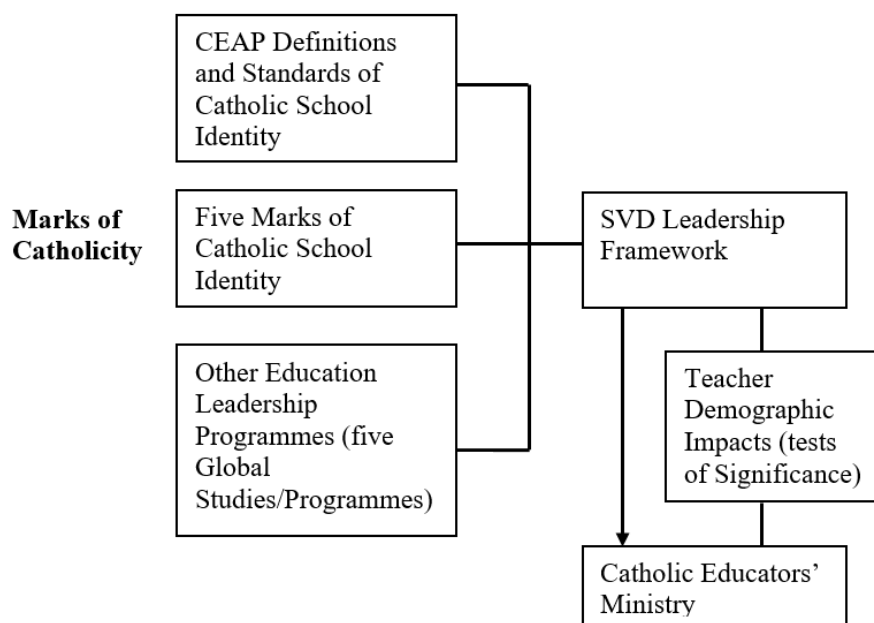


Fig. 1. The Theoretical Framework

1.3 CONCEPTUAL FRAMEWORK

The research paradigm shown in Figure 2 illustrates the conceptual framework for examining the study problem. It is the theoretical rationale for developing the research hypothesis, and provides a reference base for observations, definition of concepts and research design. It also serves as a guide to define relationships between variables. It is intended that the Review of Relevant Literature (in Chapter 2), with reference to the Theoretical Framework, directly informs the nature and content of the Research Instrument. The paradigm utilizes the Input-Process-Output (IPO) mechanism. The Inputs are the demographic profile of teacher respondents and the extent of integration and level of effectiveness of the SVD Leadership Framework. To answer the research questions, the following processes were undertaken such as collection of relevant literatures, setting up research hypothesis, development and administration of research instrument and statistical analysis and interpretation of data. The output will be proposed interventions to improve the Catholic Educators' Ministry.

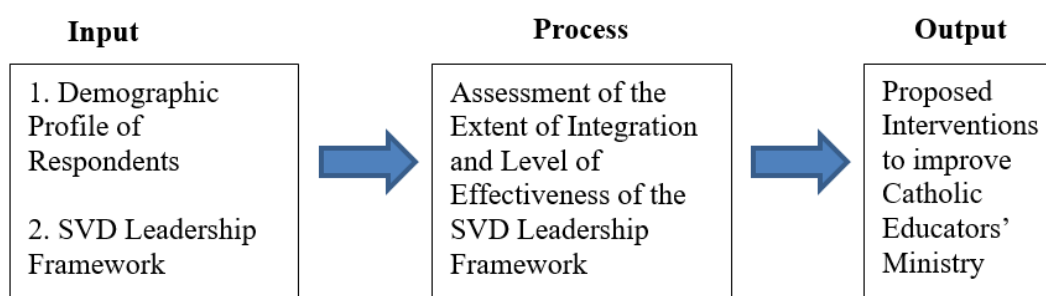


Fig. 2. The Conceptual Framework Paradigm

Figure 3 identifies the variables used in the study. The hypothesized relationships of the **independent** variables were the demographic profile of the teacher respondents *and* the SVD Leadership Framework, namely the Prophetic Dialogue comprising its four characteristic Dimensions – Biblical Apostolate; Mission Animation; Justice, Peace and Integrity of Creation (JPIC) and Communication. Note that because Prophecy and Dialogue are integral factors themselves in the Leadership Framework, they are assigned entries in their own right in the questionnaire research tool.

These variables map to the **dependent** variables which are related to the Catholic Educators' Ministry and are experienced by the teacher respondents as the **indicators**: Classroom Practice, Behaviors and School Culture. The Independent variables of the Leadership Framework were measured according to the extent of their integration and level of effectiveness to the Catholic Educators' Ministry, grouped according to respondent demographic variables.

The ultimate objective of this research was to develop a model (emerging) from the hypothesized model showing the significant and direct relationships of variables. The output will be recommendations for improvement (s) /interventions to Classroom Practice, Behaviors and School Culture where deficiencies are identified in the spirit of improving the integration and efficacy of the SVD Leadership Framework and hence improve the Catholic Educators' Ministry.

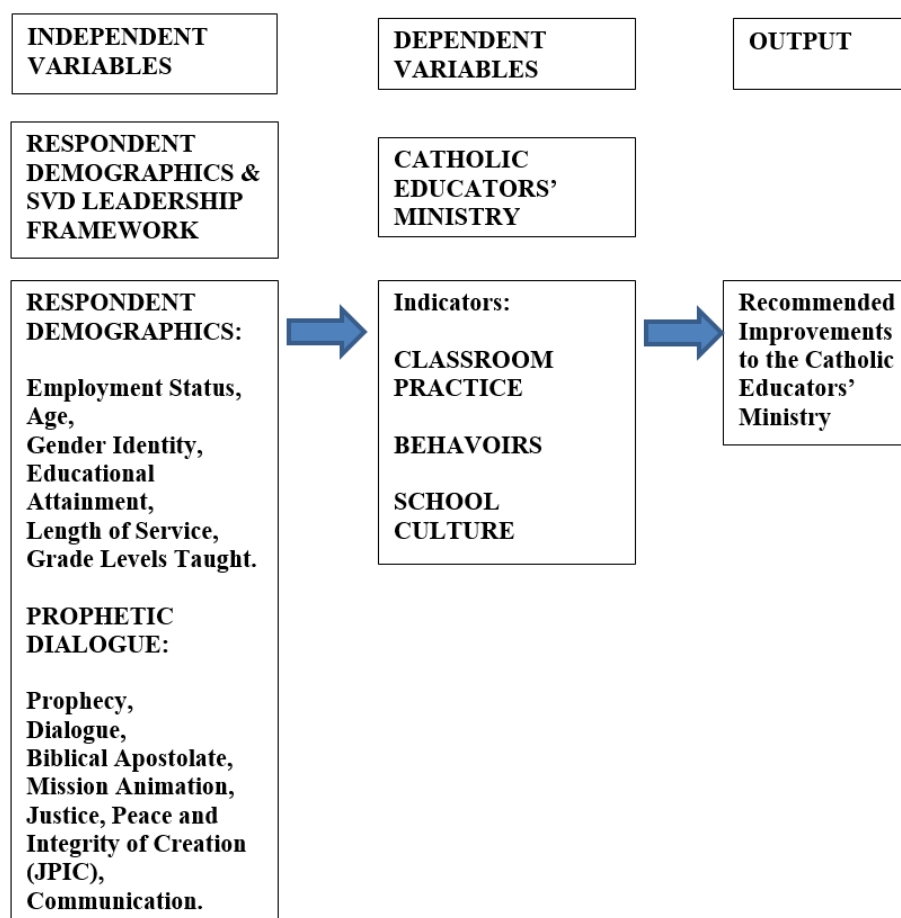


Fig. 3. Research Design – Variables and Output

1.4 STATEMENT OF THE PROBLEM

This study aimed to assess the integration and effectiveness of the SVD missiological leadership paradigm (Leadership Framework), which is known as Prophetic Dialogue, to the Catholic Educator's Ministry as indicated by classroom practices, behaviors and prevailing school culture in SVD schools in the Provinces of the SVD Philippine North (PHN). Specifically, it answered the following questions:

1. What is the demographic profile of the teacher respondents in terms of:
 - 1.1 Employment status (regular/probationary),
 - 1.2 Gender identity,
 - 1.3 Age range,
 - 1.4 Highest educational attainment,
 - 1.5 Length of service,
 - 1.6 Grade levels taught (Junior or Senior High School).
2. What is the extent of integration of the SVD Leadership Framework in the SVD schools in the ecclesiastical Provinces of the PHN, assessed by the teachers in terms of:
 - 2.1 Classroom practice,
 - 2.2 Behaviors,
 - 2.3 School culture.
3. What is the level of effectiveness of the SVD Leadership Framework in the SVD schools in the Provinces of the PHN?
4. Is there a significant difference on the assessment of the Respondents regarding the extent of integration of the SVD Leadership Framework when grouped according to profile variables?
5. Is there a significant difference on the assessment of the Respondents regarding the level of effectiveness of the SVD Leadership Framework when grouped according to profile variables?
6. What interventions can be proposed to strengthen the integration and effectiveness of the SVD Leadership Framework in the PHN?

1.5 RESEARCH HYPOTHESIS

There is no significant difference on the assessment of the teacher respondents regarding the extent of integration and level of effectiveness of the SVD Leadership Framework when grouped according to profile variables.

1.6 SIGNIFICANCE OF THE STUDY

The study will be significant to the following groups:

Society of the Divine Word since the Leadership Framework known as Prophetic Dialogue is an integral part of the Catholic Educators' Ministry. As the SVD Education Ministry Publication states: "education is the driving force behind...the social and cultural progress of society" (In Dialogue with the Word 10, 2010). This study will help the SVD congregation to assess the current extent of integration of the Leadership Framework in a sample of its schools, including the grounding of its teachers in the concepts and practical manifestations of Prophetic Dialogue and its Characteristic Dimensions. The study will enable the SVD to identify where school (s) are excelling or falling short on particular aspects and have the opportunity to see where schools may need a 'reset' in terms of interventions.

SVD School Administrators because, as a Catholic institution, the remit of SVD schools is to ensure holistic education that promotes a culture of excellence and a community of responsible individuals as witnesses to the Word for a transformed and just society (In Dialogue With the Word 10, 2010). For example, one of the study schools, Divine Word High School of Sanchez Mira, states that its Mission is to "provide an enriching atmosphere of integral human formation and effective instruction to achieve quality basic and Christian education for the development of its members towards integrated persons". School Administrators can use this study to help assess whether declared remits are being delivered.

Employees (Teaching and Non-Teaching Staff) to express their own perception of the extent of integration and level of effectiveness of the SVD Leadership Framework. It will give all staff an opportunity to reflect on their understanding of the same. The Study's findings will allow all staff to consider the role they play in classroom practice, behaviors and school culture and whether they lead to positive outcomes in terms of excellence in the Catholic Educators' Ministry.

Catholic Institutions because the results of this study shall indicate the extent of mutual outreach, cooperation and coordination between Catholic Schools and other Catholic Institutions, for example Churches and Clergy, Lay-Ministers, Charitable Organizations, Coordinators, other SVD Schools, etc.

Academe and Future Researchers since the results of this study will provide valuable results that extend beyond its Research Question, prompting further research into SVD schools as Catholic Institutions. It may for example, lead to questions that examine the integration, relevance and efficacy of Catholic Educators' Ministry against the backdrop of many other religious denomination schools and societal changes in the Philippines. It should be noted that several international metrics assessments have ranked Filipino schools extremely low in math, science, as reported in the Trends in International Mathematics and Science Study 2019 (TIMSS) (Fishbein et al, 2021) and extremely low in literacy as reported by the Programme for International Student Assessment (PISA) (OECD, 2019). In this context it seems there is much scope to examine how the catholic educators' ministry will integrate with new teaching systems which must surely be introduced to address the challenges posed by these assessments.

1.7 SCOPE AND DELIMITATION

This study was designed in terms of scope and delimitation to accurately reflect the requirements of the Problem Statements and in order to test the Research Hypothesis.

It focused on teachers within the sample schools as they are best-placed to report their experience as to the integration and effectiveness of the SVD Leadership Framework. Grade levels taught were restricted to Junior and Senior High as many of the topics covered by the Framework, and hence the Research Instrument questionnaire, may not be relevant for students at Elementary grades (e.g. some aspects of community engagement, topics related to complex World view issues, etc.).

The study allowed for teacher respondents to have a permanent-regular employee or probationary/temporary employment status. In addition to this factor, the study did not impose any limit regarding length of service. This was so that the study could ascertain whether regular and probationary teachers (including newer teachers) had understood the concepts of the SVD Leadership Framework as defined by the Prophetic Dialogue and its Characteristic Dimensions and can appreciate how this Framework may be inculcated within classroom practices, behaviors and school culture. Likewise, to encompass the broadest possible demographic of teacher respondents within each sample school, and to test for significances in differences of perception, data was collected for other factors such as age, gender identity and educational attainment.

The SVD Leadership Framework is well documented in SVD literature and all of its components are considered in this study. The corollary to a school and its employees adhering to all aspects of the Framework should lead to positive outcomes regarding Catholic Educators' Ministry. For this study, it was decided to limit the 'indicators' of what Catholic Educators' Ministry looks like to Classroom Practice, Behaviors and School Culture. This was because the teacher respondents have direct experience of these indicators.

This study was conducted from June to September 2022 inclusive. For relative ease of access by the researcher, particularly under conditions of potential travel restrictions due to the COVID-19 Pandemic and weather considerations, it focuses only on the seven (7) schools that are managed by the ecclesiastical provinces of the SVD Philippine North (PHN).

1.8 DEFINITION OF TERMS

For common frame of reference, the following terms used are conceptually and operationally defined insofar as they affect the study.

Behaviors in the context of this study refers to largely extra-curricular actions that bolster and underpin the characteristic dimensions e.g. outreach, support systems, proactive dialogue/external interaction, etc.

Catholic Educators' Ministry The formation of the human person in the pursuit of his ultimate end and of the good of the societies of which, as man (sic), he is a member, and in whose obligations, as an adult, he will share. Furthermore, Christian education is tasked to develop harmoniously the persons', physical, moral, and intellectual endowments so that they may gradually acquire a mature sense of responsibility in striving endlessly to form their own lives properly and in pursuing true freedom as they surmount the vicissitudes of life with courage and constancy (Aguas 2019).

Classroom Practice in the context of this study refers to the way in which Catholic values are incorporated into teaching and classroom organizational practices, ensuring adequate understanding, not just of the curriculum, but of values that underpin the SVD characteristic dimensions.

Integration refers to the unifying and implementation process of the Leadership Framework components in the different SVD educational institutions in the Philippines.

Prophetic Dialogue focuses on the partners with whom we share the journey and the way we relate to them; and the associated **characteristic dimensions** indicate the pathways we follow. These comprise:

- **Biblical Apostolate**, the basic attitude is to live centered in God. The SVD Bible Apostolate is aimed at promoting the Word of God among the faithful; to serve and evangelize the World
- **Mission Animation** is to involve others, to animate them with our enthusiasm for the journey to the Kingdom and to be animated by them, rather than falling into the temptation to think that we can do it all ourselves
- **Justice, Peace and the Integrity of Creation (JPIC)** is to commit ourselves to the transformation of society and the World by analyzing unjust structures and promoting human dignity, as well as preservation of the environment, rather than remain silent to the human tragedies and violence to the environment that continue to plague our World
- **Communication** involves an attitude of reaching out that enables us to overcome inertia and the fear that can sometimes overtake us and keep us from engaging our dialogue partners

School Culture in the context of this study refers to a particular way of *being* that encourages observance of SVD values manifested in the characteristic dimensions.

Society of the Divine Word is a congregation of religious men, priests and brothers, founded by St. Arnold Janssen in Steyl, Holland in 1875. Members of the Society are popularly called Divine Word Missionaries; in the Philippines, they are simply referred to as SVDs.

SVD educational institutions refer to the universities, colleges and schools of the Society of the Divine Word in the Philippines; a selected sample provide the respondents for this study.

Philippine North (PHN) refers to SVD ecclesiastical Provinces comprising missions from Pangasinan to Aparri. The SVD Provinces are territorial clusters of religious congregation, in this case the SVD, with a particular vision and mission to achieve its role in the larger mission of the congregation. The SVD Provinces comprise The PHN (used for the sample in this study), The Philippine Central (PHC) encompassing Tarlac, Metro Manila, Mindoro, Bicol Region and Palawan and The Philippine South (PHS) covering the Visayas and Mindanao islands.

SVD Leadership Framework A framework termed 'Prophetic Dialogue', originally proposed by the Tenth General Chapter of the SVD religious congregation, (In Dialogue with the Word, 2000, para. 4) which states: "It is in dialogue that we are able to recognize 'the signs of Christ's presence and the working of the Spirit' (quoting Pope John Paul II) in all people, that we are called to acknowledge our own sinfulness and to engage in constant conversion, and that we witness to God's love by sharing our own convictions boldly and honestly, especially where that love has been obscured by prejudice, violence, and hate. It is clear that we do not dialogue from a neutral position, but out of our own faith".

2 REVIEW OF RELATED LITERATURE

A review of related literature is presented to provide emphasis on the relevance of this study to the findings already made in related fields of interest and to develop a theoretical framework and methodology for this study. In particular, it will form a foundation for identifying 'what good looks like' in relation to existing and diverse education leadership frameworks and programmes. While acknowledging these, this study must reflect the requirements of the Catholic Educators' Ministry and will mostly concentrate on what has been established and proposed in literature regarding excellence in the Prophetic Dialogue and its Characteristic Dimensions. It will directly lead into the formulation of the teacher respondents' questionnaire, used as the research instrument in this study. To this end, the Chapter has two parts.

Part I will review literature related to topics that will contribute to a deeper understanding of the issues underlying the study 'Question' and its related 'Problems'. Topics will include the importance of the Catholic Educators' Ministry; what it means for a school to be Catholic and the role of dialogue and mission in contributing to school practice, behaviors and culture. This will be expanded to include the elements of the SVD Leadership Framework so that relationships can be identified between the Framework elements,

Part II adds to the substance of the Theoretical Framework of this study by examining five (5) research studies related to Educational Leadership Frameworks from around the World. The key elements of each framework were tabulated to compare with elements of the SVD Prophetic Dialogue and its Characteristic Dimensions. This table provided assistance in formulating questionnaire questions for the research instrument of this study so that all the fundamental aspects of Leadership Frameworks are considered and included where relevant.

2.1 THE CATHOLIC EDUCATORS' MINISTRY

Pope Francis (2022) encouraged catholic educators to discern "innovative ways of uniting research and best practices so that teachers can serve the whole person in a process of integral human development." This study aims to rise to this challenge by assessing the integration of the SVD Leadership Framework within SVD schools.

Taking further inspiration from Pope Francis, who said "...and this is the true tradition: taking from the past to move forward. Tradition is not static: it is dynamic, aimed at moving forward." (Francis, April 2022), this study seeks to discover whether there are areas for potential improvement of the catholic educators' ministry.

The importance of this ministry was emphasized when Vatican II (Congregation for Catholic Education 2015) stated that "the Catholic school is a place of integral education of the human person through a clear educational project of which Christ is the foundation; its ecclesial and cultural

identity; its mission of education as a work of love; its service to society; the traits which should characterize the educating community.” The SVD Mission Statement is given as “To witness to God’s love, as told in the Scriptures, sending us to transform all creation through self-giving and dialogue” (SVD Newsletter, Philippine Central Province, 2022).

Much of the existing educational leadership literature focuses on those who hold formal leadership roles such as Directors, Principal, Faculty Heads, (Drew, 2010). This researcher would suggest that the ethos of the SVD Prophetic Dialogue disseminates beyond these higher echelons to all teacher positions, lay workers and students. For the very nature of ‘prophecy’ and ‘dialogue’ can only be interpreted within the context of interactive dialogue and participation at all levels as befits all successful families (Lichter, 2016). For such a collaborative approach to leadership, Bolden et al (2009) claimed that distributed leadership “...is represented as dynamic, relational, inclusive, collaborative and contextually-situated”.

It is necessary to recognize that a variety of expertise exists across a distributed leadership network (Bennet et al, 2003). This researcher therefore ensured that research respondents were profiled demographically (Vebhie et al, 2020), formulating a hypothesis to determine whether demographic factors have a significant impact on whether the respondents perceive the SVD Leadership Framework as integrated and effective. For example, the study conducted by Thomas (2006) confirms that a teachers’ gender does have large effects on student test performance, teacher perceptions of students, and students’ engagement with academic material.

2.2 CATHOLICITY AND THE CATHOLIC EDUCATORS’ MINISTRY

The research question of this study states that it is “a basis for improving the Catholic Educators’ Ministry.” It is therefore important to understand the nuances of what makes a school Catholic and what distinguishes the Catholic educators’ ministry from those of secular or other denomination schools.

State (public) schools in the Philippines have a “separation of church principle” written into the national constitution (Article II, Section 6). The public school system has therefore increasingly committed itself to a secular vision, where textbooks and other resources have become less and less reflective of Christian values (Field, 2001). Many Catholic schools in the Philippines, having come to depend on these resources, are also staffed to a great extent, by graduates of the same universities as the public schools, with minimal religious education. By teaching almost exactly the same content as the public schools, the learning experience can be impoverished in the rich heritage and meaning of Christian faith and culture (Field, 2001). This situation is a serious concern because the relationship between instruction in Catholic faith and instruction in Christian culture is a critical and interdependent one. In a sense faith requires culture to incarnate itself. If Catholic students are not made aware of the great wealth they have inherited in terms of culture, they may well end up, as the great Catholic historian Christopher Dawson predicted, divided personalities with a Christian faith and a pagan culture which contradict one another continually (Dawson, 1981).

It is therefore important to nurture a culture within each school to further the values encapsulated in the Prophetic Dialogue. In Alting von Geusau and Booth’s ‘The Purpose of Catholic Education and the Role of the State’, they say “students should have the keen understanding of being called as Christians to work for the common good and to do so through a life that is deeply rooted in Christ, combined with a vigorous desire to pursue the truth of things, to live through and with reality rather than merely being guided by constantly changing feelings and preferences.” (Alting von Geusau et al, 2013). They go on to say “public policy in education includes, as perhaps its most prominent feature, a major decline in religious practice and a general indifference towards religion”.

Writing back in the 1860s, the famous American convert to Catholicism, Orestes Brownson, wrote: “Catholic education must recognize the catholicity of truth under all its aspects, and tend to actualize it in all the relations of life, in religion and civilization.” (Aquila 1997). Even in those days, Brownstone complained about Catholics’ timidity in acting on the expansive vision of education that was their rightful patrimony.

According to the Sacred Congregation for Catholic Education, Catholic schools serve as an agency for education in faith; a means toward the attainment of the salvic mission of the Catholic Church. The aim of Christian education according to *Gravissimum Educationis* is “the formation of the human person in the pursuit of his ultimate end and of the good of the societies of which, as man, he is a member, and in whose obligations, as an adult, he will share.”

Vatican II’s *Declaration on Christian Education* directs Catholic schools to integrate the Christian faith into the whole pattern of human life in all its aspects (Field, 2001). Dominic Aquila (1997), chairman of the Humanities Department at Franciscan University, develops this thought when he writes “Rather than seeing Catholic education as merely the addition of a religion course to the usual academic subjects, we want our students to make Christian sense out of what they learn in their natural science, math, and history courses, in their study of art, music, and literature”.

The defining characteristics of Catholic schools according to the Philippine Catholic Schools Standards for Basic Education (PSCS) published by the Catholic Educational Association of the Philippines (CEAP) and the Phoenix Publishing House Educational Foundation Inc. are the following. Note that the parentheses are added for the purposes of this study to reinforce understanding of the parallel structure to the Prophetic Dialogue and its Characteristic Dimensions. That schools should: be centered in the person and message of Jesus Christ (*Prophecy, Dialogue, Communication*); participate in the evangelizing mission of the Church (*JPIC*); be animated by the Spirit of Communion (*Mission Animation*); be established as an ecclesial institution (*Biblical Apostolate*); be distinguished by a culture of excellence (*Communication*), be committed to integral human formation (*JPIC*), be engaged in service of the Church and society with preferential option for the poor (*JPIC, Dialogue*) and lastly, that they should promote dialogue on faith, life and culture (*Prophecy, Dialogue*).

There are many examples of Catholic Institutions' attempts to define their Catholic Identity. There are also Standards drawn up by some to achieve the same. The following describes the Five Marks of Catholic School Identity as formulated by Archbishop Michael Miller (2006) as "measurable benchmarks, forming the backbone and inspiring the mission of every Catholic school": Mark 1 relates to being created in the image of God. It states that the impetus of a Catholic school should be to: believe that each person is created in the image of God; know that each person has an eternal destiny; embrace the dignity of all; recognize and celebrate the gifts and talents of others; allocate resources to support and enhance the well-being and the physical, emotional, academic and spiritual development of staff and students. Mark 2 relates to the Catholic Worldview. It states that schools should strive to: share a Catholic worldview through activities and events; create physical spaces in our schools that reflect our Catholic perspective; foster a Catholic worldview of reflection, service and sacramentality; make decisions rooted in Gospel teaching; and lastly to embed sacramental routines (prayer, mass, liturgies, scripture and worship) and reminders in the culture of the school and district. Mark 3 deals with faith permeation. It advocates that Catholic schools: incorporate a religious dimension in all learning; strive for a sacred perspective within a secular context, encourage a critical evaluation of contemporary culture; provide opportunities for staff to develop their abilities to infuse faith into curriculum and pedagogy; and lastly; teach Catholic values by fostering a love for wisdom and truth. Mark 4 relates to being a Gospel Witness. It prescribes that schools: witness to others a life lived in relationship with Jesus; participate actively in the life of the Church; pray personally and lead others in prayer; demonstrate knowledge of faith and commit to faith development and finally; create a vision for evangelization and ministry. Mark 5 is concerned with Spirit of Community. It suggests that schools: live in community, spiritual unity and relationship; recognize that God will be found in each other; foster reconciliation; develop priorities and protocols to address the needs of the marginalized and honor parents/guardians as primary partners in education.

It is helpful in the context of this study, particularly to assist in formulation of the research tool questionnaire, to categorize the five marks above into three categories: Leadership (Mark 1 and 4); Curriculum or religiosity (Mark 2 and 3); Mission Commitment (Mark 5, manifested by the community extension programmes).

Another important component of SVD Catholic schools in the Philippines is the ministry programme or office, whose coordinators oversee all the religious activities of the school. This office is in charge of promoting the Catholic formation of every member of the school, especially the students, by organizing activities like masses and other liturgies, recollections, retreats, bible sharing, and involvement in the activities of the local church and community services. Some of these apostolates are specialists in one or more of the four characteristic dimensions. It will be important to assess the integration and efficacy of this office with the study sample schools.

2.3 CHARISM IN ACTION THROUGH PROPHETIC DIALOGUE

The word "charism" comes from the Greek word *charis*, which means **grace**. The SVD is centered on the life and teachings of Jesus Christ and its charism relates to the Holy Trinity. The SVD strives to live in intercultural harmony both within the society and on mission with those from other cultures. Divine Word Missionaries preach the Gospel and touch the lives of others by living their lives as followers of Jesus.

This *charism* is put into action by what the SVD calls "Prophetic Dialogue" which, according to its authors Bevans et al (2004), is the most relevant approach for Christian missions today for the effectiveness and authenticity of practical theology, especially in Asia.

The essence of prophetic dialogue is to interact respectfully with people from other cultures and traditions with 'an attitude of openness and respect that permeates all activity of the church in its relationship with all people.' (Faithful to the Word No. 1, 2020) Within the society, it does this by welcoming, understanding and accepting the rich cultural diversity of its members. On mission, Prophetic Dialogue is expressed by reaching out to: Faith-seekers and those who have no faith community; the poor and marginalized; people of different cultures; people of different religious traditions and secular ideologies (Divine Word Missionaries Newsletter, 2022).

Dialogue and proclamation manifested by prophecy are by no means incompatible. We understand dialogue along the same lines as *Gaudium et Spes* (Joy and Hope): "Dialogue is an attitude of solidarity, respect, and love that is to permeate all of our activities" (In Dialogue with the Word p53, 2000). It focuses on the partners with whom we share the journey and the way we relate to them; and the characteristic dimensions indicate the pathways we follow (In Dialogue with the Word 6 p19, 2006).

Pope Francis (September 23, 2015) spoke of the importance of dialogue: "the path ahead then is dialogue among yourselves, dialogue in your presbyteries, dialogue with families, dialogue with society. I cannot ever tire of encouraging you to dialogue fearlessly".

The term 'Prophetic Dialogue', at first glance, can seem self-contradictory. There is clearly tension between the two elements. This tension, however, can help overcome a too-limited understanding of both prophecy and dialogue: we might think that dialogue is only a sharing of ideas with others with no clear commitment to our own faith; we might also associate prophecy only with denunciation. All parties to a sincere dialogue must honestly put forward their own views and concerns. In Jesus many recognized a prophetic figure who, like prophets of old, proclaimed God's word. But what captures our attention is that he exercised his prophetic ministry in constant dialogue with those he encountered. Dialogue is rooted in mutuality and so is the prophetic aspect of it. We do not enter into dialogue arrogantly, presenting ourselves as the only prophets. Instead, we give witness to our partners, they give witness to us, and the Spirit calls all of us to "acknowledge our own sinfulness and to engage in constant conversion... together with our dialogue partners we hope to hear the voice of the Spirit of God calling us forward, and in this way our dialogue can be called prophetic" (General Chapter, 2000 p54).

The prophetic impact of dialogue is especially evident when it takes place in situations where "love has been obscured by prejudice, violence and hate" (General Chapter, 2000 p54). While dialogue can be refused and often fails, sincere and courageous dialogue at the "frontiers of our faith and margins of society" (General Chapter, 1988 Spirituality) can serve as a prophetic sign to confront sin and evil and point to the universality and diversity of the Reign of God. We are reminded of the words of Jesus that the grain of wheat must die to bear fruit (John 12: 24), and believe that even the seeming failure of our prophetic dialogue can be transformed in God's own way (In Dialogue with the Word pp.20-21 2006).

2.4 CHARACTERISTIC DIMENSIONS

If Prophetic Dialogue focuses on the partners with whom we share the journey and the way we relate to them; then the characteristic dimensions indicate the pathways we follow (In Dialogue with the Word 6 p19, 2006).

The SVD way of engaging in prophetic dialogue is marked by four characteristic dimensions: Biblical Apostolate, Mission Animation, Justice, Peace and Integrity of Creation (JPIC) and Communication. They give an identity to us and through them we do our mission, these are our ways of carrying out our charism. Thus they "are not the preserve of specialists, but the mark of every SVD" (In Dialogue with the Word p72, 2000).

All four characteristic dimensions have been favored in recent years with the appointment of provincial, zonal, and generalate coordinators. These characteristics are not exclusive to each other but permeate our lives and work. Each dimension implies a basic attitude in our life and service.

2.4.1 BIBLICAL APOSTOLATE

The biblical apostolate is an inherent part of SVD life and mission. The basic approach is "to live centered in God" (In Dialogue with the Word 16, 2006). The biblical apostolate is fundamentally about experiencing the Word and sharing the Word with others.

2.4.2 MISSION ANIMATION

John Paul II said that "mission is a single but complex reality, and it develops in a variety of ways (RM 41). The fostering of mission awareness or mission animation is a characteristic dimension of the life and work of every SVD, including SVD educational institutions (The Constitutions of the SVD 102.2, 2000). Its ambitions are considerable – as missionary schools, mission is our breath; it is the heartbeat of our lives, and our faith is transmitted through our convictions, sharing, lifestyle and activities, thus leading to a transformation of the World (In Word and Deed, 2018). Mission becomes tangible when some take leadership roles to guide, animate and execute according to the vision/mission of the school. Every staff member is a leader in this sense, to discern, collaborate and actualize the mission in SVD schools. Pope Francis, in a speech in May 2022 to the Christian Brothers said: "The Christian Educator, in the school of Christ, is first of all a witness, and he is a teacher to the extent that he is a witness". He went on to say "And above all I pray for you, that you may be brothers not only in name, but in fact. And for your schools to be Christian not in name but in fact".

The basic attitude towards the fulfillment of mission animation is to involve others, to animate them with our enthusiasm for the journey to the Kingdom and to be animated by them, rather than falling into the temptation to think that we can do it all ourselves. The SVD Constitutions highlight mainly four mission animation activities: promotion of laity, vocational promotion, encouraging mission mindedness and promoting missionaries (The Constitutions of the SVD pp109-111, 2000). Catholic schools remain precisely a unique platform for the Christian formation of the laity – places where the Word of God may be heard and imbibed, so that it may be lived out and witnessed to in the larger society (In Dialogue with the Word 10 P7, 2010).

Bevans and Schroeder (2014) say that mission must be dialogical in reflecting God's Trinitarian nature, appreciating the goodness of humanity and learning from culture. But it also must be prophetic in speaking for justice and peace, and in proclaiming the Lordship of Christ even if other religions have some "rays of divine truth". Mission must be prophetic as well as dialogical, since dialogue is impossible without clearly articulating truth: "Only by preaching, serving and witnessing to the reign of God in bold and humble prophetic dialogue will the missionary church be constant in today's context."

2.4.3 JUSTICE, PEACE AND INTEGRITY OF CREATION (JPIC)

Pope Francis (April 20, 2022) said that Catholic education and formation are more important than ever in "an age awash in information often transmitted without wisdom or critical sense". He went on to say "As educators, you are called to nurture the desire for truth, goodness and beauty that lies in the heart of each individual, so that all may learn how to love life and be open to the fullness of life." It is therefore important for this study to assess, in the Research Instrument, whether effective consideration is being given to students' ability to apply critical thinking to information they receive and know how to assess its reliability.

A significant aspect to the JPIC dimension is evangelization. Pope Francis (2020) said "Catholic Education is also evangelization: bearing witness to the joy of the Gospel and its power to renew our communities and provide hope and strength in facing wisely the challenges of the current time."

The concept of social systems and nature being an 'integral ecology' is described by Pope Francis, who wrote in his encyclical letter *Laudato Si'* (Francis 2015) "Nature cannot be regarded as something separate from ourselves or as a mere setting in which we live." It is therefore necessary to ensure our schools are equipped with the understanding that comprehensive solutions must consider the interactions with natural systems and with social systems.

Fr Jac Kuepers SVD recently urged us to learn anew to "treat every creature as a gift from heaven, cherish the value of all things, and respect the living area of every creature, in particular human beings, whether rich or poor" (Jac Kuepers SVD, 2021). Only if we convert ourselves will we be credible in our educational work, according to the principle "what we wish to kindle in others must burn within ourselves" (St. Augustine of Hippo).

A study by Tichnor-Wagner et al in 2019 found that "Educational leaders should cultivate an inclusive, caring, and supportive school community that values the cultural and linguistic diversity of each student." This requires supporting staff to be reflective and action-oriented about building a culture that includes, cares for, and supports the unique needs of each student and their family; creating an environment that welcomes and accommodates students, families, and staff from culturally and linguistically diverse backgrounds; utilizing the diversity of students, families, and staff as learning assets throughout classroom and school-wide programming; and establishing an ethos of tolerance and civility so that all students, families, and staff feel safe expressing personal opinions, beliefs, and perspectives, including open dialogues when intolerance or prejudice occurs. It should be noted that the Department of Education (DepEd) has recently undertaken to expand integration of inclusivity and global citizenship topics in the K to 12 curriculum (DepEd, February 2022).

Finally, leaders understand that equity is not the same as equality (Mann, 2014). Where equality suggests the same for all, equity recognizes that some students need more resources and supports to arrive at the same finish line as their peers.

2.4.4 COMMUNICATION

It is worth looking at two very old Papal observations to illustrate how Teachers have long been recognized as the vital link in delivering the missiological objectives in Catholic schools. Pope Pius XI said nearly a century ago "Perfect schools are the result not so much of good methods as of good teachers." (Pius XI, 1929).

Back in 1965 Pope Paul VI said "But let teachers recognize that the Catholic school depends upon them almost entirely for the accomplishment of its goals and programmes." He went on to say: "They should therefore be very carefully prepared so that both in secular and religious knowledge they are equipped with suitable qualifications and also with a pedagogical skill that is in keeping with the findings of the contemporary world." (Paul VI 1965).

It is also worth bringing us more up-to-date with Pope Francis who observed that: "Teaching is a beautiful profession... It is a great responsibility! Teaching is a serious commitment that only a mature and well-balanced person can undertake. Such a commitment can be intimidating, but remember that no teacher is ever alone: they always share their work with other colleagues and the entire educational community to which they belong." (Francis, 14 March 2015). It seems that Pope Francis was recognizing that today, Catholic schools have a more distributed Leadership Framework. Teachers, while still being the primary interface with students, are part of a collaborative process. Several studies suggest that partnerships, collaboration, and shared governance need to be embedded in distributed leadership to facilitate change in higher education (Bolden et al., 2009; Burke, 2010; Youngs, 2017). Emphasizing this fact, the SVD 16th General Chapter concluded that the characteristic dimensions give an identity to us and through them we do our mission, these are our ways of carrying out our charism. Thus, they "are not the preserve of specialists, but the mark of every SVD." (In Dialogue with the Word 16, 2006).

2.5 DIGITAL COMMUNICATIONS

A recent study from Brussels-based marketing and advertising consultant Sortlist (2022) found that Filipinos are spending an average of 10 hours and 56 minutes a day connected online. Of that time, four hours and 15 minutes a day are spent on social media platforms. The Roman Catholic Church has long been associated with all things traditional. However, while the Church's top leaders have been getting their clothes from the same retailer for the past 2000 years, the Holy Father Pope Francis announced at the 50th World Communications Day on January 26th 2016 "The internet, text messages and social networks are 'a gift from God'." Digital technology is no longer an alternative social space, but it is now the main platform for providing and receiving information. Furthermore, it is widely recognized that Social Media is not merely a medium of entertainment and consumer gratification; it is a tool for accomplishing useful work (Nwachukwu, 2019). It has therefore become an important factor in utilizing and directing responsible use of such media in the Catholic Educators' Ministry.

As far back as the first-ever World Communications Day in 1967, Pope Paul VI cautioned: "One cannot ignore the danger and the damage which these means (modern means of social communication), however noble in themselves, can inflict upon individuals and society when they are not employed by humans with a sense of responsibility or with honest intent and in conformity with the objective moral order..."

In Pope Francis' address to the Pontifical Council on Social Communications on the 27th of June 2015, he urged: "The great digital continent not only involves technology but is made up of real men and women who bring with them their hopes, their suffering, their concerns and their pursuit of what is true, beautiful and good." With particular relevance to the Catholic Educators' Ministry, he went on to say "It is the duty of

Pastors to instruct and guide the faithful so that they, with the help of these same media, may further the salvation and perfection of themselves and of the entire human family. In addition, the laity especially must strive to instill a human and Christian spirit into these media, so that they may fully measure up to the great expectations of (humankind) and to God's design."

2.6 INTERCULTURALITY AND CULTURE

SVD schools in the Philippines are not exclusive to Catholics but serve peoples of other faiths; some are dedicated to out-of-school youths, to the handicapped, to the poor, to cultural minorities, and to the other marginalized sectors of the society (Aguas, 2019). "Interculturality" is therefore an essential element of the SVD charism, rooted in the intention of its Founder, Arnold Janssen, and enshrined as a fundamental conviction in the SVD Constitution. Interculturality is more than just co-existing side by side with people from different nationalities or cultures. More than just a cross-cultural encounter, interculturality encourages and promotes people from different cultures to interact with each other and thereby mutually enrich and transform each other and those around them (Nguyen, 2019).

According to Fr. Pernia, in his "Report of the Superior General to the XVII General Chapter," it is not to be confused with "multiculturality" whereby a community, which comprises people from different nationalities or cultures, can co-exist side by side with each other. Rather, the ideal intercultural community, which consists of members from different cultures, "can interact with each other and thereby mutually enrich the individual members and the community as a whole."

2.7 LEADERSHIP FRAMEWORK ELEMENTS—COMPARISON WITH OTHER RELEVANT FRAMEWORKS AND STUDIES

The following subsections show key Educational Leadership Programme elements from five (5) relevant research studies/programmes. Table 1 on page 57 compares these elements with those of the SVD Prophetic Dialogue and its Characteristic Dimensions. This table, in addition to being one of the pillars of the Theoretical Framework of this study, provided assistance in formulating the research instrument questionnaire so that, in addition to capturing the SVD values and ethos, wide-ranging fundamental aspects of Leadership Frameworks from around the World are also considered. This technique was adopted so that important elements were not overlooked. The literature reviews include two studies and three frameworks as diverse as New Zealand, Europe and a Global Framework.

For example, in Table 1 the literature studies have the following key elements related to Justice, Peace and Integrity of Creation (JPIC): "Contributing to the development and wellbeing of education beyond the organization"; "Working with partners and the external environment"; "Confronting barriers in cultures and structures of schools" and "Advocacy and Community Engagement". These elements contributed to the prompt/question for the Teacher respondents, regarding the integration of JPIC to their school culture: "We ensure our students have knowledge of, and respect diverse cultures; people of different socio-economic status and the marginalized." (see questionnaire in Annex 1).

STUDY 1 EDUCATIONAL COUNCIL NEW ZEALAND 2018

This study by Wylie and McKinley, 2018, titled *Educational Leadership Capability Framework*, was commissioned by the Education Council of New Zealand to develop a leadership capability framework. The nine capabilities identified were:

- **Building and sustaining high trust relationships**

The heart of effective leadership. High trust relationships exist when leaders are respected for their deep educational knowledge, their actions and values, and the way they engage respectfully with others, with empathy and humility, fostering openness in discussions. Leaders have good emotional intelligence and awareness.

- **Understanding culturally responsive practice**

Valuing what each learner brings with them. A strengths-based inclusive approach ensuring that learners feel they belong in the school. Leaders take responsibility for growing their own and others' confidence in culturally responsive practice and also take responsibility for ensuring that all learners know and can honor our country's cultural heritage.

- **Building and sustaining collective leadership and professional community**

Effective learning happens when the teachers responsible for it work together to share their knowledge and inquire into their practice. Leadership attends to the conditions and practices that are needed for this to occur, enhancing a strong sense of an engaging, active, and achieving community that sees itself involved in on-going learning, innovation and improvement for the benefit of each and all of its learners.

- **Strategically thinking and planning**

Leaders ensure that the organizational vision, goals and expectations of staff and learners are shaped in ways that engage the organizational community (staff, learners, community stakeholders) in a meaningful way. This will mean that what is constructed is shared, will motivate, and will keep the organization improving in line with a strong moral purpose, desiring the success of each and every one of their learners. They keep abreast of both emerging ideas and new evidence, and changes in policies and legislation that have a bearing on what the organization can do,

and bring that knowledge into their strategic thinking. They provide insightful reports of progress and identification of any problems that enable candid discussion to inform changes in practices or resources as needed.

- **Evaluating practices in relation to outcomes**

Leaders are skilled at evaluating the organization's collective and individual staff practices in relation to learning outcomes and wellbeing. They use high levels of quantitative and qualitative data literacy. They are curious about patterns and practices. They can describe and identify problems or challenges in ways that open up real discussion and identification of needs, and solutions.

- **Adept management of resources to achieve visions and goals**

Leaders understand the information they have in order to make decisions on how best to use resources of money, time, and space and gain support for their learners and staff. They ensure they have the right information in making financial, human resource and property decisions, and they seek specialist advice to assist their decision-making if needed. They prioritize seeking and allocating resources that match the organization's strategic plan.

- **Attending to their own learning as leaders and their own wellbeing**

Leaders ensure that they challenge their own thinking and keep growing their knowledge. They actively search for new information and knowledge and ideas. They also actively attend to their own wellbeing.

- **Embodying the organizations values and showing moral purpose, optimism, agency and resilience**

Leaders embody their organization's values, carrying out "even the most routine and seemingly trivial tasks in such a way as to nudge their organizations towards their purposes." (Leithwood, 2012). They approach the challenges of leadership with moral purpose, optimism, a sense of agency, and resilience. They are able to take thoughtful risks.

- **Contributing to the development and wellbeing of education beyond the organization**

Leaders bring their knowledge and experience of making improvements to local and national professional networks, as well as exploring opportunities to work with other educational organizations, local communities, government agencies and others to develop and improve educational provision and policy. They use such opportunities to learn from others, and to develop things that are collectively more than the sum of contributing parts, which others can draw from and use to improve educational practice.

STUDY 2 EUROPEAN COMMISSION 2011

This study, coordinated by Bolhöfer, 2011, of NLQ Hildesheim and funded with support from the European Commission, was titled *Leadership in Education: A European Qualification Network for Effective School Leadership*. The study endeavors to identify core domains to describe and categorize a comprehensive body of school leadership. The Framework of Reference identifies five greater domains which comprise all leadership topics:

- Political and cultural expectations and their translation into internal meaning and direction
 - developing leadership and managing change
 - developing strategic planning for schools
 - translating external requirements into internal meaning
 - negotiating and communicating meaning, visions and mission statements
 - fostering ethical standards
- Understanding and empowering teachers and other staff
 - improving teaching and student learning
 - Fostering teachers' competencies in subject matters, didactics, methodologies, classroom management and ICT
 - building team work and distributing leadership
 - ensuring performance management, assessment and evaluation
 - developing efficient Human Resources management
 - creating a culture of professional learning
- Culturing and structuring schools
 - developing school leadership and management
 - Creating an effective organizational and communication culture
 - building appropriate organizational structures
 - planning and managing human and material / financial resources
 - ensuring transparent decision-making

- Working with partners and the external environment,
 - Building and maintaining relationships with parents, the wider school community and national / local /school authorities
 - cooperating with agencies and organizations/institutions outside the school at local, national level
 - networking with other school
- Personal development and growth
 - developing and maintaining leadership competencies through continuous professional development (CPD)
 - building peer networks at local, national level

STUDY 3 CROWTHER ET AL, 2002

Crowther et al. (2002, pp. 4-5) presented an idealized 'Teachers as Leaders' framework comprising of six elements representing the work of teacher leaders:

- preparing students for better future;
- achieving authenticity in teaching, learning and assessment practices;
- facilitating communities of learning;
- confronting barriers in cultures and structures of schools;
- translating ideas into sustainable actions;
- nurturing success culture

STUDY 4 GLOBAL STUDY BY ASCD AND THE LONGVIEW FOUNDATION

Ariel Tichnor-Wagner and Jennifer Manis, 2019, commissioned by ASCD and the Longview Foundation, produced a study titled *Globally Competent Educational Leadership: A Framework for Leading Schools in a Diverse, Interconnected World*. The result was a common leadership framework for schools that supports global competence, as well as concrete steps and resources for leading school-wide efforts that prepare all students for citizenship and work in today's diverse, interconnected world:

- Shared Mission and Vision
- Curriculum, Instruction, and Assessment
- Collaborative Professional Community
- Global Connections and Collaboration
- Advocacy and Community Engagement
- Equity and Inclusivity
- Operations and Management

STUDY 5 FIELDS, KENNY AND MUELLER (2019)

Fields, Kenny & Mueller (2019) were commissioned in Canada by the Taylor and Francis Group to perform a study titled *Conceptualizing educational leadership in an academic development program*. Published in the International Journal for Academic Development, this study proposed a framework for educational leadership based on the key emergent themes from the participants' interviews:

- Affective qualities: Demonstrating humility, showing respect and empathy, establishing trust, facilitating relationship building
- Action Orientation: Effecting change; taking risks; facilitating long-term transformation; creating and implementing new teaching and learning projects
- Mentoring and empowering: Helping colleagues strengthen their teaching and learning practices; mentoring and coaching colleagues; sharing resources; building capacity for growth; sharing insights and advice; bringing colleagues together
- Teaching excellence: Facilitating student learning; enabling and empowering students; inspiring and building learners' confidence; eliminating barriers to learning; being exemplary teachers; effectively communicating and collaborating with students; improving student learning experiences
- Research and scholarship: Engaging in research; applying and disseminating scholarship in teaching and learning

Table 1 shows SVD Prophetic Dialogue Leadership Framework Elements and compares these elements with the five (5) relevant Frameworks and Studies listed above:

Table 1. SVD Leadership Framework Elements – Comparison with other relevant Frameworks and Studies

SVD Leadership Framework Elements	Notes on SVD Framework Elements	Study 1: Educational Leaders Ministry of Education New Zealand Education Council 2018	Study 2: European Qualification Network for Effective School Leadership	Study 3: Crowther et al. (2002)	Study 4: Globally Competent Educational Leadership 2019 by ASCD and the Longview Foundation	Study 5: Jacqueline Fields et al (2019)
Prophetic Dialogue – partner interaction: Prophecy ... Mission through proclaiming God's Word	Embody school values, showing moral purpose, optimism, agency and resilience. To speak as if by divine inspiration. To give instruction in religious matters. proclaiming God's word	Embodying the organizations values and showing moral purpose, optimism, agency and resilience	Political and cultural expectations and their translation into internal meaning and direction	Nurturing success culture	Shared Mission and Vision Operations and Management	Research and scholarship: Engaging in research; applying and disseminating scholarship in teaching and learning
Prophetic Dialogue – partner interaction: Dialogue ...Mission through mutual love and respect	Collaborative and empathetic professional community. An attitude of solidarity, respect, and love that is to permeate all of our activities.	Building and sustaining high trust relationships. Understanding culturally responsive practice	Culturing and structuring schools	Translating ideas into sustainable actions	Collaborative Professional Community	Affective qualities: Demonstrating humility, showing respect and empathy, establishing trust, facilitating relationship building
Characteristic dimensions – the pathways:						
Biblical Apostolate ... Living Centered in God	Culturing and structuring schools. Live centered in God	Embodying the organizations values and showing moral purpose, optimism, agency and resilience. Attending to their own learning as leaders and their own wellbeing.	Personal development and growth	Preparing students for better future	Equity and inclusivity	Facilitating long-term transformation
Mission Animation ...Calling	Understanding and empowering. Involve others, to animate them with our enthusiasm, to be animated by them. Don't think that we can do it all ourselves. Encourage mission mindedness Promotion of laity and lay ministries. Vocational promotion	Strategic thinking and planning. Evaluate practices in relation to outcomes. Adept management of resources to achieve visions and goals	Understanding and empowering teachers and other staff	Facilitating communities of learning.	Collaborative Professional Community	Action Orientation: Effecting change; taking risks; creating and implementing new teaching and learning projects
Justice, Peace and Integrity of Creation (JPIC) ... Evangelizing	Advocacy and partner/community engagement. Evangelize and commit to the transformation of society and the world. Recognise and call out unjust structures and promoting human dignity, as well as Biblical Apostolate preservation of the environment	Contributing to the development and wellbeing of education beyond the organization	Working with partners and the external environment	Confronting barriers in cultures and structures of schools	Advocacy and Community Engagement	<i>None specified.</i>
Communication ... Teaching and developing	Curriculum, instruction, assessment. Teaching and developing with an attitude of reaching out that enables us to overcome inertia and the fear that can sometimes overtake us and keep us from engaging our dialogue partners.	Building and sustaining high trust relationships	Personal development and growth	Achieving authenticity in teaching, learning and assessment practices	Curriculum, Instruction, and Assessment	Mentoring and empowering. Helping colleagues strengthen their teaching and learning practices; mentoring and coaching colleagues; sharing resources; building capacity for growth; sharing insights and advice; bringing colleagues together.

3 METHODS AND PROCEDURES

This chapter presents the research design, locale of the study, subject of the study, sources of data, procedure of the study and statistical treatment.

3.1 RESEARCH DESIGN

Both qualitative and quantitative type of research was used in this study. The study used the **Descriptive Survey Research Design** to assess the integration of SVD missiological leadership paradigm (Leadership Framework), which is known as Prophetic Dialogue, to the Catholic Educator's Ministry as indicated by classroom practices, behaviors and prevailing school culture in SVD schools in the ecclesiastical provinces of the SVD Philippine North (PHN). The researcher assessed the demographic profile of the respondents in terms employment status, age range gender identity, highest educational attainment, length of service and grade level taught. The researcher also used **Comparative Research Design** to determine the differences on the assessment of the respondents regarding the extent of integration and level of effectiveness and of the SVD leadership programme indicators when grouped according to profile variables. This method was designed for the researcher to gather information about present existing conditions needed in the chosen field of study. It enabled the researcher to interpret theoretical meaning of the findings and hypothesis development for further studies. Data collection was performed through a paper-based survey questionnaire.

3.2 LOCALE OF THE STUDY

The study was conducted within seven (7) SVD owned and/or managed schools in the SVD Philippine North (PHN) ecclesiastical provinces that covers the area from Pangasinan up to the northern tip of the country, namely:

- Divine Word College of Urdaneta, Pangasinan
- Divine Word Academy of Dagupan (DWAD), Pangasinan
- Divine Word College of Bangued, Abra
- Divine Word College of Vigan, Ilocos Sur
- Divine Word College of Laoag, Ilocos Norte
- Divine Word High School of Sanchez Mira, Cagayan
- Academy of Saint Joseph (ASJ) of Claveria, Cagayan

3.2.1 DIVINE WORD COLLEGE OF URDANETA

This school was founded by the Divine Word Missionaries in 1967. The student population of the school has decreased somewhat in recent years in terms of school student and faculty numbers. For this study, there were 13 qualified respondents who received questionnaires and 13 responded.

3.2.2 DIVINE WORD COLLEGE OF DAGUPAN

This private school was established by SVD missionaries in 1957 to provide Christian education to the Chinese community. There is currently a mix of Chinese and Filipino students. For this study, all 12 qualified respondents who received questionnaires responded.

3.2.3 DIVINE WORD COLLEGE OF BANGUED (DWCB)

The DWCB was established in 1920 in Bangued, Abra as Colegio del Sagrado Corazon by Fr. Theodore Bittenbruch, SVD. It changed its name to Divine Word College of Bangued in 1964. The student numbers have declined in recent years. For this study, all 10 qualified respondents who received questionnaires responded.

3.2.4 DIVINE WORD COLLEGE OF VIGAN

This school was founded by Bishop Francisco Alban, OP in 1822. It was originally called Vigan Seminario-Colegio de la Inmaculada Concepcion. The Diocesan Clergy to the religious missionary congregations made up the administration at that time. The SVD took over in 1925 upon the invitation of the Bishop of Vigan, Most Rev. Peter Hurth. The associated seminary was separation from the College continuing its operation as Seminario de la Inmaculada Concepcion while the College that started from Grade School and High School became Colegio de la Inmaculada Concepcion. In 1945, the college department was strengthened and in 1964, the college officially became the Divine Word College of Vigan. For this study, there were 11 qualified respondents who received questionnaires and 10 responded.

3.2.5 DIVINE WORD COLLEGE OF LAOAG

This school was established by Msgr. Ignacio Cordero, parish of St. William Parish. In 1945 he invited SVD missionaries headed by Fr. Alphonse Mildner to take over the running of the school. In 1946, it became St. William College in honor of its patron St. William. In 1964, the college became known as Divine Word College of Laoag in response to the unified SVD identity among all SVD schools and SVD-run schools in the Philippines. For this study, there were 12 qualified respondents who received questionnaires and 10 responded.

3.2.6 DIVINE WORD HIGH SCHOOL OF SANCHEZ MIRA

This private school was founded by Fr. John Rutgers, SVD and Fr. Leo Boethin, SVD in 1962. As the only Catholic School in the Town, it continues to thrive as it approaches its 60th Anniversary. For this study, all 11 qualified respondents who received questionnaires responded.

3.2.7 ACADEMY OF SAINT JOSEPH (ASJ) OF CLAVERIA

Claveria Catholic High School was founded in 1947 by German missionary Fr. Egon Strottmann. Despite losing its two newly-built classrooms to a typhoon in its first year, the determined founding priests rebuilt and the school became the Academy of St. Joseph in 1947 to unify the school with the parish church. Successive SVD administrations have led to the continued vibrancy and commitment as Witness to the Word to this day. For this study, all 11 qualified respondents who received questionnaires responded.

3.3 RESPONDENTS AND SAMPLING PROCEDURE

In order to gather reliable data for this research, the researcher used purposive sampling, specifically the total population sampling technique. There is a total of 81 teachers in the SVD Philippines North (PHN) schools considered as the respondents of the study who were asked to complete a questionnaire to enumerate their perception of the integration and effectiveness of the SVD Leadership Program in their school. The table that follows show the number of teacher-respondents per school.

Table 2. Distribution of Respondents from each School

Name of School	Total Potential No. of Teachers	Number of Teacher Respondents
Divine Word College of Urdaneta	13	13
Divine Word Academy of Dagupan (DWAD),	12	12
Divine Word College of Bangued	10	10
Divine Word College of Vigan	11	10
Divine Word College of Laoag	12	10
Divine Word High School of Sanchez Mira	11	11
Academy of Saint Joseph (ASJ) of Claveria	11	11
TOTALS (N)	80	77

3.4 RESEARCH INSTRUMENT

This study utilized a questionnaire research instrument format (Annex A). Part I of the questionnaire comprised items soliciting demographic information from the respondents' profile. Part II has two main columns for data gathering. The first identifies the perceived extent of integration within the respondent's school of elements of prophetic dialogue and its characteristic dimensions. The second column identifies the perceived level of effectiveness within the respondent's school of elements of prophetic dialogue and its characteristic dimensions.

The questions for Part II used a four-point Likert scale (Likert R, 1939), to ascertain how the teacher respondents perceive the integration and effectiveness of aspects of their experiences related to classroom practice, behaviors and school culture:

- The first column of the answer about the extent of integration was rated as: (1) Not at all, (2) Low Integration, (3) Moderately Integrated and (4) Highly Integrated
- The second column of the answer about the level of effectiveness that was rated as: (1) Not at all, (2) Low Effective, (3) Moderately Effective and (4) Highly Effective

A right-hand 'Notes' column was added for the Researcher's use. This column provides a reference that allows each question to be mapped to an aspect of the Leadership programme (e.g. PD-P = Prophetic Dialogue –Prophecy; PD-D = Prophetic Dialogue–Dialogue; BA = Biblical Apostolate, MA = Mission Animation; JPIC = Justice, Peace and the Integrity of God's Creation; COM = Communication). Table 3 on Page 72 shows the weighted mean ranges associated with the 4-point Likert scale used for Extent of Integration and Level of Effectiveness.

The questions were grouped such that an analysis could be made against each element of the SVD Leadership Framework – the prophetic dialogue and its four characteristic dimensions. The questionnaire was compiled and the questions framed in an attempt to mitigate any Social Desirability Bias (Brace, 2018), perceived to be a potential risk by this researcher. This can occur when respondents, either consciously or otherwise, ‘over-score’ ratings; perhaps considering how things should be or are supposed to be, rather than how they actually are (Grimm, 2010). Respondent anonymity was clearly communicated and careful question framing and wording were employed to minimize this risk.

3.5 ETHICAL CONSIDERATIONS

The general ethic principle for studies involving people is to impose no harm, inconvenience or discomfort. Therefore, a research study should clearly identify, classify, and assess possible risks that might be involved in the conduct of research. This study uses a consent form to identify the risks that may affect the respondent and at the same time, inform them of the purpose and research area of the study. The respondents were oriented as to why the study is being done and how the current study was hoped to be accomplished. They were also advised about the risks and inconveniences of the study, and other matters that might affect their decisions to participate or not.

The participation of the respondents in the study was purely voluntary. Consent was obtained before they could participate. Participants were informed about the nature and extent of their involvement in the study. They were informed of the future potential benefits that may result from their involvement in the study. In the recruitment and selection of participants, protocols and other requirements were followed. Participants’ rights were safeguarded to promote equality. Non-disclosure of personalities was implemented as well to protect the personal information of the participants. No names or email addresses were collected.

3.6 DATA GATHERING PROCEDURE

Permission to conduct the study by the researcher was first sought from the School Directors, after which the same approval was also sought from the Principal of each respondent school. This study initially utilized an online link to a questionnaire generated using Google Forms™ (see Annex A). The link was sent to the Directors of the respondent-schools. The Directors, with prior communication, facilitated the distribution of the link to the qualified teacher respondents within their school. The researcher received no completed replies after one month, so reverted to printed questionnaires.

Upon further communication with School Directors and Principals, the sets of questionnaires, including instructions and confidentiality statements, were presented personally by the researcher to the respondents of the study. They were retrieved immediately upon completion. The respondents were required to write their names, and affiliate school for later identification, although these were not published. The researcher tabulated the results in a Microsoft Excel™ Spreadsheet. This matrix codified school affiliation, respondent demographics, and each questionnaire item according to the 4-point Likert scale response in accordance with format requirements stipulated by the research Statistician.

3.7 STATISTICAL TREATMENT

Figure 4 shows the how the respondent data is organized in tabular form in the Results Section 4 of this study.

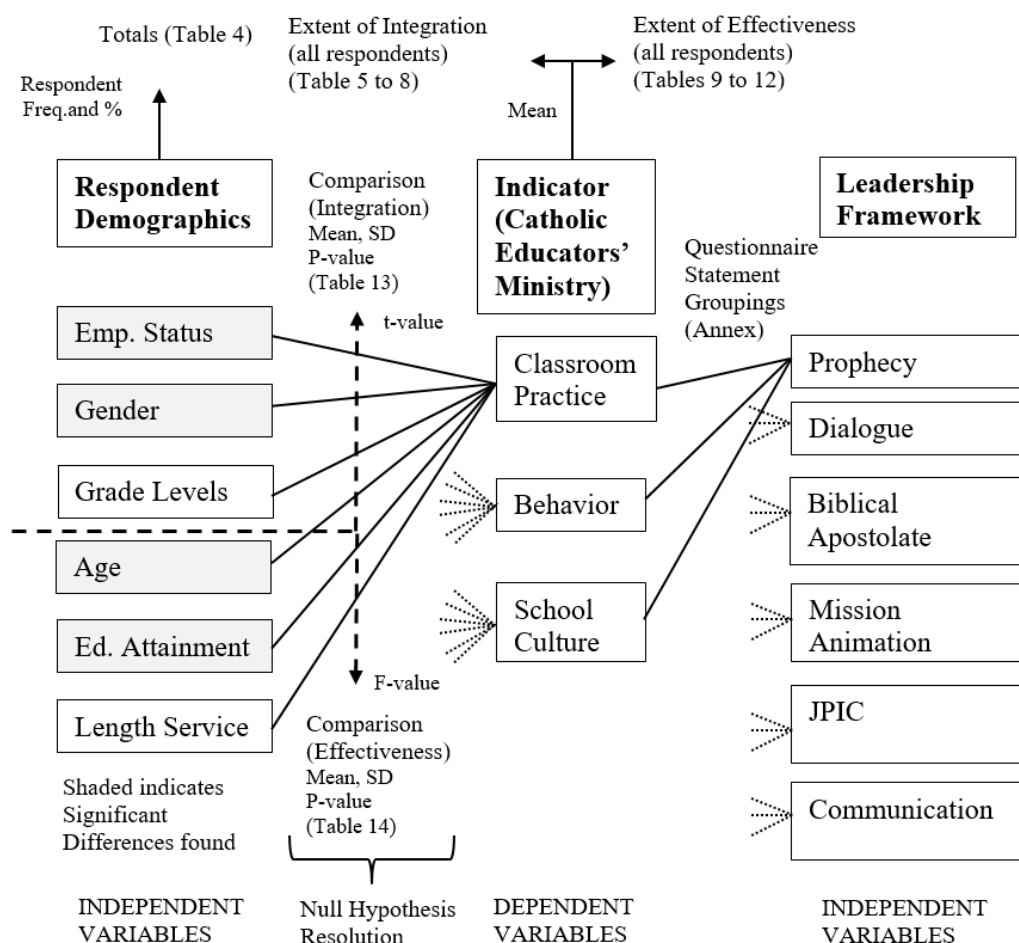


Fig. 4. Data Analysis and Statistical Treatment Summary

To ensure systematic and objective presentation analysis and interpretation of research data, the statistical techniques and tools used were chosen at the planning stage to provide the best contrast between the data elements and so reveal areas of significance and test the research hypothesis. Referring to Figure 4 above:

Frequency Count and Percentage. These descriptive measures were used to determine the demographic profile of the respondents in terms of employment status, age range, gender identity, highest educational attainment, length of service and grade levels taught.

Weighted Mean was employed to determine the extent of integration and level of effectiveness of the SVD Leadership Framework in the sample SVD schools in the ecclesiastical provinces of the SVD Philippines North (PHN); assessed by the teachers in terms of classroom practice, behaviors and school culture. Table 3 shows the mean value ranges used to delimit the 4-point Likert levels used for the extent of integration and level of effectiveness in the research instrument questionnaire.

Table 3. Weighted Mean Ranges Associated with 4-Point Likert Scale for Extent of Integration and Level of Effectiveness

Respondent Rating	Mean Range	Extent of Integration	Level of Effectiveness
4	3.26 – 4.00	High Integration	Highly Effective
3	2.51 – 3.25	Moderate Integration	Moderately Effective
2	1.76 – 2.50	Low Integration	Low Effective
1	1 – 1.75	Not at all	Not at all

This research study puts forward the research hypothesis that there is no significant difference on the assessment of extent of integration or level of effectiveness when grouped according to respondent profile. This 'null hypothesis' was tested using a 5% confidence level of significance.

The **t-value** tool was used to find evidence of significant difference between population means that involves two variables being compared, relative to the variation in the sample data. It determines the significant difference on the assessment of respondents regarding the extent of integration and level of effectiveness of the SVD Leadership Framework when grouped according to profile variables of employment status,

gender and grade level taught. The greater the magnitude of t , the greater the evidence against the null hypothesis. This means there is greater evidence that there is a significant difference.

F-test / Analysis of Variance (ANOVA). The F-value is the ratio of two variances and compares the joint effect of all the variables together. This was used to determine the significant difference when three or more variables are compared, particularly the assessment of respondents regarding the extent of integration and level of effectiveness of the SVD Leadership Framework when grouped according to profile variables of age, highest educational attainment, and length of service. Significance is attributable where a computed F-value is greater than the F-critical value; supported by a probability value compared to its confidence level of significance value.

The **p-value** serves as an alternative to rejection points to provide the smallest level of significance at which the null hypothesis would be rejected. A smaller p-value means that there is stronger evidence in favor of the alternative hypothesis. All probability values were evaluated at 0.01 (highly significant) and 0.05 (significant) level of significance.

Standard Deviation (SD) measures the amount of variability, or dispersion from the individual data values to the mean (average), while the Standard Error measures how far the sample mean of the data is likely to be from the true population mean.

4 PRESENTATION, ANALYSIS, AND INTERPRETATION OF DATA

This chapter presents the data gathered, analyzed, and interpreted in answer to the Problems raised for this study. The data were based on the responses given by the respondents through the distribution of a survey questionnaire. Furthermore, it presents the findings of the study from which conclusions and recommendations were made.

A general observation can be made regarding the rating values returned by the respondents. It was anticipated during compilation of the research instrument questionnaire that the data returned would reflect the propensity within Filipino educational establishments to return high grades, as pointed out by the journalist Randy David in his Philippine Daily Inquirer article *The Phenomenon of 'Grade Inflation'* (David, 2022), and undoubtedly worthy of further research. The returned data for this study, while reflecting generally high ratings, showed sufficient granularity within the 'High' and 'Moderate' brackets to successfully identify areas of consistent lower performance, enabling conclusions to be drawn and interventions to be recommended.

4.1 DEMOGRAPHIC PROFILE OF RESPONDENTS

Table 4 shows the demographic characteristics of the teacher respondents related to employment status, gender, age, highest educational achievement, length of service and the grade levels taught. Of the 80 teacher respondents sent a questionnaire, 77 replied, which is a response rate of 96%.

4.2 EMPLOYMENT STATUS

From the 77 respondents in this study it was revealed in the data that 81.82 percent of respondents had a regular teacher employment status, with 18.18 percent of the respondents being probationary teachers. Probationary employment in the Philippines is governed by Article 296 (formerly, Article 281) of the Labor Code, which says that probationary employment shall not exceed six (6) months from the date the employee started working, unless it is covered by an apprenticeship agreement stipulating a longer period. The Article also states that a probationary employee can be legally terminated "for a just cause; or when the employee fails to qualify as a regular employee in accordance with the reasonable standards made known to him by the employer at the start of the employment". Although there are currently no national statistics generated by the DepEd for the number/percentage of probationary teachers, this researcher, through communication with comparable secular public schools in the PHN, concludes that 18.18 percent of probationary teachers for this study is higher than average. The Review of Related Literature of this study found that teachers are migrating from private to public schools, largely prompted by pay disparities. Vice President and Education Secretary Sara Duterte recently said "Increasing the salaries of public school teachers may result in private schools losing teachers or worse, shutting down" (Panti, 2022). This increasing attrition rate is exacerbated by the pressures prioritizing consumerism over vocational aspirations. The World Bank reported in March 2022 that the Philippines "with continued recovery and reform efforts, is getting back on track to being a lower middle-income country" (The World Bank 2022). This steers citizens to make monetary considerations increasingly paramount. Losing permanent teachers means that SVD schools are necessarily replacing them with greater numbers of probationary teachers. While the Catholic Educational Association of the Philippines (CEAP) is pushing for a salary increase for private school teachers and is seeking the help of legislators (Momblan, 2019), it may be that school Administration are failing to convince teachers to be sufficiently animated in the Mission of Catholic schools.

4.3 GENDER

The ecclesiastical provinces of the SVD PHN comprise Region 1, Region 2 and the Cordillera Administrative Region (CAR). From the DepEd Basic Education Statistics for School Year 2019-2020, from a total of 2,627,468 teachers in these regions, there were 1,281,100 female teachers (48.76%) and 1,346,368 male teachers (51.24%) – surprising statistics to this researcher. This is in marked contrast to data published in 2014, for

example, by the Philippine Commission on Women (PCW) revealing that in 2008-2009, 77.06% in the public secondary schools were female (Bongco et al 2019) – a major achievement by the DepEd in leveling-up the male to female ratio since this period.

It can be seen however, that for the sample SVD schools in this study, from the total number of teacher respondents, the majority were female with **68.83** percent while **31.17** percent were male. This is large disparity between the **48.76 / 51.2** percent female/male DeEd ratio, with more than a 20% increase in female teachers for our respondent schools. As concluded by many research studies, including Barber, 2012; Jensen, 2019; Trzebiatowska et al, 2012, etc., women are generally more religious than men. In the Philippines, of the 46% of adult Filipinos who attend religious services weekly, women are certainly more frequent church-goers than men (Zuckerman, 2020). For these reasons it may be that women are more likely to gravitate towards Catholic schools as a preference in their teacher career, thus elevating their number in this study's SVD schools sample in comparison with national statistics.

4.4 AGE

As to the age of the teacher respondents, it is indicated that 30 respondents, or 38.96 percent are classified as aged ranging from 21-24; 29 respondents, or 37.66 percent, had ages ranging from 25-30. Only eight (8) respondents, or 10.39 percent, were within the age range of 31-40 and ten, or 12.99 percent were within the age range of 41-50. The mean age of the respondents, computed from the intermediate age of the age ranges, was **28** years old. The career span of a teacher, from graduation until retirement is approximately age 21 till 65. The mean age of this career span is **43** so for this study the teacher respondents are, on average, 15 years *younger* than if the number of respondents was evenly distributed across the age ranges. It can be concluded that this finding supports the high level of probationary (and therefore younger) teachers in the sample schools.

4.5 EDUCATIONAL ATTAINMENT

In terms of highest educational attainment, the majority of respondents graduated with a Bachelor's Degree, 16, or 20.78 percent of them completed a Master's Degree while only two (2) respondents, or 2.60 percent, attained a Doctorate degree. The finding complies with the minimum employment requirement of SVD Schools that employees acquire Bachelor's degree.

4.6 LENGTH OF SERVICE

The majority of teacher respondents have served for one to four years (41 teachers, or 53.25 percent) or for between five and ten years (25 teachers, or 32.47 percent). Just two (2) and three (3) teachers have served in each of the remaining 5-year span categories, which extend up to a service of more than 26 years. The mean length of service of respondents, computed from the intermediate value of the length of service ranges, was **5.69** years. This compares to a mean of **13.1** years if the number of respondents was evenly distributed across the length of service ranges. This indicates a drop in the number of teachers in the longer terms of service ranges, signifying less teachers are completing their careers in SVD schools, likely due to the same factors of losing teachers to private schools as discussed around age and employment status.

4.7 GRADES TAUGHT

Forty-seven (47) respondents or 61.04 percent were primarily responsible for teaching Junior High School students while 30 of them, or 38.96 percent, taught Senior High School students. Respondents who taught elementary levels were omitted from this study because many of the topics, for example related to World views or community engagement, may not be relevant for younger age groups. It was shown in the comparative statistical analysis that the grade levels taught did not make a significant difference to the teachers' questionnaire responses, signifying a uniformity of implementation and effectiveness of the SVD Leadership Framework across the Junior and Senior High School faculties.

Table 4. Demographic Characteristics of the Teacher Respondents (n = 77)

Employment Status	Number of Teachers	Percentage
Regular	63	81.82
Probationary	14	18.18
Gender	Number of Teachers	Percentage
Male	24	31.17
Female	53	68.83
Age	Number of Teachers	Percentage
21-24	30	38.96
25-30	29	37.66
31-40	8	10.39
41-50	10	12.99
Highest Educational Attainment	Number of Teachers	Percentage
Bachelor's Degree	59	76.62
Master's Degree	16	20.78
Doctorate Degree	2	2.60
Length of Service	Number of Teachers	Percentage
1-4 years	41	53.25
5-10 years	25	32.47
11-15 years	3	3.90
16-20 years	2	2.60
21-25 years	3	3.90
26 years and more	3	3.90
Grade Level in-charge	Number of Teachers	Percentage
Junior High School (Grades 7 to 10)	47	61.04
Senior High School (Grades 11-12)	30	38.96

4.8 THE EXTENT OF INTEGRATION OF THE SVD LEADERSHIP FRAMEWORK IN SVD SCHOOLS IN TERMS OF CLASSROOM PRACTICE

Table 5 presents the assessment on the extent of integration of the SVD Leadership Framework in terms of Classroom Practice. In the questionnaire, the respondents must answer 22 statements. There were 77 respondents considered in the study.

Out of 22 indicators, the highest weighted mean of the 4-point Likert scale was 3.82 which means 'High Integration' for the indicator: "Our school employs a democratic way of electing classroom officers". The second highest weighted mean was 3.78 which also represents 'High Integration' for the indicator: "We have these vision/mission statement (s) clearly visible to all (e.g. posters)."

These, along with other indicators which received ratings of 'High Integration' means the respondents perceive that the schools embrace fair and equitable treatment of staff and students alike with an emphasis on collaboration, respect and empathetic dialogue. They promote gender sensitivity and inclusivity and are aware of the mission objectives of the schools.

They are cognizant of local and World events and are adept in analyzing and critically appraising issues such as politics, the law, climate change, poverty, justice and dignity for all. This includes the knowledge and ability to navigate modern information media, with an awareness of the impact and opportunities of engagement and direct action.

Meanwhile, out of 22 indicators, the lowest weighted mean was 3.12 which means 'Moderate Integration' for the indicator: "Our school organizes regular bible quizzes." These, along with other Bible-related indicators which received ratings of 'Moderate Integration', mean that the respondents perceived that the schools do not fully engage with regular Bible reorientation or month-long celebration of Bible activities. These are part of the SVD Biblical Apostolate initiative – an inherent part of SVD life and mission to experience the Word and sharing the Word with others (In Dialogue with the Word 16, 2006). The sample schools also did not fully engage with SVD media and printed publications such as newsletters, reflections, forums, on-line seminars, radio programmes, social media groups, YouTube videos, websites and other resources. These resources would be useful to supplement the Biblical Apostolate (Flores, 2022).

Other indicators that rated as 'Moderate integration' were related to the classroom practice of discussing news and issues related to the JPIC topics of poverty, famine, the causes of wars and conflicts, the plight of refugees and the need for restoration of dignity for all. While awareness of these issues was found to be 'Highly Integrated' (Table 5, Item 16), this indicates a potential deficiency in communication and dialogue within the classroom. The importance of classroom discussion has been confirmed by studies that found "schools with greater levels

of open classroom discussion, have more positive attitudes toward other groups and hold more democratic attitudes” and “Students do not learn citizenry only by knowledge acquisition; school practices such as classroom discussion foster critical thinking, help students to understand others and reduce closed-mindedness” (Carrasco et al, 2018).

The overall weighted mean was 3.50 with a descriptive value of ‘High Integration’. This implies that SVD schools in the Northern provinces are perceived by the teacher respondents to be largely adhering to the principles of the SVD leadership programme, albeit with some weak areas as identified above.

Table 5. Assessment on the Extent of Integration of the SVD Leadership Framework in Terms of Classroom Practice

Indicators		Mean	Descriptive Value
1	Our school employs a democratic way of electing classroom officers.	3.82	High Integration
2	Our school promotes that classroom collaborative activities are performed with the attitude of inclusivity, lack of discrimination and civil language.	3.74	High Integration
3	Our school promotes that, when appropriate, every student has a voice and is listened to in the classroom setting in the spirit of openness and respect.	3.73	High Integration
4	Our school ensures that staff are alert to problems being encountered by students by maintaining empathetic dialogue with all.	3.61	High Integration
5	Our school can be proud that ‘no student is left behind’ by recognizing individual needs.	3.7	High Integration
6	Our school organizes regular bible quizzes.	3.12	Moderate Integration
7	Our school observes a bible month-long celebration.	3.14	Moderate Integration
8	Our school engages in periodic re-orientation of the bible.	3.16	Moderate Integration
9	We have these vision/mission statement (s) clearly visible to all (e.g. posters, murals).	3.78	High Integration
10	We have activities that recognize annual SVD Day/Weekend/Week.	3.55	High Integration
11	We actively promote the regular reading and understanding of the Bible to our Students	3.4	High Integration
12	We enable our students to employ critical thinking in their understanding and future decision making in political elections.	3.48	High Integration
13	Our students understand the working mechanisms of local and national governments, including law-making.	3.35	High Integration
14	Our students understand the concepts of ‘action for justice’ and ‘direct service opportunities’. They know they have a voice and can take positive action to share the Gospel.	3.57	High Integration
15	We ensure our students keep informed of current local, national, and international news and issues.	3.56	High Integration
16	Specifically, we ensure our students are aware of the causes of wars and conflicts, poverty, famine, the plight or refugees and the need for restoration of dignity for all.	3.56	High Integration
17	We provide forums for our students to discuss such news and issues.	3.19	Moderate Integration
18	We ensure our students understand the underlying mechanisms of social media algorithms and how this may narrow their world view.	3.48	High Integration
19	We ensure our students apply critical thinking to information they receive and know how to assess its reliability.	3.7	High Integration
20	Our students have detailed knowledge of climate change causes and issues.	3.57	High Integration
21	Our school practices gender sensitivity and inclusion.	3.69	High Integration
22	We engage with SVD media and printed publications.	3.17	Moderate Integration
Weighted Mean		3.5	High Integration

4.9 THE EXTENT OF INTEGRATION OF THE SVD LEADERSHIP FRAMEWORK IN SVD SCHOOLS IN TERMS OF BEHAVIOR

Table 6 presents the assessment on the extent of integration of the SVD Leadership Framework in terms of Behaviors which relate largely to extra-curricular actions that bolster and underpin the characteristic dimensions. In the questionnaire, the 77 respondents must answer 31 statements.

Out of these 31 indicators, the highest weighted mean was 3.69, which means ‘High Integration’, for the indicator: “Our school has widely-known and understood mission/vision statement (s)”, allowing students and staff to remain aware and be reminded of the purpose and Catholic ethos of the school. In a study examining “Do School Mission Statements Work?”, Davis et al (2007) found that “schools that explicitly stated ethical content in their mission statements do influence student ethical orientation” and that “students’ schools with ethical statements in their

mission statements had significantly higher perceived character trait importance and character reinforcement than those at schools whose missions lacked ethical statements”.

Also with a ‘High Integration’ weighted mean of 3.69 was the indicator: “Parents/guardians understand their rights and duties”. This is important to the principles of Prophetic Dialogue whereby there is interactive dialogue and engagement with parents and guardians, forming a partnership of alignment and cooperation to achieve the objectives of the Catholic educators’ ministry. The Second Vatican Council’s Declaration on Christian Education *Gravissimum educationis* remarks that, “since parents have given children their life, they are bound by the most serious obligation to educate their offspring and therefore must be recognized as the primary and principal educators” (Paul VI, 1965).

Notably, also with a high weighted mean of 3.68 was the indicator: “We actively participate in outreach caring for indigenous peoples (IPs)”. This is of particular significance in the Provinces that comprise the SVD PHN, used for the sample in this study, where there is a high incidence of indigenous peoples within these provinces and therefore an important aspect of the JPIC characteristic dimension.

Other indicators which returned high ratings within the ‘High Integration’ bracket mean the respondents perceive that teachers have a good understanding of the concepts of the SVD Leadership Programme and its four Characteristic Dimensions. It appears that there are well-integrated outreach programmes with the community, including environmental and charitable projects.

Meanwhile, out of the 31 indicators, there were ‘Moderate Integration’ mean scores of 2.91 and 3.05 respectively for the indicators: “We engage with SVD media ministry, e.g. some confreres are producing YouTube channels, television channels” and “Some confreres are into print ministry. Reflections are printed in the frontrunner newspaper in the country”. These low values relate to the Communication dimension and echo those related to the Moderate mean scores in Table 4 related to Biblical Apostolate. They indicate that there is lack of engagement in SVD print and media output which is generated to reinforce understanding and awareness of the SVD mission, including topics related to the Catholic Educators’ ministry.

Other Behavior indicators that rated as ‘Moderate Integration’ were related to regular school visits of SVD bible coordinators (Mean value 2.97), again, reflecting the moderate integration of bible quizzes, month-long celebration and regular bible reorientation found in the Bible Apostolate indicators in Table 5.

Moderate Integration values of 3.25 were reported against the indicators “We have interaction with lay workers and lay missionaries connected with our church (es)”. And “Our school has interaction/outreach with school (s) and/or Catholic institutions abroad”. These moderate levels of interaction appear at odds with the High Integration reported for an “active ministry programme/office that organizes activities like masses... and involvement in the activities of the local church and community services.” It may be that the Ministry Programme Office is the intermediary, leading to lack of direct contact with lay workers and other Catholic Institutions.

This part of the questionnaire revealed very important potential deficiencies regarding student and teacher mental health well-being. Moderate Integration mean values of 3.13 and 2.97 were returned against “.school systems to *identify* at an early stage, students and colleagues who may need help with mental issues such as depression, anxiety, addiction, etc.” and “.systems to *help* with these issues”. Also, Moderate Integration mean values of 3.23 and 3.17 were returned against “.school systems to *identify* at an early stage, students and colleagues who have issues inside and outside of school such as bullying, domestic violence, abuse, prejudice” and “.systems to *help* with these issues”

While there are clear lapses in the SVD Communication and Dialogue aspects of the Leadership Framework, these scores highlight a National problem around awareness and care in mental health. For example, according to the National Statistics Office (NSO), mental health illnesses rank as the third most common form of morbidity among Filipinos (Lally et al, 2019). A WHO-AIMS report on *Mental Health Systems in the Philippines* (WHO, 2007) found that an alarming prevalence of 16% of mental health disorders among children was reported. A study on bullying (Sanapo, 2017) found a school bullying prevalence rate in the Philippines of 40.6%, mostly verbal and rarely reported to the school child protection committee, despite the DepEd Child Protection Policy of 2012 and guidelines of RA 10672, otherwise known as the Anti-Bullying Act 2013. Other studies (OECD, 2019) show incidences of bullying up to 65%, compared to 23% on average across OECD countries, with most common triggers being physical appearance (including disabilities), status in life, and skin color.

The overall weighted mean shown in Table 6 was 3.40 with a descriptive value of ‘High Integration’. This implies that SVD schools in the PHN are perceived by the teacher respondents to be largely incorporating behaviors that bolster the integration of the characteristic dimensions. However, there are some serious deficiencies related to student well-being as discussed above as well as confirmation of weak Communication around SVD document outputs, Bible Apostolate coordination and Mission Animation through insufficient interaction with lay workers and other Catholic Institutions.

Table 6. Assessment on the Extent of Integration of the SVD Leadership Framework in Terms of Behaviors

Indicators		Mean	Descriptive Value
1	The concepts of Prophetic Dialogue and the four characteristic dimensions have been thoroughly explained to all teaching staff.	3.34	High Integration
2	Periodic refresher sessions/seminars etc. are delivered to reinforce understanding of the Prophetic Dialogue and the four characteristic dimensions.	3.3	High Integration
3	Our school actively promotes that everyone is inclusive in dealing with people from all walks of life.	3.58	High Integration
4	We actively promote open-minded dialogue based on respect, understanding, compassion and love (SVD Spirituality song).	3.61	High Integration
5	We have systems to identify at an early stage, students and colleagues who may need help with mental issues such as depression, anxiety, addiction, etc.	3.13	Moderate Integration
6	We have systems in place to provide help with identified mental issues.	2.97	Moderate Integration
7	We have systems to identify at an early stage, students and colleagues who have issues inside and outside of school such as bullying, domestic violence, abuse, prejudice.	3.23	Moderate Integration
8	We have systems in place to provide help with such issues (above).	3.17	Moderate Integration
9	Our school employs a distributed leadership model, allowing everyone to contribute.	3.53	High Integration
10	We have regular dialogue with parents/guardians.	3.58	High Integration
11	Parents/guardians understand their rights and duties.	3.69	High Integration
12	Our school is visited regularly by SVD biblical coordinators.	2.97	Moderate Integration
13	Our students visit retreat /spirituality centers run by SVD biblical coordinators.	3.47	High Integration
14	Our school has an active ministry programme/office that organizes activities like masses and other liturgies, recollections, retreats, bible sharing, and involvement in the activities of the local church and community services.	3.66	High Integration
15	Our school has visible reminders (posters, etc.) of bible quotations.	3.47	High Integration
16	Our school has widely-known and understood mission/vision statement (s).	3.69	High Integration
17	Our school interacts actively with our local church (es) including masses, fund-raising activities, etc.	3.62	High Integration
18	We network with other SVD schools to learn of their activities and share ours.	3.45	High Integration
19	We have interaction with Lay workers and lay missionaries connected with our church (es).	3.25	Moderate Integration
20	Our school has interaction/outreach with school (s) and/or Catholic institutions abroad.	3.25	Moderate Integration
21	Our students act on their responsibility to educate themselves as an on-going process, beyond the school gates. They have the tools and techniques to do this.	3.49	High Integration
22	We ensure our students have knowledge of, and respect alternative belief systems.	3.55	High Integration
23	We actively participate in charitable work, either for the local or wider community.	3.62	High Integration
24	We actively participate in outreach caring for indigenous peoples (IPs).	3.68	High Integration
25	Our JPIC coordinator responds to people in particular need, e.g. victims of natural calamities, house burning, etc.	3.49	High Integration
26	Our JPIC coordinator coach co-missionaries to engage in developing potentials like leading, teaching, organizing, forming etc.	3.36	High Integration
27	Our students participate in practical Programmes to underpin environmental awareness (litter, recycling, tree-planting, etc.).	3.47	High Integration
28	Reflections like the Word in other words (Bible Diary) are produced annually.	3.32	High Integration
29	Some confreres are into print ministry. Reflections are printed in the frontrunner newspaper in the country.	3.05	Moderate Integration
30	We engage with SVD media ministry, e.g. some confreres are producing YouTube channels, television channels.	2.91	Moderate Integration
31	Our school uses social media (Facebook etc.) to promote activities and messages related to dimensions of the SVD Leadership framework.	3.55	High Integration
Weighted Mean		3.4	High Integration

4.10 THE EXTENT OF INTEGRATION OF THE SVD LEADERSHIP FRAMEWORK IN SVD SCHOOLS IN TERMS OF SCHOOL CULTURE

Table 7 presents the assessment on the extent of integration of the SVD Leadership Framework in terms of School Culture. In the questionnaire, the 77 respondents must answer 18 statements.

Out of these 18 indicators, the highest weighted mean was 3.75, for the indicator: “Our school encourages the pursuit of excellence and success culture in our academic delivery of the curriculum in keeping with our Catholic values”. This is a gratifying affirmation that the respondents perceive ‘High Integration’ for a fundamental aspiration of SVD schools.

Also with a high weighted mean of 3.74 was the indicator that confirmed the integration of teacher colleague mentoring and coaching practices – vital for mutual cooperation and growth and linking in with another indicator with the same weighted mean that states “Our school promotes the attitude that one should be humble of heart and generous of spirit”. As John Holloway, director of the Educational Testing Service’s Teacher Quality Initiative stated: “One of the greatest reasons new teachers leave the profession is lack of support and assistance in dealing with the many frustrations they face. Mentoring plays a nurturing role in guiding those new teachers through the first critical years and in providing them with tools and skills needed in actual practice” (Duse et al, 2017).

Indicators which received lower weighted means within the ‘High Integration’ band were notably regarding openness to dialogue with other community members regarding school and other issues. This resonates with a previous finding in Table 5 above, which indicated low levels of “...interaction with lay workers and lay missionaries connected with our church (es)”. Also at the lower end of the weighted mean values (3.55) was the indicator related to the Prophecy paradigm: “Our school has a culture that calls everyone to act like a prophet: to be courageous in proclaiming the Word of God with enthusiasm”. This bears some correlation with the underperformance related to Biblical Apostolate identified in the previous results tables.

The overall weighted mean was 3.64 with a descriptive value of ‘High Integration’. This implies that, while some deficiencies are apparent, SVD sample schools are perceived by the teacher respondents to be largely incorporating a school culture that encompasses an atmosphere of witness to the Word; respect, collaboration and participation for all; embracing dialogue with the community, other denominations and the marginalized. The high level of integration for this set of statements indicates that the sample of schools have a thriving level of ‘Catholicity’ embedded in their culture, emanating in the way they interact internally and within the wider environment. This indicates a strong correlation to the defining characteristics of Catholic schools according to the Philippine Catholic Schools Standards for Basic Education (PSCS), manifested by the Five Marks of Catholic School Identity described in the Review of Related Literature in Chapter 2I; an integral part of the Theoretical Framework of this study.

Table 7. Assessment on the Extent of Integration of the SVD Leadership Framework in Terms of School Culture

	Indicators	Mean	Descriptive Value
1	Our school has a culture that calls everyone to act like a prophet: to be courageous in proclaiming the Word of God with enthusiasm.	3.55	High Integration
2	Our school promotes the attitude that one should be humble of heart and generous of spirit.	3.74	High Integration
3	Our school has an expectation of sound decision-making, to be discerning and conscientious.	3.45	High Integration
4	Our school promotes that everyone is a witness to help build a loving communion of all humanity and a communion of humanity with the Triune God who loves.	3.69	High Integration
5	Our school teachers have a culture of collaborative professional community.	3.6	High Integration
6	Our school has the conditions for members of staff to participate in decision making	3.56	High Integration
7	Our school allows leaders to develop at all levels in the organization.	3.64	High Integration
8	We are open to dialogue with other community members regarding school and other issues.	3.55	High Integration
9	Our school ‘feels’ like a Catholic school and that we operate according to the Holy Word in all we do.	3.64	High Integration
10	Our school, where appropriate, makes biblical reference to underpin our behaviors and learning.	3.57	High Integration
11	Our school promotes respect of, and embraces, differences in culture, ethnicity, language and traditions.	3.68	High Integration
12	Our school encourages understanding and dialogue with other denominations.	3.61	High Integration
13	Our school members are mindful to behave according to the School’s values when interacting with the community.	3.66	High Integration
14	We actively advocate the respect for all creatures, including their living spaces. Animals, humans, rich, poor, etc.	3.7	High Integration
15	We ensure our students have knowledge of, and respect diverse cultures; people of different socio-economic status and the marginalized.	3.68	High Integration
16	Our school encourages the pursuit of excellence and success culture in our academic delivery of the curriculum in keeping with our Catholic values.	3.75	High Integration
17	Our school delivers honest assessment and grading practice. It avoids grades inflation so that students must match high grades with high performance.	3.7	High Integration
18	Our school develops and maintains teacher colleague mentoring and coaching practices so we share resources and grow together.	3.74	High Integration
	Weighted Mean	3.64	High Integration

4.11 SUMMARY ON THE EXTENT OF INTEGRATION OF THE SVD LEADERSHIP FRAMEWORK

Table 8 summarizes the weighted means for extent of integration of questionnaire statements when grouped by the indicators of classroom practice, behaviors and school culture. While each overall weighted mean fell within the 'highly integrated' bracket, it can be seen that there was a higher performance perceived for school culture, indicating that the schools generally incorporate the principles of the SVD Leadership Framework which set them apart as Catholic schools. Lesser overall scores for Classroom Practice and Behaviors were seen to contain some weaknesses, particularly in the characteristic dimensions of Biblical Apostolate and Communication, and areas related to Prophetic Dialogue around mental health and well-being issues.

Table 8. Assessments on the Extent of Integration of the SVD Leadership Framework in terms of the Grouped Indicators

Factors	Weighted Mean	Descriptive Value
Classroom Practice	3.5	High Integration
Behaviors	3.4	High Integration
School Culture	3.64	High Integration
Overall Weighted Mean	3.51	High Integration

4.12 THE LEVEL OF EFFECTIVENESS OF THE SVD LEADERSHIP FRAMEWORK IN SVD SCHOOLS IN TERMS OF CLASSROOM PRACTICE

Table 9 presents the assessment on the level of effectiveness of the SVD Leadership Framework in terms of Classroom Practice. In the questionnaire, the respondents rated their perception of 22 statements. There were 77 respondents considered in the study.

Out of 22 indicators, the highest weighted mean was 3.77 which mean 'Highly Effective' for the indicator: "Our school employs a democratic way of electing classroom officers". The second highest weighted mean was 3.75 which also means 'Highly Effective' for the indicator: "We have these vision/mission statement (s) clearly visible to all (e.g. posters)."

Another notable indicator that returned a high weighted man value of 3.7 was concerning the students' ability to apply critical thinking to information they receive and know how to assess its reliability. According to the critical thinking framework devised by Elder & Paul (2001), students are not passive but active while they are realizing critical thinking; most important in today's diverse sources of information. The outcome of 'Highly Effective' would seem at variance with a recent study (Go, 2018) that surveyed over a thousand teachers in fifteen Catholic schools in the Philippines. The survey found that a significant percentage of the respondents – especially religious educators – exhibited epistemologies considered incompatible with critical thinking specifically in the domains of religious beliefs and value judgments – the two areas covered by the Philippine Catholic Religious Education curriculum.

These, along with other indicators which received ratings of 'Highly Effective' means the respondents perceive that the schools promotes that classroom collaborative activities are performed with the attitude of inclusivity, gender sensitivity and lack of discrimination, civil language and that every student has a voice and is listened to in the classroom setting in the spirit of openness and respect.

Meanwhile, out of 22 indicators, the lowest weighted means of between 3.09 and 3.18, which lie in the 'Moderately Effective' bracket, were related to the Bible Apostolate characteristic dimension. As Theodore Roosevelt (1858 to 1919) famously said "The Bible is the foundation of all education and development" and it appears that there is only moderate effectiveness for engaging in bible quizzes, regular bible reorientation or month-long celebration of bible activities. It is worth noting that SVD are motivated by its founder St Arnold Janssen, who tirelessly promoted God's Word during his lifetime. In fact, his dedication to the Word, was the reason he called his new foundation, the Society of the Divine Word.

While awareness of JPIC topics of poverty, famine, the causes of wars and conflicts, the plight or refugees and the need for restoration of dignity for all was found to be 'Highly Effective' (mean of 3.55), the effectiveness of classroom forums to discuss such issues was rated as only moderately effective (mean of 3.21), suggesting room for improvement in communication and dialogue within the classroom.

The respondent data (weighted mean of 3.19) highlights that there was only moderate effectiveness in engagement with SVD media and printed publications. The importance of such media, particularly in the age of social media was identified as far back as 2010 by Pope Benedict XVI who said in his January message for the 44th World Day of Communications: ". the recent, explosive growth and greater social impact of these media make them all the more important for a fruitful ministry", (Atwell, 2010),

The overall weighted mean was rated 3.49 with a descriptive value of 'Highly Effective'. This suggests that, apart from the deficiencies identified above, the sample SVD schools are perceived by the teacher respondents to be effectively implementing the Prophetic Dialogue within classroom practices. The shortcomings will prompt some intervention recommendations in Chapter 5 of this study.

Table 9. Assessment on the Level of Effectiveness of the SVD Leadership Framework in Terms of Classroom Practice

	Indicators	Mean	Descriptive Value
1	Our school employs a democratic way of electing classroom officers.	3.77	Highly Effective
2	Our school promotes that classroom collaborative activities are performed with the attitude of inclusivity, lack of discrimination and civil language.	3.73	Highly Effective
3	Our school promotes that, when appropriate, every student has a voice and is listened to in the classroom setting in the spirit of openness and respect.	3.74	Highly Effective
4	Our school ensures that staff are alert to problems being encountered by students by maintaining empathetic dialogue with all.	3.6	Highly Effective
5	Our school can be proud that 'no student is left behind' by recognizing individual needs.	3.61	Highly Effective
6	Our school organizes regular bible quizzes.	3.18	Moderately Effective
7	Our school observes a bible month-long celebration.	3.14	Moderately Effective
8	Our school engages in periodic re-orientation of the bible.	3.09	Moderately Effective
9	We have these vision/mission statement (s) clearly visible to all (e.g. posters, murals).	3.75	Highly Effective
10	We have activities that recognize annual SVD Day/Weekend/Week.	3.53	Highly Effective
11	We actively promote the regular reading and understanding of the Bible to our Students	3.38	Highly Effective
12	We enable our students to employ critical thinking in their understanding and future decision making in political elections.	3.45	Highly Effective
13	Our students understand the working mechanisms of local and national governments, including law-making.	3.38	Highly Effective
14	Our students understand the concepts of 'action for justice' and 'direct service opportunities'. They know they have a voice and can take positive action to share the Gospel.	3.58	Highly Effective
15	We ensure our students keep informed of current local, national and international news and issues.	3.56	Highly Effective
16	Specifically, we ensure our students are aware of the causes of wars and conflicts, poverty, famine, the plight of refugees and the need for restoration of dignity for all.	3.55	Highly Effective
17	We provide forums for our students to discuss such news and issues.	3.21	Moderately Effective
18	We ensure our students understand the underlying mechanisms of social media algorithms and how this may narrow their world view.	3.42	Highly Effective
19	We ensure our students apply critical thinking to information they receive and know how to assess its reliability.	3.7	Highly Effective
20	Our students have detailed knowledge of climate change causes and issues.	3.58	Highly Effective
21	Our school practices gender sensitivity and inclusion.	3.69	Highly Effective
22	We engage with SVD media and printed publications.	3.19	Moderately Effective
Weighted Mean		3.49	Highly Effective

4.13 THE LEVEL OF EFFECTIVENESS OF THE SVD LEADERSHIP FRAMEWORK IN SVD SCHOOLS IN TERMS OF BEHAVIORS

Table 10 presents the assessment on the level of effectiveness of the SVD Leadership Framework in terms of Behaviors which are mostly associated with extra-curricular actions such as outreach, support systems, proactive dialogue/external interaction, etc. In the questionnaire, the respondents rated their perception of 31 statements. There were 77 respondents considered in the study.

Out of 31 indicators, the highest weighted mean was 3.74 which means 'Highly Effective' for the indicator: "Our school has an active ministry programme/office that organizes activities like masses and other liturgies, recollections, retreats, bible sharing, and involvement in the activities of the local church and community services". This rating is echoed by associated indicators for the interaction with local church (es) including masses, fund-raising activities, etc. and in outreach to indigenous peoples, which also received high weighted means of 6.9 and 6.8 respectively.

Indicators that received a 'Moderately Effective' rating with weighted means from 3.01 to 3.25 were the effectiveness of early identification and subsequent support systems for students' and teacher colleagues' mental issues such as depression, anxiety, addiction, etc. and issues inside and outside of school such as bullying, domestic violence, abuse, prejudice. This is of particular concern considering that among Filipino children aged 5 to 15, 10% to 15% are affected by mental health problems and, according to the World Health Organization (WHO, 2015), 16.8% of Filipino students aged 13 to 17 have attempted suicide at least once within a year before the 2015 Global School-based Student Health survey (Golberstein et al, 2020). It should be noted that in 2021, The Department of Education (DepEd) and Disaster Risk Reduction Management Service (DRRMS) launched a mental health helpline system consisting of contact information from different organizations to support learners,

teachers, and the public in times of mental and psychological distress (DepEd, 2021). It is resources like these, along with a coordinated approach by internal school resources that will go a long way to mitigating these issues.

The overall weighted mean was rated 3.41 with a descriptive value of 'Highly Effective'. This suggests that, apart from the deficiencies identified above, the sample SVD schools are perceived by the teacher respondents to be effectively implementing the Prophetic Dialogue within Behaviors, mostly associated with extra-curricular actions such as outreach, support systems, proactive dialogue/external interaction, etc. that bolster and underpin the Leadership Programme characteristic dimensions.

Table 10. Assessment on the Level of Effectiveness of the SVD Leadership Framework in Terms of Behaviors

	Behaviors	Mean	Descriptive Value
1	The concepts of Prophetic Dialogue and the four characteristic dimensions have been thoroughly explained to all teaching staff.	3.31	Highly Effective
2	Periodic refresher sessions/seminars etc. are delivered to reinforce understanding of the Prophetic Dialogue and the four characteristic dimensions.	3.3	Highly Effective
3	Our school actively promotes that everyone is inclusive in dealing with people from all walks of life.	3.62	Highly Effective
4	We actively promote open-minded dialogue based on respect, understanding, compassion and love (SVD Spirituality song).	3.58	Highly Effective
5	We have systems to identify at an early stage, students and colleagues who may need help with mental issues such as depression, anxiety, addiction, etc.	3.14	Moderately Effective
6	We have systems in place to provide help with identified mental issues.	3.01	Moderately Effective
7	We have systems to identify at an early stage, students and colleagues who have issues inside and outside of school such as bullying, domestic violence, abuse, prejudice.	3.25	Moderately Effective
8	We have systems in place to provide help with such issues (above).	3.21	Moderately Effective
9	Our school employs a distributed leadership model, allowing everyone to contribute.	3.44	Highly Effective
10	We have regular dialogue with parents/guardians.	3.56	Highly Effective
11	Parents/guardians understand their rights and duties.	3.68	Highly Effective
12	Our school is visited regularly by SVD biblical coordinators.	3.05	Moderately Effective
13	Our students visit retreat /spirituality centers run by SVD biblical coordinators.	3.34	Highly Effective
14	Our school has an active ministry programme/office that organizes activities like masses and other liturgies, recollections, retreats, bible sharing, and involvement in the activities of the local church and community services.	3.74	Highly Effective
15	Our school has visible reminders (posters, etc.) of Bible quotations.	3.55	Highly Effective
16	Our school has widely-known and understood mission/vision statement (s).	3.68	Highly Effective
17	Our school interacts actively with our local church (es) including masses, fund-raising activities, etc.	3.69	Highly Effective
18	We network with other SVD schools to learn of their activities and share ours.	3.47	Highly Effective
19	We have interaction with Lay workers and lay missionaries connected with our church (es).	3.31	Highly Effective
20	Our school has interaction/outreach with school (s) and/or Catholic institutions abroad.	3.34	Highly Effective
21	Our students act on their responsibility to educate themselves as an on-going process, beyond the school gates. They have the tools and techniques to do this.	3.48	Highly Effective
22	We ensure our students have knowledge of, and respect alternative belief systems.	3.52	Highly Effective
23	We actively participate in charitable work, either for the local or wider community.	3.6	Highly Effective
24	We actively participate in outreach caring for indigenous peoples (IPs).	3.68	Highly Effective
25	Our JPIC coordinator responds to people in particular need, e.g. victims of natural calamities, house burning, etc.	3.49	Highly Effective
26	Our JPIC coordinator coach co-missionaries to engage in developing potentials like leading, teaching, organizing, forming etc.	3.36	Highly Effective
27	Our students participate in practical Programmes to underpin environmental awareness (litter, recycling, tree-planting, etc.).	3.49	Highly Effective
28	Reflections like the Word in other words (Bible Diary) are produced annually.	3.32	Highly Effective
29	Some confreres are into print ministry. Reflections are printed in the frontrunner newspaper in the country.	3.05	Moderately Effective
30	We engage with SVD media ministry, e.g. some confreres are producing YouTube channels, television channels.	2.92	Moderately Effective
31	Our school uses social media (Facebook etc.) to promote activities and messages related to dimensions of the SVD Leadership framework.	3.51	Highly Effective
Weighted Mean		3.41	Highly Effective

4.14 THE LEVEL OF EFFECTIVENESS OF THE SVD LEADERSHIP FRAMEWORK IN SVD SCHOOLS IN TERMS OF SCHOOL CULTURE

Table 11 presents the assessment on the level of effectiveness of the SVD Leadership Framework in terms of School Culture which refers to the *atmosphere* and a particular way of *being* that encourages observance of SVD values manifested in the characteristic dimensions. In the questionnaire, the 77 respondents rated their perception of 18 statements.

Indicators with the highest weighted mean of 3.71 and 3.7 respectively were those that state “Our school promotes the attitude that one should be humble of heart and generous of spirit” and “Our school promotes that everyone is a witness to help build a loving communion of all humanity with the Triune God who loves”. This indicates a caring atmosphere of inclusion, openness and respect, essential to a healthy and progressive dialogue and witness to the values of the Prophetic Dialogue.

Indicators which received lower weighted means within the ‘Highly Effective’ band include: “Our school, where appropriate, makes biblical reference to underpin our behaviors and learning” with a weighted mean of 3.56, again emphasizing only moderate integration/effectiveness related to Biblical Apostolate identified in the previous results tables. Other lower weighted means included those concerning understanding and dialogue with other denominations (3.58) and knowledge of, and respect diverse cultures; people of different socio-economic status and the marginalized (3.58), suggesting some scope for improvement in the Mission Animation and JPIC dimensions.

The overall weighted mean was rated 3.61 with a descriptive value of ‘Highly Effective’. This suggests that, apart from the deficiencies identified above, the sample SVD schools are perceived by the teacher respondents to be effectively implementing the Prophetic Dialogue within Behaviors, mostly associated with extra-curricular actions such as outreach, support systems, proactive dialogue/external interaction, etc. that bolster and underpin the Leadership Programme characteristic dimensions.

Table 11. Assessment on the Level of Effectiveness of the SVD Leadership Framework in Terms of School Culture

	School Culture	Mean	Descriptive Value
1	Our school has a culture that calls everyone to act like a prophet: to be courageous in proclaiming the Word of God with enthusiasm.	3.55	Highly Effective
2	Our school promotes the attitude that one should humble of heart and generous of spirit.	3.71	Highly Effective
3	Our school has an expectation of sound decision-making, to be discerning and conscientious.	3.44	Highly Effective
4	Our school promotes that everyone is a witness to help build a loving communion of all humanity and a communion of humanity with the Triune God who loves.	3.7	Highly Effective
5	Our school teachers have a culture of collaborative professional community.	3.55	Highly Effective
6	Our school has the conditions for members of staff to participate in decision making.	3.55	Highly Effective
7	Our school allows leaders to develop at all levels in the organization.	3.64	Highly Effective
8	We are open to dialogue with other community members regarding school and other issues.	3.53	Highly Effective
9	Our school ‘feels’ like a Catholic school and that we operate according to the Holy Word in all we do.	3.6	Highly Effective
10	Our school, where appropriate, makes biblical reference to underpin our behaviors and learning.	3.56	Highly Effective
11	Our school promotes respect of, and embraces, differences in culture, ethnicity, language and traditions.	3.66	Highly Effective
12	Our school encourages understanding and dialogue with other denominations.	3.58	Highly Effective
13	Our school members are mindful to behave according to the School’s values when interacting with the community.	3.64	Highly Effective
14	We actively advocate the respect for all creatures, including their living spaces. Animals, humans, rich, poor, etc.	3.66	Highly Effective
15	We ensure our students have knowledge of, and respect diverse cultures; people of different socio-economic status and the marginalized.	3.58	Highly Effective
16	Our school encourages the pursuit of excellence and success culture in our academic delivery of the curriculum in keeping with our catholic values.	3.66	Highly Effective
17	Our school delivers honest assessment and grading practice. It avoids grades inflation so that students must match high grades with high performance.	3.64	Highly Effective
18	Our school develops and maintains teacher colleague mentoring and coaching practices so we share resources and grow together.	3.68	Highly Effective
Weighted Mean		3.61	Highly Effective

4.15 SUMMARY OF THE LEVEL OF EFFECTIVENESS OF THE SVD LEADERSHIP FRAMEWORK

Table 12 summarizes the weighted means for level of effectiveness of questionnaire statements when grouped by the indicators of classroom practice, behaviors and school culture. While each overall weighted mean fell within the 'highly effective' bracket, it can be seen that there was a higher performance perceived for school culture – a key indicator as to the 'Catholicity' of the schools and affirming that the schools generally adhere to the guidance given by the prophetic dialogue and its characteristic dimensions. Lesser overall scores for Behaviors and Classroom Practice indicate some potential areas for improvement, particularly in the characteristic dimensions of Biblical Apostolate and Communication, and areas related to Prophetic Dialogue around mental health and well-being issues.

Table 12. Assessments on the level of Effectiveness of the SVD Leadership Framework in terms of the given Factors

Factors	Weighted Mean	Descriptive Value
Classroom Practice	3.49	Highly Effective
Behaviors	3.41	Highly Effective
School Culture	3.61	Highly Effective
Overall Weighted Mean	3.50	Highly Effective

4.16 DIFFERENCE ON THE ASSESSMENT OF THE RESPONDENTS REGARDING THE EXTENT OF INTEGRATION OF THE SVD LEADERSHIP FRAMEWORK WHEN GROUPED ACCORDING TO PROFILE VARIABLES

Table 13 presents the analysis of variance and the t-test result on the significant difference on the extent of integration of the SVD Leadership Framework when grouped according to teacher respondent demographic profile variables. Based on the tabulated data, it shows that extent of integration of the SVD Leadership Framework is perceived significantly differently when grouped according to four profile variables namely: employment status, gender, age and highest educational attainment. These show that the null hypothesis is **rejected** and a difference on the assessment of the respondents regarding the extent of integration of the SVD Leadership Framework when grouped according to profile variables **exists**.

Specifically, for the profile variable of **Employment Status**, the t-test value is 2.06 with a Probability value of 0.04 – lower than the significance confidence level of 0.05. The t-critical value is also lower than the t-value computed from the results data and this difference is significant to **reject** the null hypothesis. This affirms that there **is a significant difference** between employment status of respondents and the perceived extent of integration of the SVD Leadership Framework. Empirical mean values were

4.17 FOR REGULAR TEACHERS AND 3.34 FOR PROBATIONARY TEACHERS

As governed by Article 296 (formerly, Article 281) of the Labor Code, a regular/permanent employee generally has no defined employment end-date, whereas a probationary/temporary employee, has a defined duration of employment with a contract end-date. This status variance means that permanent employees have a longer time, and greater incentive to assimilate with the particular school culture, classroom practices and behaviors associated with their affiliated school. Bajwa et al (2018) found that, for probationary employees, "While their HR department may set out policies, guidance and approaches, it's still left to the individual manager to take into account the skills and goals of their employees". Permanent employees will have a greater continuity of training and refresher courses regarding the Prophetic Dialogue and a deeper understanding of the principles of the characteristic dimensions and how to apply them for the most effective outcomes. A UK Government Study by Broughton et al (2018), on the experience of temporary workers found that many were: "receiving less formal training and limited informal or on-the-job training". It states that this can become potentially more problematic, especially for younger people "as it could stymie skills acquisition and career development". Permanent employees will have more opportunity to establish colleague relationships, leading to better symbiotic mentoring and cooperation. A study by Grugukis et al (2011) found that probationary employment status could present "...a challenge for temporary workers, as they often lack career mentors or role models. Thus, they have fewer opportunities to develop skills". It can be concluded that the Literature **supports** this study's findings that permanent teachers have the understanding and experience, tending towards a higher mean values for perception of integration of the SVD Leadership Framework.

Analysis of the demographic profile variable of respondents' **gender** yielded a t-test value of 2.87 with a probability value of 0.01 which is significant at 0.01 confidence level of significance. This is also backed up by the t-critical value of 1.99 which is lower than the computed value of 2.87. This shows that the null hypothesis is **rejected** and affirmed that there **is a significant difference** between the gender of respondents and the perceived extent of integration of the SVD leadership framework. Since there are more females than males in the group (53 to 24) and the mean for the extent of integration of females is higher than males (3.59 to 3.34), this shows that females perceive a higher extent of integration than males. This is also supported through the standard deviation (SD) for females which is lower (0.30 to 0.46) – a lower standard deviation means that data is more clustered around the mean. It is problematic to draw steadfast conclusions as to why female teachers report higher levels of integration without engaging in gender stereotypes regarding empathy. Based on the theory of Eisenberg and Lennon (1983), Ickes et al. (2000) concluded that the observed gender differences would rather reflect the differential motivation of men and women than actual

disparities in empathic ability. Since being nurturant and interpersonally oriented are both part of the stereotypical feminine role, women likely have a higher motivation to present themselves as empathic irrespective of their actual traits (Thomas and Maio, 2008). It can be concluded that the Literature **supports** this study's findings that female teachers have the generic traits and motivations tending towards a higher mean values for perception of integration of the SVD Leadership Framework.

A difference also emerges from the assessment of the respondents regarding the extent of integration of the SVD Leadership Framework when grouped according to **Age**. This is apparent by the computed F-value of 15.26 which is very much higher than the F-critical value of 2.72. This is also supported by the probability value of 0.0000001 which is significant at 0.01 confidence level of significance. For this study therefore, age differences affect the perceived Extent of Integration of the SVD Leadership Framework. Notably, there was a disparity between the younger age range of 21 to 24, with a mean value of 3.24, compared to the older age ranges, for example 25 to 30, which returned a mean value of 3.75. It is likely that older workers are fully subsumed in the current school classroom practices, behaviors and culture. Research has found that acceptance of the status quo and a 'this is how it is' view is difficult to circumvent. For example, Greer Johnson (2002) concluded in the Journal of Education for Teaching: "a key finding was that few teachers challenged the assumptions on which their own visually and verbally documented teaching practices were based. The tendency to retain the status quo remained even when teachers were encouraged to resist", hence rating effectiveness according to current practice rather than reflecting that some adjustments may bring improvements. It can be concluded that the Literature **supports** this study's findings that older age groups of teachers tends towards a higher mean values for perception of integration of the SVD Leadership Framework.

Lastly, a difference exists on the perceived extent of integration of the SVD Leadership Framework when grouped according to **highest educational attainment**. This is revealed by the computed F-value of 19.07 which is very much higher than the F-critical value of 3.12. This is also supported by the probability value of 0.0000002 which is significant at 0.01 confidence level of significance. Notably, there was a disparity between the Bachelor's Degree (greatest mean of 3.62), Master's Degrees (lesser mean of 3.21) and Doctorate Degree (least mean of 2.81). This implies that the higher the education attained by the teacher respondents, the lower ratings are returned for their perception of extent of integration of the SVD Leadership Framework. A recent study carried out in the Philippines (Roberto et al., 2019) found that, in the study of Shafi and Sultan (2014), higher educational qualifications of teachers affects students' performance positively, coupled with a higher dedication in terms of service to school and community. It concluded that higher teacher qualifications led to more rigorous personal standards in their teaching standards, competence and performance. This **supports** the suggestion from this study that such teachers with higher educational attainment apply a more rigorous standard to the extent of integration of the SVD Leadership Programme, returning lower weighted mean scores.

Table 13 shows that there is no significant difference on the assessment of the respondents regarding the extent of integration of the SVD leadership framework when grouped according to grade level in charge and length of service.

Table 13. Comparative Analysis on the Assessment of the Respondents Regarding the Extent of Integration of the SVD Leadership Framework when Grouped According to Profile Variables

Profile Variables	No. of Teachers	Mean	Standard Deviation	t-value	P-value	t-critical	Remarks
Employment Status							
Regular	63	3.55	0.37	2.06	0.04	1.99	Significant @ 0.05
Probationary	14	3.34	0.35				
Gender							
Male	24	3.34	0.46	2.87	0.01	1.99	Significant@ 0.01
Female	53	3.59	0.30				
Grade Level In-Charge							
Junior High School	47	3.49	0.40	0.70	0.49	1.99	Not Significant
Senior High School	30	3.55	0.33				
Profile Variables	No. of Teachers	Mean	Standard Deviation	F-value	P-value	F-critical	Remarks
Age							
21-24	30	3.24	0.38	15.26	0.0000001	2.72	Significant@ 0.01
25-30	29	3.75	0.19				
31-40	8	3.61	0.29				
41-50	10	3.57	0.28				
Highest Educational Attainment							
Bachelor's Degree	59	3.62	0.31	19.07	0.0000002	3.12	Significant@ 0.01
Master's Degree	16	3.21	0.33				
Doctorate Degree	2	2.81	0.18				
Length of Service							
1-4 years	41	3.44	0.4	1.35	0.25	2.33	Not Significant
5-10 years	25	3.62	0.34				
11-15 years	3	3.67	0.2				
16-20 years	2	3.75	0.01				
21-25 years	3	3.41	0.005				
26 years and more	3	3.39	0.35				

4.18 DIFFERENCE ON THE ASSESSMENT OF THE RESPONDENTS REGARDING THE LEVEL OF EFFECTIVENESS OF THE SVD LEADERSHIP FRAMEWORK WHEN GROUPED ACCORDING TO PROFILE VARIABLES

Table 14 presents the analysis of variance and the t-test result for the significant differences related to the Level of Effectiveness of the SVD Leadership Framework when grouped according to teacher respondent demographic profile variables. Based on the tabulated data, it shows that level of effectiveness is perceived significantly differently when grouped according to four profile variables namely: employment status, gender, age and highest educational attainment. These show that the null hypothesis is **rejected** and that a difference on the assessment of the respondents regarding the level of effectiveness of the SVD Leadership Framework when grouped according to profile variables **exists**.

Specifically, for the profile variable of **Employment Status**, the t-test value is 2.11 with probability value of 0.04 – lower than the significance confidence level of 0.05. The t-critical value is also lower than the t-value computed from the results data and this difference is significant enough to **reject** the null hypothesis. This affirms that there **is a significant difference** between employment status of respondents and the perceived Level of Effectiveness of the SVD Leadership Framework. Mean values were 3.54 for regular teachers and 3.33 for probationary teachers and align very closely to those values returned for Extent of Integration. A Filipino study by Roberto & Madrigal (2019) concluded that “Master teachers and probationary teachers must closely work in harmony and collaboration since it was found that it is effective to achieve educational success in developing best pedagogical practices.” Teachers employed on a probationary/temporary basis will have less time and opportunity to familiarize themselves with the school resources such as SVD coordinators and ministry office staff; community contacts such as lay workers, local churches, local outreach contacts, other church denomination contacts, parents/guardians, and LGU official contacts for liaison with community projects. It can be concluded that the Literature **supports** this study's findings that permanent teachers have the understanding and experience, tending towards a higher mean values for perception of effectiveness of the SVD Leadership Framework.

Analysis of the demographic profile variable of respondents' **gender** yielded a t-test value of 2.79 with a probability value of 0.01 which is significant at 0.01 confidence level of significance. This is also backed up by the t-critical value of 1.99 which is lower than the computed value of 2.79. This shows that the null hypothesis is **rejected** and affirmed that there **is a significant difference** between the gender of respondents and

the perceived level of effectiveness of the SVD leadership framework. Since there are more females than males in the group (53 to 24) and the mean for the level of effectiveness of females is higher than males (3.58 to 3.34), this shows that females perceive a higher level of effectiveness than males. This is also supported through the standard deviation (SD) for females which is lower (0.29 to 0.45) – a lower standard deviation means that data is more clustered around the mean. It is not unusual for females to return more generous ratings in research studies. The empirical evidence largely supports the view that women are more empathetic than men (Baron-Cohen et al, 2004; Davis, 2015) and this is thought to be related to an aspect of empathy that promotes prosocial, cooperative behavior (Smith, 2006). As Linda Kamas (2020) found in her research paper *Empathy, Gender, and Prosocial Behavior* “Much of the literature also finds that women are more empathic and more prosocial than men”.

A difference also emerges from the assessment of the respondents regarding the level of effectiveness of the SVD Leadership Framework when grouped according to **Age**. This is apparent by the computed F-value of 12.99 which is very much higher than the F-critical value of 2.72. This is also supported by the probability value of 0.000001 which is significant at 0.01 confidence level of significance. Specifically, teachers in the 21-24 age group returned a Mean of 3.25, whereas those in the 25-30 age group returned 3.72. Related studies find that existing practices can be a barrier to making improvements: “restructuring tasks and technology updates have an impact on individuals’ workplaces and their day-to-day work routines (Fedor et al., 2006). It appears that younger teachers are not as susceptible to the institutionalization effect of acceptance of the status quo. As found by LePine et al. (2000), “In order to be effective when work requirements change, individuals have to adapt to the direct consequences of change. Adaptation to changes in the workplace goes beyond merely learning new knowledge and skills. It also requires the unlearning of old work procedures, the accomplishment of tasks and duties in light of the change”.

It can be concluded that the Literature **supports** this study’s findings that older age groups of teachers tends towards a higher mean values for perception of effectiveness of the SVD Leadership Framework.

Lastly, a difference exists on the level of effectiveness of the SVD Leadership Framework when grouped according to **highest educational attainment**. This is revealed by the computed F-value of 15.9 which is very much higher than the F-critical value of 3.12. This is also supported by the probability value of 0.000002 which is significant at 0.01 confidence level of significance. It shows that the higher the education level attained by the teacher respondents, the higher ratings are returned for their perception of level of effectiveness of the SVD Leadership Framework. Notably, there was a disparity between the Bachelor’s Degree (greatest mean of 3.6), Master’s Degrees (lesser mean of 3.23) and Doctorate Degree (least mean of 2.84). This implies that the higher the education attained by the teacher respondents, the lower ratings are returned for their perception of level of effectiveness of the SVD Leadership Framework. This finding is supported by a study by Sakuntala Pageni (2020) that found that higher educated teachers are more responsive in receiving new tasks and easily adopt new technology, including a performance aspect of the desire to the improve the work environment (also Kasika & Wendo, 2015). This **supports** the suggestion from this study that teachers with higher educational attainment apply a more rigorous standard to the level of effectiveness of the SVD Leadership Programme, returning lower weighted mean scores.

Table 14 shows that there is no significant difference on the assessment of the respondents regarding the level of effectiveness of the SVD leadership framework when grouped according to grade level in charge and length of service. For grade levels, this suggests that the indicators of classroom practice, behaviors and school culture permeate throughout the school and are not materially affected by the difference in Junior or Senior High School setting. This shows a consistency of training in the prophetic dialogue and its characteristic dimensions, alignment of attitude and practice, and a high level of colleague cooperation reflected in high questionnaire ratings, for example “Our school employs a distributed leadership model, allowing everyone to contribute”; “Our teachers have a culture of collaborative professional community” and “Our school develops and maintains teacher colleague mentoring and coaching practices so we share resources and grow together”.

Table 14 also shows that there are no significant differences for length of service. This suggests that initial induction training adequately enables staff not only to deliver the curriculum, but also to navigate most of the practical issues associated with recognizing and engaging with the requirements of the SVD Leadership Programme.

Table 14. Comparative Analysis on the Assessment of the Respondents Regarding the Level of Effectiveness of the SVD Leadership Framework when Grouped According to Profile Variables

Profile Variables	No. of Teachers	Mean	Standard Deviation	t-value	P-value	t-critical	Remarks
Employment Status							
Regular	63	3.54	0.36	2.11	0.04	1.99	Significant@ 0.05
Probationary	14	3.33	0.35				
Gender							
Male	24	3.34	0.45	2.79	0.01	1.99	Significant@ 0.01
Female	53	3.58	0.29				
Grade Level In-Charge							
Junior High School	47	3.47	0.39	0.77	0.44	1.99	NotSignificant
Senior High School	30	3.54	0.31				
Profile Variables	No. of Teachers	Mean	Standard Deviation	F-value	P-value	F-critical	Remarks
Age							
21-24	30	3.25	0.38	12.99	0.000001	2.72	Significant@ 0.01
25-30	29	3.72	0.2				
31-40	8	3.61	0.3				
41-50	10	3.55	0.28				
Highest Educational Attainment							
Bachelor's Degree	59	3.6	0.31	15.90	0.000002	3.12	Significant@ 0.01
Master's Degree	16	3.23	0.34				
Doctorate Degree	2	2.84	0.19				
Length of Service							
1-4 years	41	3.435	0.16	1.34	0.26	2.33	NotSignificant
5-10 years	25	3.603	0.1				
11-15 years	3	3.678	0.02				
16-20 years	2	3.727	0.001				
21-25 years	3	3.422	0.003				
26 years and more	3	3.36	0.12				

5 SUMMARY, CONCLUSIONS, RECOMMENDATIONS, AND DIRECTIONS FOR FUTURE RESEARCH

5.1 SUMMARY

Table 15 provides a snapshot of significant results obtained by the research instrument questionnaire, as indicated by the statistical analysis shown in Chapter 4. This table provides a view of the highlights and is a tool for assessing the extent of integration and effectiveness of the SVD Leadership Framework as it relates to the Catholic Educators' Ministry. Each indicator represents one or more questions that received a weighted mean score of Moderate Integration/Effectiveness, or were rated at the lower end of the High Integration/Effectiveness scale. The questions are grouped to form a matrix of **Dependent Variables** of the Catholic Educators' Ministry, manifested by the indicators: Classroom Practice, Behaviors and School Culture against **Independent Variables** elements of the Prophetic Dialogue and its Characteristic Dimensions. The **Independent Variables** of Respondent Demographics will also be considered, where appropriate, when offering recommendations.

Table 15. Summary of Questionnaire Indicators that Warrant Recommendations to Improve the Catholic Educators' Ministry

Elements of the SVD Leadership Programme	Extent of Integration (INT) /Level of Effectiveness (EFF)		
	Classroom Practice	Behaviors	School Culture (Note 1)
Prophecy			To act like a prophet: to be courageous in proclaiming the Word of God with enthusiasm. (INT)
Dialogue		Systems to identify and help with mental issues (depression, anxiety, addiction, etc.). Systems to identify and help with issues such as bullying, domestic violence, abuse, prejudice. (INT/EFF)	We are open to dialogue with other community members regarding school and other issues. (INT)
Biblical Apostolate	Regular bible quizzes. Bible month-long celebration. Periodic bible re-orientation (INT/EFF)	Our school is visited regularly by SVD biblical coordinators (INT)	Our school, where appropriate, makes biblical reference to underpin our behaviors and learning. (EFF)
Mission Animation		We have interaction with Lay workers and lay missionaries connected with our church (es) (INT) Our school has interaction/outreach with school (s) and/or Catholic institutions abroad. (INT)	Our school encourages understanding and dialogue with other denominations. (EFF)
Justice, Peace and Integrity of God’s Creation (JPIC)	We provide forums for our students to discuss such [JPIC] news and issues. (INT, EFF)		We ensure our students have knowledge of, and respect diverse cultures; people of different socio-economic status and the marginalized. (EFF)
Communication	We engage with SVD media and printed publications. (INT, EFF)	Some confreres are into print ministry. Reflections are printed in the frontrunner newspaper in the country. (INT) We engage with SVD media ministry, e.g. some confreres are producing YouTube channels, television channels. (INT)	
Demographics	Employment Status – high level of Probationary teachers, compared to National Statistics for PHN. (INT, EFF) Gender – Higher number of female teachers than National Statistics average for PHN. (INT, EFF)		
Note 1: These indicators require some level of intervention for improvement as they were rated at the lower end of the ‘High Integration/Effectiveness’ scales.			

5.2 CONCLUSIONS

This study was conducted against a background of Philippine schools having endured the longest and most stringent lockdowns in the Asia-Pacific region due to the COVID-19 pandemic (UNICEF, 2021). Distance learning and inherent problems such as low availability of internet connections and devices have exacerbated the difficulties faced by teachers to effectively deliver the curriculum *and* maintain a context of Catholic Ministry which will naturally be less effective without face-to-face interaction. As of 15 September 2020 for example, an estimated 27 million students in the Philippines had lost more than a year of in-person learning (UNICEF, 2021).

It is therefore gratifying to conclude from the data returned for this study that the seven sample schools in the provinces of the SVD PHN were generally perceived by the teacher respondents to be well-integrated and effective in their implementation of the SVD Leadership Programme. There are however some clear deficiencies that the study has identified as follows:

1. Classroom Practices related to Biblical Apostolate: weakness regarding most Bible-related indicators: quizzes, regular re-orientation, bible week, reflections, using quotes, etc. There also appears to be a lack of engagement with the SVD Biblical Coordinator
2. Classroom Practices related to Mission Animation: poor promotion of the regular reading and understanding of the Bible
3. Classroom Practices related to Communication: Little engagement with SVD printed and media publications
4. Behaviors related to Biblical Apostolate: Uncertainty regarding whether there are regular visits by SVD biblical coordinators

5. Behaviors related to Prophetic Dialogue: Weak detection and help systems for mental health (anxiety, depression, addiction, etc.)
6. Behaviors related to Prophetic Dialogue: Weak detection and help systems issues such as bullying, domestic violence, abuse, prejudice
7. Behaviors related to Communication: lack of engagement with SVD media ministry, e.g. YouTube channels, television/radio channels, etc
8. Behaviors related to Mission Animation: Low levels of interaction with Lay workers, local churches; poor dialogue with community members regarding school and other issues; poor dialogue with other denominations
9. School Culture related to Prophecy: lower integration reported for schools advocating to be courageous in proclaiming the Word of God with enthusiasm
10. School Culture related to Dialogue: Low integration for being open to dialogue with other community members regarding school and other issues
11. School Culture related to Biblical Apostolate: Low effectiveness reported for schools making biblical references, where appropriate, to underpin behaviors and learning
12. School Culture related to Mission Animation: Low effectiveness perceived for schools encouraging understanding and dialogue with other denominations
13. School Culture related to JPIC: Low effectiveness for students having knowledge of, and respecting diverse cultures; people of different socio-economic status and the marginalized
14. Demographics Employment Status – high level of Probationary teachers, compared to National Statistics for PHN. Gender – Higher number of female teachers than National Statistics average for PHN

5.3 RECOMMENDED INTERVENTIONS TO IMPROVE THE CATHOLIC EDUCATORS' MINISTRY

According to the researchers Rahman et al (2011), Regular training (which may manifest in specific interventions and not necessarily full training programme (s)) for teachers, provide them with the necessary job knowledge, skills, ability and competency that is relevant for a smooth career of a teacher. Further, they added that by such interventions, the personality and attitudes of the teachers are properly shaped, their working habits are reformed and their personality is built.

This study undertakes to use the findings from the research analysis as a basis for improving the Catholic Educators' Ministry. Having identified areas for potential improvement as listed above, the following recommendations for interventions are made, grouped to elements of the Prophetic Dialogue that constitute the SVD Leadership Programme and demographics where found to be significant:

Note: It was concluded that the identified deficiencies occurred across a wide range of topics that do not collectively lend themselves to the formation of a training programme. It was therefore deemed that the recommendations should be framed as a series of 'interventions' that would be best evaluated and actioned/delegated by the School Director/Principal.

5.3.1 BIBLICAL APOSTOLATE

Schools should re-set their relationship with the Bible and return it to the center of reference for guidance and inspiration. It is recommended that schools review their activities related to the Bible such as ensuring there are regular bible re-orientation sessions, a vibrant annual Bible week with a range of activities to strengthen knowledge and understanding of the Word and reinforcing mechanisms such as Bible quizzes, regular shared Reflections and reviving the regular use of biblical reference to underpin behaviors and learning. It is recommended that schools share the findings of this study with SVD Bible Coordinators in the spirit of examining where a collaborative approach may be applied to improve this important and fundamental characteristic dimension of the Prophetic Dialogue.

5.3.2 DIALOGUE

As emphasized in the analysis Chapter 4, this study highlights the extremely important issues surrounding mental health and wellbeing. It is well documented that anxiety, depression, addiction, as well as issues inside and outside of school such as bullying, domestic violence, abuse, prejudice and that high rates of student suicide cannot be ignored. It is therefore recommended that Schools should be aware of and engage with the initiatives already launched by the DepEd such as the mental health helpline and contact information for various support agencies. There are posters available which should be obtained, prominently displayed and discussed. Schools should appraise the provision of Mental Health and Psychosocial Support Services (MHPSS) in the DepEd Order No. 14s, 2020 'Guidance on the Required Health Standards in Basic Education Offices and Schools'. There should be time and resources allocated for widespread discussion and implementation of these guidelines across all Departments led by Student Support Services. In addition, schools should fully engage with activities for the DepEd's National Children's Month, through its Child Protection Unit. This includes virtual discussions on reducing bullying and "a focus on the health, mentality and welfare of every child".

Another topic related to Dialogue is being open to dialogue with other community members regarding school and other issues. It is recommended that schools raise this matter with the ministry programme or office, whose coordinators oversee all the religious activities of the school.

5.3.3 JUSTICE, PEACE AND INTEGRITY OF GOD'S CREATION (JPIC)

It is recommended that classroom time is found within the appropriate Class to discussing news and issues related to the JPIC topics of poverty, famine, the causes of wars and conflicts, the plight of refugees and the need for restoration of dignity for all.

Likewise, discussion should be introduced for students regarding their knowledge of, and respect for diverse cultures; people of different socio-economic status and the marginalized. The study found that students were generally aware of such issues but to develop a deeper understanding and empathy, discussion should be used to reinforce these important topics.

5.3.4 MISSION ANIMATION

The study indicates moderate levels of interaction with Lay workers, local church; poor dialogue with community members regarding school and other issues; and poor dialogue with other denominations. It is recommended that schools raise these matters with the campus ministry programme or office, whose coordinators oversee all the religious activities of the school, including most of the liaison with outside agencies.

5.3.5 COMMUNICATION

The Respondents rated as Moderate integration and effectiveness of school engagement with SVD printed and media publications, particularly with SVD media ministry, e.g. YouTube channels, television/radio channels, etc. It is recommended that time and resources are identified and deployed to engage students and teacher colleagues (e.g. the videos produced by Fr. Randolph C. Flores SVD on Biblical Apostolate at <https://www.docba.org>, among others).

5.3.6 PROPHECY

It was found that there was an under-performance in the indicator "To act like a prophet: to be courageous in proclaiming the Word of God with enthusiasm". It is recommended that this aspect is addressed during improved engagement with Bible and SVD media as described above.

5.3.7 DEMOGRAPHICS

From analysis of the data returned by teacher respondents' demographics, it is recommended for the sample school Administrators to examine the high number of female teachers in their ranks compared to national statistics for the sample regions and also examine the high number (18.18 percent) of probationary/temporary employees. If it is considered that the latter high value is related to the migration of permanent teachers to public schools, this can become an existential issue and it is recommended that the SVD schools employ a coordinated approach to lobby Government for the necessary funding to retain a way for the private Catholic school sector to participate in nation-building via the education of Filipinos.

5.4 FUTURE RESEARCH

A finding of this study was that there are up to 20% more women teachers in the sample schools than men. This is at odds with National statistics in the sample SVD PHN, which shows that there are more men teachers. This study has cited explanatory factors such as increased religiosity in women and while this is true, there is potential for research to further investigate the causes and to determine whether this disparity can be mitigated.

A glaring opportunity for further research is around the topic of the detection and support for students (and indeed teacher colleagues) who are having difficulties with anxiety, depression and other issues such as bullying, domestic violence, abuse and prejudice, inside and outside of school. While mental health issues among the youth have been aggravated by mobility restrictions during the COVID-19 pandemic, a study led by the University of the Philippines Population Institute (UPPI 2022) shows suicidal intention rates among young adults aged 15 to 25 doubled in 2021 from 2013; up 57% in 2020 according to the Philippine Statistics Authority (PSA). It is noted that a recent Philippines House of Representatives Bill 2895 'Student Suicide Prevention Act' October 2022, tasks the Department of Education (DepEd), the Commission on Higher Education (CHED) and the Technical Education and Skills Development Authority (TESDA) to establish their respective programs that will help prevent student suicide incidents (Bulan, 2022). Further research is needed to assist in formulating programmes for these complex and serious issues.

A potential area of future research that became apparent during this study was that of social desirability bias. It is already known to be the most common form of bias in observational research which contains an element of reported perception, often reflecting on the performance of the respondent themselves (Nikolopoulou, 2022). The outcome for researchers leads to over-reporting which can mask true opinions or experience. More interesting would be research to see how this bias interacts with education grade inflation in the Philippines which, while common knowledge anecdotally and with some reports in the Press (David, 2022), has not been sufficiently studied to see if there is a systemic reason linked to school prestige, funding, teacher career progression, culture, etc.

6 ACKNOWLEDGMENTS

My enduring gratefulness and indebtedness goes to the following:

1. Fr. Ferdinand L. Alfante, SVD for his brotherly encouragement to strive for more, for the society and for SVD Philippine North (PHN)
2. Agustin and Bañez families for their wishes and moral support
3. Nemenio and Cainglet families for their inspiration
4. Fr. Jerry Orbos, SVD for his brotherly care and concern
5. Judge Marites Ruiz
Engr. & Mrs. Bernard Lagazo
Mr. & Mrs. Ronald Manlunas
Mr. & Mrs. Cris Mallig
Mrs. Criven Toribio Gaces
Mr. & Mrs. Noel Gumangan
Mrs. Cecilia Cadaoas
Engr. And Mrs. Danny Carpio,
these families helped defray all my study expenses.
6. Dr. Narcitas B. Ouano, Dr. Shella Cacatian, Dr. Ver Baddu for painstakingly perusing and correcting my paper
7. Dr. Rodel Francisco Alegado who served as my paper adviser
8. Dr. Florentina Reyes and Ms. Kristine Arinabo as my statisticians
9. CSU Professors for their valuable gem of teaching and molding us as better citizens in the country
10. Parish staff for their clerical help through printing my papers
11. To God be all the glory!

REFERENCES

- [1] Alfante, F., & Aguilang, H. (2021). Towards a catholic model HR program: integration of prophetic dialogue to HR activities of the catholic schools in the Philippines. *Academic Journal of Social Sciences and Education*, 9 (2). Retrieved from <http://www.ajse.org/index.php/1/article/view/21>.
- [2] Aguas J.J.S. (2019) *Catholic Education in the Philippines*. In: Peters M. (eds) *Encyclopedia of Teacher Education*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1179-6_147-1.
- [3] Alting von Geusau, C. and Booth, P. (2013). *The Purpose of Catholic Education and the Role of the State*. Excerpted from *Catholic Education in the West: Roots, Reality and Revival* (September 25, 2013). Available online at *The Purpose of Catholic Education and the Role of the State*.
- [4] Aquila, Dominic (1997) *The Value of a Catholic Liberal Arts Education* unpublished paper excerpted from a talk given by Dominic Aquila to the Board Members and parents of students of Aquinas Academy, in Pittsburgh, Pennsylvania on October 3, 1997. Retrieved from the Catholic Education Resource Center (CERC). Available online at <https://www.catholiceducation.org/en/education/catholic-contributions/the-value-of-a-catholic-liberal-arts-education.html>.
- [5] Aquino, Fr. Ranhilio Callangan (June 6 2022) *Catholic Higher Education in the Philippines*. Manila Times June 6 2022. Available online at <https://www.manilatimes.net/2022/06/06/opinion/columns/catholic-higher-education-in-the-philippines/1846321>.
- [6] Atwell, B. (6/15/2010) *Social Media and the Catholic Church*. Published in *Living Faith*, reproduced by Catholic Online 2021. Available online: <https://www.catholic.org/news/hf/faith/story.php?id=36943>.
- [7] Bajwa, U., Knorr, L., Di Ruggiero, E., Gastaldo, D., & Zendel, A. (2018). *Towards an Understanding of Workers' Experiences in the Global Gig Economy*. *Social Sciences and Humanities Research*, April 2018. Available online at https://www.gloomhi.org/uploads/7/4/4/8/74483301/workers_in_the_global_gig_economy.pdf
- [8] Barber, N. (2012) *Why Women Are More Religious Than Men*. *Psychology Today*. Posted 20 July 2012 <https://www.psychologytoday.com/us/blog/the-human-beast/201207/why-women-are-more-religious-men>.
- [9] Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., (2004). The empathy quotient: an investigation of adults with Asperger syndrome or high functioning autism, and normal sex differences. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 34, 163-175.
- [10] Bennet, N., Harvey, J. A., Wise, C., & Woods, P. A. (2003) *Desk study review of distributed leadership*. Nottingham: National College for School Leadership.
- [11] Bevans, Stephen B. SVD & Schroeder, Roger P. SVD (2004) *Constants in Context: A Theology of Mission for Today*. American Society of Missiology, 30 Maryknoll, New York: Orbis Books, 2004).
- [12] Bolden, R., Petrov, G., & Gosling, J. (2009) *Distributed leadership in higher education: Rhetoric and reality*. *Educational Management Administration & Leadership*, 37 (2), 257–277.
- [13] Bolhöfer (2011) *Leadership in Education: A European Qualification Network for Effective School Leadership* 141730-2008-LLP-DE-COMENIUS-CN.W. NLQ Hildesheim, 2011 Available online at www.leadership-in-education.eu.

- [14] Bongco, R. T. & Abenes, R. D. (2019) Clash of Spheres - The Paradox of Being a Female Teacher in the Philippines. Beijing International Review of Education, Published online 29 Jun. 2019 1 (2-3), 443-459. doi: <https://doi.org/10.1163/25902539-00102012>.
- [15] Brace, I. (2018), Questionnaire Design: How to Plan, Structure and Write Survey Material for Effective Market Research, Kogan Page; 4th edition. 2018.
- [16] Broughton, A., Gloster, R., Marvell, R., Green, M., Langley, J., Martin, A., (2018). *The experiences of individuals in the gig economy*, Institute of Employment Studies (IES). Published Department for Education UK, February 2018. Available online at <https://www.gov.uk/government/publications/gig-economy-research>.
- [17] Bulan, K. A. (2022) House bill seeks suicide prevention programs for students bworldonline October 25, 2022 <https://www.bworldonline.com/the-nation/2022/10/25/482929/house-bill-seeks-suicide-prevention-programs-for-students/>.
- [18] Burke, K. (2010). Distributed leadership and shared governance in post-secondary education. *Management in Education*, 24 (2), 51–54.
- [19] Carrasco D., Irribarra D. T. (2018) *The Role of Classroom Discussion*. April 2018 DOI: 10.1007/978-3-319-78692-6_6. License CC BY-NC 4.0.
- [20] Cattaro, G., Richard, P., & Wodon, Q. (2021). *Challenges and Opportunities for Catholic Schools Globally: Insights from OIEC's World Congress*. *Journal of Catholic Education*, 24 (1). <http://dx.doi.org/10.15365/joce.2401132021>.
- [21] Constitutions of the Society of the Divine Word 2000, *The Constitutions of 1983 as revised by the 15th General Chapter 2000*. SVD Publications Generalate, Rome 1983/2000.
- [22] Congregation for Catholic Education (2015), *The Catholic Schools on the Threshold of the Third Millennium*, 1997. Available online at http://www.vatican.va/roman_curia_congregations/ccatheduc/documents/rc_con_ccatheduc_doc_27041998_school2000_en.html (April 20, 2015).
- [23] Crowther, F., Kaagan, S., Ferguson, M & Hann, L (2002), *Developing teacher leaders: how teacher leadership enhances school success*, Corwin Press, Thousand Oaks.
- [24] David, R. (2022) *The phenomenon of 'grade inflation'* Philippine Daily Inquirer July 24, 2022. Available online at <https://opinion.inquirer.net/155366/the-phenomenon-of-grade-inflation>.
- [25] Davis, D., Ruhe, J. A., Lee, M., Rajadhyaksha, U., (2007) *Mission Possible: Do School Mission Statements Work?* February 2007 *Journal of Business Ethics* 70 (1): 99- 110 DOI: 10.1007/s10551-006-9076-7.
- [26] Davis, M.H., (2015). *Empathy and prosocial behavior*. In: Schroeder, D.A., Graziano, W.G. (Eds.). *The Oxford Handbook of Prosocial Behavior*, Oxford: Oxford University Press, 282-306.
- [27] Dawson, C, (1981), *Christianity in East and West*. Sherwood Sugde & Co. US 1981. ISBN13: 9780893850159 Declaration on Christian Education: *Gravissimum Educationis*. http://www.vatican.va/archive/hist_councils/ii_vatican_council/documents/vat-ii_decl_19651028_gravissimum-educationis_en.html.
- [28] Department of Education (DepEd) (2021) *DepEd launches mental health helpline system for learners, teachers*. Published online November 8, 2021. Available online <https://www.deped.gov.ph/2021/11/08/deped-launches-mental-health-helpline-system-for-learners-teachers/>.
- [29] Department of Education (DepEd) (2022) *DepEd to expand integration of inclusivity, global citizenship topics in K to 12 curriculum*. February 16, 2022. Available online at; <https://www.deped.gov.ph/2022/02/16/deped-to-expand-integration-of-inclusivity-global-citizenship-topics-in-k-to-12-curriculum/>.
- [30] Divine Word Missionaries Newsletter (June 2022) <https://www.sdvocations.org/about-divine-word/spirituality-charism>.
- [31] Drew, G. (2010) Issues and challenges in higher education leadership: Engaging for change. *The Australian Educational Researcher*, 37 (3), 57–76.
- [32] Duse, C. S., Duse, D. M., Karkowska, M. (2017) *How Important is Mentoring in Education?* January 2017 MATEC Web of Conferences 121: 12005 DOI: 10.1051/mateconf/201712112005. License CC BY 4.0.
- [33] Eisenberg, N., & Lennon, R. (1983). *Sex differences in empathy and related capacities*. *Psychological Bulletin*, 94, 100–131. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.94.1.100>.
- [34] Faithful to the Word No. 1 (2020). *The Word of God in Our Mission and Life*. SVD Publications Generalate, Rome, September 2020.
- [35] Fedor, D.B., Caldwell, S.D. and Herold, D.M. (2006), *The effect of organizational changes on employee commitment: a multilevel investigation*, *Personnel Psychology*, Vol. 59, pp. 1-29.
- [36] Field, J. F. (December 26 2001). *How Catholic are our Catholic Schools?* Catholic Exchange. Republished with permission of Catholic Faith magazine and The Catholic Social Science Review 2000. Available online at <https://www.catholiceducation.org/en/education/catholic-contributions/how-catholic-are-our-catholic-schools.html>.
- [37] Fields J., Kenny N. A. & Mueller R. A. (2019): *Conceptualizing educational leadership in an academic development program*, 2019 Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group. Published in the *International Journal for Academic Development* and available online at <https://doi.org/10.1080/1360144X.2019.1570211>.
- [38] Fishbein, B., Foy, P., & Yin, L. (2021). *TIMSS 2019 User Guide for the International Database (2nd ed.)*. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/international-database/> ISBN: 978-1- 889938-56-1.
- [39] Flores, Fr. Randy, SVD (2022), officer-in-charge of the Biblical Apostolate of the SVD Philippine Central Province. Biblical Apostolate PH, 2022, *Various [Videos]* YouTube - Available online: Biblical Apostolate PH - YouTube.
- [40] Francis (2015) Address of His Holiness Pope Francis to Members of the Italian Union of Catholic School Teachers, Managers, Educators and Trainers [UCIIM] Paul VI Audience Hall Saturday, 14 March 2015. Available online: https://www.vatican.va/content/francesco/en/speeches/2015/march/documents/papa-francesco_20150314_uciim.pdf

- [41] Francis. (2015). Encyclical letter *laudato si'* of the Holy Father Francis on care for our common home. Chapter 4, 1, 139. Strathfield, NSW: St Pauls Publications.
- [42] Francis (2015), *Pope Francis address to the Bishops of the United States of America, Cathedral of the Apostle, Washington D.C.*, (September 23, 2015) cited in Katherine Hayes (Fall 2016) *The Joy of Conversation: Evangelization, Wisdom and Dialogue* Word & World 36/4: 346-354, esp. 348.
- [43] Francis (2022), Pope Francis speech delivered to a delegation from English-speaking Catholic universities representing Global Research Advancing Catholic Education (G.R.A.C.E.) at the Vatican's apostolic palace on April 20 2022, cited in CBCP News, Courtney Mares Catholic News Agency April 22, 2022. Available online: <https://cbcnews.net/cbcnews/pope-francis-catholic-education-is-vital-in-an-age-awash-in-information/>.
- [44] Francis (May 21, 2022) *Speech to the De la Salle Christian Brothers, Vatican*. Reported by Courtney Mares, Catholic News Agency May 21 2022. Available online at <https://cbcnews.net/cbcnews/pope-francis-catholic-schools-should-not-be-Christian-in-name-only>.
- [45] General Chapter (2000) Documents of the 15th General Chapter SVD 2000, Rome, No. 1, 2000. SVD Publications Generalate-Rome 2000.
- [46] Go S.J. (2018) *Critical thinking and Catholic religious education: an empirical research report from the Philippines*, International Studies in Catholic Education, 10: 2, 184-202, DOI: 10.1080/19422539.2018.1492261.
- [47] Golberstein, E., Wen H., Miller B. F. (2020) *Coronavirus disease 2019 (COVID-19) and mental health for children and adolescents*. JAMA Pediatr. 2020; 174 (9): 819–20. doi: 10.1001/jamapediatrics.2020.1456.
- [48] Grimm, Pamela (2010) *Social Desirability Bias Part 2. Marketing Research First published: 15 December 2010* <https://doi.org/10.1002/9781444316568.wiem02057>.
- [49] Grugulis, I., Stoyanova, D. (2011). *Skill and Performance*. British Journal of Industrial Relations, vol. 49, 515–536 (2011). doi: 10.1111/j.1467-8543.2010.00779.x.
- [50] Ickes, W., Gesn, P. R., & Graham, T. (2000). *Gender differences in empathic accuracy: Differential ability or differential motivation?* Personal Relationships, 7, 95–109. <https://doi.org/10.1111/j.1475-6811.2000.tb00006.x>.
- [51] In Dialogue with the Word 15 (2000) *In Dialogue With the Word (IDW)*, Documents of the 15th General Chapter SVD 2000, Rome, No. 1, 2000. SVD Publications Generalate-Rome 2000.
- [52] In Dialogue with the Word 6 (2006) *In Dialogue with the Word (IDW) No. 6- September 2006 Part I: Prophetic Dialogue His Mission Is Our Mission*. Documents of the XVI General Chapter SVD Publications Generalate-Rome 2006.
- [53] In Dialogue with the Word 10 (2010) *In Dialogue with the Word (IDW) No. 10- October 2010. SVD Education Ministry as Mission of Dialogue. Our Educators' Perspective*. SVD Publications, Generalate-Rome 2010.
- [54] In Dialogue With the Word (2018) *In Word and Deed (IDW)*, Documents of the 18th General Chapter SVD 2018, Rome, No. 6, 2018, 20-23. SVD Publications Generalate Rome 2018.
- [55] Jac Kuepers SVD (2021), COVID-19 Epidemic. Using Genesis 1-3 to understand the religious significance of the epidemic disaster (unpublished manuscript).
- [56] Jensen, M. A., (2019). *Why are women more religious than men?* November 2019 DOI: 10.13140/RG.2.2.16205.95206.
- [57] Johnson, G., (2002) *Teachers Challenging the Status Quo in a Research Interview*. Journal of Education for Teaching, Vol. 28, No. 3, 2002. DOI: 10.1080/026074702200002141.2.
- [58] Kamas, L., Preston A. (2020) *Empathy, Gender, and Prosocial Behavior*. Santa Clara University, July 2020. Available online at https://www.researchgate.net/publication/325973109_Empathy_Gender_and_Prosocial_Behavior.
- [59] Kasika, B., & Wendo, D. (2015). *The effect of educational qualification on job performance*. A case study of social security commission in Namibia. Unpublished MBA Thesis, Namibia.
- [60] Lally J, Tully J, Samaniego R. (2019) *Mental Health Services in the Philippines*, BJPsych Int. 2019; 16 (3): 62-4 doi: 10.1192/bji.2018.34.
- [61] Leithwood, K., and K. S. Louis. (2012). *Linking Leadership to Learning*. San Francisco: Jossey-Bass 2012.
- [62] LePine, J.A., Colquitt, J.A. and Erez, A. (2000), Adaptability to changing task contexts: effects of general cognitive ability, conscientiousness, and openness to experience, Personnel Psychology, Vol. 53, pp. 563-93.
- [63] Lichter, E. M. (2016), *Evaluating the Effectiveness of the Four-Step Assessment Model in Structural Family Therapy*. Undergraduate Honors Theses. Paper 893. <https://scholarworks.wm.edu/honorstheses/893>.
- [64] Likert, R. (1932). *A technique for the measurement of attitudes*. Archives of Psychology, 22 140, 55.
- [65] Malolos, G. Z. C., Baron, M. B. C., Apat, F. A. J., Sagsagat, H. A. A., Pasco, P. B. M., Aportandera, E. T. C. L., Tan, R. J. D., Lucero-Prisno III, D. E., (2021) *Mental Health and Well-being of Children in the Philippines Setting during the Covid-19 Pandemic*. Health Promotion Perspectives Tabriz University of Medical Sciences, 2021; 11 (3): 267-270. Published online 2021 Aug 18. Doi 10.34172/hpp.2021.34.
- [66] Mann, B. (2014) *Equity and Equality Are Not Equal*, Article for the Education Trust, Mar 12, 2014. Available online: <https://edtrust.org/the-equity-line/equity-and-equality-are-not-equal/>.
- [67] Miller, Archbishop J. M. (2006) *The Holy See's Teaching on Catholic Schools* ISBN13 978-1-933184-20-3. Published April 1 2006 by Sophia Institute Press.
- [68] Momblan, G., (2019). *Salary hike for private school teachers pushed*. Philippine News Agency Published September 26 2019. Available online at: <https://www.pna.gov.ph/articles/1081563>.
- [69] Nguyen, V. (2013). *Biblical foundations for interculturality*. Verbum SVD, 54 (1), 35-47.
- [70] Nikolopoulou, K. (2022). *What is Social Desirability Bias? - Definition & Examples*. Scribbr. Published on June 24, 2022. Available at <https://www.scribbr.com/research-bias/social-desirability-bias>.

- [71] Nwachukwu, Rev Fr. George (2019). *The Church and Social Media: Application of Social Media in the Church's Mission of Evangelization*. Paper delivered to the working committee of recowa-cerao in charge of communication during their annual meeting in Abidjan, Cote d'Ivoire, 7th to 10th October 2019. Available online at <https://recowacerao.org/the-church-and-social-media-application-of-social-media-in-the-churchs-mission-of-evangelization/>.
- [72] OECD (2019) Programme for International Student Assessment (PISA) *2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>.
- [73] OECD (2019), *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>.
- [74] Ozman, Howard and Craver, Samuel (1995) *Philosophical Foundations of Education*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall Inc.
- [75] Pageni, S. (2020) *Job attitude and education attainment for professional identity*. International Journal on Integrated Education, Volume 3, Issue XI, November 2020. e-ISSN: 2620 3502.
- [76] Panti, L., Duterte S. T. (2022) *Raising public school teachers' salaries puts pressure on private schools*. GMA News Online. Published September 14, 2022. Available Online: <https://www.gmanetwork.com/news/topstories/nation/844878/sara-duterte-raising-public-school-teachers-salaries-put-pressure-on-private-schools/story/>.
- [77] Paul VI (1965) *Declaration on Christian Education Gravissimum Educationis* Proclaimed by His Holiness Pope Paul VI on October 28, 1965. Available online: https://www.vatican.va/archive/hist_councils/ii_vatican_council/documents/vat-ii_decl_19651028_gravissimum-educationis_en.html.
- [78] Paul, R. & Elder, L. (2001) *Critical thinking: tools for taking charge of your learning and your life*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- [79] Pernia, A. (2012), *Report of the Superior General to the XVII General Chapter*, sections 4.1 and 4.2. Rome, September 3 2017.
- [80] Philippine Catholic Schools Standards for Basic Education (PSCS) Catholic Educational Association of the Philippines and the Phoenix Publishing House Educational Foundation Inc.
- [81] Pius XI (1929) *Divini Illius Magistri*, Encyclical of Pope Pius XI on Christian education to the patriarchs, primates, archbishops, bishops, and other ordinaries in peace and communion with the apostolic see and to all the faithful of the catholic world. Clause 88. Given at Rome, at St. Peter's, 31 December, 1929. Available online: https://www.vatican.va/content/pius-xi/en/encyclicals/documents/hf_p-xi_enc_31121929_divini-illius-magistri.html.
- [82] Rahman, F., Jumani, N. B., Akhter, Y., Chisthi, S. U. H., Ajmal, M. (2011). *Relationship Between Training of Teachers and Effectiveness Teaching*. International Journal of Business and Social Science, April 2011 2 (4).
- [83] Roberto, J., Madrigal, D. (2019). *Teacher Quality in the Light of the Philippine Professional Standards for Teachers*. Philippine Social Science Journal, Vol. 1, No. 1 (July-December 2018).
- [84] Sanapo, M. S. (2017), *When Kids Hurt Other Kids: Bullying in Philippine Schools*. Psychology, 8, 2469-2484 Scientific Research Publishing Inc. Published December 20, 2017 <https://doi.org/10.4236/psych.2017.814156>.
- [85] Shafi, M., & Sultan, S. (2014). *Impact of perceived teachers' competence on students' performance: Mediating and moderating role of class environment*. Journal of Educational Research, 17 (2), 117-130. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/1786829285?accountid=34542>.
- [86] Smith A. (2006) Cognitive empathy and emotional empathy—affffective empathy in human behavior and evolution. Psychol Rec. 2006; 56 (1): 3–21.
- [87] SVD Newsletter, Philippines Central Province (2022) Available online: <https://www.svdphc.ph>.
- [88] Thomas, D. S. (2006) *The why chromosome: How a teacher's gender affects boys and girls*. Stanford, CA: Education Next. Retrieved from http://cepa.stanford.edu/sites/default/files/ednext20064_68.pdf.
- [89] Thomas, G., & Maio, G. R. (2008). *Man, I feel like a woman: When and how gender- role motivation helps mind-reading*. Journal of Personality and Social Psychology, 95, 1165–1179. <https://doi.org/10.1037/a0013067>.
- [90] Tichnor-Wagner, A., Manise, J. (2019) *Globally Competent Educational Leadership: A Framework for Leading Schools in a Diverse, Interconnected World*. Published by Longview Foundation for Education in International Affairs & Global Understanding and ASCD, 2019.
- [91] Trzebiatowska, M, & Bruce, S. (2012), *Why are Women more Religious than Men?* (Oxford, 2012; online edn, Oxford Academic, 24 Jan. 2013), <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199608102.001.0001>.
- [92] Tus J., Cocquilla J., Espiritu N. A., Paras N. E. Garcia S. R., Rodriguez K. E., Gado S., Escoto M. R., De Jesus S. B. D., Cruz R., Perante L., (2021) *The Social Media Usage and Its Impact on the Filipino Learners' Academic Performance Amidst the Online Education*. November 2021. DOI: 10.6084/m9.figshare.16997119.v2.
- [93] UNICEF (2021) *Reopening schools safely in the Philippines*. Published by UNICEF for Every Child Philippines 2021. Available at <https://www.unicef.org/philippines/reopening-schools-safely>.
- [94] University of the Philippines Population Institute (UPPI) (2022), *Pinoy youth in worse mental shape today, nationwide survey indicates*. Project coordinator (YAFSS) Kabamalan, M. M. PhD. Posted 10 Oct. 2022 <https://www.uppi.upd.edu.ph/news/2022/pinoy-youth-in-worse-mental-health-shape-today>.
- [95] Vebhie J. C. Salvan, Milagros. M. H. (2020): *Teachers' Demographic Profile on the Learners' Performance Using K-12 Earth and Space module*. Journal of Education & Social Policy Vol. 7, No. 4, December 2020 doi: 10.30845/jesp.v7n4p14.
- [96] Wylie, McKinley (2018) *Educational Leadership Capability Framework* Published in August 2018 by the Education Council PO Box 5326, Wellington 6145, New Zealand. This document is available online at www.educationcouncil.org.nz ISBN 978-0-473-45155-4.
- [97] WHO-AIMS (2007). *Report on Mental Health in the Philippines*. World Health Organization 2007. Available online https://www.who.int/mental_health/evidence/philippines_who_aims_report.pdf

- [98] WHO (2015). *Global school-based student survey: Philippines 2015* fact sheet. World Health Organization. 2015.
Available online: https://www.who.int/ncds/surveillance/gshs/PIH2015_fact_sheet.pdf
- [99] World Bank (2022). *World Bank in the Philippines*. Updated March 21 2022.
Available online at: <https://www.worldbank.org/en/country/philippines/overview#1>.
- [100] Youngs, H. (2017). A critical exploration of collaborative and distributed leadership in higher education: Developing an alternative ontology through leadership- as-practice. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 39 (2), 140– 154.
- [101] Zuckerman, A. (2020). *60 Church Attendance Statistics: 2020/2021 Data, Trends, & Predictions*. Published online May 8 2020 at comparecamp.com. <https://comparecamp.com/church-attendance-statistics/>

ANNEX A

SURVEY QUESTIONNAIRE

Survey to assess the implementation of SVD Leadership Framework within SVD Educational Institutions in Northern provinces of the Philippines.

Endorsement Letter

The following is an example Endorsement Letter from the Dean of Graduate School, Cagayan State University to the School Director/Principal/President, requesting permission to perform the questionnaire survey:

Questionnaire Submission to Respondents

Dear Respondents:

Greetings in the Divine Word.

I am Fr. Judy A Bañez, SVD, currently assigned as the Director of the Divine Word High School of Sanchez Mira, Cagayan Valley. I am also a doctoral student of the Cagayan State University writing my paper on the **"Integration of SVD Leadership Framework: A Basis for Improving the Catholic Educators' Ministry"**.

This study aims to assess the integration and effectiveness of the current SVD Leadership Framework espoused by the SVD missiological paradigm known as the Prophetic Dialogue. The extent of integration and effectiveness are related to classroom practice, behaviors and school culture of the SVD Schools in the northern provinces of the Philippines towards potential improvements to current practices and thus the catholic educators' ministry.

The questionnaire has two parts. Part one focuses on the Demographic Profile with the Statement of Consent. Part two begins with the 4-point Likert Scale on respondents' perception of how the SVD Prophetic Dialogue and its Characteristic Dimensions are integrated in the institution and how effective they are.

Rest assured that whatever data you will share in this survey will be treated with utmost confidentiality in accordance with the Data Privacy Act of the Philippines and the school's Data Privacy Policy.

Your generous contribution to the completion of this paper will be highly appreciated. May the good Lord continue to shower your family with abundant blessings everyday as a reward of your generosity and kind heart.

Thank you very much.

Fr. Judy A Bañez, SVD

STATEMENT OF INFORMED CONSENT

You are invited to participate in this study, but before you accept, the researcher would like to provide information about this research and your participation in it. Please read thoroughly this informed consent and feel free to contact the researcher for any clarification.

Research Title: **"Integration of SVD Leadership Framework: A Basis for Improving the Catholic Educators' Ministry."**

A. PURPOSE OF THE STUDY

This study aims to assess the integration and effectiveness of the current SVD Leadership Framework known as the Prophetic Dialogue related to classroom practice and school culture of the SVD Schools in the Northern provinces of the Philippines towards potential improvements to current practices. Your participation in this study will help the researcher establish the extent of integration and effectiveness of the Prophetic Dialogue in SVD schools nationwide, which will further lead to potential improvement recommendations in the way we implement classroom practice and leadership behaviors. You were selected as a possible respondent because of your affiliation in an SVD school as a teaching professional.

B. PROCEDURES

If you agree to participate in this study, the researcher will request you to complete the 2-part survey questionnaire asking for your personal information and responses about the integration and effectiveness of the Prophetic Dialogue in our classroom

practice, leadership behaviors and school culture. Answering the questionnaire will take 20-30 minutes. Internet connectivity is necessary to accomplish this survey.

C. CONFIDENTIALITY

If you agree to participate in this study, your identity and responses will be kept confidential. Only the researcher has the access in your shared data. Codes will be used in order not to disclose your identity and responses.

D. POTENTIAL RISKS AND DISCOMFORTS

Participating in this study will NOT pose any physical, social or economic risks to you as the respondent. Also, it will not affect your current school and legal status.

E. POTENTIAL BENEFITS

Participating in this study will give you an opportunity to share your experiences on your school's integration and efficacy of the SVD prophetic dialogue as a Leadership Programme. Your responses will be of high value in understanding how our SVD schools currently create the culture, classroom practices and behaviors that reflect the SVD mission statements and will be an instrument in seeking areas of potential improvement to the Catholic Educators' Ministry within our schools. Further, the results of this study will be shared to the research community.

F. VOLUNTARY PARTICIPATION

Participating in this study is purely voluntary. No other individual can influence you to participate. The survey questionnaire will be answered in your most convenient and preferred time. In case that you chose to not continue your participation, you may contact the researcher to exclude your responses.

G. CONSENT

I give my consent voluntarily to participate in this study. I read and understand fully the information above, and I was given an opportunity to ask questions which were answered in my satisfaction. I understand that I can withdraw my participation in this study anytime, and a copy of this consent and my responses will be furnished to me.

By ticking (✓) the I AGREE box below, and entering my Email address, I signify my consent voluntarily.

☐ I agree Email address:

Part I. Demographic Profile

Instruction:

Please tick (✓) the button which is most appropriate to you.

School Affiliation:

- ☐ Divine Word College of Urdaneta, Pangasinan
- ☐ Divine Word Academy of Dagupan (DWAD), Pangasinan
- ☐ Divine Word College of Bangued, Abra
- ☐ Divine Word College of Vigan, Ilocos Sur
- ☐ Divine Word College of Laoag, Ilocos Norte
- ☐ Divine Word High School of Sanchez Mira, Cagayan
- ☐ Academy of Saint Joseph (ASJ) of Claveria, Cagayan

Position:

- ☐ Teacher Regular/Permanent
- ☐ Teacher Probationary/Temporary

Age:

- ☐ 21-24
- ☐ 25-30
- ☐ 31-40
- ☐ 41-50
- ☐ 51-60

Which gender do you identify with:

- ☐ Male
- ☐ Female
- ☐ Non-binary
- ☐ Prefer not to say

Highest Educational Attainment:

- ☐ Bachelor's Degree
- ☐ Master's Degree
- ☐ Doctorate Degree

Length of Service:

- ☐ 1-4 years
- ☐ 5-10 years
- ☐ 11-15 years
- ☐ 16-20 years
- ☐ 21-25 years
- ☐ 26 years and more

Which best describes the grade levels you serve? (one please)

- ☐ Junior High School (Grades 7 to 10)
- ☐ Senior High School (Grades 11-12)

Part II. Integration and Effectiveness of the SVD Leadership Framework

Instruction:

The questions in the table below are confirmatory in nature, i.e. a high score confirms that the elements of the SVD Leadership Framework are highly integrated and highly effective.

Please tick (✓) the button that represents the extent of integration and the level of effectiveness of the SVD Leadership Framework in your school using the following scale and interpretation:

EXTENT OF INTEGRATION

- 1-Not at all
- 2-Low Integration
- 3-Moderately Integrated
- 4-Highly Integrated

LEVEL OF EFFECTIVENESS

- 1-Not at all
- 2-Low Effectiveness
- 3-Moderately Effective
- 4-Highly Effective

	SVD Leadership Framework Elements Related to Prophetic Dialogue and four Characteristic Dimensions	EXTENT OF INTEGRATION				LEVEL OF EFFECTIVENESS				Notes*
		1	2	3	4	1	2	3	4	
CLASSROOM PRACTICE										
1.	Our school employs a democratic way of electing classroom officers.									PD-P
2.	Our school promotes that classroom collaborative activities are performed with the attitude of inclusivity, lack of discrimination and civil language.									PD-P
3.	Our school promotes that, when appropriate, every student has a voice and is listened to in the classroom setting in the spirit of openness and respect.									PD-D
4.	Our school ensures that staff are alert to problems being encountered by students by maintaining empathetic dialogue with all.									PD-D
5.	Our school can be proud that ‘no student is left behind’ by recognizing individual needs.									PD-D
6.	Our school organizes regular bible quizzes.									BA
7.	Our school observes a bible month-long celebration.									BA
8.	Our school engages in periodic re-orientation of the bible.									BA
9.	We have these vision/mission statement(s) clearly visible to all (e.g. posters, murals).									MA
10.	We have activities that recognize annual SVD Day/Weekend/Week.									MA
11.	We actively promote the regular reading and understanding of the Bible to our Students									MA
12.	We enable our students to employ critical thinking in their understanding and future decision making in political elections.									JPIC
13.	Our students understand the working mechanisms of local and national governments, including law-making.									JPIC
14.	Our students understand the concepts of ‘action for justice’ and ‘direct service opportunities’. They know they have a voice and can take positive action to share the Gospel.									JPIC
15.	We ensure our students keep informed of current local, national and international news and issues.									JPIC
16.	Specifically, we ensure our students are aware of the causes of wars and conflicts, poverty, famine, the plight or refugees and the need for restoration of dignity for all.									JPIC
17.	We provide forums for our students to discuss such news and issues.									JPIC
18.	We ensure our students understand the underlying mechanisms of social media algorithms and how this may narrow their world view.									JPIC

28.	Reflections like the Word in other words (Bible Diary) are produced annually.										COM
29.	Some confreres are into print ministry. Reflections are printed in the frontrunner newspaper in the country.										COM
30.	We engage with SVD media ministry, e.g. some confreres are producing YouTube channels, television channels.										COM
31.	Our school uses social media (Facebook etc.) to promote activities and messages related to dimensions of the SVD Leadership framework.										COM
SCHOOL CULTURE											
1.	Our school has a culture that calls everyone to act like a prophet: to be courageous in proclaiming the Word of God with enthusiasm.										PD-P
2.	Our school promotes the attitude that one should be humble of heart and generous of spirit.										PD-P
3.	Our school has an expectation of sound decision-making, to be discerning and conscientious.										PD-P
4.	Our school promotes that everyone is a witness to help build a loving communion of all humanity and a communion of humanity with the Triune God who loves.										PD-P
5.	Our school teachers have a culture of collaborative professional community										PD-D
6.	Our school has the conditions for members of staff to participate in decision making										PD-D
7.	Our school allows leaders to develop at all levels in the organization.										PD-D
8.	We are open to dialogue with other community members regarding school and other issues.										PD-D
9.	Our school 'feels' like a Catholic school and that we operate according to the Holy Word in all we do.										BA
10.	Our school, where appropriate, makes biblical reference to underpin our behaviors and learning.										BA
11.	Our school promotes respect of, and embraces, differences in culture, ethnicity, language and traditions.										MA
12.	Our school encourages understanding and dialogue with other denominations.										MA
13.	Our school members are mindful to behave according to the School's values when interacting with the community.										MA
14.	We actively advocate the respect for all creatures, including their living spaces. Animals, humans, rich, poor, etc.										JPIC
15.	We ensure our students have knowledge of, and respect diverse cultures; people of different socio-economic status and the marginalized.										JPIC
16.	Our school encourages the pursuit of excellence and success culture in our academic delivery of the curriculum in keeping with our catholic values.										COM
17.	Our school delivers honest assessment and grading practice. It avoids grades inflation so that students must match high grades with high performance.										COM
18.	Our school develops and maintains teacher colleague mentoring and coaching practices so we share resources and grow together.										COM

* The **Notes** column is for the Researcher's reference only.

Thank You!

Validator's Signature

CURRICULUM VITAE

Fr. Judy A. Bañez, SVD Saint Roche Catholic Parish, Centro I, Sanchez Mira, Cagayan

Educational Attainment

2021 – Present	Doctor of Philosophy in Educational Management, Cagayan State University, SM Campus
2020	Master of Arts in Education Management CSU-SM Campus
2007	Master of Arts in Pastoral Ministry Divine Word Seminary, Tagaytay City
2007	Language Student (Spanish) Universidad, De Cordoba, Cordoba, Argentina
2002 – 2007	Ecclesiastical Degree DWS Tagaytay
1999 – 2000	Associate in Philosophy. DWFC Cebu City
1993 – 1998	Bachelor of Arts, Major In Philosophy and English. St. Peter College Seminary, Butuan City

Work Experience

2020 – Present	School Director, Divine Word High School, Sanchez Mira, Cagayan
2020 – Present	Parish Priest Saint Roche Catholic Parish, Sanchez Mira, Cagayan
2016 – 2020	Parish Priest Holy Rosary Parish, Kayan East, Tadian, Mountain Province
2015 – 2016	Missionary to the Mangyan Tribe, Bait, Mansalay, Oriental Mindoro
2013 – 2014	Assistant Parish Priest of St. Joseph Parish, Claveria, Cagayan
2012 – 2013	Priest-in-charge of Our Lady of Perpetual Help, Namuac, Sanchez Mira, Cagayan
2011 – 2012	Assistant Parish Priest of Immaculate Conception Parish, Danaili, Abulog, Cagayan
2009 – 2010	Priest-in-charge of San Antonio de Padua Parish, Aguinaldo, Ifugao
2009 – 2010	Assistant Parish Priest of St. Therese Parish, Dagupan City
2008 – 2009	Assistant Parish Priest of Parroquia De San Rafael, Pampa Del Indio, Chaco, Argentina

Evaluation of the technical and economic performances of shea mills and crushers in Benin

Roger Houéchéne AHOUANSOU^{1,2}, Clarence SEMASSOU², Pelagie Bidossessi AGBOBATINKPO^{1,3}, Alphonse SINGBO⁴, and Gaspard BIZIMONGOU²

¹Programme on Agricultural and Food Technology (PTAA), National Institute of Agricultural Research of Benin (INRAB), POB: 128, Porto-Novo, Benin

²Laboratory of Applied Energetic and Mechanic (LEMA), Polytechnic School of Abomey-Calavi (EPAC), University of Abomey-Calavi - UAC), 01 POB: 2009 Cotonou, Benin

³Laboratory of Food Sciences (LSA), Faculty of Agronomic Sciences (FSA), University of Abomey-Calavi - UAC), 01 BP 526 Cotonou, Benin

⁴Department of Agricultural Economics and Consumer Science, Faculty of Food Science and Agriculture, Laval University, 2425 de l'Agriculture st., Paul-Comtois, Québec, G1V0A6, Canada

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Shea is a plant found in the central and northern regions of Benin. In the counties of Borgou and Alibori, for example, shea kernel provides basic cooking oil for more than 80% of the population. In recent years, the production of shea butter has emerged as a credible income generating activity alternative to the reduction in cotton income for the populations of northern Benin. It has become an important source of income to the women who are involved in collection and processing activities of shea kernel. This work is gradually witnessing the modernization of the sector by introducing new technologies to reduce the drudgery of butter extraction. Thus, the grinding (crushing) and milling operations have been mechanized, which allow labor reduction and time spent in the processing; and improve the profitability. However, in Benin, the technical and economic performance of the equipment introduced has not been documented. The study evaluated the technical and economic performance of crushers and mills of shea almonds. The technical performance of the machine is evaluated based on different parameters such as: throughput; broken rate; hourly consumption and specific consumption. The economic performance of the equipment focuses on costs and benefits, on indicators such as work times, variable costs, income and fixed costs, gross and net margins. The result obtained from the evaluation indicated that the throughput; broken rate; the crushing efficiency and gross margin of crusher BECRREMA type are respectively 501 kg/h; 100%; 98.8% and 925.32 FCFA/100 kg. The throughput; milling efficiency and gross margin of mill COBEMAG type are respectively: 62.95 kg/h; 99.5% and 2,412 FCFA/100 kg. These results show that these agro food equipment's are efficient and cost-effective for the production of shea butter. Full dissemination of these improved technologies is recommended for development of shea processing sector in Benin and West Africa.

KEYWORDS: Shea, throughput, milling efficiency, gross margin, fuel consumption.

1 INTRODUCTION

Shea (*Butyrospermum Parkii*) tree is one of the natural resources which provide oil for the rural population in many Sub-Saharan African countries. Shea nuts tree is a member of the Sapotaceae family [1] commonly found in Africa. Benin is one of the sixteen countries that produce shea kernels in Africa [2], [3]. Shea tree plays an essential role in maintaining ecological durability in Sahel and in Sub-Saharan Africa. The locust bean (*Parkia biglobosa*) and shea are the main trees that commonly occupied the parklands of Northern Benin [4], [5]. They represent a fundamental component of forest resources, both from a socioeconomic, nutritional perspectives [5], [6] as well as ecological [7] in West Africa. The shea tree is mainly important for its kernels that are processed in shea butter, a very important vegetable oil in West Africa [8]. About 95% of shea kernels merchandised, across the world market, are destined for the agro-food sector [9], [10]. In Europe, shea butter is used in the chocolate factories, in pharmacology for making cosmetics and various types of creams. Thereby in the context of employment, the shea tree provides more opportunities, particularly to the women to reduce the poverty in the rural areas [11]. Beyond that, about 4 million women are involved in the kernel harvesting activities in the West Africa region; these fruits are an important and crescent source of income for local families and communities as well [12], [13].

On economic view, recent studies indicated that 1,000 \$ US invested at the beginning of the exploitation of shea, brought back 1,580 \$ to household incomes [14]. The sale of processed products generates significant income to the rural families [15], [16], [17]. Despite its economic importance in Africa countries, shea kernels sector is confronted with difficulties including low efficiency of the existing kernels processing technologies [2], [18]. For this reason, shea kernels producing countries are often processing oil for less than a third of the shea kernels production potential, due to the lack of improved techniques [19]. With a transformation capability of 12,000 tons to 35,000 tons of shea nuts harvested for exportation, Benin is an ideal place for sector actors to identify new investment opportunities which bring profit and trade for local communities. Almost the whole totality of the women in the Northern Benin involved in these activities [20].

On processing view, the shea kernels are traditionally obtained by pounding kernels in a mortar or with stone. Then shea butter is extracted following the operations of grinding or crushing, roasting, and milling of kernels, churning of the obtained dough and cooking of the cream [18]. Production of shea kernels and extraction of shea butter are usually accomplished manually by women, which is laborious and takes long time. However, these different operations are day by day improved by using equipment developed by researchers and local manufacturers. Several studies have been carried out on the physical characterization of shea kernels [21], [22], [23], [24]. Olaniyan and Oje, [25] investigated the strength properties of shea-butter nuts and realized that the rupture force, deformation, and toughness decrease while firmness increases with the increase in temperature of shea nuts in both axial and lateral loading positions. Treating the shea nuts using a temperature above 90°C may cause structural defects in the nuts. Based on those results, some equipment were developed to improve the efficiency of shea nut processing including shea nut sheller [24], [26], [27]. Research institutes and companies that manufacture agricultural machinery like COBEMAG, BECRREMA, also introduced different equipment to improve the processing of shea butter. This last five years, some equipment such as the crusher, the mill and the roasters were introduced to the women processors by different NGOs, Research Institutes, and fabricators. This helps to reduce the workload to the processor and increase the productivity. However, the technical performances of those equipment are not yet documented in Benin and West Africa. The used of equipment generated some constraints regarding the planning of the maintenance and troubleshooting. The study evaluated the technical and economic performance of the shea processing equipment.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 MATERIAL

2.1.1 PLANT MATERIAL

The experiments were conducted in the women's cooperative Taa Wakadi of Simpérrou in Banikoara, T'Djenga of Barei (Djougou) and Mero Bissiru of N'Dali in north region of Benin. The plant material was shea almond kernel (Figure 1) obtained from the shea fruit collected by the processors under the shea tree.



Fig. 1. *Shea kernel*

2.1.2 EQUIPMENT

CRUSHER

The crusher and the mills were tested in the study. The different types of shea almond crushers tested were BIO-GANDO, COBEMAG and BECRREMA. The performances of crushers and mills were compared to the traditional method of shea kernel crushing with mortar (Figure 2). The crusher COBEMAG (Figures 3 & 4) has an axis which carries a tray on which three hammers turning in the same horizontal

plane are mounted. The kernel is crushed by the impact between the hammers and the kernel, then between the kernel and the perforated sheet of diameter 8 mm. The Bio Gando crusher (Figure 5 & 6) has two gears: one leading, the other led. The almond is grinding through the pressure between the two gears.



Fig. 2. *Traditional shea kernel crushing with mortar*



Fig. 3. *Crusher COBEMAG*

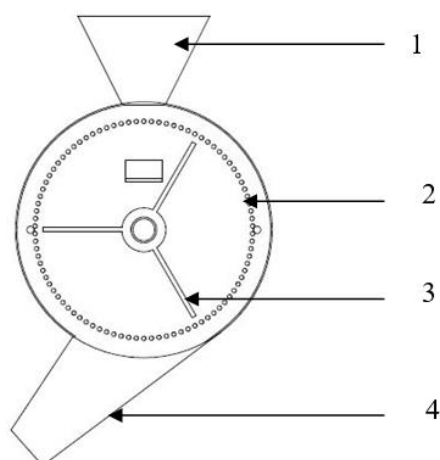


Fig. 4. *Principe design of crusher COBEMAG*

Legend: 1-hopper; 2-sifter; 3-hammer; 4-outlet.



Fig. 5. Crusher BIO-GANDO

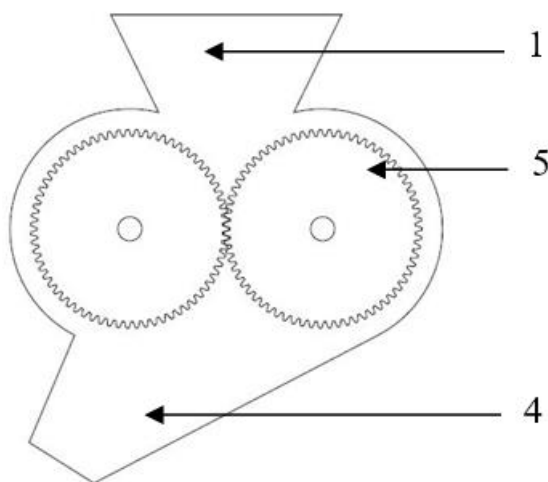


Fig. 6. Design of crusher Gando

Legend: 1-Hopper; 2- Sifter; 3- Hammer; 4-Outlet; 5- Gears.



Fig. 7. Crusher BECRREMA

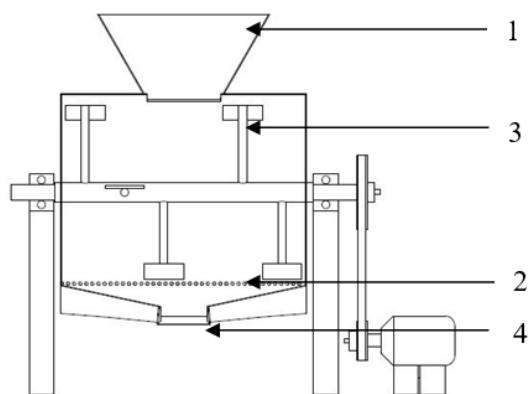


Fig. 8. Design of crusher BECRREMA

Legend: 1-Hopper; 2- Sifter; 3- Hammer; 4-Outlet.

BECRREMA has one axis on which 5 shafts turning in different horizontal plan are mounted. The kernel is crushed by the impact between the shaft and the kernel, then between the kernel and the perforated sheet of diameter 8 mm attached under the hammers (Figure 7 & 8).

SHEA MILL



Fig. 9. Shea almond mill with carborundum stone

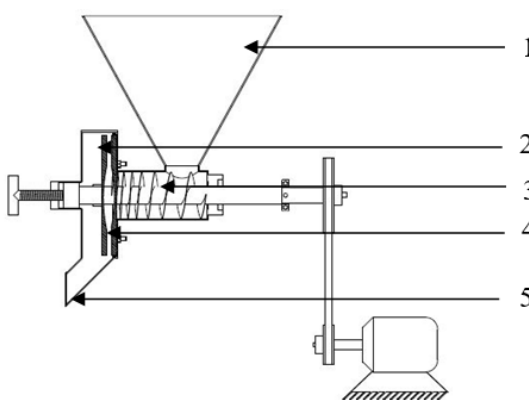


Fig. 10. Design of almond mill with carborundum stone

Legend: 1-Hopper; 2- Mobil carborundum stone; 3- Feeding screw; 4- Fixed carborundum stone; 5- Outlet.

Two mills were tested during the experimentation. The first mill is type COBEMAG with two carborundum millstones (Figure 9 & 10). One mobile and the second fixed. The roasted shea almonds are ground with the effect of the friction between the two millstones. The second tested mill was the cereal mill (Figure 11 & 12). This mill has two metal millstones: one fixed and the second mobile. The functional principle is the same with the COBEMAG mill. The fineness of the grind depends on the gap and the pressure between the millstones. The quality of the milling also depends on the quality of the roasted shea. Good roasting facilitates good grinding and fluidity of the dough.



Fig. 11. Metallic stone mill

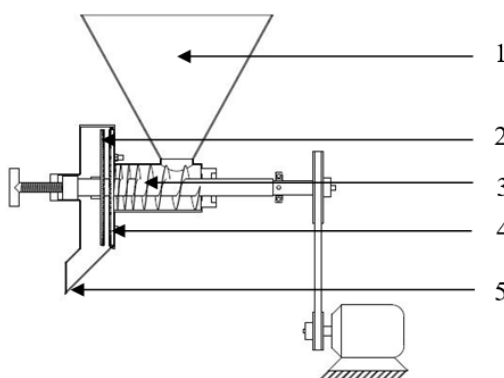


Fig. 12. Design of metallic stone mill

Legend: 1- Hopper; 2- Mobil metallic stone; 3- Feeding screw; 4- Fixed metallic stone; 5- Outlet.

2.2 METHODS

2.2.1 TECHNOLOGY PROCESSING OF SHEA ALMOND

The flow diagram of production of shea butter used in the study is illustrated in Figure 13.

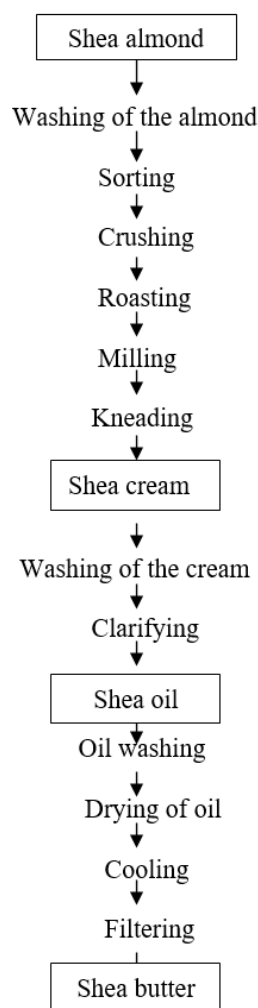


Fig. 13. Flow diagram of production of shea butter

2.2.2 CRUSHER TESTING

The three crushers (COBEMAG, BIO-GANDO and BECRREMA) were tested in comparison with the traditional pounding method by mortar. For each method, six repetitions were performed. One hundred kilograms of shea kernels was used per repetition. The collected data were weight of the sample (kg); running time (min), mass of the uncrushed kernel (kg) and the volume of consumed kernel (l). The performance of each crusher was evaluated through the following parameters: Throughput (kg/h); Rate of the broken (%); Hourly consumption (l/h) and Specific consumption (l/T). The Throughput (kg/h) was calculated with the formula expressed in Eq. 1:

$$C_H = M/t \text{ (kg/h)} \quad (1)$$

where:

M: weight of the sample shea almond (kg);

T: working time (h);

The Rate of broken is calculated by the formula expressed in Eq. 2:

$$T_b = M_b/M \text{ (kg/h)} \quad (2)$$

where:

M_b: weight of broken almond;

Hourly consumption C_h is calculated by the formula expressed in Eq. 3

$$C_h = V_c / t \text{ (l/h)} \quad (3)$$

where:

V_c: volume of fuel consumes during the crushing of the almond sample;

$$C_s = V_c / M \text{ (l/kg)} \quad (4)$$

Three treatments were carried out for the test of shea crusher

- Treatment T₀: Mortar
- Treatment T₁: Crusher COBEMAG
- Traitement T₂: Crusher BECRREMA
- Traitement T₃: Crusher BIO-GANDO

2.2.3 MILL TESTING

The efficiency and reliability of the mills were evaluated using the following data: Throughput (kg/h); Hourly consumption (l/h); Specific consumption (l/T), Extraction rate (%); Extraction yield (%). Throughput (kg/h) (hourly capacity), Hourly consumption and Specific consumption are determined by the same formula expressed in Eq. 1-5 above for the crusher performance.

The extraction rate T_E is calculated by the expression:

$$T_E = M_H / M \text{ (%) } \quad (5)$$

M_H: weight of shea butter,

The extraction rate (T_E) is expressed by the ratio between the quantity of butter obtained after extraction and the quantity of raw material (shea kernel). It varies with the technique used and the quality of the raw material used.

Three treatments have been carried out for the production of butter::

- Treatment T₁: Mill COBEMAG with Iron stone
- Traitement T₂: Mill COBEMAG with carborundum stone
- Traitement T₃: Corn millin machine with metallic stone
- Traitement 4: Manual milling roc

T₄ treatment is the traditional method. Twelve observations were performed with three repetitions per treatment.

2.2.4 ENGINE PERFORMANCE ANALYSIS

The performance of the engine used on the crusher and shea mill was evaluated. The parameter used to appreciate the performance of diesel engine are: maintenance cost (FCFA), working duration /day, number of breakdown and duration of immobilization for breakdown.

2.2.5 ECONOMIC ANALYSIS

The analysis of the economic performance of the equipment focuses on costs and benefits indicators such as work times, gross and net margins. Thus, the variable costs, income and fixed costs associated with each technology are estimated. The costs and benefits analysis method developed by UNIDO is used [18], [28], [29]. The data collected are processed using Excel 2016 software.

Variable costs

Variable costs are the labor cost, fuel, and workshop renting, repair, and maintenance costs.

Repair and maintenance costs

Repair and maintenance costs of the equipment are included in the variable costs. Indeed, at the current level of tests, the annual percentages have only been represented by these costs in the bills of equipment. Maintenance and repair costs then represent 8% of the annual cost of the equipment. Thus, based on the technical capacity of the mill and crusher, estimations were made on the repair and maintenance costs per 100 kg of processed shea almonds.

Service cost

The service cost paid by the processor for the milling or crushing of shea almond in the village of Barei, Ori and Babazahouré (north of Benin) was 1,000 CFFA for milling of 25 kg of shea and 300 FCFA¹ for crushing of 25 kg of shea kernel.

Fixed costs

Fixed costs are the costs of the machinery and other materials and these are reduced to annual costs by straight-line depreciation.

Margins

The gross margin is the difference between total revenue and total variable costs. The net margin is calculated by deducting the fixed costs from the gross margin. Total revenue is the operation income of the operator in the village for milling or crushing shea almond in each of the three villages of Barei, Bori and Babazahouré (1,000 FCFA for milling of 25 kg of shea and 300 FCFA for crushing).

For the calculation of technical capacity, it is assumed that the shea mill and crusher operate for six (06) days per week and 40 weeks in the year. This is equivalent to two hundred and sixteen (240) days per year, at the rate of 3.5 hours of work per day for the mill and 2.5 hours per day for the crusher. The remaining time of the day is spent on maintenance. Therefore, the capacity of the equipment is determined using the Eq. 6.

$$K = C_h \times N \times m \times n \text{ (kg/an)} \quad (6)$$

where:

C_h : Hourly capacity of the machine (kg/h)

N: Number of working days per week

m: number of working weeks in the year

n: number of working hours per day.

2.2.6 STATISTICAL ANALYSIS

The data collected were processed using the Excel software (2016) for descriptive statistics (mean and SD). SPSS 20 was used to perform means comparison of two groups (Student's t-test or Mann and Whitney U test) and more than two groups (one-way ANOVA or ANOVA of Kruskal-Wallis). A significant difference was accepted when $p < .05$

¹ \$1 US = 628.90 F CFA in 2022 or 1 Eur = 655.957 F CFA

3 RESULT

3.1 TECHNICAL PERFORMANCE OF THE CRUSHER

3.1.1 CAPACITY AND EFFICIENCY

Table 1. Technical performance of shea kernel crusher

Equipment	Hourly Capacity (kg/hr)	Crushing rate (%)	Crushing efficiency (%)	Shea water content (%)
Bio Gando + IMEX	177.22 ±5.45 _a	94.21 ±2.35 _a	98.15± 0.25 _a	0,75± 0.03 _a
Cobemag + R175A	259.93 ±34.26 _b	100 _b	98.81±0.18 _a	0,85 ±0.02 _a
Cobemag + IMEX	368.32±44.36 _c	100 _b	98.72±0.22 _a	0,79± 0.22 _a
BECCRREMA +IMEX	501.32±67.45 _d	100 _b	98.85±0.34 _a	0,70±0.08 _a
Moter	7.21±0.89 _e	100 _b	98.91±0.44 _a	0.78± 0.19 _a

Note: Values with different letters in the same column are significantly different at a threshold of 5%.

The results in Table 1 shows that the crusher type BECCRREMA has the best technical performance when it is connected to the IMEX engine. It was followed by the COBEMAG crusher with an hourly capacity of 368 kg/h, with low consumption (0.75 l/hr) and a crushing rate of 100%. The use of the 8 hp IMEX engine seems to have a positive effect on the performance of the shea almond crusher.

Fuel consumption

The Figure 14 presents the performance of the engine connected with the different types of shea almond crusher. The crusher BECCRREMA+Imex present the lower specific consumption (1.25 l/T) when Bio Gando + Engine Imex have the lower hourly consumption (0.79 l/hr).

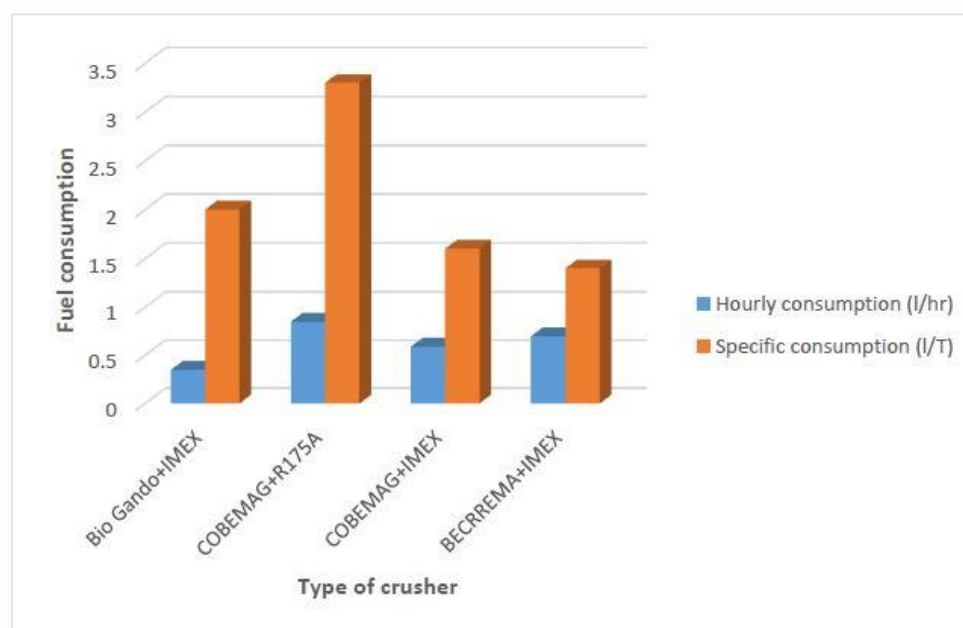


Fig. 14. Fuel consumption of crusher

3.2 TECHNICAL PERFORMANCE OF SHEA ALMOND MILLS

3.2.1 CAPACITY AND EFFICIENCY

Table 2 show the technical performance of the shea almond mill. COMEMAG mill and Traditional corn mill with iron milling stone presents the higher throughput (66.96 kg/hr). But all the equipment showed approximately the same extraction yield and the same milling efficiency (99.8).

Table 2. Technical performance of shea almond mills

Equipment	Hourly Capacity (kg/hr)	Milling efficiency (%)	Extraction yield (%)	Water content of shea butter (%)
COBEMAG+iron stone	62.96 _b	99.5 _a	36,95 _a	2,8 _a
COBEMAG + carborundum stone	53.96 _a	99.7 _a	36,51 _a	2,36 _a
Corn milling machine	61.2 _b	99.5 _a	36,99 _a	2,57 _a
Manual milling roc	2.4 _c	99.8 _a	36,55 _a	2,18 _a

NB: Note: Values with different letters in the same column are significantly different at α threshold of 5%.

3.2.2 FUEL CONSUMPTION

The Figure 15 presents the performance of engine connected with the different type of shea mills. The engine of corn milling machine presents the lower specific consumption when COBEMAG + rock stone has the lower hourly consumption.

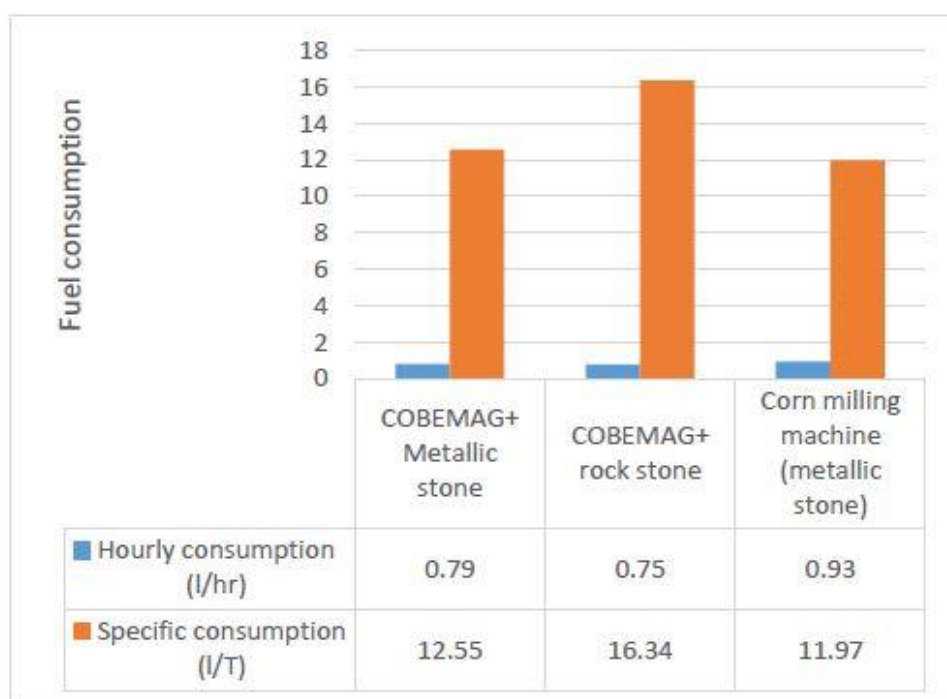


Fig. 15. Fuel consumption of milling machine

3.2.3 TECHNICAL PERFORMANCE OF THE ENGINES ON SHEA MILLING MACHINE

The results from Table 3 indicate that engine R175A have the highest maintenance cost for the crushing and the milling compared with the engine 9,255 CFA and 4,060 CFA respectively. Engine IMEX shows the highest working duration per day and the smaller number of breakdown per month. The duration of immobilization for breakdown is 6 times higher for engine R175 compared with IMEX with the crusher. With the mill, it is 2.85 time higher.

Table 3. Technical performance of the engine on shea crushing and milling machine

Parameters	Crusher		Mill (milling stone)	
	Engine R175A	Engine IMEX	Engine R175A	Engine IMEX
Maintenance cost (FCFA/month)	9,255	1,996	18,156	4,060
Working duration per day (h/day)	3	8	2	6
Number of breakdown per month	1	0.25	2	0.5
Duration of immobilization for breakdown (number days/month)	3	0.5	10	3.5

3.3 ECONOMIC PERFORMANCE OF THE EQUIPMENT

3.3.1 FIXED COST

Table 4 presents the fixed cost of crusher and shea mill. Crusher BECRREMA shows the lowest depreciation cost (73.34 FCA/100 kg) compared with Crusher COBEMAG. The metallic stone mill presents the lowest depreciation cost 408.74 FCFA

Table 4. Fixed costs for different technologies

Parameter	Crusher COBEMAG	Crusher BECRREMA	Mill COBEMAG	Metallic stone mill
Machine cost (FCFA) (M)	1,350,000	1,100,000	1,435,000	1,030,000
Hourly capacity (Kg/h) (A)	368	500	58	60
Number for working hours per day (B)	2.5	2.5	3.5	3.5
Number of working days per week (C)	6	6	6	6
Number of working weeks in the year (D)	40	40	40	40
Technical capacity ($K=A*B*C*D$) (kg/year)	220,800	300,000	48,720	50,400
Depreciation (M/5) (FCFA)	270,000	220,000	287,000	206,000
Depreciation per 100 kg (FCFA/100kg)	122.29	73.34	589.09	408.74

3.3.2 VARIABLE COST

Table 5. Variable costs for different technologies

Parameter	Crusher		Mill	
	Crusher COBEMAG	Crusher BECRREMA	Mill COBEMAG	Metallic stone mill
Repair and maintenance cost (FCFA)	108,000	88,000	114,800	82,400
Repair and maintenance cost for 100 kg (FCFA)	48.92	29.34	235.64	163.5
Specific consumption (l/t)	1.6	1.4	16.34	11.97
Cost fuel for 1 ton (FCFA)	880	770	8987	6583.5
Cost fuel for 100 kg (FCFA/100kg)	88	77	898.7	658.35
Daily workmanship (FCFA)	2000	2000	2000	2000
Workmanship for 100 kg	90.58	66.67	574.72	555.56
Workshop renting /Month (FCFA)	5000	5000	5000	5000
Renting cost for 100 kg (FCFA/100kg)	2.27	1.67	10.27	9.93
Total variable cost for 100 kg (FCFA/100 kg)	229.77	174.68	1,719.33	1,387.34

Table 5 shows that Crusher BECRREMA has the lower variable cost (174.68 FCA/100 kg) compared with Crusher COBEMAG. The metallic stone mill has the lower variable cost 1,378.34 FCFA, while the mill COBEMAG with rock stone estimates variable cost at 1,719.33 FCFA.

3.3.3 GROSS MARGIN AND NET MARGIN FOR DIFFERENT TECHNOLOGIES

Table 6 illustrates the gross and net margin for the utilization of shea equipment to provide service to the processor. Crusher BECRREMA combine with the engine IMEX provide the higher margin. Shea mill with the metallic stone provide the higher gross margin and net margin; 2,412.66 FCFA and 2003.92 FCFA respectively.

Table 6. Gross margin and net margin for different technologies

Parameter	Crusher COBEMAG	Crusher BECRREMA	Mill COBEMAG	Metallic stone mill
Quantity of shea almond (kg)	100	100	100	100
Depreciation per 100 kg (FCFA)	122.29	73.34	589.09	408.74
Variable cost for 100 kg	229.77	174.68	1719.33	1387.34
Income (FCFA/100 kg)	1,100	1,100	3,800	3,800
Gross margin (FCFA/100 kg)	870.23	925.32	2,080.67	2,412.66
Unitary gross margin (FCFA/ kg)	8.70	9.25	20.81	24.13
Net margin (FCFA/100 kg)	747.94	851.98	1,491.58	2,003.92
Unitary net margin (FCFA/kg)	7.48	8.52	14.92	20.04

4 DISCUSSION

The results indicated in Table 1 illustrate the performance of different shea kernel crushers introduced to the processor in a modern shea kernel processing technology. Crusher BIO-GANDO showed the less crushing rate (95%) while the crusher BECRREMA showed the higher hourly capacity with the engine IMEX (501.32 kg/hr). The number of the hammer and the larger area of contact of the sifter should explain this performance. The design of the crusher allows the quick evacuation of crushed almond. The performance of the crusher depends on the physical and mechanical characteristics of the shea almond [23], [24]. The rupture force point of the almond has a key influence on the performance of the crusher [24], [30]. Ojolo and Eweina [30] evaluated the cracking force of the shea nutshell. The force required for the design of the suitable cashew nutshell cracking machine should be considered in the range of 400–500 N. The performance of the shea crusher depends on the cracking energy [31] and the temperature of treatment [26]. The majority of the crusher present a 100% of broken rate (crushing efficiency) but Bio Gando has the least value (94%). The utilization of gear to crush the shea kernel was not appropriate. The performance of crusher BECRREMA and COBEMAG was obtained with the shaft speed of 550 rpm. The crusher developed by Shehu *et al.*, [32] presents the highest values of crushing efficiency (crushing rate) of 98.23% from a combination of speed and crushing time of 1200 rpm and 360 seconds respectively, while the least value of crushing efficiency of 56.24% was obtained from combination of speed and crushing time of 959 rpm and 330 seconds respectively [32].

The analysis as indicated in Table 2 shows that out of the stone wheel, there was no significant difference at the 5% level between the hourly capacities of the different mills tested. Nevertheless, it is noted that the use of the metal grinding wheel resulting a higher capacity of 11% than the stone grinding wheel. Moreover, the different equipment tested produced almost the same quantities of butter from the same quantity of almonds that are harvested in the same region. Indeed, the extraction rate varies between 36.51% and 36.95%. From the analysis, it can be deducted that the fabricator of COBEMAG can without risk of reduction of performance, deliver to the shea processor the version of the mill with metal grindstones. In addition, the use of the IMEX corn mill for grinding shea may be recommended to processors. Yield of shea extraction varies between 36 to 40%. Abdul-Mumeen *et al.*, [33] have reported that the yield (efficiency) of the mechanical method extraction is 30-45% and the traditional method 25-40%. In Nigeria, yield of shea oil ranges between 27.41% and 45.23% [32]. Gana observed milling efficiency decreases from 79% to 68.5% with an increase in moisture content from 11% to 13% [32], [34].

From the analysed results indicated in Table 3, it appears that the engine R175A type was not suitable for driving shea mills. The engine has the highest repair cost with frequent breakdown. Beyond that, the motor heats up excessively. The downtime for high breakdown was due to the high cost and the difficulty of finding spare parts, the technical skills to repair this engine are not always available. On the other hand, the IMEX type engine shows its endurance with ability to work continuously for more than six hours. Local skills are available for engine maintenance and repair. In addition, spare parts for IMEX engine are available and at a reduced cost compared with the R175A engine. The IMEX motor can be adapted to drive the mill and the grinder, which is not the case for R175A.

Economic analysis of equipment used to provide service shows that the gross margin of the BECRREMA crusher was 6% higher than the COBEMAG crusher. The income of the operator was 55 FCFA/100 kg higher than the COBEMAG crusher. It is recommended to COBEMAG fabricator to improve the performance of this equipment. A better quality of the engine should be adapted, and the dimension of the screen should be increased. Utilization of the two types of the mill to provide service to the processors is profitable to the operator. The income provided by the metallic stone mill is 15% higher than COBEMAG mill with the roc stone. This study revealed that the use of a good shea processing equipment to provide service gives profit to the operator. This confirms the analysis of Tiarniyu *et al.* [11] who reported that, the business of shea production, processing and marketing is profitable in Nigeria. The cost and return in the processing of 1 ton in Nigeria was 2,000 Naira (7,500 FCFA) [11]. and in Uganda, it is reported that shea is a highly valued commodity [35].

5 CONCLUSION

Introduction of new equipment for crushing and milling shea almond in Benin contributes to reduce the workload to the processor and increase the productivity. The crusher type BECRREMA showed the best technical performance with 501.32 kg/hr and broken rate of 100% when it is connected with the IMEX engine. It was followed by the COBEMAG crusher with a capacity of 368 kg/hr, with low consumption and a grinding rate of 100%. COMEMAG mill and Traditional corn mill showed the higher throughput. This equipment showed approximately the same extraction yield and the same milling efficiency. The use of a good shea processing equipment to provide service gives a profit to the operator. Economic analysis of equipment used to provide service shows that the gross margin of the BECRREMA crusher was 55 FCFA/100kg higher than the COBEMAG crusher. It is recommended to the COBEMAG fabricator to improve the performance of this equipment. A better quality of engine should be adapted, and the dimension of the screen should be increased. Utilization of the two types of the mill to provide service to the processors is profitable to the operator. Shea mill with the metallic stone provide the higher gross margin and net margin; 2,412.66 FCFA and 2003.92 FCFA respectively. Full dissemination of those improved technologies is recommended for the development of shea processing sector in Benin and West Africa. This will contribute to reduce the poverty and increase the livelihood of the community.

ACKNOWLEDGMENT

Our thanks go to the shea processors of the Taa Waadi Ekeba groups of Simpérou (Banikoara), T'Djenga of Barei (Djougou), Mero Bissiru of N'Dali, Bori of N'Dali, Wanru Suru of Ina, Tibobeni of Perma, Abagaye of Babazahunré for participating in the collection of technical and economic data.

REFERENCES

- [1] F.A Oluwolé, N.A. Aviara and M.A. Haque, «Effet of moisture content and impact energy on crackability of sheanut», *Agric. Eng. Int.: The CIGR Ejournal*. Manuscript FP 007 002, IX, 2007.
- [2] D.N. Bup, A.M. Mohagir, C. Kapseu and Z. Mouloungui, « Production zones and systems, markets benefits and constraints of shea (*Vitellaria paradoxa Gaertn*) butter processing», *OCL*, 21 (2) D206, 2014.
- [3] A. A. Wara, «Cosmetic potentials of African shea nut (*Vitellaria paradoxa*) butter. Current Research in Chemistry», 3 (2): 80-86, 2011.
- [4] P. B Agbobatinkpo, S. D. Dabadé, F. Laleye, N. Akissoe, P. Azokpota. and J.D. Hounhouigan, « Softening effect of Ikpiru and Yanyanku, two traditional additives used for the fermentation of African Locust Bean (*Parkia biglobosa*) seeds in Benin». *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6 (3): 1281-1292, ISSN 1991-8631. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i3.31>, 2012.
- [5] F.G. Honfo, A.R. Linnemann, N. Akissoe, M.M. Soumanou, & M. A. J. S van Boekel., «Characteristics of traditionally processed shea kernels and butter, » *International Journal of Food Science & Technology*; 48 (8); 1714–1721, 2013.
- [6] C. Fatoumata, S. Soronikpoho, T. Souleymane, B. Kouakou. and D.K. Marcellin. «Caractérisation biochimiques et microbiologiques de moutardes africaines produites à base de graines fermentées de *Parkia biglobosa* et de *Glycine max*, vendues en Côte d'Ivoire». *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10 (2): 506-518. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i2.5>, 2016.
- [7] R. G. Adeola, «Farmers' perception of African locust bean tree (*Parkia biglobosa*) as an economic tree in Oyo state», *American International Journal of Research in Humanities, Arts and Social Sciences*, 10 (2), 127- 130, 2015.
- [8] A.M. Kouyate, U Dembele., and A.M. Lykke., «Les espèces ligneuses locales à huile: une ressource utile pour les communautés locales au Sud du Mali», *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9 (6): 2754-2763, ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print), 2015.
- [9] Rantrua, S. Un marché, une concentration d'acteurs. In *Marchés Tropicaux*. Avril (ed): 792 – 794, 2004.
- [10] F.G. Honfo, N. Akissoe, A.R Linnemann., M. Soumanou and. M. A. J. S. van Boekel., «Nutritional composition of shea products and chemical properties of shea butter», *Food Science and Nutrition*, 54: 5, 673-686, DOI: 10.1080/10408398.2011. 604142., 2014.
- [11] S.A. Tiarniyu, M.A. Adagba, and A., Shaah, « Profitability analysis of shea nuts supply chain in selected states in Nigeria», *Journal of Agricultural and Crop Research* Vol. 2 (12), pp. 222-227, ISSN: 2384-731X, 2014.
- [12] R.A.B. Kpadonou, P.Y. Adégbola and S.D. Tovignan, «Local knowledge and adaptation to climate change in Oueme Valley Benin» *African Crop Science Journal*, Vol. 20, Issue Supplement s2, pp. 181 – 192, ISSN 1021-9730/2012, 2012.
- [13] P.C. Gnangle, J. Egah, M.N., Baco, C.D.S.J. Gbemavo, R.G. Kakaï and N. Sokpon «Perceptions locales du changement climatique et mesures d'adaptation dans la gestion des parcs à karité au Nord-Bénin», *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6 (1): 136-149, ISSN 1991-8631, 2012.
- [14] J. O. Oluwasusi and S.A. Tijani, «Farmers adaptation strategies to the effect of climate variation on yam production: a case study in Ekiti State, Nigeria», *Agrosearch* Volume 13 (2): 20-31, 2013.
- [15] F.G. Honfo, K. Hell, N. Akissoé, A. Linnemann and O. Coulibaly, «Microbiological and physicochemical characterization of shea butter sold on Benin markets». *Journal of Stored Products and Postharvest Research* Vol. 3 (3), pp. 24 - 29, DOI: 10.5897/JSPPR11.045, 2012.

- [16] W. O Abdul, I. T., Omoniyi, E. O., Adekoya, O. S Daniel and O. S. Olowe, Some stock parameters of elaps lacerta during estuarine phase of life history. *Ife Journal of Science* vol. 17, (2) 323-324, 2015.
- [17] C.A.T. Ouattara, M.K. Somda, R.Moyen and A.S. Traore, «Comparative physico-chemical and proximate analysis of oils of Shea nut, *Sesamum indicum*, *Cucurbita pepo*, *Cucumis melo* seeds commonly cultivated»,. *West Africa, African Journal of Biotechnology* Vol. 14 (31), pp. 2449-2454, 5 DOI: 10.5897/AJB2015.14642, 2015.
- [18] A. Singbo, and R.Ahouansou, «Etude de faisabilité de l'implantation d'un atelier mécanisé de production de beurre de karité au Bénin (Afrique de l'Ouest) ». *Bull. Rech. Agr. Bénin (BRAB)*. 50: 38- 46, 2005.
- [19] V.T., I Tame, and I., Hassan and D.T. Gungula «Influence of Heating Time of Shea Nuts (*Vitellaria paradoxa*) on Some Chemical Properties of Shea Butter». *World Journal of Engineering and Technology*, 3, 13-18, 2015.
- [20] G.S. Akouehou, A. Houndonougbo, and B. Tente, «La dynamique des systèmes de production dans les terroirs agricoles riverains de la forêt intercommunale de Fita-Agbado dans les communes de Dassa-Zoumé et de Savalou, Département des Collines au Centre du Bénin», *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7 (5): 1877-1891, 2013.
- [21] Yè, G.S. & Destain, M. F. Etude d'une presse à huile: Caractérisation technique des presses manuelles à karité existant au Burkina Faso et détermination de l'effort de concassage de l'amande de karité. Mémoire DEA. Sciences Agronomiques et Ingénierie biologique. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 75p, 2004.
- [22] N.A. Aviara, F.A. Oluwole and M.A. Haque, « Effect of moisture content on some physical properties of sheanuts (*Butyrospermum paradoxum*)», *Int. Agrophysics*, 19: 193–198, 2005.
- [23] R.H, Ahouansou, E.A. Sanya, G. Bagan and E.A. Foudjet, «Etude de quelques caractéristiques physiques des noix et amandes de karité produites au Benin». *Sciences et techniques*, Sci. Appl. Technol., 1, 2: 29-38, 2008.
- [24] R.H. Ahouansou, G.C Bagan, E.A Sanya, A. Vianou, and D.J. Hounhouigan, « Réalisation d'une décortiqueuse à graines de néré «*Parkia Biglobosa*»: optimisation et validation des performances techniques centrées sur les utilisateurs». *Journal of Applied Biosciences* 111: 10841-10853; ISSN 1997-5902, 2017.
- [25] A.M. Olaniyan and K. Oje, «Strength properties of shea-butter nuts under compressive loading »*Nigerian Journal of Technology*, Vol. 21, No. 1, 2002.
- [26] F. A. Oluwole, M. Ben Oumarou and G. M. Ngala, «Dynamics of Centrifugal Impact Nut Cracker», *International Journal of Research Studies in Science, Engineering and Technology* Volume 3, Issue 1, 15-21 ISSN 2349-4751 (Print) & ISSN 2349-476X (Online), 2016.
- [27] F.A. Oluwolé, N.A Aviara,. and M.A. Haque, «Development and performance test of sheanut craker». *Jour. Food Eng*, 65: 117 – 123, 2004.
- [28] R. Ahouansou, P. Houssou and A. Singbo, «Mise au point et évaluation technique de concasseur de noix palmistes.»*Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*. N° 51. 20-27. <http://www.slire.net>, ISSN 1025-2355, 2006.
- [29] P. Y., Adégbola, A. G., Singbo, R. Ahouansou and M-C. Savi, « Analyse socio-économique de la presse manuelle à huile de palme « Dékanmé » » *Bulletin de la recherche Agronomique du Bénin*, INRAB N°40, 1-9, 2003.
- [30] J. S. Ojolo and B. A. Eweina, «Predicting cashew nut cracking using hertz theory of contact stress», *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 18, 157–167, 2019.
- [31] K. Oje, Y.J. Adigun, and A. Alonge, «Craking energy for shea nut in centrifugal cracker». *Nigerian Journal of Pure and Applied Science*, 12; 550 -555,1997.
- [32] A.A. Shehu, I.M. Gana and A.A., Balam, Development and Testing of Indigenous Shea Butter Processing Plant in Nigeria. *J Food Chem Nanotechnol* 4 (2): 38-50. 2018.
- [33] I. Abdul-Mumeen, B. Didia & A. Abdulai, «Shea butter extraction technologies: Current status and future perspective». *African Journal of Biochemistry Research*, Vol. 13 (2), pp. 9-22, DOI: 10.5897/AJBR2018.1007, 2019.
- [34] Gana, I.M. Development and optimization of functional parameters of an automated grain drinks processing machine PhD. Engineering Thesis, Minna: Federal University of Technology, Nigeria, 2016.
- [35] Ferris, RSB., Collinson, C., Wanda, K., Jagwe, J. and Wright, P. Evaluating the marketing opportunities for shea nut and shea nut processed products in Uganda. Technical Report. Natural Resources Institute, Chatham, UK. 76p, 2001.

The influence of exogenous elements on technological innovation system development: The case of rainwater harvesting for irrigation in Kenya

Radhika Singh¹, Thai Thi Minh², Nicholas Oguge¹, and Collins Odote¹

¹Centre for Advanced Studies in Environmental Law and Policy, University of Nairobi, Nairobi, Kenya

²International Water Management Institute, Accra, Ghana

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Rainwater harvesting for irrigation can increase sustainable access to irrigation and improve farmer resilience to climate change, particularly in semi-arid regions of sub-Saharan Africa. However, attempts to increase adoption of rainwater harvesting for irrigation in Kenya have rarely been successful, despite decades of efforts by governments, NGOs, and development practitioners. Most scholars investigating reasons for these low levels of adoption tend to focus on hydro-geological, techno-managerial, or socio-economic factors, and leave out explanations grounded in the analysis of macro-level cultural, political, economic, and environmental dynamics within a specific context. To fill this gap, this article analyzes historical processes of two sites to identify how these dynamics contributed to an enabling environment for rainwater harvesting for irrigation in Kenya. The concept of technological innovation systems, which describes processes central to the emergence, growth, and diffusion of technological innovations, was used as a lens to examine long-term rainwater harvesting for irrigation adoption dynamics in the two sites. The identification of elements «exogenous» to the innovation system demonstrated that ecological, demographic, macroeconomic, political, cultural, and socio-economic elements exerted a major influence on the development of an enabling environment for rainwater harvesting for irrigation. Exogenous elements influenced levels of adoption by shaping the capacity and quality of elements within rainwater harvesting innovation systems, giving rise to systemic problems or opportunities, and influencing the speed of system development.

KEYWORDS: Contextual factors, water harvesting, irrigation technologies, innovation adoption, smallholder, agriculture, Kenya.

1 INTRODUCTION

Over the last fifty years, NGOs, donors, and government agencies have carried out attempts to promote RWHI systems across Kenya, particularly in the more arid parts of the country [1,2,3,4,5,6]. RWHI at the farm level can increase water availability by reducing rainwater runoff, groundwater seepage, and water loss due to evaporation. It can enable farmers to grow more profitable crops that require more water, or provide extra water to increase yields off-season. Access to adequate amounts of water is also a prerequisite for other practices that boost productivity, such as soil management or the use of improved seed varieties. Other positive outcomes of RWHI systems include greater resilience to climate change in areas where levels of precipitation have decreased, or rainfall patterns have become more irregular [7].

A RWHI system can be understood as a technological artifact, or a group of technologies used together for a new purpose and paired with associated practices to achieve desired outcomes. There are in-situ RWHI systems where soil capacity to absorb rainfall is enhanced, and ex-situ RWHI systems, where run-off is collected from a catchment source and stored for later use. This article focuses on ex-situ RWHI systems. Ex-situ RWHI has long been perceived as having enormous potential to improve the livelihoods of smallholder farmers in sub-Saharan Africa by increasing access to water. When possible, farmers adopt irrigation technologies, such as dam liners, pumps, drip lines and sprinkler systems, to increase water productivity and maximize the potential of their ex-situ RWHI system [3,6].

Even though the potential of RWHI in Kenya has been widely acknowledged, efforts to increase uptake have been desultory and sustained adoption rarely takes place. RWHI system construction has largely been carried out by external parties, mainly because its effectiveness depends on technical know-how and relatively high initial investment costs that are often unaffordable to the smallholder farmer. These projects are often unable to catalyze long-term changes in levels in adoption and are hampered by a general lack of accountability or follow-up, a non-participatory approach, lack of farmer capacity to maintain structures, low feelings of ownership due to subsidy dependence, and the insistence on community or group managed systems (as opposed to RWHI for individual farmers) [8,9].

Some scholars have focused on techno-managerial and hydro-geological factors to explain reasons for the low levels of RWHI adoption [10,11,12,13], while others have focused on socio-economic characteristics of individual farmers or households (land tenure, farm size, education level, gender, etc.) that correlate with higher levels of adoption [14,15,16]. These studies tend to be more quantitative in nature. While more qualitative studies do exist, analysis is usually limited to the challenges witnessed in project-based initiatives, such as the lack of technical expertise, participatory planning, and effective operations and maintenance. Recommendations often include improving capacity building, extending credit opportunities, or adopting a more inclusive planning approach, or changing the risk-averse attitude of farmers [17].

In general, there has been little research on longer-term historical processes that have given rise to the cultural, political, environmental, and economic conditions that influence levels of RWHI adoption in a certain context. Like any other technology, uptake of RWHI relies on the existence of an enabling environment that supports its diffusion [18]. To enhance understanding of these conditions and how they contribute to an enabling environment for RWHI, this article uses the lens of the technological innovation systems (TIS). The TIS concept sees innovation as a collective activity and the result of a multi-directional flow of knowledge, where a network of actors and institutions interact to create an enabling environment for a particular technology or artifact to emerge in a specified context [19]. The development of a TIS is essential to the sustained adoption of an innovation, as the presence of an innovation system decreases the time, costs, and risks of adoption [20,21].

Like so many other sustainable technologies (e.g., solar panels or windmills), RWHI TIS development clearly depends on the presence of an enabling environment consisting of certain cultural, political, economic, and environmental conditions. Without an adequate level of rainfall, for example, RWHI is a futile exercise. With abundant rainfall, RWHI is usually an unnecessary one. If there are enough surface water bodies for farmers' irrigation needs, there will probably be little uptake of RWHI, and if soil characteristics are not conducive to growing crops, irrigation will probably not be carried out at all. Besides hydrological and geographical factors, the macro-economic and political environment can also affect RWHI development, adoption, and diffusion. Limited access to input and output markets can circumscribe uptake, as can political priorities that focus solely on the development of large-scale irrigation schemes at the expense of smallholder ones. Demographic and socioeconomic dynamics can also influence levels of uptake, as they shape strategies and investment decisions around household agricultural production [7, 32, 33].

To understand the types of enabling environments conducive to the development of a RWHI TIS, this article focuses specifically on the role of "exogenous elements" that shape TIS development [24, 25, 26,27]. Exogenous elements can be defined as a "set of residual factors that have an impact on innovation and production processes without being influenced by the outcome of innovation processes on a short to midterm basis" [28: 606]. Some examples include world oil prices, economic growth, wars, cultural or normative values, environmental problems, slow-changing societal values, demographic trends, and macroeconomic patterns [29]. Scholars observe that a comprehensive understanding of the factors driving TIS has to be supplemented with analysis of exogenous elements and their influence on the TIS [22, 26, 30, 31]. Exogenous elements shape how actors, institutions, and infrastructures interact with one another around the technological artifact in question, leading to higher or lower levels of adoption [22,23].

To deepen understanding of the type of enabling environment needed for RWHI adoption, a qualitative analysis was used to investigate how exogenous elements contributed to RWHI TIS development in two sites in Kenya where RWHI has been promoted since the 1980s. Specifically, this paper asked: which exogenous elements contributed to the development of an enabling environment for RWHI adoption, and how have they influenced the formation, growth, and maturity of the RWHI TIS in Kenya?

2 THEORETICAL FRAMING

Over the last few decades, the Technological Innovation System (TIS) concept has contributed valuable perspectives on the adoption dynamics of new technologies and technological artifacts. Drawing from the field of evolutionary economics and innovation systems, TIS stresses the importance of diversity, learning, and dynamic interaction in the technological

development process [34]. A TIS has several “functions” that influence the development, adoption and scaling of a technology or technological artifact. These functions include entrepreneurial activities, where entrepreneurs capitalize on business opportunities that emerge due to the development of new knowledge, networks, and markets (F1); Knowledge development and learning, where actors learn about the potential uses of the innovation and how it can be improved (F2); Knowledge diffusion, where information about the innovation spreads through interactions between various actors (F3); Guidance of the search, where a clearer vision of the innovation and its potential helps decrease uncertainty for actors (F4); Market formation, where a viable market forms around the innovation to meet increasing demand for the innovation (F5); Resource mobilization, where financial, human and physical resources are mobilized to further develop innovation system formation (F6); and Creation of legitimacy, where the innovation becomes more widely accepted in society and alters the existing socio-technological regime (F7) [35, 36].

TIS development can be divided into different phases— formation, growth, maturity, and decline. The formative phase is generally characterized by large uncertainties, unarticulated demand, absence of positive feedbacks, and technological underdevelopment. Actors focus on research, development, and experimentation to enhance the innovation’s suitability. If they succeed and the TIS enters a growth phase, markets begin to take shape and technology-specific institutions emerge. Adoption of the innovation is higher than in the formative phase, but still below potential. Path dependence drives further TIS development, moving it into the maturity phase. In this phase, the TIS benefits from many actors, a high degree of specialization, and low entry/exit rates. TIS performance increases further and begins to branch to new contexts. Eventually, the TIS enters the decline stage, where networks are destabilized, actors begin leaving the TIS, and development slows [37, 27].

The level of TIS functioning in the different phases of its lifecycle can also be analyzed through the presence, capacity, and quality of five structural elements: 1) actors (e.g., producers, companies, knowledge institutions, NGOs, and government bodies); 2) institutions (“hard” institutions that consist of laws, regulations, and rules, and “soft” institutions that consist of customs, routines, and established practices); 3) interactions (networks as well as individual interactions between actors); 4) infrastructure (physical, knowledge-based and financial); and 5) technological artifacts (a group of technologies and associated practices that form the core of the innovation system) [19, 21, 36, 38]. While the first four structural elements are well-established in the TIS literature, the fifth is a more recent addition to analyze the specific characteristics of the technological artifact around which the TIS is formed and differentiate it from other “physical infrastructure”, which may include technologies or technological artifacts other than the one that is at the core of the TIS [38]. The development of an innovation system is influenced by the attributes of the technological artifact, which shape actors’ decisions to provide supporting functions [39, 28, 40].

The five structural elements of actors, institutions, interactions, infrastructure, and the technological artifact can be deemed “endogenous” to TIS since they operate within the realm of systemic interdependencies around the innovation and directly drive the innovation system’s development [22]. The capacity and quality of these endogenous elements are influenced by contextual “exogenous” elements that lie outside the boundary of the focal TIS and influence its development without themselves being immediately affected [22, 41, 42]. Since the boundary separating endogenous and exogenous elements is often blurred, delineation is a subjective analytic choice that depends on the goal of the study. In general, exogenous elements must be sufficiently independent of each other and from endogenous elements to be treated as isolated forces within a specified time period [28, 22, 43]. In this article, exogenous elements are limited to factors at the regional level. Those include ecological, demographic, macroeconomic, political, cultural, and socio-economic factors. Although national and international factors also influence TIS, pressures are translated through actors at the regional level, where innovation processes are deeply impacted by the presence of a common language, local characteristics, and historical patterns [38].

3 METHODOLOGY

To deepen understanding of the role of exogenous elements in TIS development, interactions between exogenous elements and the TIS of RWHI in the Laikipia and Yatta Plateaus in Kenya were studied. Laikipia is in the foothills of Mount Kenya and is primarily located within Laikipia County, while Yatta straddles Kitui and Machakos counties. This study focused on ex-situ RWHI systems in the form of household-level farm ponds that collect run-off from nearby roads or paths after rainfall. Farm ponds have the most potential to provide enough water for smallholder irrigation compared to other RWHI systems [12]. Laikipia and Yatta were chosen as study sites because exogenous elements and levels of RWHI uptake there are relatively well-documented by NGOs and researchers. Moreover, since RWHI has been adopted in these two sites for more than forty years, an “innovation history” approach [44] that allowed for a more in-depth and longitudinal analysis of the effect of exogenous elements on TIS functions could be carried out.

This study used a qualitative approach to collect and analyze data, as the descriptive information necessary to identify relevant processes and causal links between exogenous elements and TIS functions is lacking in existing literature. Rather than follow a linear, stepwise process, this research used retroduction¹ to move between gathering primary data and filling in information gaps with secondary data. Once Laikipia and Yatta were decided upon, data on exogenous elements and the RWHI TIS development were gathered from three major sources. First, nine policy documents and 11 project reports by NGOs and research organizations were used to gather development plans, progress, and agricultural-specific reports from the counties where the study sites are situated and identify relevant information on the RWHI adoption and diffusion in Kenya that reflected donor-led approaches and goals for RWHI.

Second, 97 journal articles and five academic theses were used to gather information specific to exogenous elements and RWHI adoption and diffusion in the study sites, as well as more general information on dynamics present in smallholder agricultural production in Kenya. These articles and theses were sourced from Google Scholar and Scopus using a set of keywords such as “rainwater harvesting” + <study site>”, “smallholder farming” + <study site>”, “history” + <study site>”, but grew more targeted as specific dynamics were unearthed in primary data collection. The search continued until very little additional information relevant to the study was found. Only articles containing the relevant information to exogenous elements and RWHI TIS development in the study sites were selected for the analysis.

Finally, 41 semi-structured and unstructured interviews and a focus group discussion were conducted with farmers, NGO, private sector employees, public sector officials and researchers to gather more information on RWHI adoption processes and exogenous elements they believed enabled or impeded TIS function development in the study sites, and NGOs’ involvement in RWHI initiatives over the past few decades. Initial interviews with experts in this field helped in the identification of potential sites that could be focused on for this empirical study. Site visits and non-participant observation were then conducted to determine the most relevant sites. Participants were identified through snowball sampling once familiarity with each site was established. The interviews and focus group discussion were mainly carried out in English, which many people are familiar with, but those with less familiarity with English spoke in either Swahili or Akamba, which was translated for the researcher.

The study uses the method of causal process tracing to analyze information gathered from both primary and secondary sources. The analysis starts in the early 20th century after European settlers began to arrive in Kenya and exogenous elements underwent major changes, to the present day. Primary data were transcribed for analysis and used to identify exogenous elements that played a major role in shaping the development of RWHI TIS. Journal articles and academic theses were used to verify information gathered through primary data, provide greater background and context to the role of exogenous elements in RWHI TIS development, and identify gaps for further primary data collection to fill. Policy documents and project reports were screened for relevant information on agricultural development and irrigation resources. Data were then grouped into two categories for each study site: the emergence and presence of exogenous elements, and the history of the RWHI TIS development. The main exogenous elements triggering or influencing these interactions are outlined in a timeline (see Fig. 1).

¹ Based on critical realist research processes, retroduction involves moving between observable phenomena and possible explanations to gain a deeper understanding of complex reality [45].

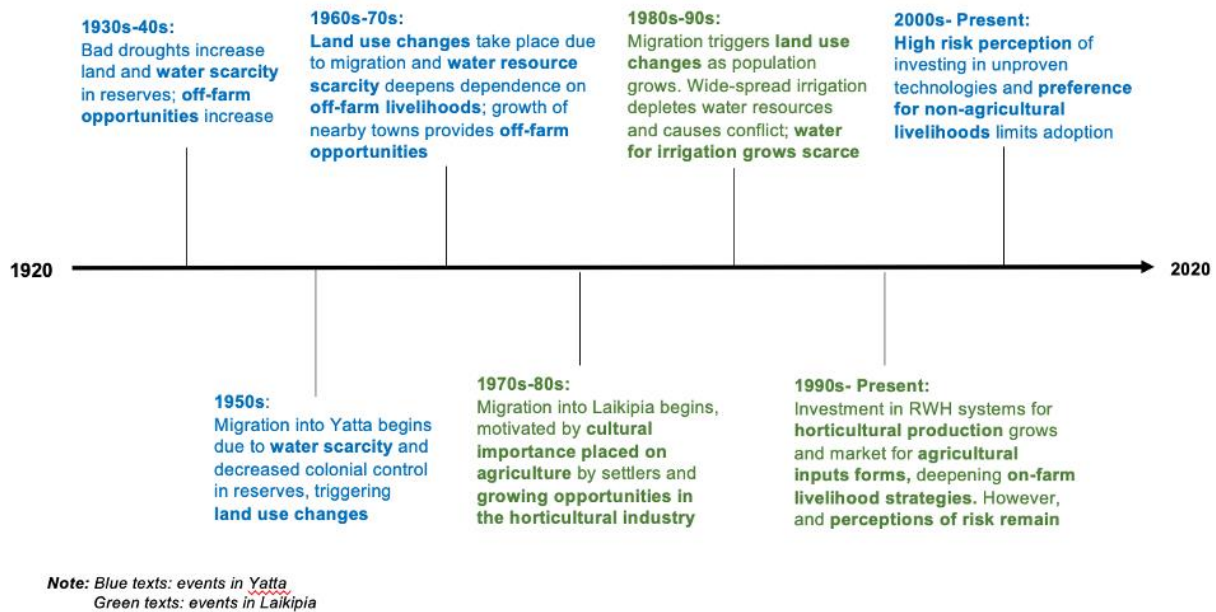


Fig. 1. Timeline depicting exogenous elements influencing the development of RWHI TIS functions

4 RESULTS

The RWHI TISs in Laikipia and Yatta were analyzed to identify exogenous elements that influenced its development (see Table 1).

Table 1. Overview of exogenous elements and TIS development in Laikipia and Yatta

Exogenous elements	TIS structural elements	TIS development
LAIKIPIA		
Water resource scarcity due to population pressures and limited rainfall in a semi-arid climate	- RWHI system introduced into the region (<i>Artifact</i>) - NGOs and government agencies encouraged farmers to look for ways to irrigate crops through RWHI (<i>Actors and artifact</i>) - Water scarcity prompted the creation of WRUAs to manage water conflicts and policy measures to encourage RWHI (<i>Institutions</i>) - Networks of private, public, academic, and NGOs created to collaborate on RWHI (<i>Interactions</i>) - Knowledge-based and financial infrastructure developed to support RWHI (<i>Infrastructure</i>)	- Formation of knowledge development function [F2] due to introduction of RWHI - Formation of knowledge diffusion function [F3] as interactions between actor-networks deepen - Formation of guidance of search function [F4] due to potential of RWHI to solve water scarcity issue - Formation of resource mobilization function [F6] due to support from actor-networks
Land use changes due to land reform, large-scale migration, and increased agricultural production	- Land use changes propelled adoption of agricultural intensification practices including RWHI (<i>Institutions</i>) - Cooperatives and farmer groups formed that exchange information about RWHI practices and technologies (<i>Actors and interactions</i>) - Knowledge-based infrastructure created to improve on RWHI system design (<i>Infrastructure</i>) - RWHI system design adapted to local context (<i>Artifact</i>)	- Growth of knowledge development [F2], knowledge diffusion [F3], guidance of search [F4] and resource mobilization [F6] functions due to deepening support by actor-networks, increased interactions between them, the creation of relevant infrastructure, and improved RWHI system design - Formation of creation of legitimacy function [F7] as more farmers adopt RWHI

Horticultural industry development due to political support and economic opportunities	- Output markets and buyers for irrigated vegetable products are established (<i>Actors</i>) - Policies require RWHI for large-scale commercial farms (<i>Institutions</i>) - Informal and formal networks around market information and credit provision enable investment in RWHI (<i>Interactions</i>) - Roads, ICT and air infrastructure development for the horticultural industry connects the region to Nairobi, enabling RWHI diffusion and increasing exports of irrigated horticultural products (<i>Infrastructure</i>) - Improved RWHI design due to adoption and investment by horticultural industry (<i>Artifact</i>)	- Growth of knowledge development [F2], knowledge diffusion [F3], guidance of search [F4] and resource mobilization [F6] due to horticultural industry's support & use of RWHI - Formation of entrepreneurial activities function [F1] as actors begin supplying RWHI technologies suited to farmer needs - Formation of market formation function [F5] as institutions, interactions and infrastructure make RWHI systems more accessible
Agricultural input market formation due to horticultural industry development	- Sellers of agricultural inputs complementing RWHI systems and improving the system's performance are established in region (<i>Actors and artifact</i>) - Increased awareness of inputs necessary to maximize potential of irrigation through RWHI (<i>Institutions</i>) - Informal and formal networks around market information and credit provision enabled investment in RWHI (<i>Interactions</i>) - Physical, financial, and knowledge-based infrastructure development supports farmers' adoption process of RWHI (<i>Infrastructure</i>)	- Growth of entrepreneurial activities [F1], knowledge development [F2], knowledge diffusion [F3], guidance of search [F4], market formation [F5], and resource mobilization [F6] functions as other inputs maximizing the potential of RWHI become known, available, and accessible - Growth of creation of legitimacy function [F7] as RWHI adoption becomes more viable and profitable
Household characteristics including livelihood strategies, risk perceptions and cultural values and preferences	- Livelihood strategies based on deepening on-farm investment increases potential for RWHI adoption (<i>Institutions</i>) - High risk perceptions of new technologies and artifacts decrease investment in RWHI (<i>Institutions</i>) - Cultural values and preferences emphasizing the role of agriculture (<i>Institutions</i>)	- Growth of creation of legitimacy function [F7] as RWHI adoption aligns with livelihood strategies and cultural values and preferences - Stagnation of resource mobilization function [F6] due to limited capacity/desire for riskier investments
YATTA		
Water resource scarcity due to population pressures and limited rainfall in semi-arid climate	- RWHI system introduced into the region (<i>Artifact</i>) - NGOs and government agencies encouraged farmers to look for ways to irrigate crops through RWHI (<i>Actors and artifact</i>) - Networks of private, public, academic, and NGOs created to collaborate on RWHI (<i>Interactions</i>) - Knowledge-based and financial infrastructure developed to support RWHI (<i>Infrastructure</i>)	- Formation of knowledge development function [F2] due to introduction of RWHI - Formation of knowledge diffusion function [F3] as interactions between actor-networks deepen - Formation of guidance of search function [F4] due to potential of RWHI to solve water scarcity issue - Formation of resource mobilization function [F6] due to support from actor-networks
Land use changes due to land reform, large scale migration and increased agricultural production	- Land use changes propelled adoption of agricultural intensification practices including RWHI (<i>Institutions</i>) - Cooperatives and farmer groups formed that exchange information about RWHI practices and technologies (<i>Actors and interactions</i>) - Knowledge-based infrastructure created to improve on RWHI system design (<i>Infrastructure</i>) - RWHI system design adapted to local context (<i>Artifact</i>)	- Growth of knowledge development [F2], knowledge diffusion [F3], guidance of search [F4] and resource mobilization [F6] functions due to deepening support by actor-networks, increased interactions between them, and creation of relevant infrastructure - Formation of creation of legitimacy function [F7] as some farmers adopt RWHI

Growth of off-farm opportunities due to economic opportunities in nearby urban areas	- Dominant support is for subsistence production, limiting commercial scope and household investment in RWHI (<i>Actors and institutions</i>) - Limited informal and formal networks around market information and credit provision for RWHI (<i>Interactions</i>) - Roads and ICT development to facilitate out-migration and off-farm incomes (<i>Infrastructure</i>) - Inappropriate design and limited technologies available for augmenting RWHI system (<i>Artifact</i>)	- Stagnation of growth of knowledge development [F2], knowledge diffusion [F3], guidance of search [F4] and resource mobilization [F6] functions due to limited growth of agricultural and horticultural industries
Household characteristics including livelihood strategies, risk perceptions and cultural values and preferences	- Livelihood strategies based on deepening off-farm investment decreases capacity, desire or need for RWHI adoption (<i>Actors and institutions</i>) - High risk perceptions of new technologies and artifacts decrease investment in RWHI (<i>Institutions and artifact</i>) - Cultural values and preferences do not prioritize agricultural production (<i>Institutions</i>)	- Decline of creation of legitimacy function [F7] as RWHI adoption does not align with livelihood strategies and cultural values and preferences - Stagnation of resource mobilization function [F6] due to limited capacity/desire for riskier investments

4.1 DEVELOPMENT IN RWHI TIS IN LAIKIPIA

4.1.1 EXOGENOUS ELEMENTS TRIGGER THE FORMATION OF RWHI TIS

Beginning from the early 20th century until the present day, exogenous elements gave rise to conditions that prompted the formation of a RWHI TIS. During the colonial period, Laikipia was part of the so-called “White Highlands”, or areas exclusively allocated for British settlement. After independence in 1963, most settlers sold their land back to the government and left the country. In the 1980s, the horticultural boom, accompanied by rising prices and foreign demand for vegetables, fruits, and flowers, drove migration into Laikipia. Large numbers of people began to settle permanently, hoping to work for large horticultural farms, become outgrowers for them, or sell to the market themselves [46, 47]. Most of the migrants came from the neighboring Gikuyuland, one of the former African reserves. The promise of land ownership was a major pull factor as land is important for social and economic status in Kikuyu culture. The Kikuyu have traditionally relied on rainfed agriculture for their livelihoods, and the type of smallholder agriculture they practiced was developed in the wetter regions that migrants were coming from [48]. Laikipia underwent major land use changes as ranches were transformed into smallholder farms [47].

While rainfall levels vary across the semi-arid Laikipia plateau, parts of it are relatively well-watered and receive 600-1,100 mm of rainfall a year [49]. However, the rapidly rising population in Laikipia led to an increased demand for water for both domestic and irrigation purposes, and the region’s limited water resources now had to be shared between pastoralists, smallholders, and large-scale horticultural farmers. Even though Laikipia has the hydrological advantage of having several mountain streams and rivers due to its proximity to Mt. Kenya, the dramatic rise in population post-independence placed enormous pressure on surface water resources. Low levels of rainfall and frequent dry spells aggravated the situation, and there was often insufficient water for household needs [48, 50, 51]. The growing water scarcity and resulting food insecurity led to efforts in the late 1980s by the Anglican Church of Kenya to construct reservoirs that would collect and store run-off after rainfall. This marked the beginning of RWHI adoption in Laikipia and the formation of endogenous structural elements.

By the 1990s, Water Resource Users Associations (WRUAs) were established and tasked with fairly allocating surface water resources for domestic uses [52]. As smallholder households became increasingly assured of basic water security, they were more willing to spend their incomes on non-subsistence activities and people were able to consider larger and riskier agricultural investments to improve their livelihoods [48, 53]. However, the frequent intervening dry spells and WRUA restrictions on water use made it difficult for smallholders to sustain horticultural production. Reluctant to give up opportunities provided by the growing horticultural sector, many smallholder farmers abstracted water illegally from rivers and streams. NGOs began encouraging the adoption of household farm ponds so that harvested water could be used for subsistence agricultural production or the irrigation of small vegetable gardens and decrease pressure on other surface water resources [10, 50].

Large-scale commercial farms, meanwhile, were able to obtain legal permits to carry out abstraction. Between 1991 and 2003, 24 large horticultural farms were established in Laikipia, covering 1,085 hectares, and employing tens of thousands of people [10]. Many of these farms grew crops for exportation to the European market, although the domestic market for

horticulture was also growing rapidly. In addition to hiring on-farm workers, it employed smallholder farmers as out-growers, who enjoyed subsidized provision of inputs, technical advice and support, and reliable access to output markets. Even those farmers not directly employed by the horticultural industry benefited from improved access to market information and agricultural inputs, as well as industry-driven infrastructure construction. These developments lowered transaction costs and helped farmers tap into horticultural markets as individuals or collectives [54, 46, 55].

The exogenous elements of water scarcity, land use changes, horticultural market development and agricultural input market formation gave rise to the first RWHI TIS functions. Water resource scarcity and land use changes triggered knowledge development [F2] due to the introduction of RWHI, knowledge diffusion [F3] as interactions between actor-networks involved in RWHI deepened, guidance of search [F4] due to potential of RWHI to solve water scarcity issue, and resource mobilization [F6] from the support of actor-networks for RWHI. The growth of the horticultural industry and agricultural input markets led to the creation of legitimacy [F7] as more farmers adopted RWHI, entrepreneurial activities [F1] as actors began supplying RWHI technologies suited to farmer needs, and market formation function [F5] as institutions, interactions, and infrastructure supported RWHI adoption.

4.1.2 EMERGENCE OF SYSTEMIC OPPORTUNITIES AND PROBLEMS IN RWHI TIS

To encourage the adoption of RWHI in the 1980s and 1990s, NGOs supported farmers with technical advice or financial assistance [10, 51]. However, seepage problems in the farm ponds severely curtailed levels of adoption, and harvested water would often not be sufficient for intended uses. Since most ponds were unlined, between 30-50% of water was lost [10]. Several problems also arose from siltation, as many ponds did not have silt traps, and high rates of evaporation, as most did not have shade nets or other means to limit evaporation. The high cost of farm pond construction and the unreliability of rainfall also dissuaded investments in RWHI systems. Many farmers that had dug farm ponds ended up abandoning them after they failed to meet their needs [56, 57], although others continued to experiment with farm ponds to maximize their water holding capacity, trying out plastic lining, bitumen lining, clay lining, and even goat trampling. However, high seepage and evaporation rates continued to limit adoption [10].

Large-scale horticultural farms in Laikipia also had to find a solution to the growing water scarcity problem if they were to continue their operations. Not only was the water in rivers and streams rapidly depleting, but the Water Act of 2002 mandated that those actors abstracting surface water for irrigation had to build flood storage infrastructure to harvest water during rainy seasons for use during the dry seasons [58]. With their access to finance and exposure to international markets, these large-scale farms were able to find a way to make water harvesting viable using ultraviolet polythene sheets, also known as dam liners. Dam liners, manufactured in Israel, resolved the seepage issues that had plagued rainwater harvesting efforts over the last few decades [10]. The introduction of dam liners drove farm ponds' uptake among smallholder farmers in Laikipia. Those farmers who were interested in growing high-value horticultural crops for the market and could afford the initial costs of dam liners (usually from off-farm income) invested in them. By dramatically reducing seepage from their farm ponds, dam liners made an investment in RWHI worthwhile. Farmers could often recover costs within a few seasons of selling their produce. Yields for those farmers that adopted RWHI were many times higher than those who did not [57]. Selling horticultural crops, either to companies or on the market, has now become a lucrative source of income for many smallholder farmers.

These developments contributed to the high level of quality and capacity of actors, institutions, interactions, infrastructure and RWHI technologies that formed the RWHI TIS, and gave rise to four systemic opportunities. Specifically, the adoption of RWHI could improve household irrigation capacity, increase water productivity, maximize the potential of other agricultural inputs, and increase household income. One systemic problem also arose, which was that the high initial investment in RWHI systems could decrease household income. Overall, the strength of the interactions between four systemic opportunities, which are linked together in a reinforcing feedback loop, helped mitigate the effect of the systemic problem. Households were able to invest in RWHI technologies and profit from their adoption.

4.1.3 RWHI TIS DEVELOPMENT ACCELERATES AND BEGINS AFFECTING EXOGENOUS ELEMENTS

While there is a range of RWHI present in Laikipia, most smallholder farmers with farm ponds try to obtain a dam liner to limit seepage, a pump to draw out water, and drip kits or sprinklers to distribute water in the field. Some smallholder farmers also have tanks to store extra water, and others own shade nets or use natural vegetation to cover the pond and limit evaporation. A range of irrigation companies providing RWHI technologies and associated services have entered the market, and competition between them has resulted in a more varied and affordable supply of technologies. Some entrepreneurial

farmers have formed partnerships with irrigation companies and sell advisory services to other farmers who want to adopt RWHI. Peer-to-peer learning between neighbors, friends, and farmer groups also helps encourage adoption.

Three other exogenous elements helped accelerate the development of the RWHI TIS. Livelihood strategies that prioritized the intensification of on-farm activities, and values and preferences that give a high level of importance to agricultural production, drove the creation of legitimacy function [F7]. However, perceptions that see the adoption of a new and relatively expensive technology as too risky contributed to the stagnation of resource mobilization function [F6]. Consequently, all functions grew in Laikipia, but not all have matured due to the high initial cost of RWHI and household risk perceptions. Several functions did mature enough for the focal TIS to begin affecting two exogenous elements, horticultural industry development and agricultural input market formation. The growing numbers of farmers adopting RWHI has encouraged horticultural companies to employ more smallholder out-growers, which has enabled farmers to increase investments in RWHI. Increased use of agricultural inputs by smallholder farmers adopting RWHI has created incentives for agricultural input providers to set up offices in the region to improve access to customers and sell more RWHI technologies and artifacts.

4.2 TIS DEVELOPMENT IN RWHI TIS IN YATTA

4.2.1 EXOGENOUS ELEMENTS TRIGGER THE FORMATION OF RWHI TIS

In Yatta, several exogenous elements gave rise to conditions that prompted the formation of a RWHI TIS. During the colonial period, Yatta was demarcated under “Crown Lands”, or areas that the colonial administration was in full control of. The native population in Yatta, the pastoralist Akamba, were forced out into bordering reserves. The colonial administration was worried that unrestricted access by the native population would lead to soil degradation, threatening the profits that were gained from ranching there [59]. With the establishment of the Crown Lands, the Akamba lost two-thirds of their most productive grazing grounds [60]. As restrictions on movement grew, the colonial administration-imposed labor laws and taxes forced many Akamba to sell their livestock to meet their basic needs. Without their livestock, the Akamba had to find other ways to sustain their livelihoods. As was intended by the colonial administration, many turned to wage labor for European establishments, which were dependent on cheap and exploited labor for their production. Bad drought years in the 1920s hastened this turn towards wage labor and out-migration, as did the need for money in the new cash-driven economy, and there were now acute shortages of male labor in the reserves [61, 59].

Continuous droughts and a lack of water made life on the reserves increasingly untenable. As independence seemed more and more inevitable, the colonial administration began to loosen restrictions on Yatta. People began streaming into the plateau. Migration increased after independence in 1963 and continued well into the decade after it [59]. Most communities turned to agricultural production or off-farm work for income, abandoning their pastoral livelihoods, as there was little room for herds to graze [60]. However, water scarcity due to frequent droughts, limited surface water resources, ill-maintained water reservoirs, and deforestation meant food and water insecurity was common [62]. The Yatta plateau receives 600-1,100 mm of rainfall a year and has limited water resources, although the mix of clayey and loamy soils is suitable for some forms of agriculture [49, 63]. By the 1980s, most of the land was claimed, leaving little room for agricultural expansion to meet growing food demands, even as population densities kept increasing [61].

As farmers attempted to intensify production in response to shrinking land and water resources, NGOs in the area began to promote soil and water management practices. This spread knowledge and awareness amongst smallholder farmers of RWHI systems, mainly in the form of rooftop collection for domestic needs and farm ponds for irrigation. However, problems with the design of farm ponds (seepage, siltation, and evaporation) as well as high investment costs meant that most farmers were reluctant to invest in RWHI systems [10]. Instead, to meet their subsistence needs, many households intensified their off-farm activities so that money earned could be used to buy food off the market. Infrastructure development that started during the colonial period helped facilitate seasonal migration to the rapidly growing towns of Kitui and Machakos, as well as Nairobi. Rainwater harvesting, if present, was limited to rooftop collection to meet household needs [61, 62, 64]. Consequently, the quality and capacity of endogenous structural elements was limited and only five TIS functions formed. These include knowledge development [F2], knowledge diffusion [F3], guidance of search [F4] resource mobilization [F6], and creation of legitimacy [F7] functions.

4.2.2 EMERGENCE OF A SYSTEMIC OPPORTUNITY AND PROBLEMS IN RWHI TIS

Farmers in Yatta do not have a well-established and easily accessible output market where they can sell their produce. Due to the presence of relatively few surface water bodies, output markets for horticultural crops are mainly limited to meeting demand from nearby market towns. Agricultural input providers, including those that supply RWHI technologies, do not have

a strong presence. Most agriculture in Yatta continues to depend on traditional farm implements such as hoes; the low levels of mechanization in the area are indicative of low levels of farm productivity [65]. The input market for RWHI technologies is driven primarily by NGOs and occasionally government agencies that mass-order dam liners, all of one size and type, and has not developed to respond to a range of individual farmer needs. Most companies do not have many branches in the area, making it difficult for farmers to reach out to them on their own [64]. The lack of well-developed and responsive input and output markets for RWHI technologies has contributed to limited RWHI adoption.

Most smallholder farmers that have adopted RWHI use only a limited number of technologies. While many farmers have lined their farm ponds (largely through NGO assistance), the lining is often of concrete, which quickly develops cracks, or sub-par dam liners, which do not last long. The design of farm ponds is usually determined by NGOs and standardized for all beneficiaries, regardless of differences in intended uses of the water. A few farmers have treadle pumps to draw water out of the pond, and a very small number are using drip kits and extra water tanks, but the majority extract and distribute water manually with buckets. Many household ponds are a simple, unmeasured hole in the ground. Households are not very keen to invest their own money in upgrading their farm pond, mainly because agricultural production in Yatta is not very profitable.

The exogenous elements of water resource scarcity and land use changes engendered the development of the first endogenous structural elements of the RWHI TIS. As the quality and capacity of the endogenous elements improved due to support by actor-networks, increased interactions between them, and the creation of relevant infrastructure, two systemic opportunities— that RWHI could improve household irrigation capacity and maximize water productivity— arose. However, one systemic problem, that investing in RWHI can limit returns from other livelihood strategies, also developed due to the limited growth of agricultural and horticultural industries in the region. Since investment in RWHI does not increase overall household income, TIS development is limited.

4.2.3 RWHI TIS DEVELOPMENT STAGNATES AND DOES NOT AFFECT EXOGENOUS ELEMENTS

Although farm ponds are present in Yatta, they are built largely with the financial and technical support of NGOs, who often partner with government bodies. They are usually basic systems that can only supply enough water for domestic needs and kitchen gardens. Household water insecurity still affects much of the population. The main sources of water are borewells, many of which have run dry or drawn low-quality water, and reservoirs, where water is shared with livestock. While there are some rivers, few are perennial, and people are forced to dig a few feet into the riverbed to get some water during the dry months. In some areas, women still walk up to six kilometers to fetch water during the dry season [65, 66]. Since this work falls mainly on women, NGOs have geared most of their RWHI projects to appeal to women self-help groups, and doggedly promote farm ponds as a way for households to meet both their subsistence needs and a grow little extra for the market. However, household water insecurity has contributed to a reluctance to invest in expensive RWHI technologies that largely only help save, rather than generate, income.

Moreover, as NGO workers observed, women often have less decision-making power in their household and are unable to make investments in improving and maintaining their farm ponds. Men tend to dismiss RWHI systems as useful only for subsistence production and, knowing less about potential commercial uses, are unwilling to make investments in it [67, 68]. They are instead more likely to invest in what they deem to be less risky, off-farm activities. Even in 1994, off-farm opportunities were seen as a “much more profitable use of their time than producing unsaleable food crops” [61]. In fact, as more and more people migrated out of Yatta, labor to work on farms grew increasingly scarce and profitable agricultural production became even harder [64]. Ultimately, three exogenous elements— cultural values and preferences, risk perceptions, and livelihood strategies— slowed overall TIS development. They contributed to the decline of creation of legitimacy function [F7], as RWHI adoption does not align with livelihood strategies and cultural values and preferences, and the stagnation of the resource mobilization function [F6], due to limited household capacity/desire for riskier investments.

5 DISCUSSION

Exogenous elements give rise to conditions that create a need for a particular innovation. The explicit analysis on the presence and nature of exogenous elements helps draw out reasons behind TIS formation and growth [69, 26, 70]. In this case, exogenous elements gave rise to new challenges that actors (NGOs) responded to by introducing new technological artifacts (RWHI). As Geels and Schot (2007) observe, exogenous elements do not mechanically lead to TIS formation but instead need to be perceived and translated by actors [27]. Land and water scarcity, combined with land use changes, prompted the formation of the TIS functions of knowledge development [F2], knowledge diffusion [F3], guidance of the search [F4] and resource mobilization [F6] in both Laikipia and Yatta. This demonstrates that certain ecological conditions created an enabling

environment for RWHI TIS. The likelihood of RWHI TIS formation is higher in semi-arid areas without enough perennial surface water resources to last through the dry season, but with enough rainfall to increase water security if harvested.

In addition to triggering the formation of a TIS, exogenous elements can also affect the capacity or quality of its endogenous structural elements and give rise to systemic problems or opportunities within the TIS. A systemic problem slows the development of a TIS because of the low quality/capacity of endogenous structural elements. A systemic opportunity is the outcome of high quality/capacity of endogenous structural elements within a TIS and accelerates TIS development [36, 27, 72]. In Laikipia, systemic opportunities were that RWHI could improve household irrigation capacity, increase water productivity, maximize the potential of other agricultural inputs, and increase household income. They were able to mitigate the systemic problem of the high initial investment in RWHI systems. Many households were able to invest in RWHI technologies and earn relatively higher incomes, compared to other livelihood strategies. In Yatta, two systemic opportunities– that RWHI could improve household irrigation capacity and maximize water productivity– could not outweigh the major systemic problem, that investing in RWHI can limit returns from other livelihood strategies. Since investment in RWHI does not increase overall household income in Yatta, TIS development is limited. Therefore, while TIS development in Laikipia accelerated due to systemic opportunities, TIS development in Yatta stagnated due to its systemic problems.

In Laikipia, the RWHI TIS reached a level of maturity that enabled it to “structurally couple” with and begin affecting exogenous elements in a bi-directional relationship. This has the effect of embedding the TIS within its context and can give rise to properties of path-dependence and resilience that further accelerate TIS development. In Laikipia, for example, the RWHI TIS is structurally coupled with two mature and quickly growing sectoral innovation systems: the horticultural industry and the agricultural input market. As the RWHI TIS grew, actors within the horticultural industry and agricultural input market participated in the development of the TIS by aligning their needs and technological trajectories and even co-creating solutions. These structural couplings facilitated the flow of assets between exogenous and endogenous elements and created common institutions, reinforcing their growth. Although structural couplings are rare in the early phases of TIS formation, they are necessary for a new technology or technological artifact to become embedded in its wider context [22, 27].

In Laikipia, favorable exogenous elements, including the development of a horticultural industry and agricultural input markets, helped support an enabling environment the continued growth of the TIS. In Yatta, however, unfavorable exogenous elements meant that investment was often directed away from on-farm activities, which led to stagnation of several TIS functions. The household livelihood strategies that households chose to pursue were also heavily influenced by socioeconomic and cultural institutions and norms around on-farm investment. This suggests that policies or strategies aimed at encouraging the adoption of RWHI should identify conditions in the wider enabling environment that can contribute to the growth of the RWHI TIS without requiring constant external assistance. In this case, RWHI TIS growth only took place where input and output markets are sufficiently present and investment in RWHI was aligned with households’ primary livelihood strategies. Policy or governance interventions could also benefit from identifying and building upon existing systemic opportunities when promoting RWHI [72]. Identifying feedback loops between systemic problems or opportunities can also help policy makers or development actors concentrate and target their resources to maximize efforts [73].

6 CONCLUSION

This article used the lens of technological innovation systems (TIS) to analyze the role of exogenous elements in creating an enabling environment for rainwater harvesting for irrigation (RWHI) TIS development [26, 69, 22, 27]. The case of RWHI in Kenya demonstrates that exogenous elements play a central role in the formation, growth and maturity of a TIS. Exogenous elements can shape the capacity and quality of endogenous TIS elements, give rise to systemic problems or opportunities within the TIS, and either accelerate or slow down overall TIS development. Findings indicate that environmental, historical, cultural, economic, and political factors must be considered when seeking explanation for the adoption or non-adoption of technologies or technological artifacts.

By making the role of exogenous elements more explicit, this article helps ascertain the potential for scaling RWHI in a specific context and determine the strength or influence of different exogenous elements on TIS development. Critically reflecting on the methods used in this study, the emphasis on qualitative data could preclude analysis of the precise dimensions of relevant exogenous elements to RWHI that can only be identified through quantitative data collection. However, this article only aims to show some examples of how exogenous elements shape RWHI TIS development, rather than unequivocally prove their exact nature. Future research could include analysis on how RWHI TIS functions are affected by the TISs of other technologies or artifacts in the agricultural and irrigation sectors in Kenya.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to acknowledge Nancy Kadenyi, Victor Gitonga, and Theophilus Kioko from Metameta Kenya. They provided valuable expertise and guidance in choosing the study sites of Laikipia and Yatta and identifying interviewees.

DECLARATIONS OF INTEREST

None

FUNDING

This work was supported by the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under the Marie Skłodowska-Curie Innovative Training Network NEWAVE - grant agreement No 861509. Funding sources was not involved in study design; data collection, analysis, and interpretation; writing the report; or in the decision to submit the article for publication.

REFERENCES

- [1] Yosef, Binyam Alemu, and Desale Kidane Asmamaw. «Rainwater Harvesting: An Option for Dry Land Agriculture in Arid and Semi-Arid Ethiopia». *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*. 7.2. (2015): 17-28.
- [2] Enfors, Elin I., and Line J. Gordon. «Dealing with drought: The challenge of using water system technologies to break dryland poverty traps.» *Global Environmental Change* 18, no. 4 (2008): 607-616.
- [3] Snelder, D., F. Kahimba, O. Korodjouma, A. Abebe, E. Oughton, L. Bunclark, and R. Lasage. «Adaptations in water harvesting technologies for enhancing food security and livelihood: A multi-country study in Sub-Saharan Africa.» *Rainwater-Smart Agriculture in Arid and Semi-Arid Areas*, edited by Walter Leal Filho and Josep de Trinchiera, 95-119. Springer, 2018.
- [4] Ogue, Nicholas, and Francis Oremo. «Fostering the use of rainwater for off-season small-scale irrigation in arid and semi-arid areas of Kenya.» *Rainwater-Smart Agriculture in Arid and Semi-Arid Areas: Fostering the Use of Rainwater for Food Security, Poverty Alleviation, Landscape Restoration and Climate Resilience* (2018): 159-174.
- [5] Bouma, Jetske, William Critchley, and Jennie Barron. *A review of the recent literature on water harvesting in Sub-Saharan Africa*. Routledge: New York, 2012.
- [6] Rockström, John, Jennie Barron, and Patrick Fox. «Water productivity in rain-fed agriculture: challenges and opportunities for smallholder farmers in drought-prone tropical agroecosystems.» *Water productivity in agriculture: Limits and opportunities for improvement* (2003): 145-162.
- [7] Karpouzoglou, Timothy, and Jennie Barron. «A global and regional perspective of rainwater harvesting in sub-Saharan Africa's rainfed farming systems.» *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 72 (2014): 43-53.
- [8] Black, Joshua et al. «Rainwater harvesting inventory of Kenya: An overview of techniques, sustainability factors, and stakeholders». *World Agroforestry Centre*. 2012.
- [9] Critchley, William, and Susanne M. Scheierling. «Water harvesting for crop production in Sub-Saharan Africa.» *Water Harvesting in Sub-Saharan Africa* (2012): 10.
- [10] Ngigi, Stephen N. «Rainwater Harvesting for Improved Food Security». Greater Horn of Africa Rainwater Partnership, 2003.
- [11] Mugo, Gloria Muthoni, and Patroba Achola Odera. «Site selection for rainwater harvesting structures in Kiambu County-Kenya.» *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 22, no. 2 (2019): 155-164.
- [12] de Trinchiera Gomez, Josep de, Desalegn Dawit, Sebastiao Famba, Walter Leal Filho, Maimbo Malesu, Paula Viola Mussera, Stephen Ngigi, Niquice, C., Nyawasha, R., Oduor, A. and Ogue, N. «Using Rainwater for Off-Season Small-Scale Irrigation in Arid and Semi-arid Areas of Sub-Saharan Africa: Key Working Principles and Best Practices.» *Rainwater-Smart Agriculture in Arid and Semi-Arid Areas*, edited by Walter Leal Filho and Josep de Trinchiera, 9-36. Springer, 2018.
- [13] Odhiambo, Kevin O., Basil T. Iro Ong'or, and Edwin K. Kanda. «Optimization of rainwater harvesting system design for smallholder irrigation farmers in Kenya: a review.» *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua* 70, no. 4 (2021): 483-492.
- [14] Ahmed, Ibrahim, et al. Evaluation Of Types And Factors Influencing Adoption Of Rainwater Harvesting Techniques In Yatta District, Kenya. *International Journal of Education and Research*. 1.6. 2013.

- [15] Boithi, Frederick N., Edward Muchiri, Rhodah Birech, and Milcah Mulu-Mutuku. «Factors influencing smallholder farmers' adoption of agricultural water technologies and innovations in Lare and Elementaita Divisions of Nakuru County, Kenya.» *International Journal of Innovation and Applied Studies* 7, no. 4 (2014): 1338.
- [16] Makau, Wambui, Ayub Gitau, Joseph Mugachia, Robinson Ocharo, Hannah Kamau, Judy Wambua, and Alloys Luvai. «Rain water harvesting for enhanced household water, food and nutritional security: case study of Kitui west, lower Yatta and Matinyani districts, Kenya.» (2014).
- [17] Critchley, Will, and John W. Gowing, eds. «Introduction». *Water Harvesting in Sub-Saharan Africa*. Routledge, 2012.
- [18] Simane, Belay, Taffa Tulu, Amare Lantideru, and Desalegn Dawit. «Fostering the use of rainwater for off-season small-scale irrigation in arid and semi-arid areas of Ethiopia.» *Rainwater-Smart Agriculture in Arid and Semi-Arid Areas: Fostering the Use of Rainwater for Food Security, Poverty Alleviation, Landscape Restoration and Climate Resilience* (2018): 147-158.
- [19] Hekkert, Marko P., Roald AA Suurs, Simona O. Negro, Stefan Kuhlmann, and Ruud EHM Smits. «Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change.» *Technological forecasting and social change* 74.4 (2007): 413-432.
- [20] Minh, Thai Thi, Sander Zwart, Richard Appoh, and Petra Schmitter. Analyzing the enabling environment to enhance the scaling of irrigation and water management technologies: a tool for implementers. Vol. 197. IWMI, 2021.
- [21] Torres-Avila, Angelica, Jorge Aguilar-Ávila, Vinicio Horacio Santoyo-Cortés, Enrique Genaro Martínez-González, and Norman Aguilar-Gallegos. «Innovation in the pineapple value chain in Mexico: Explaining the global adoption process of the MD-2 hybrid.» *Agricultural Systems* 198, no. C (2022).
- [22] Bergek, Anna, Marko Hekkert, Staffan Jacobsson, Jochen Markard, Björn Sandén, and Bernhard Truffer. «Technological innovation systems in contexts: Conceptualizing contextual structures and interaction dynamics.» *Environmental Innovation and Societal Transitions* 16 (2015): 51-64.
- [23] Markard, Jochen, Steffen Wirth, and Bernhard Truffer. «Institutional dynamics and technology legitimacy—A framework and a case study on biogas technology.» *Research Policy* 45.1 (2016): 330-344.
- [24] Wirth, Steffen, and Jochen Markard. «Context matters: How existing sectors and competing technologies affect the prospects of the Swiss Bio-SNG innovation system.» *Technological forecasting and social change* 78.4 (2011): 635-649.
- [25] Markard, Jochen, Steffen Wirth, and Bernhard Truffer. «Institutional dynamics and technology legitimacy—A framework and a case study on biogas technology.» *Research Policy* 45.1 (2016): 330-344.
- [26] Edsall, Hans-Erik. «Technological innovation system and the wider context: A framework for developing countries.» *Technology in Society* 58 (2019): 101150.
- [27] Markard, Jochen. «The life cycle of technological innovation systems.» *Technological Forecasting and Social Change* 153 (2020): 119407.
- [28] Markard, Jochen, and Bernhard Truffer. «Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework.» *Research policy* 37.4 (2008): 596-615.
- [29] Geels, Frank W. «The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms.» *Environmental innovation and societal transitions* 1, no. 1 (2011): 24-40.
- [30] Lauttamäki, Ville, and Sampsa Hyysalo. «Empirical application of the multi-level perspective: tracing the history of ground-source heat pumps systems in Finland.» *Sustainability: Science, Practice and Policy* 15.1 (2019): 82-103.
- [31] De Oliveira, Luiz Gustavo Silva, Juliana Subtil Lacerda, and Simona O. Negro. «A mechanism-based explanation for blocking mechanisms in technological innovation systems.» *Environmental Innovation and Societal Transitions* 37 (2020): 18-38.
- [32] Bunclark, Lisa, John Gowing, Elizabeth Oughton, Korodjouma Ouattara, Sidonie Ouoba, and Diane Benao. «Understanding farmers' decisions on adaptation to climate change: Exploring adoption of water harvesting technologies in Burkina Faso.» *Global Environmental Change* 48 (2018): 243-254.
- [33] Songok, Charles Kipkorir, et al. «Lessons Learned in the Replication and Scaling-up of Rainwater Harvesting Technologies in Arid and Semi-arid Areas: A Case Study of Kilifi County, Kenya.» *Rainwater-Smart Agriculture in Arid and Semi-Arid Areas*, edited by Walter Leal Filho and Josep de Trinchera, 379-392. Springer, 2018.
- [34] Hekkert, Marko P., Matthijs J. Janssen, Joeri H. Wesseling, and Simona O. Negro. «Mission-oriented innovation systems.» *Environmental Innovation and Societal Transitions* 34 (2020): 76-79.
- [35] Bergek, Anna, Staffan Jacobsson, Bo Carlsson, Sven Lindmark, and Annika Rickne. «Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis.» *Research policy* 37.3 (2008): 407-429.
- [36] Wieczorek, Anna J., and Marko P. Hekkert. «Systemic instruments for systemic innovation problems: A framework for policy makers and innovation scholars.» *Science and public policy* 39.1 (2012): 74-87.
- [37] Bergek, Anna. «Diffusion intermediaries: A taxonomy based on renewable electricity technology in Sweden.» *Environmental Innovation and Societal Transitions* 36 (2020): 378-392.
- [38] Minh, Thai Thi. «Unpacking the systemic problems and blocking mechanisms of a regional agricultural innovation system: An integrated regional-functional-structural analysis.» *Agricultural Systems* 173 (2019): 268-280.

- [39] Negro, Simona O. «Dynamics of technological innovation systems: the case of biomass energy.» PhD diss., Utrecht University, 2007.
- [40] Tigabu, Aschalew Demeke, Frans Berkhout, and Pieter van Beukering. «The diffusion of a renewable energy technology and innovation system functioning: Comparing bio-digestion in Kenya and Rwanda.» *Technological Forecasting and Social Change* 90 (2015): 331-345.
- [41] Schiller, Katharina JF, Laurens Klerkx, P. Marijn Poortvliet, and Wendy Godek. «Exploring barriers to the agroecological transition in Nicaragua: A Technological Innovation Systems Approach.» *Agroecology and Sustainable Food Systems* 44, no. 1 (2020): 88-132.
- [42] Vermunt, D. A., N. Wojtynia, M. P. Hekkert, J. Van Dijk, R. Verburg, P. A. Verweij, M. Wassen, and H. Runhaar. «Five mechanisms blocking the transition towards ‘nature-inclusive’ agriculture: a systemic analysis of Dutch dairy farming.» *Agricultural Systems* 195 (2022): 103280.
- [43] De Oliveira, Luiz Gustavo Silva, and Simona O. Negro. «Contextual structures and interaction dynamics in the Brazilian Biogas Innovation System.» *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 107 (2019): 462-481.
- [44] Spielman, David J., Javier Ekboir, and Kristin Davis. «The art and science of innovation systems inquiry: Applications to Sub-Saharan African agriculture.» *Technology in society* 31, no. 4 (2009): 399-405.
- [45] Belfrage, Claes, and Felix Hauf. «The gentle art of retrodution: Critical realism, cultural political economy and critical grounded theory.» *Organization Studies* 38, no. 2 (2017): 251-271.
- [46] Ulrich, Anne. «Export-oriented horticultural production in Laikipia, Kenya: Assessing the implications for rural livelihoods.» *Sustainability* 6.1 (2014): 336-347.
- [47] Ambani, Sheelah Eddlyne. «Colonial Urbanization in Kenya: The Case of Nanyuki Town, 1920-1963». Egerton University, 2015.
- [48] Masindano, Peter W. «Security of subsistence among small scale migrant farmers: The case of Thome settlement scheme in Laikipia district», Nairobi: University of Nairobi, PhD Disseration, 1996.
- [49] Republic of Kenya. «Agro-climatic zone map of Kenya», Nairobi: Ministry of Agriculture Kenya Soil Survey, 1982.
- [50] Ngigi, Stephen N., Hubert HG Savenije, and Francis N. Gichuki. «Hydrological impacts of flood storage and management on irrigation water abstraction in upper Ewaso Ng’iro river basin, Kenya.» *Water resources management* 22.12 (2008): 1859-1879.
- [51] Wiesmann, Urs. «Sustainable Regional Development in Rural Africa, Part IV: Development approaches for sustainable use of water resources in Laikipia, Kenya.» Revised edition [1981]. Bern, Switzerland: Centre for Development and Environment and NCCR North-South, 2008.
- [52] Lesrima, Simeon Saimanga. «Access To Water Resources And Conflicts In The Upper Ewaso Nyiro North River Sub-Basin: A Case Of Laikipia County, Kenya». Nairobi: University of Nairobi, PhD Disseration, 2019.
- [53] Ulrich, Anne, Chinwe Ifejika Speranza, Paul Roden, Boniface Kiteme, Urs Wiesmann, and Marcus Nüsser. «Small-scale farming in semi-arid areas: Livelihood dynamics between 1997 and 2010 in Laikipia, Kenya.» *Journal of Rural Studies* 28.3 (2012): 241-251.
- [54] Tyce, Matthew. «A ‘private-sector success story’? Uncovering the role of politics and the state in Kenya’s horticultural export sector.» *The Journal of Development Studies* 56.10 (2020): 1877-1893.
- [55] Hakizimana, Cyriaque, Paul Goldsmith, Abdi Aralle Nunow, Adano Wario Roba, and Jane Kathure Biashara. «Land and agricultural commercialisation in Meru County, Kenya: Evidence from three models.» *The Journal of Peasant Studies* 44, no. 3 (2017): 555-573.
- [56] Ngigi, Stephen N., Hubert HG Savenije, Johan Rockström, and Charles K. Gachene. «Hydro-economic evaluation of rainwater harvesting and management technologies: Farmers’ investment options and risks in semi-arid Laikipia district of Kenya.» *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 30, no. 11-16 (2005): 772-782.
- [57] Waweru, F. W. «Rainwater Harvesting Practices, Cropping Systems And Productivity In Smallholder Farms In Laikipia Central District». Nairobi: University of Nairobi, PhD Disseration, 2013.
- [58] Republic of Kenya. «The Kenya Gazette Supplement No. 107 (Acts No. 9): The Water Act 2002», Nairobi: Government Printer, 2002.
- [59] Parker, James. «A Wasted Eden: Colonial Water Management and Ecological Change in Kitui, Kenya 1948–63.» *Les Cahiers d’Afrique de l’Est/The East African Review* 55, 2020.
- [60] Winnifred, Mwikali, Makana Nicholas, and Priscah Tanui. «From Cattle Herders to Cash Earners: The Emergence of a Migrant Wage Labour Class and Its Impact on Livestock Economy among the Akamba of Machakos, Kenya, 1895-1963.» *International Journal of History and Philosophical Research* 9.2 (2021): 1-25.
- [61] Tiffen, Mary, Michael Mortimore, and Francis Gichuki. *More people, less erosion*. Kenyan Edition, ACTS Press, 1994.
- [62] Rocheleau, Dianne, Patricia Benjamin, and Alex Diang’a. «The Ukambani region of Kenya.» United Nations University, 1995.

- [63] [dataset] World Soil Information, Soil and Terrain Database for Kenya (KENSOTER), version 2.0, 2022.
- [64] Kubbinga, Ben. «Road runoff harvesting in the drylands of sub-Saharan Africa: Its potential for assisting smallholder farmers in coping with water scarcity and climate change, based on case studies in Eastern province, Kenya.» Amsterdam: Vrije University, MSc Thesis, 2012.
- [65] Makau, Wambui, Ayub Gitau, Joseph Mugachia, Robinson Ocharo, Hannah Kamau, Judy Wambua, and Alloys Luvai. «Rain water harvesting for enhanced household water, food and nutritional security: case study of Kitui west, lower Yatta and Matinyani districts, Kenya.» *Journal of Environment and Earth Science* 4.14 (2014): 62-69.
- [66] Mburu, Benson Kamau, James Biu Kung'u, and John Njagi Muriuki. «Climate change adaptation strategies by small-scale farmers in Yatta District, Kenya.» *African Journal of Environmental Science and Technology* 9.9 (2015): 712-722.
- [67] Kimeu, Silvestar, and Samwel Auya. «Socio-Economic Barriers to Agricultural Research Results Uptake among Africa's Rural Communities: A Case Study of Yatta Division, Machakos County, Kenya.» *International Journal of Science and Research* 4.1 (2015): 13-18.
- [68] Kavoi, Justus M., Geoffery M. Kamau, and John G. Mwangi. «Gender and group dynamics in subsistence agriculture: The case of Kenya.» *International Journal of Agricultural Extension* 4.1 (2016): 11-18.
- [69] Markard, Jochen, Marko Hekkert, and Staffan Jacobsson. «The technological innovation systems framework: Response to six criticisms.» *Environmental Innovation and Societal Transitions* 16 (2015): 76-86.
- [70] Kebebe, Ergano. «Bridging technology adoption gaps in livestock sector in Ethiopia: A innovation system perspective.» *Technology in Society* 57 (2019): 30-37.
- [71] Geels, Frank W., and Johan Schot. «Typology of sociotechnical transition pathways.» *Research policy* 36.3 (2007): 399-417.
- [72] Gruenhagen, Jan Henrik, Stephen Cox, and Rachel Parker. «An actor-oriented perspective on innovation systems: Functional analysis of drivers and barriers to innovation and technology adoption in the mining sector.» *Technology in Society* 68 (2022): 101920.
- [73] Kieft, Alco, Robert Harmsen, and Marko P. Hekkert. «Interactions between systemic problems in innovation systems: The case of energy-efficient houses in the Netherlands.» *Environmental innovation and societal transitions* 24 (2017): 32-44.

Use of Phytase in Aquaculture and Possibilities of Incorporation into Trout (*Oncorhynchus Mykiss*) Feed

Niang Mamadou Sileye¹ and Jean Fall²

¹Cheikh Anta Diop University of Dakar, Faculty of Sciences and Techniques, ED-SEV, ED-SHA, Senegal

²University Institute of Fisheries and Aquaculture, UCADII Educational Building, First floor, P.O Box: 5005, Senegal

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The study focuses on the use of phytase in aquaculture, its zootechnical benefits and the possibilities of incorporating it into feed. The aim is to reduce phosphorus waste in fish feed, with no loss of zootechnical performance and lower feed costs. We studied the data in the bibliography, in order to better valorize raw materials (total phosphorus, phytic phosphorus and available phosphorus); to determine phosphorus requirements for aquaculture species; to determine signs of phosphorus deficiency in fish; to study antagonism between phosphorus and calcium and also to study the different forms of discharge by rainbow trout. The results found in the bibliography enable us to test several hypotheses for the formulation of feeds for rainbow trout with different raw materials. This simulation and waste calculation enabled us to validate two feeds: a control feed A1 (0.5% monocalcium phosphate) and a test feed A2 (supplementation with 0.002% phytase and phosphate). The feeds were produced and sent to an experimental facility (Lycée agricole de Bréhoulou). The results of the formulation showed a 28% reduction in phosphorus loss for the test feed compared with control feed. Supplementation resulted in a gain of 2.3 euros per tonne. The results show no significant difference in zootechnical parameters (growth rate, mortality, weight gain and obvious conversion) between the control and trial feeds. Waste measurements also show no significant difference between the control feed and the test feed, but the difference would enable waste to be reduced by 35.6% through the use of phytase.

KEYWORDS: Phosphorus, phytic acid, phytase, requirement, digestibility, formulation, feed, rejection.

1 INTRODUCTION

Aquaculture is the world fastest-growing source of animal protein, currently supplying more than half of the fish products consumed worldwide (FAO, 2022). The growth and intensification of aquaculture has raised a number of discharge and chemical pollution issues related to phosphorus and nitrogen that need to be addressed to ensure the sustainability of the aquaculture industry (Asha *et al.*, 2021).

Inland aquaculture has been criticized for the discharges generated by fish farming. Phosphorus (P) is one of the elements targeted. Phosphorus is essential for the growth and development of aquaculture species (Sugiura, 2018; Verlhac *et al.*, 2007; Kaushik, 2005; Hardy and Gatlin, 2002).

The main source of P for farmed fish in aquaculture feeds is fishmeal. Moreover, aquaculture today uses more than 80% of P. Fishmeal is a source of proteins of high biological value (amino acids); fish oil is rich in essential fatty acids (EPA, DHA) (Toshihiro, 2022).

Today, fishmeal and fish oil prices are rising sharply on the markets, due to constant supply and growing demand. To remain competitive, the aquaculture industry has been striving to replace these marine raw materials. This explains the current trend to incorporate vegetable raw materials instead of fishmeal in fish feeds.

The use of fishmeal in fish feed is due to its high content of bioavailable P, inorganic phosphate. Plant raw materials contain phytic P, which is poorly assimilated by fish. The use of phytase makes this phytic P more assimilable, thus limiting the addition of inorganic phosphate to farmed fish feed. This technique would limit P discharges in fish farms and reduce the cost of fish feed.

The objectives of this study on the use of phytase in aquaculture are:

- To enrich scientific knowledge of P requirements and the use of the enzyme in rainbow trout;
- To propose a formulation using phytase to improve the environmental impact of feeds used in fish farming;
- To test the effectiveness of phytase coating (homogeneity of phytase concentrations, measurement of phytase stability during feed storage).

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 MATERIAL

In this trial 1080 animals were used. Hundred and eighty (180) individuals were stocked per tank, in order to achieve a maximum density of 18kg/m³ by the end of the experiment.

The system used was open-circuit with a renewal rate of 100%/d. Water temperature was between 13 and 14°C. The average initial test weight was 55g and the average final weight was 200g. Test duration was 10 weeks. Estimated weight variation factor: 2. Air diffusers were added permanently.

2.2 TEST METHODS

2.2.1 PARAMETERS STUDIED FOR COMPOUND FEED FORMULATION REQUIREMENTS

The following parameters evaluated: fish P requirements, P deficiency, P/Ca antagonism, P release and phytase. These are the main elements involved in fish feed formulation in fish farming.

2.2.2 FEED FORMULATION

2.2.2.1 VALORIZATION OF RAW MATERIALS

A feed formulation matrix was drawn up. For each type of raw material, the total P, phytic P and available P content were determined. These elements were then analyzed to verify their exact composition.

2.2.2.2 SIMULATION FORMULATION

Five (05) feeds were formulated (A1, A2, A3, A4 and A5): diet 1 with phytase (A1), diet 2 with monocalcium phosphate (A2), diet 3 with dicalcium phosphate (A3), diet 4 with fish bone meal (A4) and diet 5 without inorganic phosphate or phytase (A5). This approach allows to select the most interesting raw materials (base on available P content and total P) and to check which of the different formulated feeds gives the minimum rejection at the lowest cost. The available P content/raw material price ratio determine the most profitable raw materials.

Two of the five formulas evaluated in the simulations were chosen for feed manufacture:

- A 4 mm diameter control, in which 0.5% monocalcium phosphate is incorporated into the formulation
- A 4 mm diameter test, in which monocalcium phosphate is replaced by 0.02% phytase.

Phytase is heat-sensitive. It is destroyed at 70°C. We must therefore ensure that it remains effective after prolonged storage on the farm (silo temperatures can reach 65°C in midsummer). It is produced in water-soluble form, i.e. not very soluble in oil. This means that when mixed with oil, a stable emulsion is required. The "oils + phytase" mixture must therefore be carefully monitored (duration and quality of mixing).

As phytase is thermostable, it must be incorporated after the extrusion and drying stages. The simplest solution is to incorporate it into the mixture of different oils after the feed has been dried.

2.2.3 DIET ANALYSES AND EXPERIMENTAL PROTOCOL

Table 1 shows the results of the analyses carried out on each feed. Moisture, protein, fat, ash, calcium, total P and phytic content were analyzed in each sample. For the test batch, 7 samples were taken after the oil and pellet coating stage (under vacuum). Phytic activity is measured on these samples to assess the homogeneity of the coating. Analytical methods and references for each analysis are presented in Table 1

Table 1. Feed analysis methods and references

Measured or desired characteristic	Analysis methods	References Analysis
Moisture	Desiccation, Gravimetry	NF V 18-109
Crude Protein	Kjeldahl: Mineralization, Distillation, Titrimetry	NF V 18-120
Crude Fat	Distillation, gravimetry	NF V18-117
Crude ash	Incineration, gravimetry	NF V 18-101
Calcium	Spectrometry	NF V 18-108
Phosphorus	Spectrometry	NF V 18-106

In our formulation matrix, total P, phytic P and P digestibility coefficient (PUD) have been valorized from the bibliography (Maga, 1982; Tyagi et al., 1998), (Singh et al., 2011).

2.2.4 EXPERIMENTAL SET-UP

The aim of the trial was to compare two batches in 3 replicates with different feeds:

The trial took place at the Centre Technologique Aquacole de Bréhoulou, in the salmon farming hall. Facing north-west, the salmon farming hall is open-air, but enclosed on three of its four sides, and half of it is also covered. The 6 x 2 m³ tanks involved in this experiment are located under the canopy.

To avoid any environmental factors affecting the results, the elementary batches were staggered and each tank was fitted with a lid.

It was decided not to duplicate the batch in the middle of the experiment; the trial therefore involved 1080 animals, i.e. 180 individuals per tank, in order to achieve a maximum density of 18kg/m³ at the end of the experiment.

- Batch design

The batches were made up of individuals of average weight 55g from the same rearing band. The batches were homogeneous, i.e. the same number of individuals in each tank, a rate of variation between average weights of less than 5% and a coefficient of variation of less than 15% in each tank.

- Feeding

The fish were fed every day of the week, except Sunday, i.e. 6 days out of 7, early in the morning. Feeds were spread over ten hours, using automatic belt feeders. The feed ration is adjusted weekly according to average weight. As the overall site temperature is constant, the rationing rate, identical for each tank, is 1.67, and feed grain size is unchanged. Rationing is adjusted weekly according to biomass.

-Mortality

The number of dead fish was recorded daily. Where possible, reasons for death are given. During the trial, the mortality rate was calculated weekly.

- Water quality

Oxygen (O₂) levels are measured every hour.

Temperature is taken at a fixed time every day, with a single value for all pools.

Water P content is monitored by spectrophotometry (once a fortnight). Water samples are taken using an automated system, spectrophotometric analysis is carried out and the necessary equipment (including consumables) is supplied by Lycée de Bréhoulou.

On the day of measurement, water flow is reduced to increase P concentration. Oxygen levels are maintained during this period.

-Health status

Any pathology occurring in one of the tanks was recorded and dealt with accordingly.

The quantity of feed distributed and any events or remarks likely to influence the analysis are recorded in the trial monitoring register.

-Fish analysis

To measure the total P content of the fish, fish samples (batches of 10 fish) were taken at the start and end of the experiment. These fish were analyzed in the laboratory (whole fish grinding), to determine total P content.

- Analysis of fish content at start and end of trial.

-Statistical analysis

Statistical analyses were performed at the 5% confidence level, and results are presented as mean ($\pm$) standard deviation. Using R software, we performed a one-way analysis of variance (ANOVA) and a comparison of means test (Student).

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 VALORIZATION OF RAW MATERIALS USED IN ANIMAL FEED PRODUCTION

The results of the valorization of raw materials used in feed production. In the formulation matrix, total P, phytic P and the P digestibility coefficient (PUD) were valorized from the bibliography (Singh et al., 2011; Tyagi et al., 1998; Maga, 1982).

The results of the analyses on the total P content of the formulated feed are shown in figure 1. The variations observed between the different values are relatively small (around 0.01%), with the exception of fishmeal and wheat gluten, for which a variation of 0.357 and 0.104 is observed for fishmeal and wheat gluten respectively. For fishmeal, as for wheat gluten, variations in phosphorus content can be measured as a function of variety, origin, season, processing conditions, and so on. In fish, feed is the main source of P, as the concentration in water is naturally very low (Akeem et al., 2019; Vandenberg, 2001; NRC, 1993). Fishmeal is very rich in P, which is supplied in the form of hydroxyapatite. The availability of P in fish feed is influenced by many factors, including chemical form, digestibility of the diet, interaction with other nutrients, feeding method and water chemistry (Kaushik, 2005; Hardy and Gatlin, 2002; Ravindran et al., 1994; Lall, 1991).

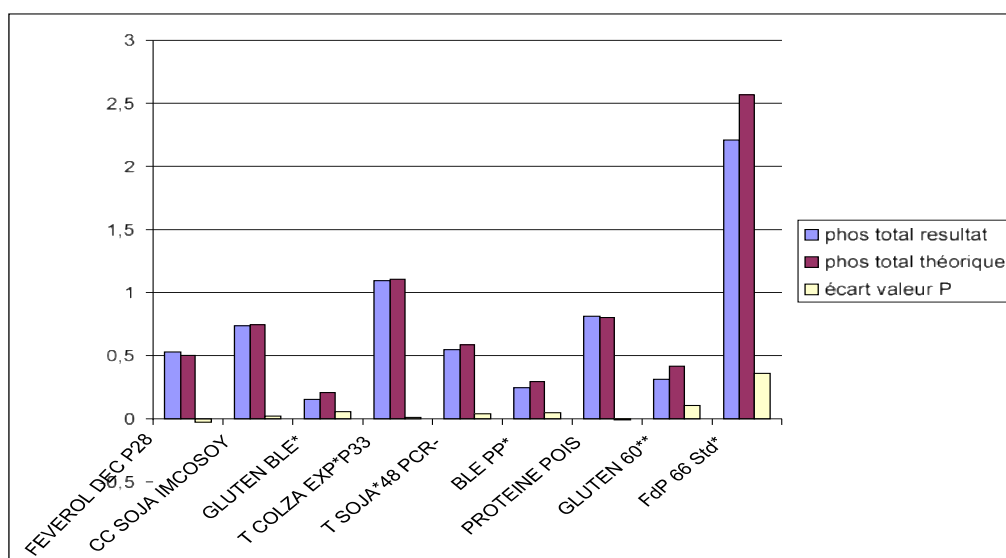


Fig. 1. Raw material analysis and comparison with theoretical values

3.2 SIMULATION OF FEED FORMULAS

All simulated feeds are formulated with a minimum of 0.5% available phosphorus, which is slightly higher than the literature recommendation (0.39-0.45) (Kaushik, 2005). Using Libra feed formulation software, we calculated the price and rejects of each feed. Price and rejection calculations are used to select the most appropriate formulas (one with phytase (A1), one with monocalcium phosphate (A2)).

The inorganic phosphate and phytase-free feed was first formulated using Libra. This simulation is used to check the need for phosphorus or phytase supplementation. To meet the minimum available P requirement of 0.5%, 19.6% fishmeal must be incorporated. This fishmeal will therefore provide over 77% of the formula's available P. The increase in (expensive) fishmeal translates into an increase in the price of the feed. This formula proves that supplementation is economically attractive and reduces the impact of farming on fishmeal resources.

The second feed tested was formulated with fishmeal (Phoscal). Phoscal, at an incorporation rate of 1.4%, enables fishmeal intakes to be substituted for available P (fishmeal now accounts for only 57.5% of total available P intakes).

P releases increase and the price decreases. Calcium levels also increase (0.98%), which, according to some authors such as Calvo-R (2020), Lellis (2002), could lead to phosphorus deficiency. Reducing the calcium level to a maximum of 0.98%, or approaching the Ca/P = 1 ratio, is equivalent to formulating a feed with fishmeal (like the first simulated feed). P deficiency leads to anorexia, reduced growth and skeletal weight, bone demineralization and skeletal deformities (Sugiura et al., 2004; Roy and Lall, 2003; Mazziotti, 2022; Lall, 2002; Vandenberg, 2001; Kaushik 1999; Ketaren et al., 1993).

After Phoscal, dicalcium phosphate feed was formulated (Table 2), followed by monocalcium phosphate feed (Table 2). The dicalcium phosphate feed is more expensive and generates higher rejects than the monocalcium phosphate feed.

Monocalcium phosphate is more digestible than dicalcium phosphate (table 2). Monocalcium phosphate rejects less P (4.1 kg P/ton feed) than dicalcium phosphate (4.8 kg P/ton feed). (Kaushik, 2005; Ouellet 1999; Lall 1991; Ogino and Takeda, 1978).

Finally, phytase feed is formulated. This feed is less costly (1,239 euros) and P emission calculations give the lowest values (2.8 kg P/tonne feed).

The phytase feed (Table 2) and the monocalcium phosphate feed were chosen, as they are both more profitable from an economic point of view, and more interesting from an environmental point of view.

Table 2. Feed formulation result

Formulation	Inorganic phosphate-free, phytase-free	with Phoscal	with dicalcium phosphate	with monocalcium phosphate	with phytase
Feed1	0	POSCAL 1.4	P BICA 0.74	PH. MOCA 0.45	RONO P L POISS 0.02
Feed2	PHOS.TOTAL % 0.818	CALCIUM % 0.983	CALCIUM 0,914	CALCIUM % 0.914	CALCIUM % 0.725
Feed3	CALCIUM % 0.904	PHOSTOTAL % 0.843	PHOS.TOT % 0,84	PHOS.TOTAL % 0.84	PHOS, TOTAL % 0.709

Among the 5 feed formulas, we have chosen the two most interesting (price).

Table 3. Comparative details of the two formulas

INGREDIENTS	Control	Test
MONOCALCIC P	0.5	0
PHYTASE	0	0.02
CALCIUM%	0.81	0.73
P TOTAL% /Brute	0.82	0.71
P. PHYTICS /Brute	0.21	0.21
P. AVAILPHOS FISH /BRUTE	0.52	0.51
DUC P	63.4	71.8
MOISTURE	7.9	7.8
DIGESTIBLE ENERGY	19.2	19.2
AVAILPHOS %/ SEC	0.565	0.554
AVAILPHOS G /MJ	0.27	0.265

Estimated rejects and feed costs

The use of phytase in the test feed reduces the selling price by 1.6 euros/t for diameter 3mm, 3.57 euros for diameter 4mm and 3.4 euros for diameter 5mm (Table 5). Rejections are expressed in kg of P / 1 ton of weight gain (Table 4). From an environmental point of view, if we compare test and control feeds, the use of phytase in feeds would enable an annual reduction in P emissions of 30% (Table 5).

These results (Table 4) seem to corroborate those found in the literature (Verlhac et al., 2007, Hardy and Gatlin, 2002), which show that phytase supplementation in the diet of rainbow trout compared with fish fed a phytase-free diet (with inorganic phosphate), shows no significant difference on zootechnical performance (weight gain, growth and mortality rate). But other studies show that P deficiency in fish may not affect zootechnical performance such as growth, weight gain and mortality rate.

For P rejects, the statistical results show (Table 4). that there is no significant difference ($p = 0, 101$) between control and trial. However, there is a 35.6% difference in releases between the control and the trial diet. If we examine the P release results graphically, we can see that for the control, we have two tanks with relatively high concentrations (above 0.07) and one with low concentrations. Conversely, for the test, two tanks have low concentrations (0.041 on average) and one tank has a slightly high concentration (0.057 on average).

The statistical difference in rejection between the control and the trial is not significant, but if this trend continues, as shown in the literature, this reduction in rejection is very important for farmers.

Phytase supplementation of aquaculture feeds significantly reduces P excretion by fish. Lanari et al (1998) showed that fish fed a 33% soy diet supplemented with 1000 units of phytase per kg of feed significantly reduced P excretion compared with an unsupplemented diet. The work of Verlhac et al. (2007), Robinson (1997) and Biswas et al. (2007), confirms this hypothesis.

Setting up a production line for incorporating phytase into aqua feeds requires heavy investment (automation, stable emulsifier, phytase activity control plan, etc.). The investment in equipment needs to be amortized over four years to be profitable. This requires an economic study to calculate the return on investment. These results still need to be confirmed in practice (experimental structure and field rearing).

Fish use the P available in their diet to satisfy their energy metabolism. Residual P is then eliminated in the urine via the kidneys and gills (Ouellet, 1999; Hardy et al. 2002; Flimlin et al. 2003). According to Bureau and Cho (1999), Cho and Bureau (2001) and de Lellis (2004), it is the excess digestible P that is eliminated in the urine and through the fish's gills.

However, regulations on P discharges in livestock effluent are currently being applied in certain countries (USA, EU). It is therefore important to anticipate the problem of phosphorus discharges. Verlhac et al. (2007) confirm this idea. According to these authors, it is in the context of sustainable development of aquaculture, the increasing use of plant-based ingredients in aquaculture, environmental concerns, and the presence of phytate as an anti-nutritional factor in plant raw materials that justifies the use of phytase in aquaculture.

Table 4. Experimental test results

Parameters	A1	A2	P (Critical probability)
Daily growth rate (%)	15.3±0.47 ^a	14.6±0.5 ^a	0.23
Apparent conversion rate (%)	1.5±0.08 ^a	1.4±0.2 ^a	0.85
Mortality rate (%)	8.3±2.4 ^a	5.7±1.1 ^a	0.53
Weight gain	25.35±2.34 ^a	22.94±1.4 ^a	0.26
Quantity of feed distributed (g)	2202.133±32.16 ^a	2094.8±84.19 ^a	0.10
Phosphorus (rejects mg/l)	0.073±0.019 ^a	0.047±0.008 ^a	0.10

Table 5. Calculation of rejects and costs for formulated feeds

	Diameter 3mm	Diameter 4mm	Diameter 5mm
Control test	witness test	witness test	Témoïn Essai
Sales price (euros/tonne)	1241.1 1239.5	1267.07 1263.5	1287.7 1284.3
Difference (euros/tonne)	1.6	3.57	3.4
monocalcique PH %	0.5	0.55	0.55 -
Phytase %	0 0.02	0 0.02	0 0.02
Power supply features			
Calcium %	0.81 0.73	0.667 0.619	0.65 0.609
total P %	0.82 0.71	0.71 0.625	0.693 0.615
Available P %	0.52 0.51	0.449 0.45	0.449 0.455
phytic P %	0.21 0.21	0.179 0.202	0.168 0.2
Phosphorus emissions			
PI (dissolved P) kg/tonne	0.82 0.65	1.31 1.68	1.38 1.47
Total P discharge kg/tonne	4.11 2.95	2.6 1.75	2.43 1.65
Rejection difference P (compared with control) %	28.2	32.6	32
Difference in dissolved P rejection (compared with control) %	20.7	28.2	65.2

4 CONCLUSION

The results of the simulation study show that phytase represents a real opportunity for the aquaculture industry, from an environmental point of view, by reducing phosphorus discharges into the natural environment and lowering production costs (feed costs). At the industrial level, the aim is to estimate the cost of logistical investments, as well as the cost of analytical control, which is a prerequisite for any future development. The aim of the analytical control plan (total P and phytate on raw

materials) is to optimize the value of the raw materials used in the composition of fish feed, but above all to ensure that phytic phosphorus is sufficient in formulas including phytase. Finally, we have found that without phytic phosphorus, phytase loses its interest and phosphorus deficiency problems may arise.

REFERENCES

- [1] Akeem B. D. Abdullateef A. Adenike S. Tola-F. Ayoola O. A (2019), Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems. *Aquaculture and Fisheries* Volume 4, Issue 3, May 2019, Pages 81-88.
- [2] Asha P. T. Jayalekshmi S. J. Minnu B. Jithin S (2021), Aquaculture waste water treatment technologies and their sustainability: A review. *Energy Nexus* 4 (2021) 100022.
- [3] Bureau D. P. et Cho C. Y (1999), Phosphorus utilization by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): estimation of dissolved phosphorus waste output. *Aquaculture* 179 (1-4): 127-140.
- [4] Calvo R M. Hou S.S. Snyder A.C (2020), Increased mitochondrial calcium levels associated with neuronal death in a mouse model of Alzheimer's disease. *Nat Commun* 11, 2146 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16074-2>.
- [5] Cho C. Y. et Bureau et al. D. P (2001), A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. *Aquaculture Research* 32: 349-360.
- [6] Denstadli V. Storebakken T. Svihus B. and Skrede A (2007), A comparison of online phytase pre-treatment of vegetable feed ingredients and phytase coating in diets for Atlantic salmon *Salmo salar* L. reared in cold water. *Aquaculture*. in press.
- [7] Flimlin G. Sugiura S. et Ferraris. R. P (2003), examining phosphorus in effluents from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) *Aquaculture*. 6 p.
- [8] Hardy R.W (2002), Rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* -14. In Webster. C.D et Lim. C. *Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture*. CAB international: 184-202.
- [9] Hardy R. W. Gatlin III. D. M (2002), Nutritional strategies to reduce nutrient losses in intensive aquaculture. In: Cruz-Suarez. L. E., Ricque-Marie. D., Tapia-Salaza. M., Gaxiola Cortés. M. G. Simoes. N. (Eds).
- [10] Kaushik S.-J (2005), P requirements and a Port in fish. *INRA Prod. Anim.* 18. 203-208.
- [11] KAUSHIK, S. (2005). Phosphorus requirements and intake in fish. *INRAE Productions Animales*, 18 (3), 203-208. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2005.18.3.3525>.
- [12] Kaushik S. Guillaume. J. Bergot. P. Métailler. R (1999). *Nutrition and feeding of fish and shellfish*. INRA Editions, 489p.
- [13] Ketaren P.P. Batterham E.S. Dettmann E.B. and Farrell D. J (1993), Phosphorus studies in pigs. 3. Effect of phytase supplementation on the digestibility and availability of phosphorus in soya-bean meal for grower pigs. *Br. J. Nutr.* 70: 289-311.
- [14] Lall S. P (2002), The Minerals. Pages 259-308 in J.E. Halver and R.W. Hardy. editors. *Fish Nutrition*. 3rd Edition. Academic Press. New York.
- [15] Lall S.P (1991), Digestibility, metabolism and excretion of dietary phosphorus in fish. In: Cowey. C.B. Cho et al, C.Y. (Eds.), *Nutritional Strategies and Aquaculture Wastes*. Proceedings of the First International Symposium on Nutritional Strategies in Aquaculture Waste Management. University of Guelph. Guelph. Ontario. Canada. P. 21- 26.
- [16] Lellis W.A. Barrows F.T. Hardy. R.W (2004), Effects of phase-feeding dietary phosphorus on survival. growth and processing characteristics of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 242. Issues 1-4: 607-616.
- [17] Li M. H. et E H. Robinson (1997), Microbial phytase can replace inorganic phosphorus supplements in channel catfish *Ictalurus punctatus* diets. *J. World Aquaculture. Soc.* 4: 402-406.
- [18] Maga J.A (1982), Phytate: Its chemistry. Occurrence. Food interactions. nutritional significance. and methods of analysis. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 16: 1-48.
- [19] National Research Council (1994), *Nutrient requirements of poultry*. Neuvième édition révisée. National Academy Press Washington. DC.
- [20] Mazziotti G. Lania A.G. & Canalis E (2022), Skeletal disorders associated with the growth hormone–insulin-like growth factor 1 axis. *Nat Rev Endocrinol* 18, 353–365 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41574-022-00649-8>.
- [21] Ogino C. et Takeda H (1978), Requirements of rainbow trout for dietary calcium and phosphorus. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 44: 1019-1022. Piper. R. G. ed. (1982) *Fish Hatchery Management*. U.S. Dept. of the Interior. Fish and Wildlife Service. Washington. DC
- [22] Ouellet G (1999), *Fish farm discharges and their environmental impact*. Québec. MAP AQ. 42p.
- [23] Ravindran V. Ravindran G. et Sivalogan. S (1994), Total and phytate phosphorus contents of various foods and feedstuffs of plant origin. *Food Chemistry* 50 (2): 133-136.
- [24] Roy P.K. Lall S.P (2003), Dietary phosphorus requirement of juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.) *Aquaculture*. 221. 451- 468.
- [25] Singh B. Kunze G et Satyanarayana T (2011), Developments in biochemical aspects and biotechnological applications of microbial phytases. *Biotechnology and Molecular Biology Reviews* Vol. 6 (3), P. 69-87.

- [26] Sugiura S.H (2018), Phosphorus, Aquaculture, and the Environment, Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 26: 4, 515-521, DOI: 10.1080/23308249.2018.1471040.
- [27] Sugiura S.H. Hardy R.W. Roberts R.J (2004), The pathology of phosphorus deficiency in fish - a review. J. Fish Diseases. 27. 255-265.
- [28] Toshihiro W (2022), Fishing Technolog Division National Research Institute of Fisheries Engineering Fisheries Research Agency, Ebikai, HasakiK, ashfrnal, baraki314-0421 Japan (toshihiro@af fc.go).
- [29] Tyagi P.K. Tyagi P.K. Verma SVS (1998), Phytate phosphorus content of some common poultry feed stuffs. Indian J. Poult. Sci. 33: 86-88.
- [30] Vandenberg W. G (2001), Encapsulation of microbial phytase: the influence on nutrient availability in rainbow trout. PhD thesis. Université Laval. 255 p.
- [31] Verlhac V. Vielma J et Gabaudan J (2007), the use of phytase in aquatic feeds. DSM Nutritional Products Ltd. Animal nutrition and health Rand D France - 2. FGFRI. Finlande - 3. DSM Nutritional Products. Thaïlande.
- [32] <http://www.aquafeed.com/docs/ah2007/VERLHAC.doc>.
- [33] <https://www.fao.org/3/cc0461en/cc0461en.pdf> (2022).
- [34] <http://www.fao.org/news/story/fr/item/94233/icode>.

Study of the mechanical behavior of starch-cotton fiber waste composite sheets

Eric GBEGBO, Valéry K. DOKO and Chakirou A. TOUKOUROU

Laboratory of Energetics and Applied Mechanics (LEMA), Doctoral School of Engineering Science, University of Abomey Calavi, 01 BP
2009 Cotonou, Benin

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In Africa, the cotton industry is one of the most important agricultural sectors. In Benin, a record 730,000 tonnes will be produced in 2020-2021, making the country the leading producer of the white gold in Africa. Although essential to the economy, fourteen types of residue from cotton processing remain unexploited. This waste is generally burnt by producers, which contributes to environmental pollution through the emission of greenhouse gases. To overcome this problem, we focused our work on recycling cotton fiber waste into a cotton fiber-starch composite material for use as false ceiling panels in the building industry, in place of the plywood generally used. To achieve this, we manufactured sheets from our composite material to determine mechanical properties such as modulus of elasticity and flexural modulus of rupture in accordance with NF EN 310. Three-point bending loading-unloading cycles were performed. The plates manufactured have dimensions of 300x300x100mm³. The plates are manufactured with «**starch/water**» and «**starch/cotton fiber**» mass ratios respectfully equal to 0.25 and 1. We obtained a modulus of elasticity equal to 2830 MPa and a modulus of rupture equal to 11.53 MPa.

KEYWORDS: Composite material, cotton fiber, starch, numerical simulation.

1 INTRODUCTION

Statistical studies show that buildings are the second biggest emitters of carbon dioxide after industry [1]. As a result, the construction sector accounts for almost 39% of the world's carbon emissions [2]. In the current context of worsening climate change, reducing the construction sector's impact on the environment has become essential.

It is therefore necessary to find solutions to this problem, particularly in sectors with a high environmental impact. Composite materials are increasingly used in a wide range of applications, including aeronautics, aerospace, civil engineering, sports and leisure. [3] Today, there is a real interest in the use of materials of natural origin such as wood, raw earth, hemp, cotton, etc., as they can make a significant contribution to reducing greenhouse gas emissions through their ability to trap CO₂. It is therefore necessary to develop new construction systems that are more economically viable through the use of local materials, while also reducing environmental pollution through the use of eco-materials.

The use of natural resources in composite materials is becoming increasingly common. Industrial trends are leaning towards clean, environmentally-friendly products, hence the interest in incorporating natural products that are easily recyclable and biodegradable. [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15]. In addition to natural fibres, composites are sometimes made with biobased binders [16], [17], [18]. Also Mrs. Benitha Sandrine [19] has developed and characterized a hemp-starch eco-material for use in the building industry. She found that a good composite requires more water to facilitate mixing.

As for Nesrine Bouhamed, her work on "Elaboration and characterization of a composite material based on olive wood flour" addressed the improvement of the stiffness of PP/FBO biocomposites by increasing the fiber content and adding a coupling agent [20].

These few examples clearly demonstrate the importance of composite materials, and particularly natural fiber composites, in the construction sector.

The aim of our work here is to investigate the possibility of using the composite material "waste cotton-starch fiber" in the building industry as false ceiling panels. The aim is to determine the longitudinal modulus of elasticity (MOE) and the flexural modulus of rupture (MOR) of the waste cotton-starch fiber composite.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 COTTON WASTE: COTTON FIBRES

The cotton waste (Figure1) used in our work comes from fields and factories in Benin.



Fig. 1. Cotton waste

Ces déchets sont traités avec une défibreuse manuelle pour obtenir les fibres (Figure 2). Ces fibres ont une densité absolue de 0.29 g/cm³ et une teneur en eau de 12.71%. La densité absolue est mesurée conformément à la norme NF EN 1097-6 Juin 2001.



Fig. 2. Defibration

2.2 BINDER: CASSAVA STARCH POWDER

The starch used is produced from manioc collected from fields (Figure 3). It has a water content of 17.03%, with absolute and bulk densities of 1.26 g/cm³ and 0.70g/cm³ respectively.



Fig. 3. Cassava starch production

2.3 COMPOSITE FORMULATION AND PREPARATION

Our previous work enabled us to select a formulation for our composite. In fact, to dose the binder, we used a starch/water mass ratio equal to 0.25. This led us to use 200g of starch powder for 800ml of water. The starch/cotton mass ratio used is 1, so the quantity of cotton fiber used for one formulation is 200g. Plates are produced in molds measuring 300x300x100 mm³. Each preparation is mixed manually. After preparing the binder for about 5 min, we leave it to cool for about 10 min before adding the defibered cotton fibers. Kneading is meticulous, ensuring that the starch penetrates all the fibers. This process takes between 5 and 10 minutes. The resulting mixture is then placed in the mold for compaction under a pressing force varying between 11 and 50 KN depending on thickness, in a hydraulic press. The material is demolded 5 min after the mold has been removed from the press. After demolding, the material is placed in an oven at 105°C for 24 hours. Once the composite has been removed from the oven, it is left to air dry in the laboratory for a week to allow any remaining water to escape. On the seventh day, the panel is put back into the mold and the whole assembly is placed back under the press to undergo compression under loads ranging from 500 to 2000KN. This is where we obtain the final shape of our panel, which has a relatively flat surface.

2.4 ANALYSIS METHODS

To determine the MOE and MOR moduli, we carried out three-point bending tests on specimens of dimensions (40*10*160 mm³) in accordance with standard NF EN 310. Three-point bending tests were carried out using the "Recherche et Réalisations Rémy Sas" 3R didactic test press at EPAC's Civil Engineering Department (Figure 1). This consists of a loading device and a computer for obtaining test data. We used a cylinder displacement speed of 0.4 mm/s.



Fig. 4. Press for three-point bending tests

We carried out tests on three different specimens.



Fig. 5. Test sequence

To calculate the MOE, we performed loading-unloading cycles with 20N steps, starting with 140N.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 PLATE BEHAVIOR UNDER LOAD VARIATION (THREE LOAD-UNLOAD CYCLES WITHOUT FAILURE)

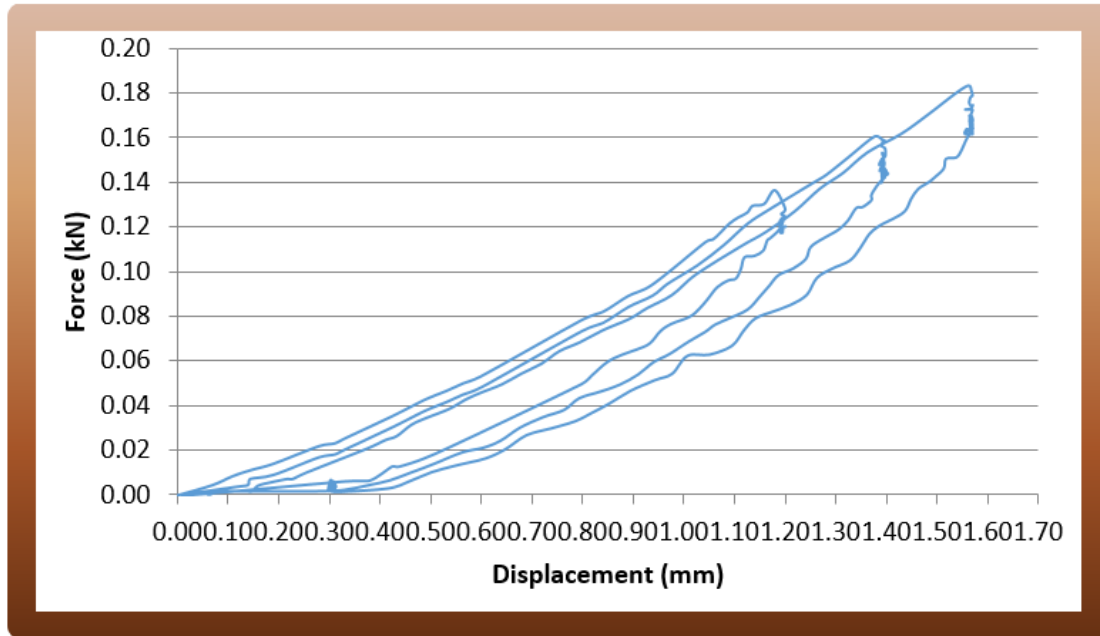


Fig. 6. Loading-unloading curves

Figure 6 shows the loading-unloading curves for specimen A. It can be seen that three curves are represented in a reference frame, with the forces applied in the y-axis direction and the displacements generated in the x-axis direction. All the curves have more or less the same shape, but do not have the same extremum.

The first curve describes the action of a 140N load, and when it reaches the value indicated 140N, the first curve returns to its initial state.

The second curve describes the action of another 160N load, and shows that when it reaches the value indicated 160N, the first curve returns to its initial state.

Finally, the third curve describes the action of a 180N load. Like the first two, it returns to its initial state once the 180N value has been reached.

For each cycle we observe:

- The first part is linear, where force is roughly proportional to displacement;
- A second part indicating the return to the initial state after unloading.

For each cycle, a residual deformation is observed, which decreases from one cycle to the next. It is 0.05 mm for the first cycle, 0.02 mm for the second and 0.01 mm for the third. For a total deformation of 0.08 mm. The mechanical behavior curve of the plate under the effect of load variation is in harmony with those of the work of CHABI Edem [21]. However, we note that there is a difference in residual deformation at each cycle (0.20 mm for the first cycle, 0.10 mm for the second cycle and 0.08 mm for the third cycle: case of Cg3T whose mechanical characteristics are somewhat similar to our material).

3.2 PLATE BEHAVIOR UNDER LOAD VARIATION TO FAILURE

The curves obtained for each specimen from the Excel files generated by the computer are shown in Figures 7, 8 and 9 as follows:

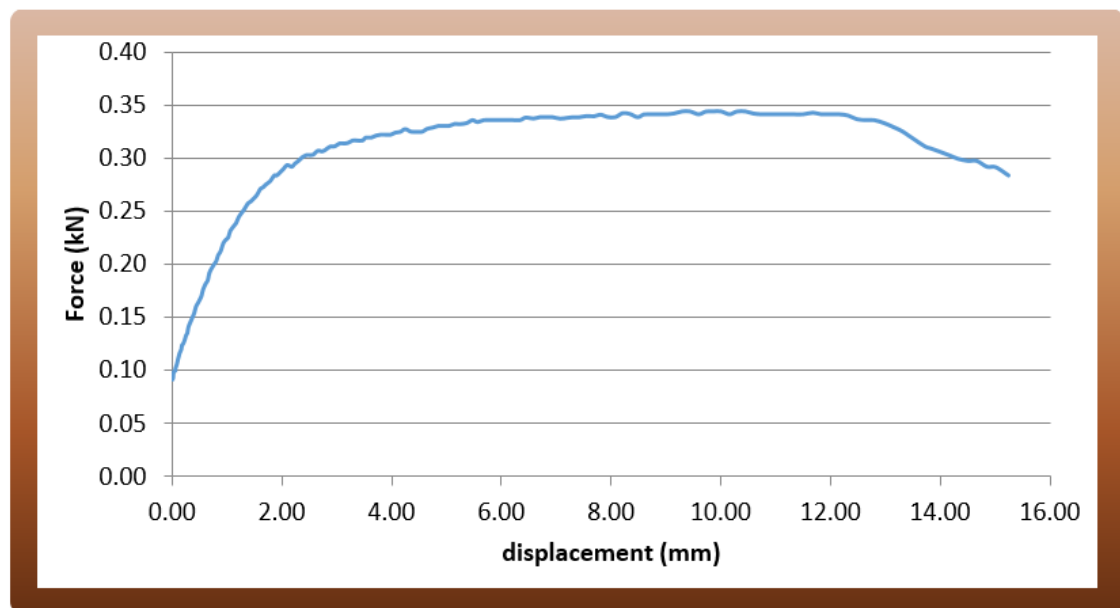


Fig. 7. Force-displacement variation curve from the A test specimen press

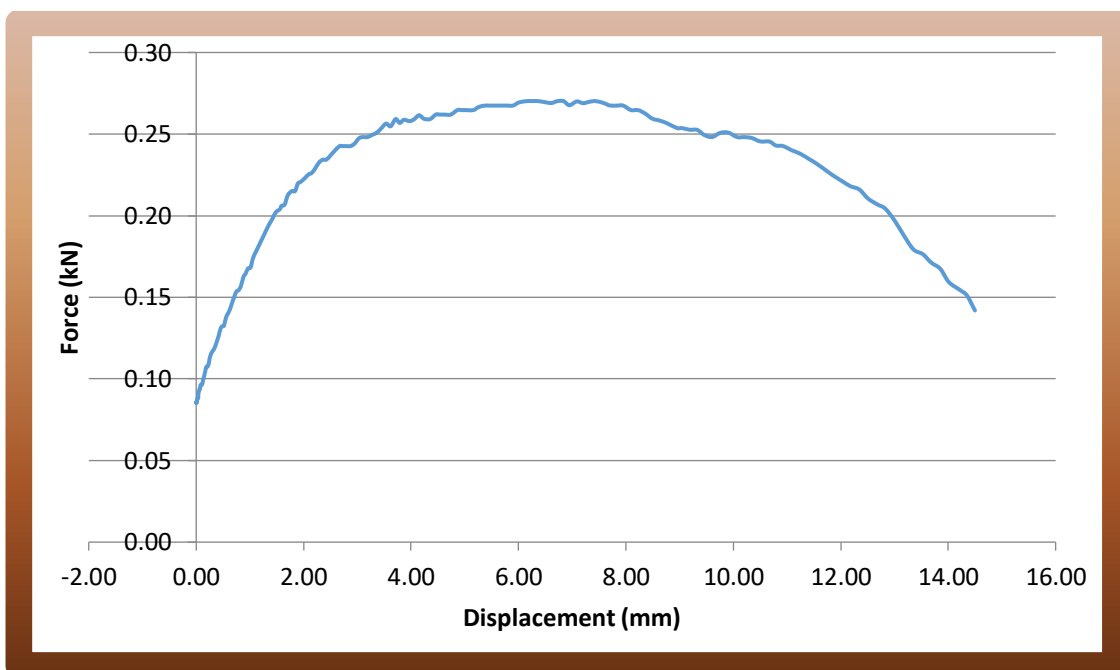


Fig. 8. Force-displacement variation curve from the press of specimen B

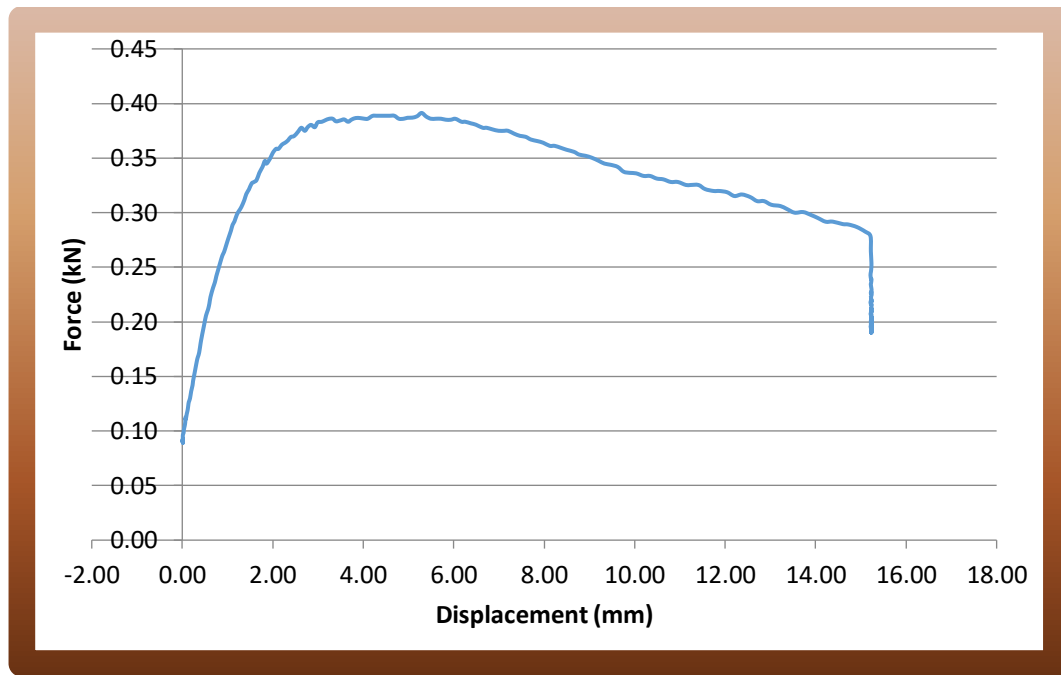


Fig. 9. Force-displacement variation curve from the press of specimen C

The three force-displacement curves obtained from the press for specimens A, B and C show more or less the same behavior, which can be divided into three areas:

In the first range, the three curves start at the point corresponding to an applied force of 100N, due to the sensitivity of the sensor in relation to the plate. These curves are linear for each specimen, up to a maximum value of 30N for specimen A, 25N for specimen B and 35N for specimen C.

In the second range, the slope of the curve drops sharply: displacements (arrows) become greater as a result of a small change in force.

And finally, in the third area, the force applied decreases as the displacement continues to increase. There is also a significant gap between the breaking points of the specimens.

We also note the presence of false points on the curves of the three test specimens, which need to be removed.

Once these curves have been obtained by the software, they need to be processed. The curves obtained after processing for three specimens are as follows:

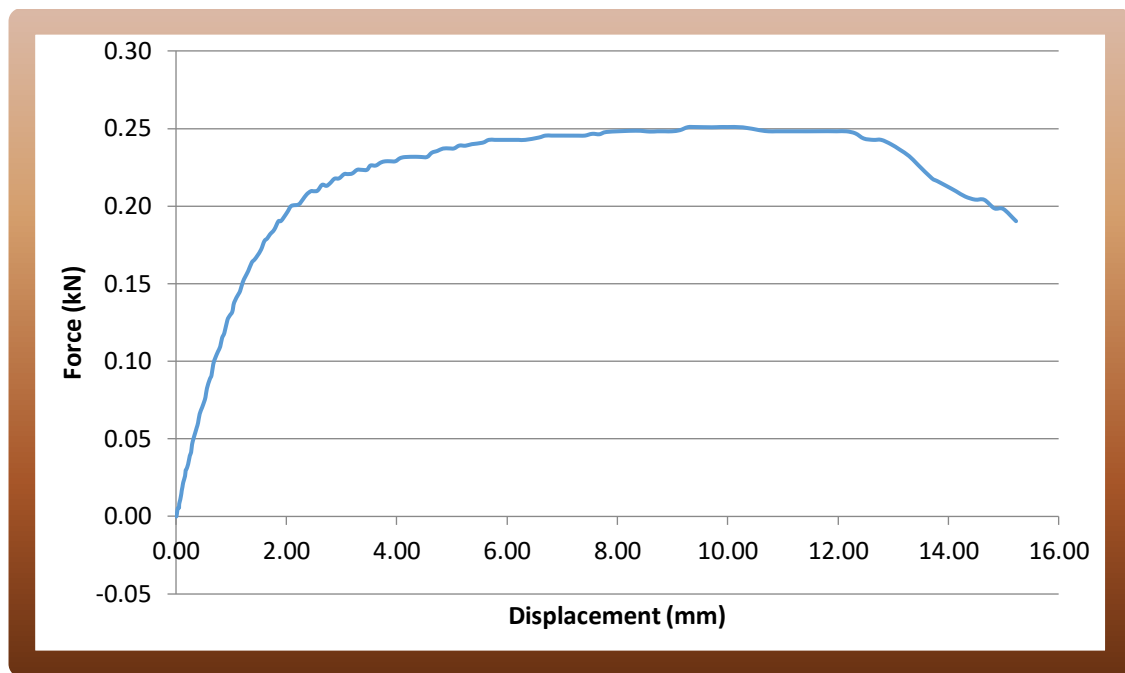


Fig. 10. Force-displacement variation curve after treatment of specimen A

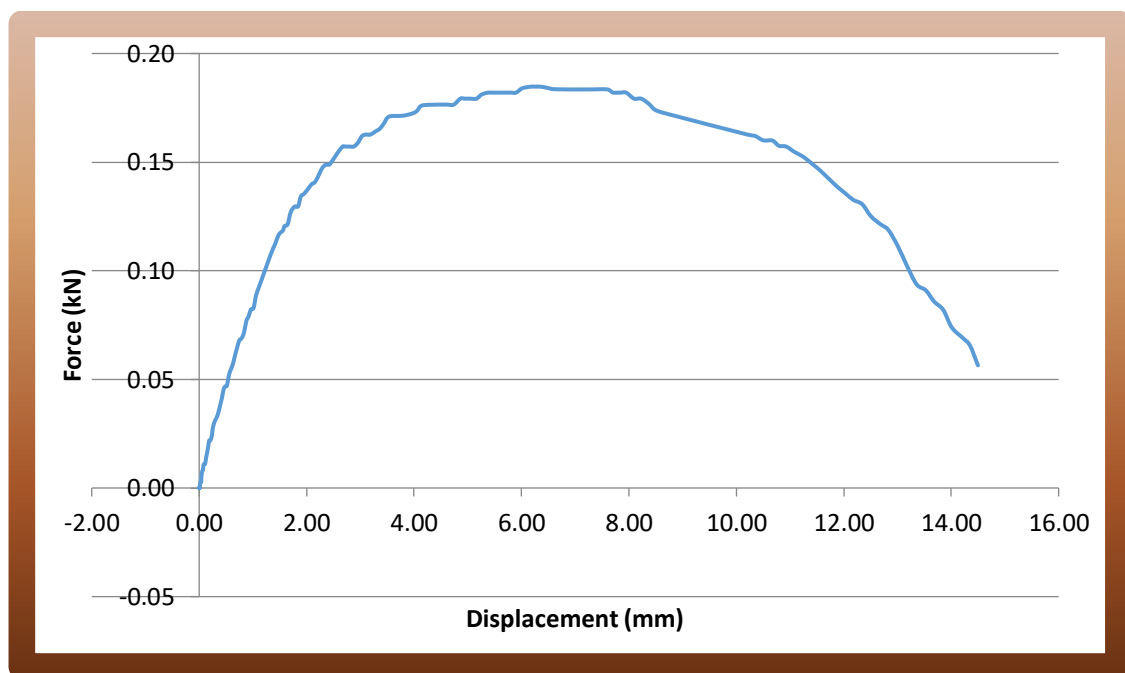


Fig. 11. Force-displacement variation curve after treatment of specimen B

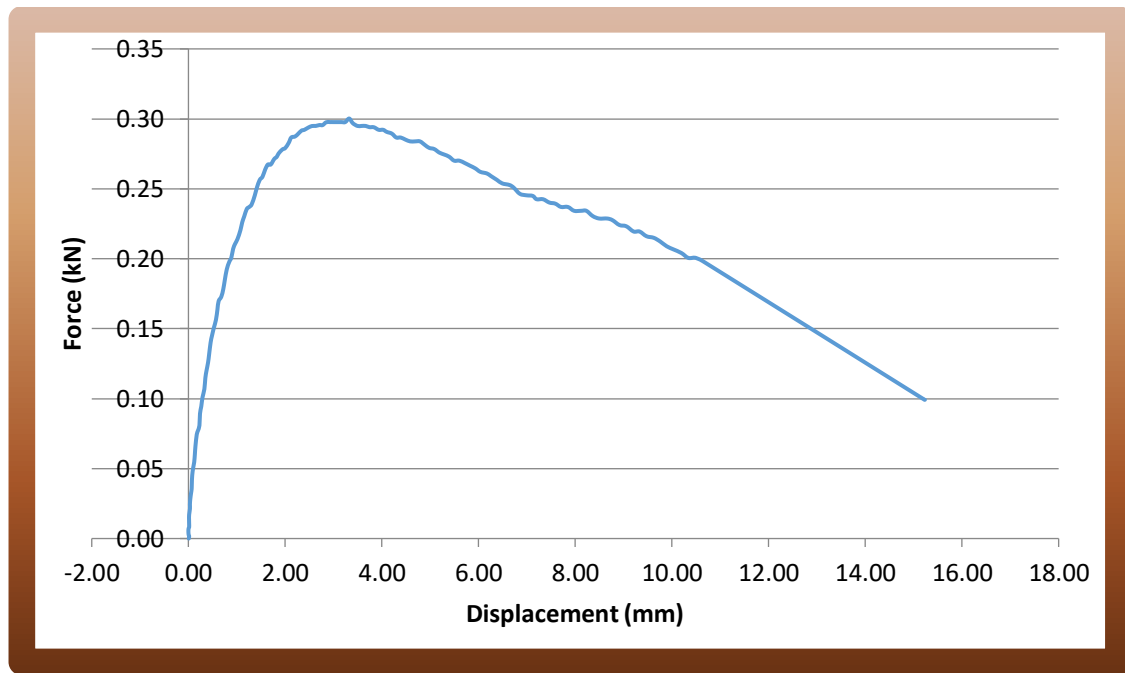


Fig. 12. Force-displacement variation curve after treatment of specimen C

The force-displacement curves of the test specimens (Figures 10, 11 and 12) illustrate the mechanical behavior of the plates under the effect of the application of a force until failure, and show different curves for each specimen. In fact, three domains can be distinguished for each specimen:

In the first range, the curve is linear for each specimen, indicating that we are in the elastic range. It can also be seen that the elastic range stops at a deflection of around 2mm in all three cases, although the force required to generate this deformation is different for each specimen (Specimen A: 20N; Specimen B: 15N; Specimen C: 25N).

In the second range, the slope of the curve drops sharply: the displacements (arrows) then become greater under the effect of a slight variation in force, indicating the material's transition from the elastic to the plastic range.

In the third area, the force applied decreases as the displacement continues to increase, indicating plate failure. We have therefore reached failure. There is also a significant gap between the breaking points of the specimens.

The irregularities observed in the curves of the specimens can be explained by the heterogeneous and anisotropic nature of the cotton fiber-starch composite material used in our specimens.

3.3 MODULUS OF ELASTICITY AND MODULUS OF RUPTURE

From analysis of the curves processed (Figures 5, 6 and 7), we can deduce the moduli of elasticity (MOE) and rupture (MOR), which are presented in Table 1.

Table 1. Determination of modulus of elasticity and modulus of rupture

	Test tube A	Test tube B	Test tube C
Length (mm)	160	160	160
Width (mm)	40	40	40
Thickness (mm)	10	10	10
MOE modulus of elasticity (MPa)	2791	2205	3495
Average modulus of elasticity MOE_{moy} (MPa)		2830 ± 646	
Modulus of rupture MOR (MPa)	11.7	10.2	12.7
Average modulus of rupture MOR_{moy} (MPa)		11.53 ± 1.26	

4 CONCLUSION

Mechanical tests carried out on the composite have shown that it exhibits behaviors similar to other materials in the same category. These tests enabled us to determine the following characteristics: MOE =2830 MPa and MOR =11.53 MPa. These results show that the composite can be used as a particleboard. However, previous studies carried out on this composite have revealed that these panels are not suitable for working in a humid environment. They can only be used in a dry environment. Nonetheless, current findings on the modeling of transfer phenomena in panels in a humid environment could lead to the development of appropriate treatment methods (by coating), with a view to their wider use.

REFERENCES

- [1] T. T. Nguyen, «Contribution à l'étude de la formulation et du procédé de fabrication d'éléments de construction en béton de chanvre», UNIVERSITE DE BRETAGNE-SUD, 2010.
- [2] H. B., «Food and Agriculture Organization of the United Nations», *Popul. Fr. Ed.* vol. 5, n° 4, Art. n° 4, 1950, doi: 10.2307/1523706.
- [3] Hajer DAOUD, «Contribution à l'étude du comportement mécanique et vibratoire des composites biosourcés incorporant des matériaux fonctionnels», 2018.
- [4] YAKOUT ADDOUR, Azzedine Benyahia, NOURI LAIB, Nadir Deghfel, «EFFECT OF ALKALINE TREATMENT TIME ON FLEXURAL PROPERTIES OF ALFA FIBER/UNSATURATED POLYESTER COMPOSITE», 2022.
- [5] Hajer DAOUD, «Contribution à l'étude du comportement mécanique et vibratoire des composites biosourcés incorporant des matériaux fonctionnels», 2018.
- [6] DJEBLOUN Youcef, «Contribution à la caractérisation des matériaux composites renforcés de fibres végétales», 2018.
- [7] Mlle BOUDJEMA Hayet Latifa, «Elaboration de matériaux composites biodégradables issus de ressources renouvelables», 2016.
- [8] Benitha Sandrine UMURIGIRWA-VASSEUR, «Elaboration et caractérisation d'un agromatériau chanvre- amidon pour le Bâtiment», 2014.
- [9] Nesrine BOUHAMED, «Elaboration and characterization of a composite material based on olive wood flour», 2020.
- [10] BELIBI Pierre Célestin, «ELABORATION ET CARACTERISATION DES BIOFILMS A BASE D'AMIDON DE MANIOC RENFORCES PAR DES CHARGES MINERALES BI ET TRI-DIMENSIONNELLES», 2013.
- [11] Amaury Lepetit, «Elaboration de matériaux composites à base de filaments de cellulose et de polyéthylène», 2017.
- [12] Nour MATTAR, «Biosourced composite materials for sustainable construction». Université Paris-Est, École Doctorale: Sciences, Ingénierie et Environnement, 2021.
- [13] O. Hamdaoui, L. Ibos, A. Mazioud, M. Safi, and O. Limam, «Thermophysical characterization of Posidonia Oceanica marine fibers intended to be used as an insulation material in Mediterranean buildings», *Constr. Build. Mater.*, vol. 180, pp. 68-76, 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.05.195
- [14] G. C. Semassou, «Mise en œuvre et caractérisation mécanique de matériaux d'emballage à base de feuilles végétales: Cas des feuilles de Musa sapientum», vol. 32, n° 3, Art. n° 3, 2021.
- [15] L. Zongo and A. Konin, «Optimization of the physical and mechanical properties of plant biomass-based materials for eco-construction», vol. 25, n° 1, Art. n° 1, 2018.
- [16] M. Joly, «L'amidon natif du grain de blé: un composé naturel à valoriser par la connaissance de ses propriétés technofonctionnelles?», 2006.
- [17] A. Bourdot *et al*, «Characterization of a hemp-based agro-material: Influence of starch ratio and hemp shive size on physical, mechanical, and hygrothermal properties», *Energy Build.*, vol. 153, pp. 501-512, 2017, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.08.022
- [18] P. Malumba, S. Janas, C. Deroanne, T. Masimango, and F. Béra, «Structure of maize starch and main phenomena involved in its thermal modification», *Biotechnol Agron Soc Env*, 2011.
- [19] Benitha Sandrine UMURIGIRWA-VASSEUR, «Elaboration et caractérisation d'un agromatériau chanvre- amidon pour le Bâtiment», 2014.
- [20] Nesrine BOUHAMED, «Elaboration and characterization of a composite material based on olive wood flour», 2020.
- [21] Chabi Edem, «Étude de la formulation et des propriétés mécaniques et thermiques du béton de balles de riz», 2017.

Stratégie des ressources humaines: Pourquoi et comment devenir une source de meilleure performance des entreprises

[Human resources strategy: Why and how to become a source of better business performance]

MBALA BUKASA Lambert and BANGIMINA KABEMBA Alphonse

Département des Sciences Politiques et Administratives, Faculté des Sciences Sociales, Politiques et Administratives,
Université de Likasi, B.P. 1946, Likasi, RD Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Aware of the difficulty of convincing skeptics about the strategic role of human resources, we tried, through our research, not only to provide evidence on the predictive capacity of the HR strategy of sustainable performance, but also to demonstrate that the renewal of HRM is very real and is not just a matter of speech. Regarding the positive effect of human resources in performance improvement, our research, wanting to complement previous research in GSRH that has attested to the existence of simultaneous associations between HR strategy and performance, has focused on verifying the durability of these.

Moreover, by demonstrating that the human resources strategy improves the performance of companies at several levels, economic, organizational and social, The results of our research give human resources managers the means to strongly demand the integration of HR action in sustainable development..

KEYWORDS: Human resources management, human resources strategies, performance, productivity.

RESUME: Conscients de la difficulté de convaincre les sceptiques par rapport au rôle stratégique des ressources humaines, nous avons essayé, à travers notre recherche, non seulement d'apporter une preuve sur la capacité prédictive de la stratégie des RH d'une performance durable, mais également de démontrer que le renouvellement de la GRH est bien réel et ne relève pas que du discours. Concernant l'effet positif des ressources humaines dans l'amélioration de la performance, notre recherche, voulant compléter les recherches antérieures en GSRH qui ont attesté de l'existence des associations simultanées entre la stratégie RH et la performance, s'est attachée surtout à vérifier la durabilité de celles-ci.

Par ailleurs, en démontrant que la stratégie des ressources humaines permet d'améliorer la performance des entreprises à plusieurs niveaux, économique, organisationnel et social, les résultats de notre recherche donnent aux directeurs des ressources humaines les moyens de réclamer avec force l'intégration de l'action RH dans le développement durable.

MOTS-CLEFS: Gestion des ressources humaines, stratégies ressources humaines, performance, productivité.

1 INTRODUCTION

L'efficacité du capital humain n'a jamais cessé de soulever des questionnements et provoquer des débats. Dans le monde académique, les premières contributions soutenaient un rôle limité de l'être humain dans la création des richesses.

Celui-ci était considéré au côté de trois autres facteurs de production (terre, capital, entreprise) comme un facteur qui n'a d'intérêt que dans sa capacité à exécuter les tâches qu'on lui demande; les compétences et les savoirs de celui-ci étaient ignorés et importaient peu par rapport à l'effort physique. Cependant, depuis le début du XVIII^e siècle, cette vision avait commencé à prendre une autre trajectoire, grâce aux travaux de certains théoriciens célèbres comme l'économiste écossais Adam SMITH.

Ce dernier était d'un autre avis en considérant, notamment, que le capital humain, par ses talents et ses compétences, est celui qui alimente l'activité économique.

Les écrits d'Adam SMITH ont apporté une nouvelle vision qui a influencé des travaux plus récents incarnés par des auteurs comme les théoriciens de l'école de Chicago. Les recherches de ces auteurs ont introduit l'idée d'investissement dans le capital humain pour améliorer la productivité des entreprises.

En effet, ils ont considéré qu'une meilleure offre d'éducation pour les personnes est la seule condition de la croissance économique. Selon Schultz¹, la croissance repose, dans une économie moderne, sur l'existence d'une population active ayant un bon niveau d'éducation, gage de sa qualité.

Actuellement, Le débat reste ouvert et suit la lignée des travaux antérieurs, toutefois avec des enjeux nouveaux beaucoup plus pressants. La mondialisation, l'émergence de nouvelles puissances économiques, la révolution technologique dans le domaine de l'information, les nouvelles exigences économiques, sociales et écologiques poussent de hauts responsables dans la sphère de la décision à apporter leur soutien à un investissement accru dans les compétences et les savoirs des individus pour se démarquer par rapport à la concurrence. Par conséquent, les discours sont de plus en plus dirigés vers la prise en compte du capital humain dans la nouvelle donne mondiale.

Toutefois, si l'effet des pratiques de GRH sur la performance des entreprises a fait couler autant d'encre toutes ces années, la recherche dans ce domaine est restée muette sur une question vitale qui est celle de la résistance de cet effet dans le temps. Actuellement l'inquiétude des entreprises est de savoir, compte tenu des risques encourus, comment maintenir le plus longtemps possible leur performance. La durabilité de la performance devient donc une préoccupation et un souci majeurs pour les dirigeants.

Cette préoccupation sera la nôtre et fera l'objet de cette étude. Ainsi, nous posons la question de savoir : **dans quelle mesure les pratiques de GRH peuvent-elles prédire une performance durable ?**

2 RESSOURCES HUMAINES ET PERFORMANCE: POURQUOI Y AURAIT-IL UN LIEN ?

Pourquoi un lien entre la gestion des ressources humaines et la performance des organisations. Nous avons estimé que la réponse à cette question peut à priori être simple du fait que les ressources humaines apportent beaucoup aux entreprises. Toutefois, nous avons jugé que la manière d'y arriver est plus difficile et demeure sans réponses convaincantes.

En réponse, nous pensons que l'intérêt grandissant à l'égard des ressources humaines comme un facteur d'amélioration de la performance peut s'expliquer de plusieurs façons et par le biais de plusieurs approches théoriques. Mais avant cela, il serait judicieux de rappeler les sources complémentaires de la performance des entreprises.

2.1 LES SOURCES DE PERFORMANCE

Les facteurs déterminants du succès des entreprises sont divers et ont évolué au fil du temps. Aujourd'hui, ils ne sont pas les mêmes qu'au début du siècle dernier et l'entreprise est plus sensible, par exemple, à la contribution des ressources humaines. Quelles sont donc ces sources de performances ?

Donnadieu² a identifié deux sources traditionnellement appropriées par l'analyse économique. Ces deux sources proviennent de l'organisation et de la stratégie.

¹ Schultz, T.W., 1961. Investment in Human Capital. *American Economic Review* LI, March 1961, 1- 17.

² Donnadieu, 2005. La performance globale : quels déterminants, quelle mesure ? In D. Weiss, Ressources Humaines, Paris, Éditions d'Organisation.

- L'organisation comme source de performance: selon Donnadieu, la performance résulte de la valeur de l'organisation. Cette valeur est surtout liée à l'organisation du travail. Une idée qui voudrait dire qu'une meilleure rationalisation et standardisation des systèmes de travail serait à l'origine d'un meilleur résultat. Cette logique est inspirée de l'école de l'organisation scientifique du travail (OST) largement popularisée par des auteurs comme Taylor (1971) et Fayol (1970).

Plus précisément, pour Donnadieu, l'organisation du travail structure l'emploi et l'ensemble des postes, lesquels déterminent les requis professionnels. Le rôle des salariés dans une telle configuration de l'organisation se limite à exécuter ce qui a été pensé pour eux par les ingénieurs et de ne faire preuve d'aucune initiative. Dans cette logique, la productivité est l'indicateur fort convoité de la performance. Sa maximisation voudrait dire que l'entreprise marche bien et que sa survie n'est pas mise en danger.

- La stratégie comme facteur déterminant d'une meilleure performance: cette vision est née en raison des échecs de l'école de l'organisation du travail. Parmi les grandes critiques qui ont été adressées à cette dernière, on relève son incapacité d'adaptation au changement de l'environnement.

La vision de la stratégie comme facteur de performance s'inspire des travaux des cabinets de conseil célèbres tels que Boston Consulting Group et MacKinsey, ainsi que les écoles de management telles que l'école d'Harvard. Elle prône une prise en compte impérative des évolutions de l'environnement et la formulation d'une stratégie pour les contrer.

Selon Donnadieu, cette approche stratégique permet à l'entreprise, en déterminant les moyens, d'être réactive et capable d'agir. D'autres auteurs ont essayé de déterminer des sources de performance. Plus récemment, Lepak³ et ses collaborateurs ont identifié trois origines à la performance.

Les auteurs ont lié la performance des entreprises à la capacité de celles-ci à créer de la valeur à travers leur organisation et leur modèle sociale.

- L'organisation source de performance: L'organisation crée de la valeur en faisant appel à l'innovation, aux capacités dynamiques et à la création de nouvelles connaissances. Cette organisation s'active autour de la création d'une « intelligence collective » (Martory et Crozet)⁴. On parle, par exemple, dans ce cas d'« organisation qualifiante » ou d'« entreprise apprenante » (Zarifian)⁵.

- En premier, la création par l'innovation est un domaine qui a été analysé par des auteurs tels que Porter. Se plaçant au niveau organisationnel, Porter (1985)⁶ affirme que la nouvelle valeur est créée quand les entreprises développent et inventent de nouvelles manières de faire les choses, en utilisant de nouvelles méthodes, de nouvelles technologies, et/ou de nouvelles matières premières

De même, Damanpour⁷ propose que les organisations innovantes introduisent de nouveaux produits et services, ou des nouvelles pratiques de gestion liées aux produits ou aux services. Les nouveaux produits et services ou les nouvelles pratiques de gestion résultent du processus d'innovation, celui-ci consiste en un effort intentionnel de développer une idée nouvelle, d'impliquer significativement le marché, la technique et l'ambiguïté organisationnelle.

Cette focalisation sur l'innovation au niveau des produits, des services et des procédés montre que les organisations expriment une volonté de se démarquer par rapport à la concurrence.

Pour cela, elles s'appuient sur l'innovation pour créer de la valeur pour leurs clients, en rendant ceux-ci plus satisfaits.

- Un second courant de la littérature, relevant du domaine des capacités dynamiques, a également examiné comment les organisations créent de la valeur en se concentrant sur la façon dont les entreprises peuvent créer de nouveaux avantages. Par exemple, Teece, Pisano, et Shuen⁸ affirment que les firmes établissent des avantages par des processus

³ Lepak, D.P. et al. 2007. Value Creation and Value Capture: A Multilevel Perspective. *Academy of Management Review*, Jan2007, Vol. 32 Issue 1

⁴ Martory, B. et Crozet, D. 2003. *Gestion des ressources humaines : pilotage social et performances*. Paris : Dunod.

⁵ Zarifian, P. 2004. *Le modèle de la compétence*. Rueil-Malmaison, Éd. Liaisons.

⁶ Porter, M. E. 1985. *Competitive advantage: creating and sustaining superior performance*. New York: Free Press

⁷ Damanpour, F. 1995. *Is your creative organization innovative?* In C. Ford & D. Gioia (Eds), *Creative action in organizations*: 125–131. Thousand Oaks, CA: Sage.

⁸ Teece, D. J., Pisano, G., et Shuen, A. 1997. Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18: 509–533.

organisationnels distinctifs, de l'intégration, du développement et de la reconfiguration des compétences internes et externes

De même, Eisenhardt et Martin⁹ soulignent que si les capacités dynamiques sont des processus et des routines aisément plus identifiables, celles-ci concernent la façon dont des ressources sont acquises, intégrées, et reconfigurées.

Les partisans des capacités dynamiques ont également commencé à identifier empiriquement les facteurs qui mènent à la création de nouveaux avantages, y compris le développement de produit et de processus, l'évolution organisationnelle, et les capacités et cognitions des gestionnaires. Une grande partie de cette littérature s'intéresse aux facteurs internes de l'entreprise et focalise sur la création de la connaissance, l'apprentissage, et l'esprit d'entreprise dans la création de nouveaux avantages.

- Enfin, la création d'une nouvelle connaissance est aussi une source de performance mise en évidence par Lepak et ses collaborateurs. En particulier, Nahapiet et Ghoshal¹⁰ proposent que les rapports sociaux entre les individus au sein de la firme fournissent les plus grandes informations et connaissances. Ces dernières peuvent être combinées et échangées par les membres de l'organisation permettant ainsi de produire une nouvelle connaissance organisationnelle

- **La contribution de la société à la performance organisationnelle:** Le processus de création de la valeur peut être conçu, à un niveau social, en termes de programmes et incitations pour l'esprit d'entreprendre et d'innovation prévus pour encourager des organisations existantes et de nouvelles entreprises entreprenantes à innover et à augmenter leur valeur au profit de la société et de ses membres.

Ce propos n'est pas nouveau puisque Joseph Schumpeter (1934) avait déjà accentué la nature interdépendante du marché, argumentant qu'il est le résultat de l'innovation continue et du progrès technique. Si les entreprises n'innovent pas, leurs positions sont érodées par les concurrents qui offrent de nouvelles innovations demandées sur le marché. Schumpeter avait pensé que pour éviter cette érosion, les entreprises doivent continuellement introduire de nouveaux produits et prendre des initiatives.

3 LES RESSOURCES HUMAINES AU CŒUR DE LA PERFORMANCE

Les ressources humaines, ou le capital humain en général, ont un rôle primordial dans la conduite de la réussite des entreprises. Ce rôle leur a été reconnu depuis les premières réflexions sur la place du capital humain dans l'économie des pays industrialisés, sous l'influence des écoles économiques des années 1960 aux Etats-Unis. En outre, le rôle des ressources humaines a connu une évolution et a changé selon l'importance que celles-ci ont acquise en raison des évolutions économiques et technologiques de l'environnement. Avant d'aborder l'évolution de ce rôle dans le temps, il convient de se pencher sur la signification des ressources humaines ou du capital humain généralement.

Le capital humain a reçu plusieurs définitions à commencer par celle d'un actif de production, d'un ensemble de savoirs, de comportement, de compétences, etc.

A la lumière de ces définitions, nous constatons une différence notable entre les conceptions, selon qu'elles sont de sensibilité économique ou organisationnelle. Bien que la théorie du capital humain se développe à l'origine comme une contribution aux théories de la croissance économique, un certain nombre de théoriciens de l'organisation ont employé des principes de capital humain pour expliquer comment les entreprises peuvent créer l'avantage concurrentiel par leur capital humain incarné par l'individu.

3.1 L'APPROCHE ÉCONOMIQUE

Dans la première moitié du siècle dernier, marquée par des besoins industriels accrus, l'élément humain n'a occupé qu'une place marginale dans les organisations. En raison de la révolution industrielle dans plusieurs domaines (chemin de fer, automobile, acier, etc.), les priorités stratégiques étaient orientées vers la production de masse et l'intégration verticale. Le défi consistait de maximiser l'efficacité pour obtenir un meilleur résultat face aux concurrents. Dans ce contexte, les RH sont regardées comme une source de coûts incontrôlables.

⁹ Eisenhardt, K.M., et Martin, J. 2000. Dynamic capabilities: What are they? *Strategic Management Journal*, 21: 1105–1121.

¹⁰ Nahapiet, J., et Ghoshal, S. 1998. Social capital, intellectual capital, and the organizational advantage. *Academy of Management Review*, 23: 242–266.

Durant cette période, les organisations et les systèmes de travail ont été influencés par les principes administratifs et par l'« organisation mécaniste » de Weber, Fayol, et Taylor qui ont focalisé sur la rationalité et l'autorité impersonnelle de gestion.

La performance productive s'identifie à ses coûts et non pas à la valeur offerte par l'entreprise, puisque cette dernière est stable et certaine. Les chercheurs définissent alors la performance par la productivité (rapport d'une quantité aux moyens mis en œuvre pour la produire) et ne fondent leur raisonnement que sur les coûts de ces moyens de production. Dans les grandes organisations, le fardeau administratif s'est associé à la location, à l'organisation de travail, à la formation, à la compensation et aux relations d'emploi.

La ressource humaine est loin de constituer un élément de la stratégie des entreprises. Cette dernière a été centrée sur l'ajustement des personnes au travail à effectuer.

Les premiers écrits sur le capital humain des économistes de l'éducation se sont concentrés sur les avantages économiques des investissements dans la formation générale et spécifique

Le capital humain prend une place centrale en expliquant les différences de revenus. Les employés qui profitent d'un investissement dans l'éducation et la formation ont un niveau de compétence et de productivité plus élevé que ceux qui n'en bénéficient pas. Cette mesure peut justifier des revenus plus élevés pour les entreprises en raison de leur investissement dans leur capital humain.

En outre, les nouveaux défis qui vont marquer les années 1970 et qui se sont accentués dès le début des années 1980 en termes de globalisation, de diversification et de qualité totale ont engendré un intérêt croissant des dirigeants envers le capital humain en tant que « ressource » et non plus comme un coût à minimiser. D'autant plus que l'accès des concurrents aux sources traditionnelles d'avantage compétitif que sont la technologie et les moyens financiers a également accentué cet intérêt selon que les entreprises modernes peuvent facilement se procurer les avantages traditionnels.

Le capital est disponible sur tous les grands marchés financiers mondiaux. La technologie est pratiquement de disponibilité égale à toutes les entreprises.

L'ouverture des marchés fait en sorte que les barrières au commerce, notamment les barrières tarifaires, diminuent dans les pays signataires des accords de l'Organisation Mondiale de Commerce (OMC).

3.2 L'APPROCHE ORGANISATIONNELLE

Plusieurs innovations au niveau du management et des pratiques, avec des implications claires sur la performance organisationnelle, ont précipité le changement de regard envers les ressources humaines. Les écoles des relations humaines et sociotechniques, par exemple, étaient parmi les premières à avoir appelé à une prise en compte des ressources humaines dans les processus de décision.

Les partisans de ces écoles avaient souligné l'impact du facteur humain sur la productivité. Ces théoriciens avaient soutenu l'idée que l'amélioration des conditions de travail des individus était l'argument pour augmenter la production. Ces travaux plus humanistes ont été soutenus à l'encontre des acceptions de la gestion scientifique du travail.

D'autres écoles ont pu soutenir la place centrale que doivent revêtir les ressources humaines dans le choix de l'avenir des organisations. Dans ce domaine émergent progressivement les écoles des ressources et des compétences.

3.3 L'APPROCHE PAR LES RESSOURCES

Selon les adeptes de cette approche, connue sous le nom de théorie basée sur les ressources, l'accent doit être mis sur les ressources internes des entreprises. Ces ressources sont tangibles, intangibles et humaines.

- **Les ressources tangibles:** elles sont d'ordre physique ou financier. Les ressources physiques sont les plus visibles: localisation, taille, sophistication et flexibilité des usines, réserves minières et forestières, équipements de transport, de transformation ou de communication, ou immeubles de bureau spécialisés. Les ressources financières sont très vite identifiées par les banquiers, comptables et financiers: taille des fonds propres et réserves, capacité d'emprunter sur le long et moyen terme ou sujettes à appréciation comme les réserves de marges brutes d'autofinancement pour les années futures
- **Les ressources intangibles:** elles regroupent les marques, les perceptions de compétences, la qualité et la fiabilité par des réseaux de clients. Les ressources technologiques telles que les laboratoires, les chercheurs, les budgets internes ou sous-

traités, les brevets, les droits d'auteur et de marque, les produits et les processus de fabrication innovant font également partie des ressources intangibles

- **Les ressources humaines:** elles s'apprécient par la formation initiale des ingénieurs, commerciaux et dirigeants de l'entreprise ainsi que par la formation continue de ses équipes sur les plans techniques et managériaux. La personnalité, la loyauté, l'engagement des salariés font également partie de cette ressource. Comme il a été déjà mentionné, les ressources humaines, contrairement aux ressources traditionnelles, sont considérées par les partisans de la RBV comme les seules à être susceptibles d'offrir un avantage compétitif. Cette thèse semble être soutenue par un nombre non négligeable de chercheurs qui considèrent que des ressources qui sont de valeur, rares et inimitables sont à l'origine d'un avantage compétitif durable. Cette hypothèse semble s'appliquer aux ressources humaines. De même, pour Prahalad et Hamel¹¹, l'avantage compétitif dépend plutôt des ressources humaines que de la technologie ou des moyens financiers qui sont facilement imitables et substituables. Concernant la création de la valeur par les ressources humaines, Boxall¹² précise que le rapport entre les employés de noyau intérieurs (c.-à-d. directeurs, stratèges, spécialistes techniques) et les employés de noyau externes (c.-à-d. employés engagés pour leurs qualifications industrielles appropriées) est critique à un succès de la firme. La capacité adaptative des employés de noyau intérieurs et la capacité opérationnelle des employés de noyau externes doivent être orchestrées pour produire de la valeur. Les ressources humaines sont rares parce qu'il est difficile de trouver les personnes qui peuvent produire et maintenir des niveaux de rendement élevé dans une organisation compte tenu de l'hétérogénéité du marché de travail

Enfin, concernant la non substituabilité des ressources humaines, il est difficile de remplacer les ressources humaines parce qu'elles possèdent des capacités diverses de s'adapter à différents environnements et parce que celles-ci peuvent créer la valeur dans un contexte où d'autres ne peuvent pas le faire.

3.4 L'APPROCHE PAR LES COMPÉTENCES

Inspirée de la théorie des ressources, l'approche des compétences met plus l'accent sur les compétences individuelles et organisationnelles. Alors que la RBV semble adopter une définition statique des compétences du capital humain en le voyant comme un stock, la théorie basée sur les compétences s'inscrit dans une démarche dynamique et d'action. En ce sens, elle focalise spécifiquement sur la capacité des employés d'accroître leurs connaissances et leur apprentissage par l'acquisition, l'intégration et le transfert des connaissances, afin d'accomplir collectivement l'avantage concurrentiel.

L'approche des compétences implique que des ressources humaines ne sont pas de valeur si elles n'acquièrent pas et n'exploitent pas leurs connaissances dans le lieu du travail. Dans ce cas, la firme ne devrait pas compter seulement sur les ressources humaines pour créer l'avantage concurrentiel.

Cette logique, qui vise à mettre en action les compétences et les connaissances, semble d'autant plus pertinente que les systèmes de production sont de plus en plus imprévisibles et que le concept d'« opération » ne semble plus adéquat et cède la place à l'« événement ». Ce « type actionnaliste » des compétences cherche à comprendre les changements dans les situations de travail en intégrant l'individu, les groupes auxquels il appartient et les réseaux de connaissances, de savoirs et de compétences.

Le développement du travail en réseau et en équipe a distendu le lien établi entre le salarié et le produit ou service final. Les relations entre les participants à l'activité se sont alors emmêlées et ont conduit au partage de la performance et à la non-prédictibilité des résultats.

La performance naît désormais de l'interaction individu organisation: c'est une performance organisationnelle d'interface. A partir de là émerge un nouveau modèle fondé non plus sur le résultat, mais sur « le processus cognitif qui conduit à l'action ». Ce processus contextuel est celui des compétences et des connaissances explicites et tacites.

Cependant, malgré la capacité des compétences du capital humain à fournir les meilleures performances pour les entreprises, certains auteurs considèrent qu'elles sont insuffisantes à en déterminer le niveau. Donnadieu pense qu'à

¹¹ Prahalad, C.K. et Hamel, G. 1990. The Core Competence of the Corporation, *Harvard Business Review*, May-June, p. 79-91.

¹² Boxall, P. 1996. The Strategic HRM Debate and the Resource Based View of the Firm. *Human Resource Management Journal*, vol. 6, n° 3, pp. 59-75.

compétences égales, les entreprises peuvent avoir des performances différentes. Des mécanismes intermédiaires entre les compétences et la performance sont nécessaires pour combler ce qu'on appelle la « boîte noire ».

Car si les compétences sont le savoir-faire, la performance présuppose toujours l'existence d'un vouloir-faire, ou motivation. Comment rendre donc ces compétences une source durable des performances ? Une des solutions consisterait à ce que l'entreprise réussisse à mettre en place une stratégie de GRH originale et adaptée, qui permettrait de tirer le meilleur parti des compétences du capital humain.

Pour Le Louarn et Wils¹³, l'individu produit de la valeur de deux manières: la première, appelée « valeur naturelle » ou directe, est due aux qualités des compétences détenues par l'individu. La seconde, appelée « valeur indirecte », est le résultat de la mise en place d'une stratégie de GRH qui conduit à une utilisation optimale des compétences. Autrement dit, des ressources humaines bien gérées peuvent aider l'entreprise à distancer les concurrents et à réaliser une performance organisationnelle supérieure. Quel est donc l'apport de la gestion des ressources humaines au succès des organisations ?

4 LA RELATION SRH-PERFORMANCE: FONDEMENTS THÉORIQUES ET EMPIRIQUES

Au niveau de la partie précédente, nous avons posé la question du rôle de la gestion des ressources humaines dans l'amélioration des résultats des entreprises. Cette interrogation est l'issue d'une réflexion sur la relation entre les ressources humaines et la performance, qui doit semble-t-il répondre à la stratégie ressources humaines mise en place par les entreprises.

Plusieurs cadres théoriques émanant de divers champs de recherche, l'économie, la psychologie, la sociologie, la finance et la stratégie, ont soutenu cette hypothèse et contribué à la compréhension du lien qui peut exister entre la stratégie de GRH et la performance organisationnelle.

Par ailleurs, l'effet de la stratégie RH sur la performance a fait l'objet d'un intérêt empirique majeur. Deux grandes approches ont retenu l'intérêt des chercheurs dans le domaine de la gestion stratégique des ressources humaines, à savoir, l'approche universaliste et l'approche contingente.

Nous établirons, dans un premier temps, les fondements théoriques de la relation SRH-performance. Dans un deuxième temps, nous aborderons les approches empiriques de cette relation.

4.1 FONDEMENTS THÉORIQUES

Pour aborder les fondements théoriques de la relation entre la gestion des ressources humaines et la performance, nous avons fait appel à plusieurs revues de littérature, dans lesquelles plusieurs théories ont été relevées. Ces dernières peuvent être réparties en trois champs de recherche: économique, psychosociologique et financier.

4.1.1 LA PERSPECTIVE ÉCONOMIQUE DE LA GESTION DES RESSOURCES HUMAINES

Du point de vue de l'approche économique des ressources humaines, trois grands courants de pensée ont alimenté la compréhension des enjeux liés à la gestion des ressources humaines: théorie du capital humain, théorie des transactions et théorie de l'agence mais dans cette étude nous nous appesantis sur la théorie du capital humain.

4.1.1.1 THÉORIE DU CAPITAL HUMAIN

La théorie du capital humain s'est développée sous l'impulsion des travaux de l'école de Chicago, dont certains auteurs sont les pionniers. Les principaux fondements de cette théorie s'articulent autour de la valeur apportée par l'actif humain qui doit justifier une formation et une rémunération adéquates.

Autrement dit, les partisans de cette théorie voudraient que le niveau d'éducation des travailleurs ait pour effet d'accroître leurs compétences. Ces dernières étant elles-mêmes source de meilleure productivité, l'option pour un salaire plus élevé s'impose. Ainsi, l'effort consenti par le travailleur pour développer son niveau de compétence sera justement rémunéré par le marché de l'emploi.

¹³ Le Louarn, JY et Wils, T. 2001. *L'évaluation de la gestion des ressources humaines*. Rueil-Malmaison, Ed. Liaisons.

Selon la théorie du capital humain, les ressources humaines comprennent un ensemble de « capacités productives » que sont les connaissances, les compétences et les expériences. Les capacités productives ont une valeur économique puisqu'elles sont susceptibles d'offrir une amélioration de la productivité et une meilleure adaptation aux entreprises.

Toutefois, la contribution des compétences détenues par le capital humain ne peut avoir lieu que lorsqu'elles sont mobilisées et valorisées. En d'autres termes, l'engagement et la coopération du capital humain sont une condition majeure pour l'obtention des résultats escomptés.

Ainsi, pour obtenir l'adhésion aux objectifs de l'organisation, les entreprises sont amenées à investir dans leur capital humain en mettant en place certaines pratiques de GRH, dans ce sens, que des pratiques de développement des compétences constituent un moyen privilégié d'accroître la valeur du capital humain et par conséquent d'augmenter l'efficacité organisationnelle.

D'autre part, la « théorie de la productivité marginale », qui relève de la théorie du capital humain, prétend que les ressources humaines constituent un « input » au même titre que d'autres ressources des entreprises. A ce titre, ils bénéficient d'une rétribution relative à leur contribution créatrice de valeur, l'équilibre étant assuré par le principe de l'offre et de la demande.

Cette conception réductrice des potentialités humaines s'inscrit dans une logique purement économique de la théorie du capital humain, où l'individu est tenu à échanger sa valeur contre une rémunération sans plus. Ce type d'échange est qualifié d'échange à court terme ou fermé.

En effet, l'employeur est prêt à offrir des incitatifs monétaires à l'employé tant que sa contribution répond aux objectifs qui lui ont été fixés. Ces pratiques de GRH se rapprochent de celles du modèle de contrôle identifié ou du modèle industriel où la gestion des ressources humaines est limitée à gérer le capital humain comme une source de coût.

Toutefois, les entreprises qui veulent faire face à la concurrence et au changement devront associer et concilier l'économique et le social. Cela signifie que, pendant que l'entreprise réalise des bénéfices grâce à ses employés, elle peut veiller sur le bien-être de ces derniers. Dans la logique de l'échange inscrit dans le long terme et ouvert, les salariés accepteront d'exécuter des tâches diverses, d'être plus mobiles et de développer leurs compétences.

4.1.2 LA PERSPECTIVE PSYCHOSOCIOLOGIQUE DE LA GESTION DES RESSOURCES HUMAINES

L'intérêt manifesté par les chercheurs en gestion des ressources humaines pour la psychologie résulte de l'importance des comportements des individus dans l'amélioration de la productivité et de la rentabilité des entreprises.

Outre les pratiques associées à la rémunération, des pratiques favorisant les interactions entre les individus et la création de liens à long terme peuvent contribuer à stimuler leurs efforts. En ce sens, nous rappelons le rôle facilitateur que jouent auprès du personnel les pratiques de communication, de développement des compétences, de participation et de reconnaissance, dans la mise en œuvre de changements organisationnels nécessitant souvent l'adoption de nouvelles attitudes.

Les comportements peuvent en effet être favorables ou défavorables à la performance selon le degré de motivation et de satisfaction des ressources humaines. Pour mieux asseoir cette hypothèse, nous faisons appel aux différentes théories de motivation, ainsi qu'à la théorie des échanges sociaux.

4.1.2.1 THÉORIE DE MOTIVATION ET DE SATISFACTION

Le terme de motivation est apparu pour la première fois au XX^{ème} siècle dans les travaux des psychologues Tolman (1932) et Lewin (1936). Les premières études portant sur la motivation s'inspirent des travaux de Taylor, pour qui la satisfaction au travail est représentée par un échange du travail et de la force physique contre laquelle l'ouvrier reçoit un salaire proportionnel au rendement (le salaire à cette époque est un moteur déterminant), mais la théorie de la motivation n'a connu son vrai démarrage qu'avec les travaux d'Elton Mayo (1940) de l'école des relations humaines.

Pour celui-ci, le facteur de motivation résulte d'un besoin d'appartenance à un groupe social au sein duquel la motivation individuelle va être soutenue et amplifiée par un esprit commun qui vise un but attractif.

Le travail de Mayo constitue la base de nombreuses contributions fortes intéressantes dans le domaine de la psychologie liée à la motivation au travail.

4.1.2.2 THÉORIE DE L'ÉCHANGE SOCIAL

En examinant les attitudes et comportements des employés et leurs effets sur la performance, la « théorie de l'échange social » est une perspective critique qui doit être intégrée dans la théorisation et la recherche empirique pour expliquer les mécanismes de médiation. Cette théorie pourrait être classée parmi les théories de motivation puisqu'elle s'intéresse aux « composantes motivationnelles » du rapport entre les salariés et l'organisation et fournit des éclairages concernant les implications de l'ajustement entre les incitations des employeurs et les contributions des employés lors de l'échange.

Spécifiquement, les théoriciens de l'échange social (par exemple, examinent les échanges qui se produisent entre les employeurs et leurs employés concernant des perceptions de « réciprocité » à un niveau individuel d'analyse. L'essence de la théorie de l'échange social est la notion de la norme de la réciprocité qui se développe et provoque un sentiment de devoir chez l'employé. Autrement dit, en raison de l'équité de traitement, l'employé adopte en contrepartie un comportement favorable.

Par ailleurs, bien que le centre d'intérêt des partisans de la théorie de l'échange social varie, l'implication sur la performance de l'équilibre perçu entre les incitations fournis par les employeurs et les contributions des employés constitue la préoccupation qui les réunit.

Dans ce domaine, la gestion des ressources humaines pourrait être utilisée comme un fort engagement de l'organisation en faveur de l'obtention de comportements favorables à la performance. Par exemple, l'utilisation de pratiques de GHR développées est positivement associée à l'engagement affectif et organisationnel, aux suggestions constructives, et aux comportements de citoyenneté. En outre, l'engagement incitatif de l'organisation est négativement associé à l'absentéisme et au turnover.

4.1.3 LA PERSPECTIVE FINANCIÈRE DE LA GESTION DES RESSOURCES HUMAINES

L'importance du « risque » lié aux ressources humaines ainsi que son rôle dans la détermination des résultats financiers interpellent manifestement les spécialistes de la finance. D'Arcimoles¹⁴ souligne, par exemple, l'importance du facteur risque dans l'établissement du diagnostic financier externe par les créanciers des entreprises afin d'évaluer le risque lié à l'investissement dans le facteur humain.

La notion de risque a depuis toujours suscité un intérêt particulièrement lié à l'incertitude qui entoure les événements qui lui sont liés. La pluralité des définitions de la notion de risque suscite des réactions autant défensives qu'offensives. Par exemple, la définition du dictionnaire le Petit Robert désigne le risque comme : « Un danger, péril ou un inconvénient plus ou moins prévisible »

Or, le caractère périlleux du risque se trouve relativisé par la notion de probabilité. Cette dernière, distingue le risque de certaines notions voisines, comme l'incertitude, qui ne sont pas probabilisables. Selon le cas, la probabilité ou la vraisemblance du risque est plus au moins facile à évaluer.

Dans la sphère financière, l'évaluation du risque lié aux ressources humaines était loin de constituer une préoccupation. Il semble que, dans la théorie financière, la notion de « risque social » a longtemps été ignorée en raison de deux éléments relatifs à la conception même de la notion de risque.

En premier lieu, le risque social est lié à l'apparition de conflits sociaux et de sanctions légales.

En second lieu, le risque social résulte de la déperdition du capital humain, avec ses conséquences sur les compétences et l'innovation.

En effet, comme l'explique d'Arcimoles¹⁵, les éléments liés au risque social sont éloignés des référentiels des analystes financiers. Ces derniers sont plutôt habitués à concevoir le risque humain à travers d'éventuels dérapages de la masse salariale

¹⁴ Arcimoles (d') Ch-H. 1995. *Diagnostic financier et gestion des ressources humaines : nécessité et pertinence du bilan social*, Editions Economica.

¹⁵ Arcimoles (d') Ch-H. 2003. *Diagnostic financier, ressources humaines et création de valeur*, in J. Allouche (coordinator) L'encyclopédie des ressources humaines, pp. 303-323, 2003

et l'inflation des coûts fixes. En outre, la focalisation des financiers sur les variables macro-économiques et le risque de marché accentue la non intégration des ressources humaines au diagnostic financier.

Toutefois, les pertes réelles liées aux ressources humaines et à leur gestion ont remis le risque social au cœur de l'analyse financière. Ces pertes sont liées à quatre types de risques: (a) risque de non-respect des textes; (b) risque d'inadaptation des politiques aux attentes du personnel; (c) risque d'inadéquation des besoins aux ressources humaines; (d) risque d'envahissement des préoccupations sociales.

Le facteur humain constitue un élément considérable du « risque d'affaires », notamment en ce qui concerne sa gestion. Le risque de gestion des ressources humaines figure parmi la liste des trois composantes du risque d'affaires, à savoir: (a) le risque de gestion; (b) le risque commercial; (c) le risque technologique. Le risque de gestion concerne le manque de connaissances en gestion de l'équipe de direction, l'insuffisance des ressources consacrées à la fonction gestion et l'inadéquation des outils utilisés.

En lien avec ces problèmes de gestion du facteur humain, nous soulignons que pour constituer une source de performance, la GRH doit résoudre certains dilemmes, notamment en termes d'information et de roulement volontaire.

On distingue trois dilemmes liés à l'information: (a) l'information asymétrique; (b) la rationalité limitée; (c) la tendance à l'opportunisme.

Quant au roulement volontaire, on met en garde contre tout risque de laisser partir un salarié qui détient des connaissances accumulées pendant des années. Sauf que celui-ci, à défaut d'une bonne gestion des ressources humaines, risque de quitter l'entreprise pour une autre afin de tirer profit de ses connaissances.

Dans le même esprit, on a relevé trois risques majeurs qui sont liés à la gestion du facteur humain. Il s'agit des risques liés au cycle de vie du salarié dans l'entreprise, des risques d'obsolescence des compétences et enfin des risques de dégradation du climat social.

Un autre type de risque lié aux ressources humaines est la « coopération », l'atteinte des objectifs fixés par l'entreprise peut être entravée par la divergence des intérêts et le manque de coopération des différents acteurs de l'organisation.

Au regard de ces risques encourus par les entreprises, qui doivent assurer une meilleure gestion sociale et de bons résultats économiques et financiers, les financiers ont commencé à considérer que les pratiques de gestion des ressources humaines peuvent être analysées comme de multiples stratégies assurant une coordination optimale des individus, permettant à l'entreprise de contrôler son risque d'affaires et d'obtenir le rendement attendu de ses actifs.

La gestion prévisionnelle des ressources humaines peut constituer un moyen pour réduire le risque en équilibrant les besoins en compétences et les compétences disponibles.

Plusieurs travaux ont d'ailleurs démontré qu'une gestion des ressources humaines adaptée à la réalité des entreprises peut avoir de bons résultats financiers., par exemple, ont vérifié si un changement dans la politique de rémunération des entreprises s'accompagne d'un changement dans les résultats financiers.

5 LA RELATION SRH-PERFORMANCE: MULTIPLICITÉ DES APPROCHES EMPIRIQUES

Le développement de la gestion stratégique des ressources humaines autour de la relation GRH-performance a quelque fois suscité certaines réticences, notamment par rapport au faible soutien théorique à ses hypothèses.

De ce point de départ, les modèles de GRH sont devenus plus complexes, inclus dans un processus de production scientifique qui a intégré les contributions théoriques et méthodologiques des théories économiques, stratégiques, organisationnelles et sociologiques.

La consultation de cette abondante littérature en GSRH ressort l'existence de deux approches de la relation gestion des ressources humaines et performance organisationnelle, il s'agit de l'approche universaliste et l'approche de contingence. Chacune de ces deux approches contient différentes possibilités pour la GRH d'atteindre les objectifs organisationnels et procure par conséquent une réalité spécifique de la GSRH.

5.1 LA PERSPECTIVE UNIVERSALISTE

Elle est l'approche la plus simple dans l'analyse de la stratégie des ressources humaines. Elle stipule qu'il existe une meilleure façon de conduire les ressources humaines afin de réaliser les objectifs de l'organisation. Autrement dit, la recherche de meilleures performances ne peut se faire que par le choix de meilleures pratiques ou « best practices ». En ce sens,

l'approche universaliste prétend que la relation entre une variable indépendante et une variable dépendante est linéaire et peut être étendue à toute la population.

D'ailleurs, les travaux de recherche ayant cherchés les meilleurs pratiques de GRH, sont caractérisés par:

- 1) la possibilité pour les pratiques uniques de maximiser la performance.
- 2) leur universalité.

De ce point de vue, la performance des organisations est une affaire de pratiques de GRH prises de manière isolée.

Dans certains cas, plus d'une meilleure pratique est définie, construisant ce qui peut s'appeler les systèmes de travail de rendement élevé. Malgré cela, en opposition à la perspective de contingence qui sera analysée ci-dessous, l'approche universaliste ne considère ni l'interdépendance synergique, ni l'interaction des différentes pratiques. Elle adopte une vision plutôt additive.

Par conséquent, la perspective universaliste nie, implicitement, l'existence de différentes combinaisons de pratiques, qui constituent le système de ressources humaines et qui peuvent être efficaces pour l'organisation.

La valeur ajoutée par la perspective universaliste réside dans la démonstration empirique, à travers des taux élevés de significativité, de l'importance du facteur humain pour l'organisation.

Malgré que la littérature a précisé une grande variété des meilleures pratiques de gestion des ressources humaines, nous pouvons identifier les pratiques de GRH qui sont le plus souvent utilisées par les chercheurs:

Dans un premier temps, nous pouvons observer que cette perspective se focalise principalement sur l'importance des pratiques destinées à renforcer les qualifications de la main d'œuvre, par exemple par la rémunération variable par certaines pratiques de recrutement et de sélection, la formation générale ou l'évaluation du rendement.

Dans un deuxième temps, des travaux plus récents ont considéré l'importance des aspects liés à l'engagement et à la participation de la main d'œuvre, par exemple, la capacité de résoudre un problème, le travail d'équipe, les incitations de groupe, la définition des tâches ou les nouveaux mécanismes de compensation.

En comparaison avec la perspective de contingence, la perspective universaliste reste marquée par un manque d'appuis théoriques, malgré un soutien empirique considérable. D'autre part, le fait de ne pas considérer la complexité et les interactions entre les variables confirme son caractère simpliste.

La perspective comportementale, un des fondements de l'approche de contingence, a également offert l'évidence pour démontrer les avantages de l'adoption des pratiques comme le partage des bénéfices.

D'autre part, le principe de base de la théorie de capital humain a également servi à établir beaucoup de propositions universalistes. Dans ce sens, quelques auteurs ont déclaré que les organisations qui emploient leurs pratiques de ressources humaines pour développer leurs connaissances de valeur, leurs compétences et leurs capacités, le niveau de leur performance sera élevé.

Comme nous l'avons expliqué, la vision universaliste offre une évaluation de la contribution du facteur humain à la performance de l'organisation. Adopter la logique déductive dans l'analyse de cette contribution a permis un taux élevé de signification.

Cependant, l'approche universaliste n'est pas à l'abri de sérieuses critiques qui sont mises en évidence par la littérature.

Plus particulièrement, la perspective universaliste se caractérise par une logique simpliste de la réalité des organisations étant donné qu'elle défend une relation déterministe entre les pratiques de GRH et la performance organisationnelle.

Pour la mesure de la performance, les défenseurs de l'approche universaliste ont souvent utilisé les seuls indicateurs financiers qui ignorent les autres effets des pratiques de GRH, ainsi que la multiplicité des niveaux de la performance. La performance organisationnelle doit se construire de façon multidimensionnelle et les liens avec la GRH ne doivent pas se limiter à une pratique unique qui ignore les particularités de chaque organisation.

5.2 LA PERSPECTIVE DE CONTINGENCE

Cette approche ajoute un point de complexité nécessaire pour expliquer les modèles stratégiques des ressources humaines, en incluant les interactions qui n'ont pas été considérées par la perspective universaliste. Pour ce faire, l'approche de contingence rejette l'idée de linéarité des rapports entre la GRH et la performance et adopte une vision plutôt d'interaction.

Le lien entre la variable dépendante et indépendante n'est plus stable. Il change en raison de l'incidence d'autres variables critiques, des variables nommées « de contingence ».

Ce changement de vision s'inspire des travaux précurseurs tels que les modèles de la théorie de contingence.

L'application de cette logique à l'analyse de la stratégie ressources humaines est amorcée par des auteurs tels que Galbraith et Nathanson¹⁶. Ces auteurs remettent en cause l'existence des meilleures pratiques qui ont des résultats identiques dans n'importe quel contexte: ils supposent que l'influence de la performance organisationnelle est toujours conditionnée par une troisième variable à laquelle les pratiques de GRH doivent être adaptées.

Toutefois, le niveau d'analyse adopté par les partisans de l'approche de contingence ne diffère pas entièrement de celui de l'approche universaliste. Il est courant de constater que les travaux ont souvent négligé l'aspect systémique auquel ils ont fait allusion dans leurs hypothèses.

Dans ce cas, ces recherches n'analysent ni l'intégration de différentes pratiques, ni les effets synergiques qui en résultent.

En effet, la focalisation se fait uniquement sur la façon dont les différentes pratiques affectent individuellement les performances des organisations.

En dépit de l'hétérogénéité des approches, nous pouvons grouper les rapports de contingence dans trois catégories génériques:

- a. Variables stratégiques: tandis que la perspective universaliste défend, explicitement ou implicitement, l'applicabilité universelle des meilleures pratiques, un large groupe d'auteurs contingents proposent qu'elles aient seulement des effets positifs si elles sont conformes à la stratégie globale de l'organisation.

En outre, d'autres articles proposent que les ressources humaines aient également un effet important sur la formulation des stratégies génériques. Dans ce sens, la stratégie de gestion de ressource humaine n'est plus comprise d'une manière continue et réactive, mais comme élément interagissant avec la stratégie. Cette pertinence stratégique du facteur humain, présente dans les premiers travaux a été expliquée principalement dans des modèles plus récents;

- b. Variables d'organisation: comme la taille, la technologie ou la structure;
- c. Déterminants externes, tels que le contexte concurrentiel, l'environnement technologique, les variables macro-économiques, et le contexte de travail de l'organisation.

Les explications de la perspective contingente constituent un corpus théorique plus solide que l'approche universaliste, bien que statistiquement ils n'atteignent pas des niveaux de signification comparables lors du test des hypothèses

En outre, la perspective contingente a été également critiquée en raison de son orientation micro. Dans ce sens, nous pouvons observer le désaccord d'une large littérature par rapport à certaines prescriptions de la théorie contingente, notamment en ce qui concerne la supériorité de la performance obtenue par l'ajustement des pratiques de GRH sur la stratégie. Nous croyons que la conception des systèmes de gestion adaptés mène à une structure trop rigide et inflexible qui ne répond pas au besoin d'adaptation à l'environnement économique actuel.

6 CONCLUSION

Tout au long de cette étude, nous nous sommes efforcés d'appréhender et de comprendre pourquoi et comment les ressources humaines sont devenues une source de meilleure performance, nous nous sommes posés ensuite la question du pourquoi du lien entre la gestion des ressources humaines et la performance. Nous avons vu que malgré l'existence de plusieurs sources de performance; organisation et société, qui sont défendables par la littérature, les ressources humaines se révèlent dans une large littérature gestionnaire, économiste et autres, comme un facteur incontournable de l'amélioration durable des performances des entreprises.

Nous nous sommes d'autant plus efforcés de chercher un appui théorique à l'hypothèse d'un lien entre la gestion des ressources humaines et la performance organisationnelle. Nous nous sommes rendu compte, en avançant dans notre revue de littérature, que le rôle des ressources humaines et la manière dont elles sont gérées bénéficient d'un large soutien théorique

¹⁶ Galbraith, J. et Nathanson, D. 1978. *Strategy Implementation: The Role of Structure and Process*. St. Paul, MN. West Publishing.

à travers divers courants relevant à la fois des théories économiques (théorie du capital humain, théorie des coûts de transactions, théorie de l'agence), des théories psychosociologiques (théorie de la motivation, théorie de l'échange social) et des théories financières.

L'ensemble des théories économiques soutient la gestion des ressources humaines comme un facteur de développement des compétences et des attitudes nécessaires à la croissance des entreprises. Les théories psychosociologiques adhèrent, de leur part, à l'hypothèse qu'une bonne gestion des ressources humaines permettrait de stimuler les bons comportements et l'engagement nécessaires à l'amélioration de la performance.

Enfin, la théorie financière soutient la GRH dans la mesure où elle permet de réduire la part du risque lié aux ressources humaines. Au finish, la revue de littérature était consacrée aux approches empiriques qui soutiennent le rôle positif des ressources humaines dans l'atteinte d'un avantage compétitif. Or, nous avons vu que la gestion des ressources humaines est conçue différemment selon qu'il s'agisse de l'approche universaliste ou de l'approche de contingence.

REFERENCES

- [1] Academy of Management Review, Jan2007, Vol. 32 Issue 1.
- [2] advantage. Academy of Management Review, 23: 242–266.
- [3] Arcimoles (d') Ch-H. 1995. Diagnostic financier et gestion des ressources humaines: nécessité et pertinence du bilan social, Editions Economica.
- [4] Arcimoles (d') Ch-H. 2003. *Diagnostic financier, ressources humaines et création de valeur*, in J. Allouche (coordinator) L'encyclopédie des ressources humaines, pp. 303-323, 2003.
- [5] Boxall, P. 1996. The Strategic HRM Debate and the Resource Based View of the Firm.
- [6] *Business Review*, May-June, p. 79-91.
- [7] Creative action in organizations: 125–131. Thousand Oaks, CA: Sage.
- [8] Damanpour, F. 1995. *Is your creative organization innovative?* In C. Ford & D. Gioia (Eds).
- [9] Donnadieu, 2005. La performance globale: quels déterminants, quelle mesure ? In D.
- [10] Eisenhardt, K.M., et Martin, J. 2000. Dynamic capabilities: What are they? *Strategic*.
- [11] Galbraith, J. et Nathanson, D. 1978. Strategy Implementation: The Role of Structure and.
- [12] Human Resource Management Journal, vol. 6, n° 3, pp. 59-75.
- [13] Le Louarn, JY et Wils, T. 2001. L'évaluation de la gestion des ressources humaines. Rueil-.
- [14] Lepak, D.P. et al. 2007. Value Creation and Value Capture: A Multilevel Perspective.
- [15] Malmaison, Ed. Liaisons.
- [16] Management Journal, 21: 1105–1121.
- [17] Martory, B. et Crozet, D. 2003. Gestion des ressources humaines: pilotage social et performances. Paris: Dunod.
- [18] Nahapiet, J., et Ghoshal, S. 1998. Social capital, intellectual capital, and the organizational.
- [19] New York: Free Press.
- [20] Porter, M. E. 1985. Competitive advantage: creating and sustaining superior performance.
- [21] Prahalad, C.K. et Hamel, G. 1990. The Core Competence of the Corporation, *Harvard*.
- [22] *Process*. St. Paul, MN. West Publishing.
- [23] Schultz, T.W., 1961. Investment in Human Capital. *American Economic Review* LI, March.
- [24] Strategic Management Journal, 18: 509–533.
- [25] Teece, D. J., Pisano, G., et Shuen, A. 1997. Dynamic capabilities and strategic management.
- [26] Weiss, Ressources Humaines, Paris, Éditions d'Organisation.
- [27] Zarifian, P. 2004. *Le modèle de la compétence*. Rueil-Malmaison, Éd. Liaisons.

Consequences of errors in the functioning of the immune system Descriptive review

[Running title: Consequences of misstep of the immune system]

Majda Samih¹ and Ahmed Omar Touhami Ahami²

¹Temporary teacher, Clinical and Cognitive Neurosciences Unit, Biology and Health Laboratory, Department of Biology, Faculty of Sciences, Ibn Tofail University, Kenitra, Morocco

²Head Professor, Clinical and Cognitive Neurosciences Unit, Biology and Health Laboratory, Department of Biology, Faculty of Sciences, Ibn Tofail University, Kenitra, Morocco

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The immune system is a very complex network of cells, tissues and organs that work together to defend the body against pathogens. Its two main components are: the innate immune system and the adaptive immune system. However, when this system is compromised, the body's ability to defend itself is impaired, which can increase the risk of developing at least one of the more than 80 autoimmune diseases that affect a significant proportion of the world's population. These illnesses can cause a range of symptoms, including pain, fatigue, rashes, nausea, headaches and dizziness. They can also affect different parts of the body, such as the skin, muscles, joints, tendons, blood and blood vessels, and even other organs. Also, it is not uncommon to suffer from more than one type of autoimmune disease, as they share similarities in their basic immunological mechanisms. In this review, we aim to provide a more comprehensive understanding of the impact and severity of immune dysfunction. We will also describe the advantages and disadvantages of factors considered to promote immune function and summarize current knowledge about the mechanisms of certain autoimmune diseases. We hope to shed light on this complex subject and provide valuable insights into potential treatments and preventive measures for these diseases.

KEYWORDS: Immune system, autoimmune diseases, symptoms, immune dysfunction, preventive measures.

INTRODUCTION

The immune system is a highly effective defense mechanism that plays a crucial role in protecting the body against a variety of harmful pathogens, including viruses, bacteria, fungi and parasites. Its main function is to identify and eliminate these potential threats in order to preserve the body as a whole. However, it is equally important for the immune system to maintain a delicate balance between effectively eliminating pathogens and avoiding excessive immune responses. This balance is achieved through a process called immune tolerance, which ensures that the immune system does not attack the body's own cells and tissues. Although this system is designed to function optimally, in some cases it can be compromised or immune tolerance can be disrupted, resulting in a series of conditions known as autoimmune diseases, of which there are over 80 types [1]. These disorders occur when the immune system mistakenly recognizes the body's own cells or tissues as foreign and launches an immune attack against them. These disorders are classified according to whether the autoimmune attack is systemic or organ-specific [2]. They also share common features, including loss of tolerance [3], pathological pain [4], production of auto-antibodies, a strong genetic component, environmental triggers and overlap between different diseases [5]. Approximately 5% of the world's population is affected by these diseases, with women accounting for 80% of cases [6]. It is essential to maintain a healthy and robust immune system to prevent infection and disease. To do this, it is important to understand the pros and cons of the factors that influence immune health, in order to adopt a balanced approach aimed at optimizing the functioning of this mechanism.

FACTORS THAT CAN PROMOTE THE IMMUNE SYSTEM

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

A) NUTRITION

The immune system constantly protects the human body against external aggression and internal threats. Maintaining this performance requires an appropriate diet that provides the essential nutrients needed to function properly [7]. A balanced, nutritious diet helps to strengthen the immune system and reduce the risk of infection. To function optimally, the immune system needs essential nutrients such as vitamins A, C, D, E, B6, B12, zinc, iron and selenium [8, 9]. At the same time, overeating in relation to physical activity can lead to weight gain, which in turn can lead to health problems such as obesity. Studies have shown that obesity leads to a weakened immune system [10]. In addition, obesity can lead to metabolic disorders, immune disorders and other diseases such as hypertension and diabetes [11-13]. On the other hand, nutritional deficiencies can lead to reduced immunity and make individuals more vulnerable to infections [14, 15]. For all cells to function optimally, including those of the immune system, adequate and appropriate nutrition is necessary. Maintaining a healthy diet is therefore essential to promote overall health and well-being.

B) STRESS

For the immune system to function effectively, it is essential to have a healthy environment free from factors that can interfere with its functioning, such as stress. Prolonged exposure to stress can have a variety of adverse effects on health [16, 17]. Many of the health effects of stress are mediated by the immune system [18-20]. Although short-term stress can be beneficial in preparing the body for challenges and improving cognitive performance [21], chronic stress is generally detrimental to health.

Stress is an unavoidable part of life and can take many forms and dimensions, including psychological stress, which can make the body more vulnerable to disease. However, research has shown that a stress-free life is not always beneficial [22]. It is therefore essential to manage chronic stress in order to maintain a robust immune system and good general health.

C) PHYSICAL ACTIVITY

Although physical activity can provide several benefits, it is essential to engage in the one appropriate to one's ability. Among these benefits is increased blood flow to vital organs including the spleen, which is essential for immune function [23]. It can also increase immune cell production and reduce chronic inflammation. However, excessive or high-intensity exercise without adequate rest can lead to decreased cellular immunity and increased susceptibility to infectious diseases [24, 25]. Research has shown that the immune response associated with exercise is influenced by several factors, including the frequency, intensity, duration, and type of activity [26, 27]. In addition, excessive exercise can cause intense fatigue which can negatively impact the capacity of the immune system [28]. Conversely, a sedentary lifestyle, i.e. little or no physical activity, is considered to be one of the main risk factors for immune function [29]. Studies have shown that inactivity can weaken the immune system and make sedentary people more susceptible to infections and chronic health conditions [30, 31]. Therefore, it is crucial to engage in regular physical activity appropriate to individual abilities with sufficient recovery time to prevent any potential negative effects on overall health.

D) SLEEP

Age-appropriate sleep is not only essential for supporting the immune system, but also plays a vital role in promoting physical, mental and emotional health [32]. Given its importance as a modulator of the immune response, research has shown close links between sleep and the immune system [33]. In addition, it allows mental and physical recovery.

Sleep deprivation can weaken immunity and make the body more vulnerable to infection. Chronic deprivation of this factor can be considered as a state of non-specific chronic stress, which in turn has an impact on immune function and general health [18, 22, 34].

Excessive sleep, on the other hand, is associated with a number of health problems such as type 2 diabetes, heart disease, obesity and so on.

To avoid any complications, optimal sleep has been recommended for its valuable physiological processes, which include restorative and regulatory properties [35, 36].

E) ALCOHOL

The link between alcohol consumption, the immune response and infectious and inflammatory processes remains controversial and is not yet fully understood. Studies highlight the effects of excessive alcohol consumption, which can lead to immune deficiency and increased susceptibility to certain diseases. In contrast, moderate alcohol consumption has been associated with no risk [37] or a reduced risk of upper respiratory tract infections [38]. It has been suggested that moderate alcohol consumption has a beneficial impact on the immune system compared with alcohol abuse or abstinence [39- 43]. Some studies have added that moderate alcohol consumption may have favourable effects on health, such as reducing the risk of cardiovascular disease [44]. However, it is important to note that the effects of alcohol can vary from one person to another due to a number of factors that can influence these effects on an individual. In conclusion, it is strongly advised to approach alcohol consumption responsibly and to be aware of the potential risks and differences in reaction between individuals.

F) CLEANLINESS

Cleanliness can have both positive and negative effects on the immune system. On the positive side, exposure to a diverse range of microbes in the environment can contribute to strengthening the immune system. Additionally, it has been shown that exposure to certain types of microbes has a beneficial effect on health [45, 46]. Some studies suggest that exposure to microbes in early childhood is necessary for the proper development of the immune system [47]. On the other hand, excessive cleanliness can weaken the immune system, and it needs to be exposed to a variety of microbes to develop and maintain its capacity.

In summary, the balance between cleanliness and exposure to microbes is important for the proper development and functioning of the immune system. While it is important to maintain good hygiene practices, excessive cleanliness should be avoided, and exposure to a diverse range of microbes should be encouraged as much as possible.

G) SMOKING

Each of the factors discussed above has its positive, negative, and optimal aspects, except for smoking. Smoking is one of the leading causes of preventable death and disease [48] due to the many harmful chemicals found in cigarettes, including nicotine, tar, and carbon monoxide [49, 50], as well as addictive additives. This highly addictive habit has numerous negative health consequences, weakens the body's ability to fight disease, and increases the risk of immune system problems [51]. However, banning smoking in public places has been shown to significantly reduce the exposure of non-smokers to second-hand smoke [52]. Smoking has no benefit for any part of the body, including the immune system. Quitting smoking, on the other hand, offers numerous benefits, such as improved lung function, a reduced risk of disease, and better overall health and well-being. By monitoring and implementing the positive aspects of the other factors mentioned, individuals can strengthen their immune system, promote good health, and reduce the risk of autoimmune diseases.

AUTOIMMUNE DISEASES

Autoimmune diseases are caused by a malfunction of the immune system, which accidentally attacks the body instead of protecting it. The exact causes of this failure are not fully understood, but they probably result from a combination of genetic and environmental factors such as excessive exposure to chemicals [53] or solvents. These diseases can have a variety of symptoms depending on the type and organs affected, but certain signs are common, such as fatigue, joint pain, skin rashes, digestive and neurological disorders, weight loss and inflammation. There are more than 80 types of autoimmune disease that affect different organs and tissues of the body. Some are more serious than others and can cause lasting tissue damage, while others only affect a person's quality of life without causing significant physical damage. In addition, many of these diseases have similar symptoms or can occur simultaneously in the same individual.

Studies have shown that people with a family history, certain ethnic groups [54] and those who have been exposed to certain environmental factors are more likely to develop an autoimmune disease. It is true that many autoimmune diseases affect women more frequently than men, with ratios varying according to the disease. The reasons for this gender disparity are not fully understood, but hormonal factors and the strength of women's immune systems may play a role.

Autoimmune diseases are considered multifactorial because of their complexity and the involvement of multiple factors in their origin, which makes their prevention and effective management difficult. The variation in symptoms of these diseases from person to person makes diagnosis difficult. Although treatments are available to manage these symptoms and reduce

inflammation, autoimmune diseases are generally considered incurable [55, 56] and often require ongoing management and care.

Treatment goals generally focus on reducing inflammation and suppressing the immune system to prevent organ and tissue damage. However, there are some exceptions to this rule, such as certain types of autoimmune diseases that can go into remission or be effectively treated with drugs or other therapies [57, 58]. Although autoimmune diseases remain complex, ongoing research efforts aim to elucidate their underlying mechanisms, improve diagnostic methods and develop more targeted and effective treatments. In the meantime, improving the quality of life of people suffering from these enigmatic diseases is essential. This includes cultivating a positive frame of mind in these individuals so that they accept their fate, implementing effective symptom management strategies, adopting a nutritious diet, encouraging them to engage in regular physical activity and reducing stress levels to a minimum.

SOME FACTORS INVOLVED IN TRIGGERING AUTOIMMUNE DISEASES

Autoimmune diseases are complex conditions. Although the exact causes of these diseases are not fully understood, studies point to several factors that can contribute to their development and trigger their appearance. Here are just a few of the factors known to be involved:

- a) Environmental triggers: Various environmental factors have been implicated in the onset of autoimmune diseases [59, 60]. These may include infections (viral or bacterial), exposure to certain chemicals [53] or toxins, or even physical or emotional stress [61].
- b) Genetic factors: There is some evidence to suggest that certain genetic factors may predispose individuals to autoimmune diseases [62]. A family history of autoimmune disease increases the risk of developing one.
- c) Hormonal factors, particularly in women, also play a role, with fluctuations during puberty [63], pregnancy or the menopause influencing the development or progression of the disease.
- d) Immune system dysfunction: Autoimmune diseases result from dysfunction or disruption of the immune system. It is thought that certain events can upset the balance of immune cells and the signals they receive, leading to an inappropriate immune response against the body's own tissues.
- e) Gut microbiome: The composition and diversity of the gut microbiome, the collection of micro-organisms living in the digestive tract, can have an impact on immune function [64]. Imbalances in the intestinal microbiome, such as dysbiosis (alteration of normal microbial communities), have been associated with autoimmune diseases.

Understanding these factors and their interactions can provide valuable insights for improving diagnosis, treatment, and prevention strategies for autoimmune diseases.

CURRENT KNOWLEDGE OF THE MECHANISMS OF CERTAIN AUTOIMMUNE DISEASES AND THEIR TARGETS

Autoimmune diseases occur when the immune system, responsible for protecting against foreign invaders such as bacteria and viruses, mistakenly attacks its own cells and tissues. These diseases can affect various parts of the body and have various manifestations, and all share a common underlying mechanism of immune dysfunction.

The exact mechanisms by which autoimmune diseases develop are not fully understood, but significant progress has been made in unravelling some of the key factors involved. Researchers have identified some autoimmune diseases, including rheumatoid arthritis, multiple sclerosis, type 1 diabetes, lupus and celiac disease, Myasthenia gravis (MG) and have gained a better understanding of their causes and effects.

In rheumatoid arthritis, the immune system primarily targets the synovial membrane [65], which lines the joints. The immune cells misperceive the synovial tissue as a threat and trigger an inflammatory response, resulting in joint pain, stiffness and swelling. Over time, this chronic inflammation can damage the joints and surrounding tissue.

Multiple sclerosis is characterised by the immune system attacking the myelin sheath, a protective covering around the nerve fibres of the central nervous system. When myelin is damaged, nerve signals are disrupted, resulting in a wide range of neurological symptoms such as muscle weakness, impaired coordination and cognitive difficulties.

Type 1 diabetes results from a mistaken attack by the immune system on the insulin-producing cells of the pancreas, called beta cells. As a result, the body can no longer produce enough insulin, which leads to high blood sugar levels.

Lupus is a systemic autoimmune disease that can affect multiple organs and tissues throughout the body. ^[66] It involves the immune system producing auto-antibodies that target various components, such as DNA, red blood cells, and cell membranes. This generalized immune response leads to inflammation and damage in the affected organs, resulting in symptoms that vary widely from individual to individual.

Celiac disease involves the immune system targeting the lining of the small intestine in response to the ingestion of gluten, a protein found in wheat, barley and rye [67]. The immune response triggered by gluten damages the intestinal lining, leading to malabsorption of nutrients and causing symptoms such as abdominal pain, diarrhoea and weight loss.

Myasthenia gravis (MG) is also an autoimmune disease that affects the neuromuscular junction (NMJ), the point where nerve cells communicate with the muscles they control. In this disease, the immune system mistakenly produces antibodies that target and attack specific proteins in the postsynaptic membrane of the neuromuscular junction [68- 70]. As with all autoimmune diseases, the exact cause of MG is not yet fully understood.

Research into autoimmune diseases is ongoing and new knowledge about their mechanisms continues to emerge. Scientists are exploring the roles of specific immune cells, signalling pathways and genetic variations to better understand these complex disorders. Ultimately, advances in research will contribute to the development of more effective treatments and strategies to manage autoimmune diseases.

CONCLUSION

Autoimmune diseases encompass a wide range of conditions that occur when the immune system mistakenly attacks healthy cells and tissues in the body. There are more than 80 known autoimmune diseases, and each can have different symptoms, affect different organs or systems and have varying underlying causes.

It is important to note that autoimmune diseases are complex and can have multiple contributing factors. Each autoimmune disease has its own triggers and mechanisms. Further research is needed to fully understand the complexities of these conditions.

Given the complexity and diversity of autoimmune diseases, it is essential to approach each condition individually and take into account the specific factors involved in its development. Understanding these factors can help to improve diagnosis, develop targeted treatments and manage these diseases more effectively.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

- [1] THEOFILOPOULOS, Argyrios N., KONO, Dwight H., et BACCALA, Roberto. The multiple pathways to autoimmunity. *Nature immunology*, 2017, vol. 18, no 7, p. 716-724.
- [2] YU, Cong, GERSHWIN, M. Eric, et CHANG, Christopher. Diagnostic criteria for systemic lupus erythematosus: a critical review. *Journal of autoimmunity*, 2014, vol. 48, p. 10-13.
- [3] ANAYA, Juan-Manuel. Common mechanisms of autoimmune diseases (the autoimmune tautology). *Autoimmunity reviews*, 2012, vol. 11, no 11, p. 781-784.
- [4] MIFFLIN, Katherine A. et KERR, Bradley J. Pain in autoimmune disorders. *Journal of neuroscience research*, 2017, vol. 95, no 6, p. 1282-1294.
- [5] JAWAHEER, Damini, SELDIN, Michael F., AMOS, Christopher I., et al. A genomewide screen in multiplex rheumatoid arthritis families suggests genetic overlap with other autoimmune diseases. *The American Journal of Human Genetics*, 2001, vol. 68, no 4, p. 927-936.
- [6] QUINTERO, Olga L., AMADOR-PATARROYO, Manuel J., MONTOYA-ORTIZ, Gladys, et al. Autoimmune disease and gender: plausible mechanisms for the female predominance of autoimmunity. *Journal of autoimmunity*, 2012, vol. 38, no 2-3, p. J109-J119.
- [7] MAGGINI, Silvia, MALDONADO, Paola, CARDIM, Paula, et al. Vitamins C, D and zinc: synergistic roles in immune function and infections. *Vitam Miner*, 2017, vol. 6, no 167, p. 2376-1318.1000167.
- [8] MAGGINI, Silvia, PIERRE, Adeline, et CALDER, Philip C. Immune function and micronutrient requirements change over the life course. *Nutrients*, 2018, vol. 10, no 10, p. 1531.

- [9] CALDER, Philip C., CARR, Anitra C., GOMBART, Adrian F., et al. Optimal nutritional status for a well-functioning immune system is an important factor to protect against viral infections. *Nutrients*, 2020, vol. 12, no 4, p. 1181.
- [10] MILNER, J. Justin et BECK, Melinda A. The impact of obesity on the immune response to infection. *Proceedings of the Nutrition Society*, 2012, vol. 71, no 2, p. 298-306.
- [11] SOROF, Jonathan et DANIELS, Stephen. Obesity hypertension in children: a problem of epidemic proportions. *Hypertension*, 2002, vol. 40, no 4, p. 441-447.
- [12] RAGHAVAN, Somasundaram, SINGH, Nikhlesh K., GALI, Sivaiah, et al. Protein kinase C θ via activating transcription factor 2-mediated CD36 expression and foam cell formation of Ly6Chi cells contributes to atherosclerosis. *Circulation*, 2018, vol. 138, no 21, p. 2395-2412.
- [13] WEST-EBERHARD, Mary Jane. Nutrition, the visceral immune system, and the evolutionary origins of pathogenic obesity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2019, vol. 116, no 3, p. 723-731.
- [14] WATSON, Ronald R. Nutrition, disease resistance, and immune function. M. Dekker, 1984.
- [15] CHANDRA, Ranjit Kumar. Nutrition, immunity and infection: from basic knowledge of dietary manipulation of immune responses to practical application of ameliorating suffering and improving survival. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1996, vol. 93, no 25, p. 14304-14307.
- [16] MCEWEN, Bruce S. Protective and damaging effects of stress mediators. *New England journal of medicine*, 1998, vol. 338, no 3, p. 171-179.
- [17] ADER, R. Psychoneuroimmunology, *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. 2001.
- [18] DHABHAR, Firdaus S. Enhancing versus suppressive effects of stress on immune function: implications for immunoprotection and immunopathology. *Neuroimmunomodulation*, 2009, vol. 16, no 5, p. 300-317.
- [19] DHABHAR, Firdaus S., MALARKEY, William B., NERI, Eric, et al. Stress-induced redistribution of immune cells—From barracks to boulevards to battlefields: A tale of three hormones—Curt Richter Award Winner. *Psychoneuroendocrinology*, 2012, vol. 37, no 9, p. 1345-1368.
- [20] PADRO, Caroline J. et SANDERS, Virginia M. Neuroendocrine regulation of inflammation. In: *Seminars in immunology*. Academic Press, 2014. p. 357-368.
- [21] DHABHAR, Firdaus S. Effects of stress on immune function: the good, the bad, and the beautiful. *Immunologic research*, 2014, vol. 58, p. 193-210.
- [22] MCEWEN, Bruce S. Physiology and neurobiology of stress and adaptation: central role of the brain. *Physiological reviews*, 2007, vol. 87, no 3, p. 873-904.
- [23] SIMPSON, Richard J., CAMPBELL, John P., GLEESON, Maree, et al. Can exercise affect immune function to increase susceptibility to infection?. *Exercise immunology review*, 2020, vol. 26, p. 8-22.
- [24] PEDERSEN, Bente Klarlund et HOFFMAN-GOETZ, Laurie. Exercise and the immune system: regulation, integration, and adaptation. *Physiological reviews*, 2000.
- [25] LEANDRO, Carol Góis, CASTRO, Raul Manhães de, NASCIMENTO, Elizabeth, et al. Adaptative mechanisms of the immune system in response to physical training. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 2007, vol. 13, p. 343-348.
- [26] LADDU, Deepika R., LAVIE, Carl J., PHILLIPS, Shane A., et al. Physical activity for immunity protection: Inoculating populations with healthy living medicine in preparation for the next pandemic. *Progress in cardiovascular diseases*, 2021, vol. 64, p. 102.
- [27] SIMPSON, Richard J. et KATSANIS, Emmanuel. The immunological case for staying active during the COVID-19 pandemic. *Brain, behavior, and immunity*, 2020, vol. 87, p. 6.
- [28] WALSH, Neil P., GLEESON, Michael, PYNE, David B., et al. Position statement part two: maintaining immune health. 2011.
- [29] SIMPSON, Richard J., KUNZ, Hawley, AGHA, Nadia, et al. Exercise and the regulation of immune functions. *Progress in molecular biology and translational science*, 2015, vol. 135, p. 355-380.
- [30] NIEMAN, David C. et WENTZ, Laurel M. The compelling link between physical activity and the body's defense system. *Journal of sport and health science*, 2019, vol. 8, no 3, p. 201-217.
- [31] CAMPBELL, John P. et TURNER, James E. Debunking the myth of exercise-induced immune suppression: redefining the impact of exercise on immunological health across the lifespan. *Frontiers in immunology*, 2018, vol. 9, p. 648.
- [32] LUYSTER, Faith S., STROLLO JR, Patrick J., ZEE, Phyllis C., et al. Sleep: a health imperative. *Sleep*, 2012, vol. 35, no 6, p. 727-734.
- [33] BORN, Jan. Sleep and immune functions. *Psychoneuroimmunology: An interdisciplinary introduction*, 1999, p. 417-442.
- [34] MEERLO, Peter, SGOIFO, Andrea, et SUCHECKI, Deborah. Restricted and disrupted sleep: effects on autonomic function, neuroendocrine stress systems and stress responsivity. *Sleep medicine reviews*, 2008, vol. 12, no 3, p. 197-210.
- [35] BENINGTON, Joel H. et HELLER, H. Craig. Restoration of brain energy metabolism as the function of sleep. *Progress in neurobiology*, 1995, vol. 45, no 4, p. 347-360.
- [36] MACKIEWICZ, Mirosław, SHOCKLEY, Keith R., ROMER, Micah A., et al. Macromolecule biosynthesis: a key function of sleep. *Physiological genomics*, 2007, vol. 31, no 3, p. 441-457.

- [37] ENGS, Ruth C. et ALDO-BENSON, Marlene. The association of alcohol consumption with self-reported illness in university students. *Psychological Reports*, 1995, vol. 76, no 3, p. 727-736.
- [38] DOLL, Richard, PETO, Richard, BOREHAM, Jillian, et al. Mortality in relation to smoking: 50 years' observations on male British doctors. *Bmj*, 2004, vol. 328, no 7455, p. 1519.
- [39] COHEN, Sheldon, TYRRELL, D. A., RUSSELL, Michael A., et al. Smoking, alcohol consumption, and susceptibility to the common cold. *American journal of public health*, 1993, vol. 83, no 9, p. 1277-1283.
- [40] Mendenhall, C.L., et al. «Biphasic in vivo immune function after low-versus high-dose alcohol consumption.» *Alcohol*, vol. 14, no. 3, 1997, pp. 255-260.
- [41] Diaz, L. E., et al. «Influence of alcohol consumption on immunological status: a review.» *European journal of clinical nutrition*, vol. 56, no. 3, 2002, pp. S50-S53.
- [42] Romeo, J., et al. «Changes in the immune system after moderate beer consumption.» *Annals of Nutrition and Metabolism*, vol. 51, no. 4, 2007, pp. 359-366.
- [43] Romeo, J., et al. «Effects of moderate beer consumption on first-line immunity of healthy adults.» *Journal of physiology and biochemistry*, vol. 63, no. 2, 2007, pp. 153-159.
- [44] Brien, S. E., et al. «Effect of alcohol consumption on biological markers associated with risk of coronary heart disease: systematic review and meta-analysis of interventional studies.» *Bmj*, vol. 342, 2011.
- [45] Lowry, C. A., et al. «Identification of an immune-responsive mesolimbocortical serotonergic system: potential role in regulation of emotional behavior.» *Neuroscience*, vol. 146, no. 2, 2007, pp. 756-772.
- [46] Rook, G. A., et al. «Microbial 'Old Friends', immunoregulation and stress resilience.» *Evolution, medicine, and public health*, vol. 2013, no. 1, 2013, pp. 46-64.
- [47] Rook, G. A., et al. «Hygiene and other early childhood influences on the subsequent function of the immune system.» *Brain research*, vol. 1617, 2015, pp. 47-62.
- [48] Centers for Disease Control and Prevention (CDC). «Annual smoking-attributable mortality, years of potential life lost, and economic costs--United States, 1995-1999.» *MMWR. Morbidity and mortality weekly report*, vol. 51, no. 14, 2002, pp. 300-303.
- [49] Rennard, S. I. «Cigarette smoke in research.» *American journal of respiratory cell and molecular biology*, vol. 31, no. 5, 2004, pp. 479-480.
- [50] Talhout, R., et al. «Hazardous compounds in tobacco smoke.» *International journal of environmental research and public health*, vol. 8, no. 2, 2011, pp. 613-628.
- [51] Qu, J., et al. «Recent developments in the role of reactive oxygen species in allergic asthma.» *Journal of thoracic disease*, vol. 9, no. 1, 2017, pp. E32.
- [52] Gorini, G., et al. «Smoke-free policy development in Italy through the legislative process of the ban 2000-2005, and press media review 1998-2008.» *Annali dell'Istituto superiore di sanità*, vol. 47, 2011, pp. 260-265.
- [53] Samih, M., and Ahami, A. O. T. «Research Article Excessive Pesticide Use Likely to Cause the Onset of Myasthenia Gravis in the Moroccan Agricultural Population.» *Population*, vol. 23, 2020, pp. 917-921.
- [54] Anaya, J. M., et al. «The autoimmune tautology: from polyautoimmunity and familial autoimmunity to the autoimmune genes.» *Autoimmune Diseases*, 2012.
- [55] Stroehla, B. C. «The epidemiology of autoimmune diseases.» *Autoimmunity Reviews*, vol. 2, 2003, pp. 119-125.
- [56] Cooper, G. S., et al. «Recent insights in the epidemiology of autoimmune diseases: improved prevalence estimates and understanding of clustering of diseases.» *Journal of Autoimmunity*, vol. 33, no. 3-4, 2009, pp. 197-207.
- [57] Feng, X., et al. «Association of increased interferon-inducible gene expression with disease activity and lupus nephritis in patients with systemic lupus erythematosus.» *Arthritis Rheum*, vol. 54, 2006, pp. 2951-2962.
- [58] Crow, M. K. «Type I interferon in systemic lupus erythematosus.» *Current Topics in Microbiology and Immunology*, vol. 316, 2007, pp. 359-386.
- [59] Miller, F. W., et al. «Criteria for environmentally associated autoimmune diseases.» *Journal of Autoimmunity*, vol. 39, no. 4, 2012, pp. 253-258.
- [60] Cho, J. H., and Gregersen, P. K. «Genomics and the multifactorial nature of human autoimmune disease.» *New England Journal of Medicine*, vol. 365, no. 17, 2011, pp. 1612-1623.
- [61] Anaya, J. M. «The autoimmune tautology.» *Arthritis Research & Therapy*, vol. 12, no. 6, 2010, pp. 1-3.
- [62] Stojanovich, L., and Marisavljevich, D. «Stress as a trigger of autoimmune disease.» *Autoimmunity Reviews*, vol. 7, no. 3, 2008, pp. 209-213.
- [63] Patton, G. C., and Viner, R. «Pubertal transitions in health.» *The Lancet*, vol. 369, no. 9567, 2007, pp. 1130-1139.
- [64] Guarner, F., and Malagelada, J. R. «Gut flora in health and disease.» *The Lancet*, vol. 361, no. 9356, 2003, pp. 512-519.
- [65] Biwaters, E. G. L. «Lesions of bursae, tendons and tendon sheaths.» *Clinical Rheumatology and Related Research*, vol. 5, 1979, pp. 883-925.
- [66] Diamond, B., and Volpe, B. T. «A model for lupus brain disease.» *Immunological Reviews*, vol. 248, no. 1, 2012, pp. 56-67.

- [67] Losowsky, M. S. «A History of Coeliac Disease.» *Digestive Diseases*, vol. 26, no. 2, 2008, pp. 112-120.
- [68] Meriggioli, Matthew N., and Sanders, Donald B. «Autoimmune Myasthenia Gravis: Emerging Clinical and Biological Heterogeneity.» *The Lancet Neurology*, vol. 8, no. 5, 2009, pp. 475-490.
- [69] Drachman, Daniel B. «Myasthenia Gravis.» *New England Journal of Medicine*, vol. 330, no. 25, 1994, pp. 1797-1810.
- [70] Patrick, J., and J. Lindstrom. «Autoimmune Response to Acetylcholine Receptor.» *Science*, vol. 180, no. 4088, 1973, pp. 871-872.

Variabilités morphologique et phénologique de dix accessions de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Fabaceae), niébé cultivées en Côte d'Ivoire

[Morphological and phenological variability of ten accessions of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Fabaceae), cowpea grown in Côte d'Ivoire]

Kimou Serge Hervé¹, Nanti Bi Tra Jean-Innocent², Koné Tchoa³, and Koné Mongomaké⁴

¹Département des Sciences et Techniques, Université ALASSANE OUATTARA, 01 BP V 18 Bouaké, Côte d'Ivoire

²UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

³UFR Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

⁴UFR Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Cowpea is important for food safety in several countries of Africa. In spite of this importance, we have an insufficiency of data on the morphophenologic and nutritional characteristics of *Vigna unguiculata* in Côte d'Ivoire. Then, in the present study, analysis of morphological and phenologic traits of 10 cowpea accessions was carried out to identify ideal plant producing simultaneously in quantity seeds and fodder during a short time of culture cycle. The 10 accessions were cultivated under the same pedological and climatic conditions according to a device in block with 5 repetitions. Germination growth and reproduction parameters were evaluated from the sowing to the harvest period. Results show that any accession can be retained as the ideal plant. However, NR2 and NRB1 can be recommended for their high seed yield. NB1 can be retained for the production of seeds and fodder. On the other hand, accessions NN1, NN2, NRB2, NMC1, and NMC2 can be appreciated for a higher length of pods and for their earlier cycle.

KEYWORDS: *Vigna unguiculata*, morphological and phenologic variabilities, food safet.

RESUME: *Vigna unguiculata* joue un rôle important dans la sécurité alimentaire des pays en Afrique. Malgré cette importance, on note une insuffisance de données sur les caractéristiques morphophénologiques et nutritionnelles de *Vigna unguiculata* en Côte d'Ivoire. Par conséquent, l'analyse des variabilités morphologique et phénologique de 10 accessions de *Vigna unguiculata* a été réalisée pour la recherche d'une plante modèle. Cette plante présenterait une aptitude à produire simultanément en quantité des graines et du fourrage dans un cycle de culture assez court. Les 10 accessions ont été cultivées dans les mêmes conditions pédologique et climatique selon un dispositif en bloc avec 5 répétitions. Les paramètres de germination, de croissance et de reproduction ont été évalués du semis à la récolte. Les résultats montrent qu'aucune accession testée ne présente à la fois les caractéristiques recherchées (cycle court et production quantitative des graines et de fourrage). Toutefois, il existe des accessions intéressantes pour des caractéristiques spécifiques. Les accessions NR2 et NRB1 peuvent être recommandées pour leur rendement élevé en graines. L'accession NB1 peut être retenue sur le plan quantitatif pour la production du fourrage. Par contre les accessions NN1, NN2, NRB2, NMC1, NMC2 peuvent être appréciées pour une longueur de gousses plus élevée et pour leur cycle de culture généralement court.

MOTS-CLEFS: *Vigna unguiculata*, variabilités morphologique et phénologique, sécurité alimentaire.

1 INTRODUCTION

Une étude de la banque mondiale a révélé que moins de la moitié des pays en Afrique, sont capables d'assurer la ration d'énergie alimentaire suffisante de 2300 calories, par personne et par jour [1]. L'amélioration des productions végétales se présente alors comme l'un des défis majeurs de l'agriculture pour atteindre l'autosuffisance alimentaire [1]. La culture des légumineuses à graines a été reconnue comme étant l'une des meilleures solutions et la moins coûteuse pour résoudre les problèmes de malnutrition et plus spécifiquement les carences protéiques en Afrique subsaharienne [2]. La majeure partie du régime alimentaire des populations des zones rurales et urbaines démunies en Afrique est composée de féculents tels que le manioc, l'igname, le plantain, le mil, le sorgho et le maïs. La complémentation de ce régime alimentaire avec les légumineuses, en général, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., en particulier, améliorerait nettement l'équilibre alimentaire et augmenterait ainsi la qualité et la quantité des protéines. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. est l'une des principales légumineuses d'importance mondiale [3]. La plante joue un rôle majeur dans la nutrition de l'homme et du bétail à cause de sa composition en acides aminés essentiels en minéraux et vitamines. Ses taux de protéines varient de 20 à 25 % du poids sec des graines [4]. Pour sa richesse en protéines, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. a été désignée comme étant la viande des pauvres. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. est très utilisée dans les rotations culturales car elle améliore la fertilité des sols par la fixation de l'azote atmosphérique grâce aux symbioses avec les bactéries du genre *Rhizobium* spp et *Bradyrhizobium* spp [5]. Malgré la contribution significative de *Vigna unguiculata* dans la sécurité alimentaire, il existe peu de données sur les caractéristiques agromorphologiques des accessions de niébé en Côte d'Ivoire. Très peu d'informations restent disponibles à ce jour, sur les accessions (traditionnelles et améliorées), la distribution, la diversité génétique, les performances agronomiques et les utilisations de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. dans les différentes zones agroécologiques de la Côte d'Ivoire. La gestion et l'exploitation efficaces du potentiel génétique nécessite une connaissance détaillée sur la diversité génétique par l'évaluation des caractères quantitatifs et qualitatifs des accessions de niébé [6]. La présente étude a pour objectif, la caractérisation agromorphologique de 10 accessions de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. susceptibles de contribuer à la sécurité alimentaire et d'améliorer la santé des populations humaine et animale. Cette caractérisation permettra d'identifier la plante modèle, c'est-à-dire, celle qui présenterait une aptitude à produire simultanément en quantité des graines et du fourrage dans un cycle de culture assez court.

2 MATERIEL ET METHODE

2.1 MATERIEL VEGETAL

Dix accessions de *Vigna unguiculata* cultivées en Côte d'Ivoire ont été utilisées pour estimer la variabilité génétique. Les graines ont été collectées sur des parcelles paysannes au Nord de la Côte d'Ivoire. Les différentes accessions sont décrites dans le tableau 1

Tableau 1. Lieu de collecte et quelques caractères distinctifs des graines de *Vigna unguiculata* utilisées

Accessions	Provenances	Couleur	Aspect	Forme
NN1	Dikodougou	Noir	Lisse	Ovoïde
NN2	Korhogo	Noir tacheté	Lisse	Ovoïde
NR1	Korhogo	Rouge	Lisse	Ovoïde
NR2	Korhogo	Rouge	Lisse	Ovoïde
NMC1	Korhogo	Marron clair	Lisse	Ovoïde
NMC2	Korhogo	Marron clair tacheté	Lisse	Ovoïde
NRB1	Korhogo	Rouge Bordeaux	Lisse	Ovoïde
NRB2	Korhogo	Rouge Bordeaux tacheté	Lisse	Ovoïde
NB1	Korhogo	Blanche	Ridée	Réniforme
NB2	Minignan	Blanche	Lisse	Ovoïde

2.2 METHODE

2.2.1 EXPERIMENTATION

L'expérimentation a été conduite selon un dispositif en blocs complètement aléatoire (DBCA) avec cinq répétitions. La parcelle expérimentale est composée de cinq blocs de dix parcelles élémentaires. Chaque parcelle élémentaire correspond à un traitement (accession). Les parcelles ont été distantes de 25 cm. Un espace de 25 cm de large a été laissé entre les bordures du champ et les parcelles. Les graines des différentes accessions de *Vigna unguiculata* ont été semées en raison de 02 graines par poquet à une profondeur de 3 cm. La distance entre les points de semis (dans la ligne et entre les lignes) a été de 50 cm. Quelques jours après le semis (JAS), le démariage a été réalisé afin de ne conserver qu'une plante par poquet de semis. Un désherbage mensuel a été effectué pour l'entretien de la parcelle. Aucun arrosage n'a été effectué en dehors des précipitations. De plus, aucun produit chimique n'a été apporté au cours de l'expérimentation.

Les différentes évaluations ont été réalisées sur 10 plantes choisies aléatoirement par parcelle élémentaire. Au total, 18 paramètres ont été évalués au cours de cette expérimentation. La caractérisation des dix accessions de *Vigna unguiculata* a été réalisée à l'émergence des plantules, aux stades du développement de la plante et à la récolte. La croissance des différents organes a été estimée pendant la phase végétative. Les principales dates phénologiques de la phase de reproduction ont été déterminées. Après ce stade, les composantes du rendement ont été évaluées à la récolte.

2.2.2 ANALYSE STATISTIQUE

Toutes les valeurs obtenues ont été soumises à une analyse de variance. Le logiciel STATISTICA 7.1. a été utilisé pour réaliser cette analyse de variance (ANOVA un facteur). Lorsque l'analyse indique qu'au moins une moyenne est différente des autres, le test de comparaison multiple de Newman-Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ est réalisé pour séparer les moyennes. Pour mieux discriminer les accessions, une analyse en composantes principales (ACP) basée sur la dérivation des variables orthogonales a été réalisée à l'aide du logiciel statistique XL STAT 7.5

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 L'ÉMERGENCE DES PLANTULES

L'émergence des plantules a été étudiée pour apprécier la capacité germinative des graines à travers l'apparition des plantules à la surface du sol. Chez toutes les accessions étudiées, l'émergence des plantules a été observée entre le 2^{ème} jour et le 7^{ème} jour après semis. Toutes les accessions ont exprimé des taux d'émergence élevés et statistiquement identiques.

L'émergence des plantules a également été estimée par le TME (Temps moyen d'émergence). Le TME a varié de 3,12 à 4,47 JAS. Le TME le plus court a été observé avec NN1 et NMC2 et le plus long TME a été obtenu avec NRB1. Ces résultats traduisent un étalement de l'émergence des plantules qui pourrait résulter d'une hétérogénéité de la qualité germinative des semences. Des graines de différentes tailles, illustrant différents niveaux de remplissage des graines et l'état sanitaire traduisent de façon physique la qualité germinative des semences.

3.2 LA CROISSANCE DES PLANTES

La croissance de la plante a montré que la hauteur de la plante a varié de 20,8 à 37,82 cm. Des résultats similaires ont été obtenus avec [7]. Les longueurs des gousses des accessions NN1, NRB2, NR1 et NMC2 ont été statistiquement identiques mais supérieures à celles des autres accessions. La longueur des gousses pourrait résulter d'une variabilité génétique. A l'exception de l'accession NB1 qui a présenté une biomasse aérienne élevée toutes les autres accessions ont exprimé une biomasse aérienne statistiquement identique. La forte biomasse de NB1 pourrait être liée à l'efficacité d'interception du rayonnement et surtout à l'efficacité biologique de sa conversion en biomasse. L'accumulation de la biomasse par les plantes est liée à la quantité des radiations photosynthétiques actives interceptées [9]. Plusieurs études ont montré une forte relation linéaire entre l'accumulation de la biomasse et la radiation solaire interceptée par différentes plantes [10], [11]. Cette accumulation de la biomasse pourrait être liée aussi à l'activité photosynthétique des chloroplastes et à leur densité dans les cellules foliaires.

Les mesures effectuées sur la foliole principale ont montré que selon la clé de description des légumineuses de [12], NMC1 est à foliole oblongue car sa longueur est le triple de sa largeur et les autres accessions sont à foliole ovale car la longueur

avoisine le double de la largeur. Aussi NR2 s'est différenciée des autres accessions par ses mesures de longueur de foliole, de pétiole, d'entre-nœud, sa largeur de foliole et son diamètre de tige élevé.

3.3 LA PHENOLOGIE

Les dates de floraison (DF), de formation des gousses (DFG) et de maturité physiologique des gousses (DMPG) sont les paramètres les plus importants dans la caractérisation du stade reproducteur chez les plantes. Les résultats relatifs à l'évaluation de ces paramètres ont été résumés dans le tableau 2.

La DF a varié entre 44 et 81 JAS en fonction des accessions. A l'exception du NB1 dont la floraison est tardive (81 JAS), toutes les autres accessions ont fleuri à partir de 44 JAS.

Chez NB1 la formation des gousses et leur maturation ont été tardives. Par contre la DF, la DFG et la DMG, ont été précoces chez les accessions NN1 et NN2. Cela pourrait résulter du fait qu'il existe des accessions à cycle court et des accessions à cycle long. NB1 est à cycle long et les autres sont à cycle court.

Tableau 2. Evaluation de l'Emergence, la croissance et des dates phénologiques de *Vigna unguiculata*

Accessions										
Paramètres	NN1	NN2	NRB1	NRB2	NR1	NR2	NMC1	NMC2	NB1	NB2
Emergence										
TxE	85,8 a	87,49 a	80,83 a	95,83 a	96,66 a	93,33 a	83,33 a	92,5 a	95,83 a	91,67 a
TME	3,12 a	3,56 c	4,47 d	3,28 ab	3,44 bc	3,27 ab	3,47 bc	3,13 a	3,25 ab	3,24 ab
Croissance										
HP	21,52 a	21,14 a	31,26 e	24,26 b	25,98 bc	37,82 f	27,68 c	26,44 bc	20,80 a	23,42 ab
LG	17,94 d	17,27 c	16,95bc	18,27 d	17,84 d	15,84 a	16,20 ab	17,89 d	16,90 bc	16,59 b
BM	29,16 a	25,58 a	40,00 a	21,84 a	24,82 a	24,64 a	14,48 a	27,32 a	137,96 b	16,84 a
Lfp	8,05 a	8,55abc	10,04 f	8,15 ab	8,76 d	11,53 g	12,26 h	8,83 d	9,48 e	8,66 c
lfp	4,97 b	5,79 c	6,65 d	5,30 b	5,39 bc	8,74 e	3,66 a	5,88 cd	4,94 b	5,39 bc
Lp	7,77 a	8,51 ab	11,93 d	9,93 c	9,65 c	13,18 e	10,03 c	8,59 ab	8,30 ab	9,22 bc
Len	1,39 b	1,19 a	1,80 d	1,47 bc	1,63 c	1,86 d	1,48 bc	1,51 bc	1,41 b	1,23 a
Lt	62,5 d	49,94bc	56,3bcd	74,46 e	67,44 de	69,90 e	47,88 b	56,4 bcd	52,42 bc	21,98 a
Dt	0,48 a	0,53 ab	0,78 c	0,55 ab	0,54 ab	0,91 d	0,73 c	0,57 b	0,57 b	0,54 ab
Phénologie										
DF	44,58 a	44,52 a	56,7 e	47,4 c	46,26 ab	48,06 c	58,22 e	47,74 c	80,06 f	54,90 d
DFG	47,14 a	47,18 a	59,56 e	50,16 bc	48,86 ab	50,94 c	61,58 f	50,50 bc	82,82 g	57,56 d
DMPG	57,66 a	58,16 a	70,38 d	61,10 b	60,04 b	61,98 b	72,62 e	61,56 b	93,70 f	68,56 c

Dans une colonne, les chiffres suivis des mêmes lettres sont statistiquement identiques au seuil de 5% (test de Newman-Keuls). TxE: Taux d'émergence; TME: Temps Moyen d'Emergence; HP: Hauteur de la plante; LG: Longueur des Gousses; BM: Biomasse aérienne; Lfp: Longueur de la foliole principale; lfp: largeur de la foliole principale; Lp: Longueur du pétiole; Len: Longueur des entre-nœuds; Lt: Longueur de la tige; Dt: Diamètre de la tige

3.4 COMPOSANTES DE RENDEMENT

L'évaluation des paramètres caractérisant les gousses et les graines (Tableau 3) a permis de mettre en évidence les capacités de production des plantes étudiées. L'évaluation des composantes du rendement a montré que l'accension NB1 a été caractérisée par son faible nombre de graines dans les gousses et par son poids de 100 graines le plus élevé. Le faible rendement s'expliquerait surtout par les attaques des insectes et les maladies durant le cycle de culture. Le poids de 100 graines est un caractère quantitatif important [13]. Un gène dominant caractéristique des grosses graines a été identifié [14]. Par conséquent, les accessions à grosses graines ont un poids de 100 graines plus élevé. Cela se confirme avec l'accension NB1 qui a présenté le poids de 100 graines le plus élevé. Le nombre de graines par gousse et le poids de 100 graines constituent des variables déterminantes pour la prédiction du rendement chez le niébé [15].

Tableau 3. Composantes du rendement chez les 10 accessions de *Vigna unguiculata*

Paramètres	NN1	NN2	NRB1	NRB2	NR1	NR2	NMC1	NMC2	NB1
Nb gr/G	16,22 cd	16,12 c	16,84 e	17,08 e	16,54 cde	17,06 f	14,48 b	16,28 cd	12,64 a
P100 gr	11,68 b	12,36 bc	9,22 a	11,36 b	12,10 bc	8,88 a	13,08 d	11,80 b	14,40 e
RDT	177,61 a	150,27 a	227,72 a	200,05 a	169,64 a	218,93 a	118,96 a	90,55 a	175,5 a

Dans une colonne, les chiffres suivis des mêmes lettres sont statistiquement identiques au seuil de 5% (test de Newman-Keuls). Nb gr/G: Nombre de graines par gousse; P100 gr: Poids de 100 graines; RDT: Rendement à l'hectare.

3.5 VARIABLES DISCRIMINANT LES ACCESSIONS DE VIGNA UNGUICULATA

L'analyse en composante principale a permis de classer les accessions en 3 groupes. Le premier groupe est constitué des accessions NR2 et NRB1. Ce groupe a été caractérisé par des moyennes élevées de nombre de graines par gousse, de hauteur, de largeur et longueur de folioles, de longueur de pétioles, de longueur des entre-nœuds et de diamètre des tiges. Par contre, ce groupe renferme des accessions dont le poids de 100 graines est faible.

Le deuxième groupe est constitué des accessions NB1 et NMC1. Ce sont des accessions tardives caractérisées par une forte production de biomasse et dont le poids de 100 graines est élevé.

Le troisième groupe est constitué de six accessions (NN1, NN2, NRB2, NMC2, NR1 et NB2). Celles-ci ont été identifiées par les dates phénologiques, la biomasse, les longueurs des gousses et des folioles principales. Ce sont des accessions précoces à faible production de biomasse et à faible développement végétatif. L'ACP a permis de classer les accessions en 3 groupes. Des résultats similaires ont été rapportés par [15] chez *Vigna mungo* et [16] chez *Vigna subterranea*. Ces auteurs ont également montré que les variables caractérisant le stade végétatif et reproducteur ont contribué à la formation d'un même axe.

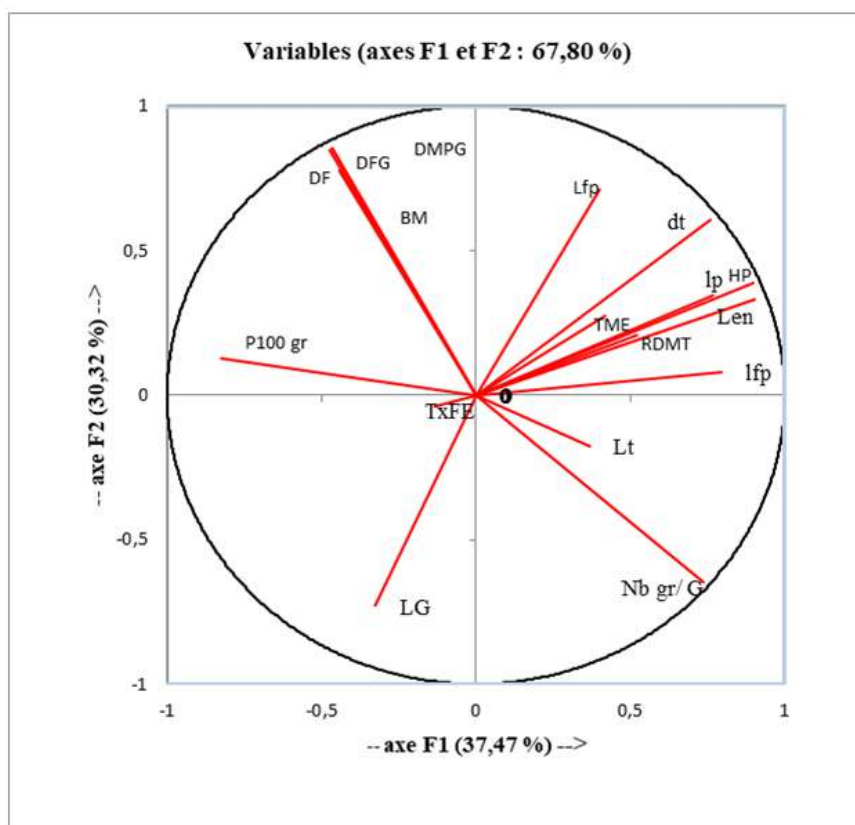


Fig. 1. Cercles de corrélation (variables/ facteurs) l'ACP exprimant la représentativité des variables agromorphologiques sur les axes F1 et F2

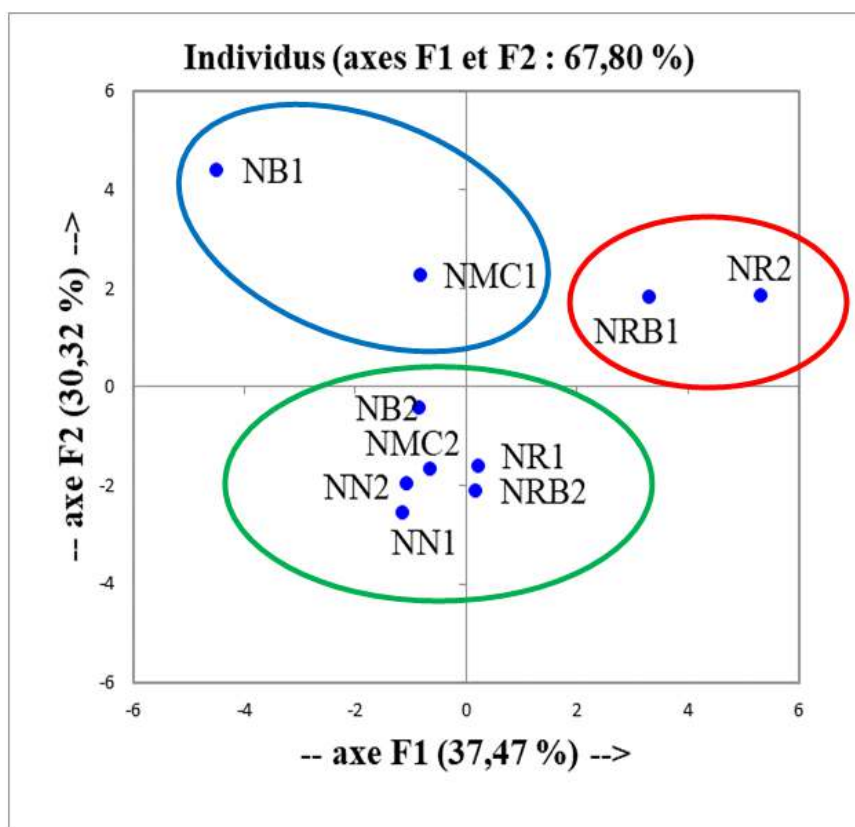


Fig. 2. Répartition des accessions dans le plan formé par de les axes F1 et F2

4 CONCLUSION

La variabilité de *Vigna unguiculata* a montré l'existence de différences significatives au niveau des caractères morphologiques et phénologiques. Les résultats obtenus ont révélé que sur les 19 variables utilisées, 17 sont suffisamment discriminantes et permettent de caractériser les accessions étudiées. Le temps moyen d'émergence, le développement de la tige et des feuilles, les dates phénologiques, le nombre de graines par gousse, le poids de 100 graines et le rendement sont des caractères importants qui varient significativement entre les accessions de *Vigna unguiculata* étudiées. Les dates phénologiques ont permis de montrer que toutes les accessions ont un cycle court à l'exception de NB1, qui a un cycle long. Ainsi, les dates de floraison, de formation et de maturation des gousses indiquent nettement que l'accension NB1 est la plus tardive. Cependant, elle peut être retenue pour la production des feuilles. En effet, elle a eu une biomasse élevée. L'accension NR1 a exprimé une meilleure germination des graines. Par contre, les accessions NR2 et NRB1 ont présenté une bonne croissance de la tige et des feuilles. Ces accessions peuvent être également recommandées pour leur rendement élevé en graines. Les accessions NN1, NN2, NRB2, NMC1, NMC2 peuvent être appréciées pour la longueur de gousses plus élevée et pour leur cycle généralement court. Cette étude a montré qu'aucune accession ne présente à la fois les caractéristiques recherchées (cycle court et production quantitative des graines et de fourrage). Toutefois, il existe des accessions intéressantes pour des caractéristiques spécifiques. Ces accessions ont été structurées en trois groupes génétiques qui offrent une grande possibilité pour la création de variétés améliorées de niébé en Côte d'Ivoire.

REFERENCES

- [1] Boussard J., Gérard F., et Voituriez T., 2005. Background study – agricultural development and food security in sub-Saharan Africa: building a case for more public support. CIRAD for FAO, pp 5-25.
- [2] Walrand S., et Rémond D., 2017. Les graines de légumineuses: caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. *Innovations Agronomiques* 60: 133-144.
- [3] Kpatinvoh B., Adjou E.S., Dahouenou-Ahoussi E., Konfo T.R., Atrevey B.C., Sohounhloue D., 2016. Problématique de la conservation du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en Afrique de l'Ouest: étude d'impact et approche de solution. *Journal of Animal and Plant Sciences* 31 (1) 4831-4842.

- [4] Masanga K.G., Ngoyi N.A., Kandolo L.A., Ngoyi K.C., Ngoyi K.F., Ngoyi M., Muanyine C., Ndjibu N.L. et Yashima Y.A., 2020. Etude de la substitution de soja (*Glycine max*) par le niébé (*Vigna unguiculata*) dans l'alimentation des poulets de chair à Kabinda: Influence sur les performances zootechniques. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 30 (2): 607-613.
- [5] Carsky R.J., Douthwaite B., Manyong V.M., Sangina N., Schulz S., Vanlauwe B., Diels J. et Keatinge J.D.H., 2003. Amélioration de la gestion des sols par l'introduction de légumineuses dans les systèmes céréaliers des savanes africaines. *Cahiers Agriculture* 12, 227-233.
- [6] Touré Y., Koné M., Tanoh K.H., Koné D., 2012. Agromorphological and Phenological Variability of 10 Bambara Groundnut [*Vigna subterranea* (L.) Verdc. (Fabaceae)] landraces cultivated in the Ivory Coast. *Tropicultura* 30 (4): 216-221.
- [7] Omokanye A.T., Onifade O.S., Amodu J.T. Balogun R.O. et Kalla N.S., 2003. Evaluation of Dual-purpose Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Varieties for Grain and Fodder Production at Shika, Nigeria. *Tropicultura* 21 (1): 42-46.
- [8] Siéné L.A.C., Muller B. et Aké S., 2010. Effet de la densité de semis sur l'évolution du coefficient d'extinction de la lumière et de l'efficacité de conversion du rayonnement absorbé par le couvert végétal de deux accessions de mil de longueur de cycle différente. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 4 (5): 1462-1479.
- [9] Van Oosterom E.J., O'Leary G.J., Carberry P.S., Craufurd P.Q., 2002. Simulating growth, development, and yield of till ring pearl millet. III. Biomass accumulation and partitioning. *Field Crops Research*, 79: 85-106.
- [10] Lindquist J.L., Arkebauer T.J., Walters D.T., Cassman K.G., Dobermann A., 2005. Maize radiation use efficiency under optimal growth conditions. *Agronomy Journal*, 97: 72-78.
- [11] Dorée A. et Sardat J., 2000. Flore pastorale de montagne. Légumineuses et autres plantes fourragères: Clé de détermination au stade végétatif, description et qualité fourragère. Editions Quae, 2000, 227 p.
- [12] Thiyagarajan K., 1989. Genetic variability of yield and component characters in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Madras Agricultural Journal* 76: 564-567.
- [13] Karkannavar J.C., Venugopal R. et Goud, J.V., 1991. Inheritance and linkage studies in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Indian Journal of Genetics* 51: 203-207.
- [14] N'Gbesso M., Fondio L., Dibi K., Djidji A.H. et Kouamé N.C., 2013. Étude des composantes du rendement de six accessions améliorées de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] *Journal of Applied Biosciences* 63: 4754 – 4762.
- [15] Ghafoor A., Sharif A., Ahmad Z., Zahid M.A. et Rabbani M.A., 2001. Genetic diversity in blackgram (*Vigna mungo* L. hepper). *Field Crops Research* 69: 183-190.
- [16] Touré Y., Koné M., Silué S., Kouadio Y.J., 2013. Prospection, collecte et caractérisation agro-morphologique des morphotypes de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) verdc. (Fabaceae)] de la zone savanicole en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal* 9 (24): 308-325.

Structure de la végétation et distribution des touracos (Musophagidae) dans quelques milieux naturels du Centre et du Sud-est de la Côte d'Ivoire

[Vegetation structure and distribution of turacos (Musophagidae) in a few natural environments in Central and South-eastern Côte d'Ivoire]

Okon Okon Modeste¹, Kouadio Kouakou Pierre², Assa Essé Savorgnan³, Koué-Bi Tih Mathieu², and Yaokokore-Beibro K. Hilaire²

¹Biodiversité et gestion durable des écosystèmes, Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Environnement, Daloa, Côte d'Ivoire

²Milieus naturels et conservation de la biodiversité, Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, UPR Biologie de la conservation et gestion de la faune, Abidjan-Cocody, Côte d'Ivoire

³Ecologie et développement durable, Université Nangui Abrogoua, Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature, Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: From August 2015 to July of the following year, the influence of stratification and types of plant formations on the distribution of turacos in four natural environments in Côte d'Ivoire was studied. As a result, three strata (low, intermediate and canopy) of vegetation and several types of plant formations were chosen for the sampling of turacos. In each of these natural environments, turacos species have identified by the method point indices of abundance in six facies of habitats different by their structure and plant composition. The result is five species of turacos whose distribution varies according to vegetation strata and types of plant formation. The Great Blue Turaco *Corythaeola cristata* is abundantly distributed in the canopy of primary forests while other species are more frequent in the intermediate stratum of secondary forests or forest galleries, except the Western Grey Plantain-Eater *Crinifer piscator* which is distributed in the savannah. Thus, each species of touracos is strongly linked to a type of plant formation that constitutes its preferred habitat. This study on the distribution factors of turacos is necessary and must be considered in the perspective of sustainable conservation of these birds and the preservation of their respective habitats.

KEYWORDS: Conservation of turacos, natural environments, distribution factors, classified forests, and national parks.

RESUME: Du mois d'août 2015 au mois de juillet de l'année suivante, l'influence de la stratification et des types de formations végétales sur la distribution des touracos dans quatre milieux naturels en Côte d'Ivoire a été étudiée. De ce fait, trois strates (basse, intermédiaire et canopée) de la végétation et plusieurs types de formations végétales ont été choisies pour l'échantillonnage des touracos. Dans chacun de ces milieux naturels, les espèces de touracos ont recensées par la méthode des indices ponctuels d'abondance dans six faciès d'habitats différents par leur structure et leur composition végétales. Il en résulte cinq espèces de touracos dont leur distribution varie selon les strates de la végétation et les types de formation végétale. Le touraco géant *Corythaeola cristata* se distribue abondamment dans la canopée des forêts primaires alors que les autres espèces fréquentent davantage la strate intermédiaire des forêts secondaires ou galeries forestières, sauf le touraco gris *Crinifer piscator* qui se distribue dans la savane. Ainsi chaque espèce de touracos est fortement liée à un type de formation végétale qui constitue son habitat préférentiel. Cette étude relative aux facteurs de distributions des touracos s'avère nécessaire et doit être prise en compte dans la perspective de conservation durable de ces oiseaux et de la préservation de leurs habitats respectifs.

MOTS-CLEFS: Conservation des touracos, milieux naturels, facteurs de distribution, forêts classées et parcs nationaux.

1 INTRODUCTION

Les écosystèmes naturels renferment des habitats variés favorables à l'expansion de nombreuses espèces [1]. Cependant, dans un milieu donné, la présence d'une espèce est fonction de ses préférences écologiques. Plusieurs facteurs favorisent donc la présence d'une espèce dans un écosystème donné. Ces facteurs diffèrent d'une espèce à l'autre et constituent la niche écologique pour l'espèce [2].

Certains oiseaux, notamment les touracos (Musophagidae) sont arboricoles et se distribuent dans plusieurs milieux naturels que sont les savanes, les forêts et les milieux anthropisés [3]. De même, ces espèces frugivores jouent un rôle important dans la dispersion des graines et la bioindication [4]. Malgré cette importance écologique, les facteurs qui conditionnent la présence de ces oiseaux dans les milieux naturels ont été peu documentés [3].

En Côte d'Ivoire, des études ornithologiques ont confirmé la présence de cinq espèces de touracos dans divers milieux naturels tout en mentionnant quelques données sur leur écologie [5] et [6]. Pour contribuer à une meilleure connaissance de ces facteurs, cette étude a été initiée dans quatre milieux naturels aux physionomies diverses en Côte d'Ivoire que sont les Parcs nationaux du Banco et d'Azagny, la Réserve scientifique de Lamto et la Forêt classée de Yapo-Abbé.

Ainsi, l'objectif de cette étude est de contribuer à une meilleure connaissance des facteurs de distribution des touracos dans les milieux naturels afin d'initier une meilleure approche des mesures de conservation et de protection des habitats préférentiels de ces oiseaux.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ETUDE

Cette étude a été réalisée dans les Parcs nationaux du Banco (PNB) et d'Azagny (PNA), la Réserve scientifique de Lamto (RSL) et la Forêt classée de Yapo-Abbé (Fig. 1). Le Parc national du Banco (PNB) avec 3474 hectares, est situé à Abidjan. Il est sous l'influence d'un climat subéquatorial à quatre saisons avec une végétation de type forêt dense sempervirente [7]. L'avifaune du PNB est riche de 203 espèces [8]. Le Parc national d'Azagny (PNA) s'étend sur 19 400 hectares et est situé à Grand-Lahou. Son climat est de type subéquatorial humide à quatre saisons. C'est une mosaïque de formations végétales composée de forêts sempervirentes, de forêts secondaires, de jachères, de marécages, de savanes et de fourrés littoraux. Son avifaune compte 162 espèces [7]. La forêt classée de Yapo-Abbé (FCYA) couvre une superficie de 24592 hectares et est à 55 km d'Abidjan [7]. Son climat est de type subéquatorial à quatre saisons [9]. C'est une forêt dense sempervirente avec 225 espèces d'oiseaux [10]. La Réserve scientifique de Lamto (RSL) s'étend sur 2617 hectares. Elle est située à Taabo et influencée par un climat de type tropical humide à quatre saisons. C'est une mosaïque forêts-savanes, constituée de galeries forestières, de forêt dense, de savanes préforestières à rôniers [7]. Son avifaune est diversifiée et riche de 400 espèces [11].

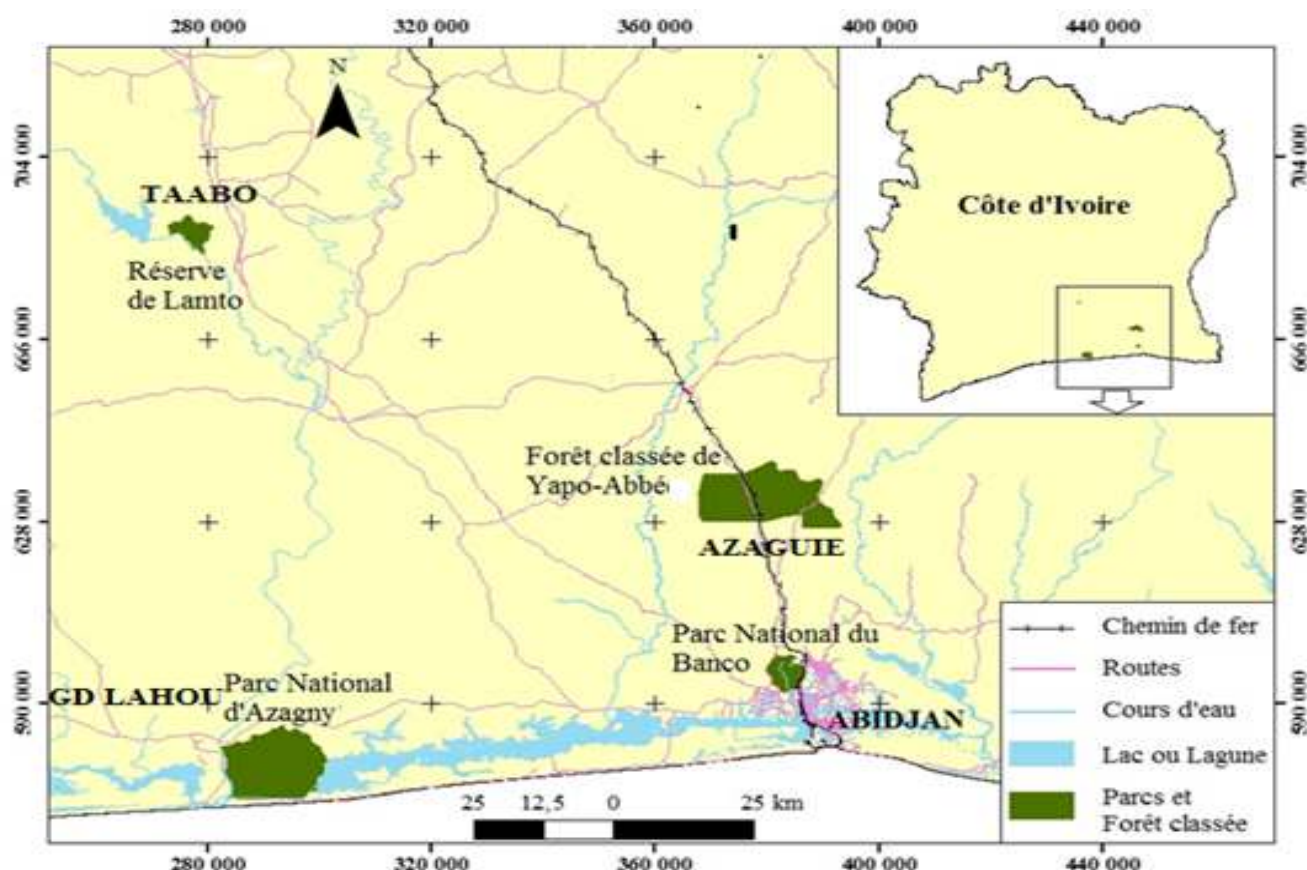


Fig. 1. Localisation de l'ensemble des sites échantillonnés au cours de l'étude

2.2 MATERIEL

Pour la réalisation de cette étude, une paire de jumelles (10 x 50 BRESSER Hunter) a été utilisée pour observer les oiseaux. Un guide d'identification [12] et la discographie de [13] ont servi à l'identification des oiseaux. Par ailleurs, un dictaphone (OLYMPUS VN-733 PC) a été utilisé pour l'enregistrement des vocalisations des oiseaux afin de procéder à une identification ultérieure. Pour les prises de vue des oiseaux, un appareil photographique numérique (SONY DSC-HX 300 (X50)) a été utilisé, un GPS (GPS MAP 60 CS) a permis de repérer et géolocaliser les stations d'observation et une carte de végétation des sites [6] a servi à déterminer les types de formations végétales.

2.3 METHODES DE COLLECTE DES DONNEES

L'étude s'est déroulée d'août 2015 à juillet 2016 dans quatre sites (Fig. 2). Le choix des sites a été fait selon leur accessibilité et la structure de la végétation. La méthode des relevés utilisée est celle des indices ponctuels d'abondance (IPA) [14] et [15]. Dans chacun des sites, six habitats ont été retenus en tenant compte des types de formations végétales (forêts, savanes, galeries forestières et fourrés littoraux) du site. Dans chaque habitat, sept points d'écoute ont été installés le long des pistes d'aménagement, soit 42 points d'écoute par site. La distance comprise entre deux points d'écoute consécutifs a été de 300 m pour éviter les doublons au des échantillonnages. Les inventaires ont été faits de façon journalière, de 6 h à 12 h puis de 14h30 à 18 h. A chaque point, tous les contacts visuels ou auditifs d'individus de la famille des Musophagidae ont été recensés durant un laps de temps de 20 minutes. Cette méthode a été utilisée car les touracos sont des oiseaux qui ont des cris qui portent à distance et les habitats sont assez étendus. Les points ont été visités et revisités selon les tranches horaires indiquées en raison de six passages par session de visite. A l'issue des différentes sessions de visite, le maximum d'individus échantillonné est noté. La stratification verticale de la végétation qui renseigne mieux la position des espèces de touracos en fonction des strates de la végétation a été retenue. La méthode utilisée découle de celle de [16] qui distingue trois strates: la strate basse (0 - 8 m); la strate intermédiaire (8 - 15 m) et la canopée (15 - 30 m). La position des touracos par rapport à chaque strate de la végétation a été déterminée par estimation selon cette méthode. Ainsi, pour chaque strate végétale, le nombre d'individus par espèce de touracos a été inventorié.



A. PNB : Parc national du Banco
5°22'37.3"N / 4°02'58.6"O



B. FCYA : Forêt classée de Yapo-Abbé
5°41'51.2"N / 4°06'24.9"O



C. PNA : Parc national d'Azagny
5°14'26.7"N / 4°48'49.9"O



D. RSL : Réserve scientifique de Lamto
6°12'53.7"N / 5°01'13.5"O

Fig. 2. Photographies des faciès des habitats des sites prospectés

2.4 METHODES D'ANALYSE DES DONNEES

Les données recueillies ont permis de calculer la fréquence relative (Fr) qui est l'importance relative de chacune des espèces par rapport à l'effectif total ($Fr = (n_i/N) \times 100$). Pour établir la distribution des touracos selon les paramètres retenus, une analyse factorielle des correspondances (AFC) a été faite. De même, le test Kruskal-Wallis a permis de mesurer le degré de variabilité de l'abondance des touracos en fonction des paramètres étudiés. Le logiciel STATISTICA 7.1 a servi à l'analyse univariée.

3 RESULTATS

3.1 DISTRIBUTION DES TOURACOS EN FONCTION DES FORMATIONS VEGETALES

Au total, cinq espèces de touracos ont été inventoriées dans l'ensemble des sites. Ce sont: le touraco vert *Tauraco persa*, le touraco à gros bec *Tauraco macrorhynchus*, le touraco géant *Corythaeola cristata*, le touraco gris *Crinifer piscator* et le touraco violet *Musophaga violacea* (Fig. 3).



Fig. 3. Photographies des espèces de touracos inventoriées dans l'ensemble des sites

A: *Touraco vert Tauraco persa* (Linné, 1758), B: *Touraco à gros bec Tauraco macrorhynchus* (Fraser, 1839), C: *Touraco géant Corythaeola cristata* (Vieillot, 1816), D: *Touraco violet Musophaga violacea* Isert, 1788, E: *Touraco gris Crinifer piscator* (Boddaert, 1783)

Leur abondance relative varie d'un type de formation végétale à l'autre. Le touraco à gros bec *Tauraco macrorhynchus* a été beaucoup plus observée dans les forêts secondaires âgées avec une abondance relative de 675 individus (Fr = 89,29 %) alors que l'espèce *Corythaeola cristata* se distribue majoritairement dans les forêts primaires avec 56 individus (Fr = 49,12 %). *Tauraco persa* et *Musophaga violacea* fréquentent essentiellement les galeries forestières avec respectivement 163 individus (Fr = 81,09 %) et 34 individus. Ces quatre espèces ne se distribuent pas dans les savanes et les fourrés. En revanche, *Crinifer piscator* fréquente beaucoup plus les savanes avec une abondance de 245 individus (Fr = 81,94 %) et est absent des forêts primaires et secondaires (Tableau 1).

Tableau 1. Répartition de l'abondance relative des cinq espèces de touracos selon les types de formations végétales des sites prospectés

Formations végétales	Espèces de touracos				
	<i>Tauraco macrorhynchus</i>	<i>Tauraco persa</i>	<i>Corythaeola cristata</i>	<i>Musophaga violacea</i>	<i>Crinifer piscator</i>
Forêts primaires	69	-	56	-	-
Forêts secondaires âgées	675	16	28	-	-
Forêts secondaires	4	22	12	-	-
Galleries forestières	8	163	18	34	44
Fourrés littoraux	-	-	-	-	10
Savanes	-	-	-	-	245

En outre, l'analyse factorielle des correspondances (AFC) appliquée aux variables espèces de touracos et les types de formations végétales, révèle deux groupes écologiques sur la base du premier axe factoriel ayant la plus grande inertie (59,33 %). Le premier groupe est corrélé positivement à cet axe. Ce groupe est constitué de trois espèces de touracos que sont *Crinifer piscator*, *Tauraco persa* et *Musophaga violacea*. Tandis que l'espèce *Crinifer piscator* est davantage associée aux savanes et aux fourrés littoraux alors que le touraco vert *Tauraco persa* et le touraco violet *Musophaga violacea* sont plus fréquentes dans les galeries forestières et les forêts secondaires. Le second groupe négativement corrélé au premier axe factoriel, comprend deux espèces de touracos: le touraco à gros bec *Tauraco macrorhynchus* associé aux forêts secondaires âgées et le touraco géant *Corythaeola cristata* qui fréquente beaucoup plus les forêts primaires (Fig. 4).

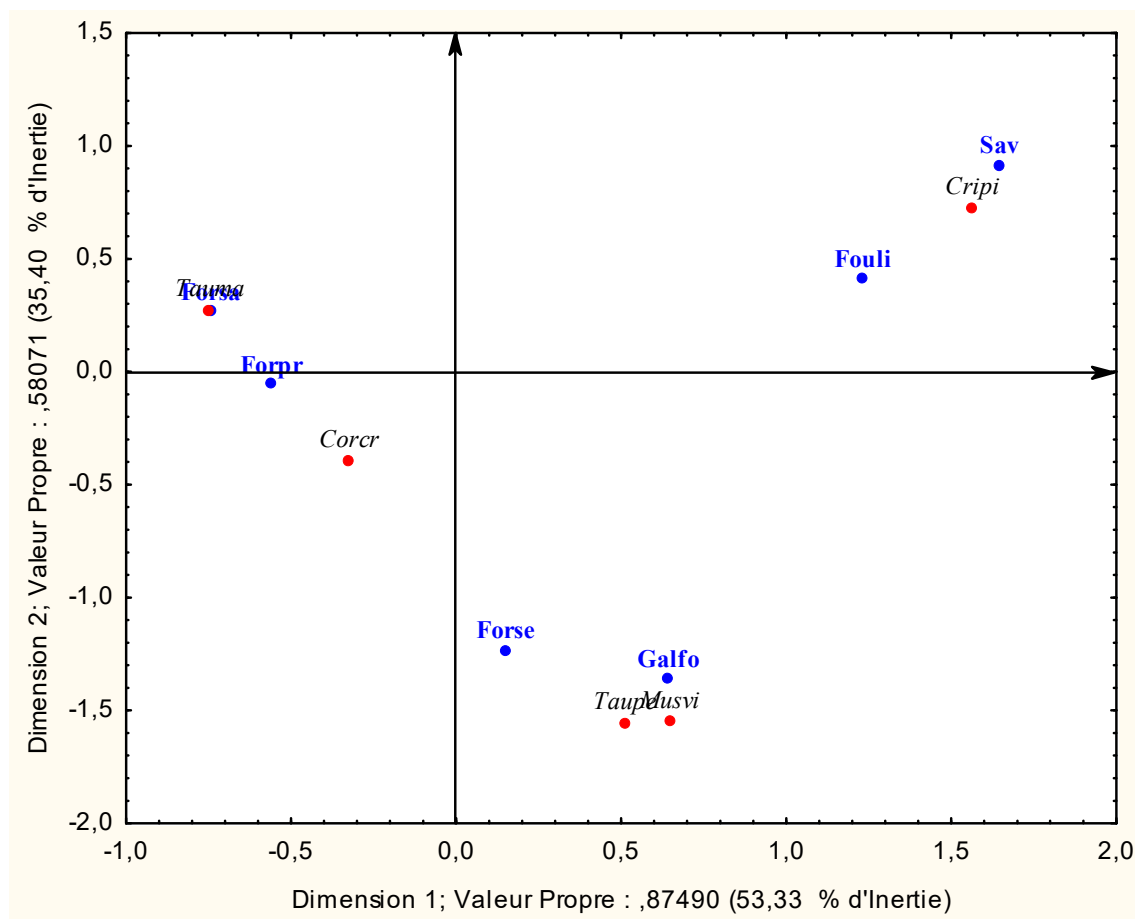


Fig. 4. Analyse Factorielle des correspondances exprimant la distribution de cinq espèces de touracos en fonction des types des formations végétales

Forpr: Forêt primaire, Forsa: Forêt secondaire âgée, Forse: Forêt secondaire, Galfo: Galerie forestière, Fouli: Fourrés littoraux, Sav: Savane Tauma: *Tauraco macrorhynchus*, Taup: *Tauraco persa*, Corcr: *Corythaeola cristata*, Crip: *Crinifer piscator*, Musvi: *Musophaga violacea*

3.2 DISTRIBUTION DES TOURACOS EN FONCTION DES STRATES DE LA VÉGÉTATION

L'analyse du tableau 2 révèle que l'abondance de chaque espèce de touracos varie d'une strate de végétation à l'autre. Sur un effectif de 305 individus de *Tauraco macrorhynchus* dénombrés, 239 individus ont été observés dans la strate intermédiaire (Fr = 78,36 %) et 66 individus observés dans la canopée (Fr = 21,64 %). Concernant *Tauraco persa*, ce sont 112 individus qui ont été inventoriés dont 94 individus observés dans la strate intermédiaire (Fr = 83,92%) et 17 individus observés dans la canopée (Fr = 15, 18 %). Un seul individu a été observé dans la strate basse (Fr = 0,9 %). Globalement, 76 individus de *Corythaeola cristata* ont été enregistrés, avec 60 individus observés dans la canopée (Fr = 78,95 %) et 16 individus dans la strate intermédiaire (Fr = 21,05 %). Seulement 34 individus de *Musophaga violacea* ont été notés, avec cinq individus observés dans la canopée (Fr = 14,71 %) et 29 individus dans la strate intermédiaire (Fr = 85, 29 %) (Tableau 2). *Crinifer piscator* étant une espèce des milieux ouverts, or dans de tels milieux, la stratification de la végétation n'est pas perceptible. De ce fait, sa distribution en fonction de la strate de la végétation n'a pas été abordée. Le test de Kruskal-Wallis effectué

révèle une différence significative entre la richesse et la strate de la végétation ($p < 0,05$). En outre, l'analyse factorielle des correspondances (AFC) appliquée aux variables espèces et strates de la végétation, indique deux groupes écologiques en considérant le premier axe factoriel (97,24 % d'inertie). Le premier groupe, corrélé positivement à cet axe est constitué de *Corythaeola cristata* qui fréquente plus la canopée. Le second groupe est corrélé négativement au premier axe. Il comprend trois espèces de touracos (*Tauraco macrorhynchus*, *Tauraco persa* et *Musophaga violacea*) qui sont associées à la strate intermédiaire (Fig. 5).

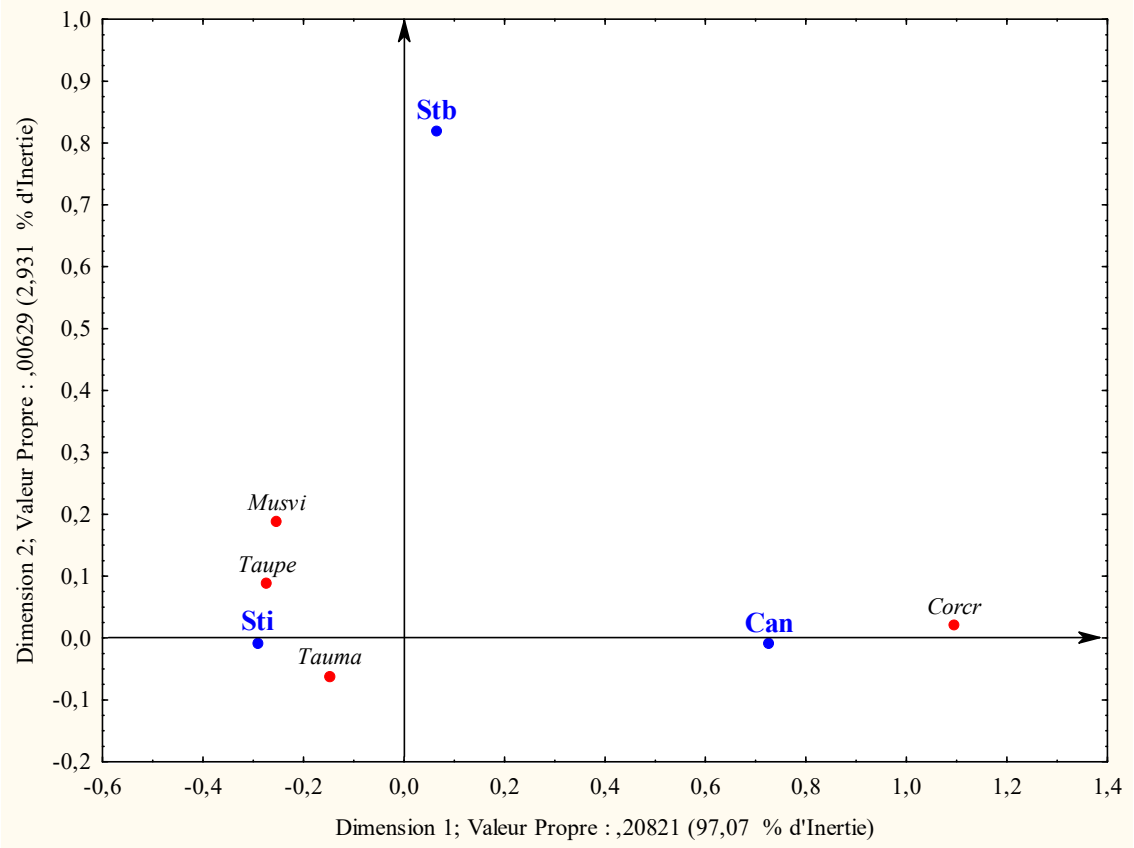


Fig. 5. Analyse Factorielle des Correspondances exprimant la distribution de quatre espèces de touracos en fonction de la strate de la végétation

Taupe: *Tauraco persa*; Tauma: *Tauraco macrorhynchus*; Corcr: *Corythaeola cristata*; Musvi: *Musophaga violacea* Stb: Strate basse; Sti: Strate intermédiaire; Can: Canopée

Tableau 2. Répartition des paramètres quantitatives de quatre espèces de touracos selon les strates de la végétation des sites prospectés

Strate de la végétation	Espèces							
	<i>Tauraco macrorhynchus</i>		<i>Tauraco persa</i>		<i>Corythaeola cristata</i>		<i>Musophaga violacea</i>	
	IPA	Fr (%)	IPA	Fr (%)	IPA	Fr (%)	IPA	Fr (%)
Canopée	66	21,66	17	15,18	60	78,95	5	14,71
Strate intermédiaire	239	78,36	94	83,92	16	21,05	29	85,29
Strate basse	-	-	1	0,9	-	-	-	-

IPA: Indice ponctuel d'abondance; Fr: Fréquence relative

4 DISCUSSION

Au total, cinq espèces de touracos ont été inventoriées dans l'ensemble des sites [6]. Leur distribution se fait selon les types de formations végétales. Chaque espèce de touraco est fortement liée à un type de formation végétale où elle y est abondante et qui constitue son habitat préférentiel. La distribution des touracos dans les milieux naturels est donc liée à l'existence d'habitat préférentiel à chaque espèce comme l'ont également signifié [17] dans leurs travaux réalisés dans la zone de conservation de Kakum (KCA) au Ghana. Toutefois, les différentes espèces de touracos ne fréquentent pas les mêmes strates de la végétation. En effet, *Corythaeola cristata*

fréquente la canopée alors que les autres espèces, se rencontrent principalement dans la strate intermédiaire de la végétation. Cette disparité dans la distribution des touracos en fonction des strates de la végétation leur permettrait d'éviter les compétitions interspécifiques afin d'exploiter des niches écologiques différentes [18]. *Corythaeola cristata* se distribue majoritairement dans la canopée. L'adaptation de l'espèce à cette strate de la végétation se justifie selon [19] et [17] par le fait que cette espèce est faible voilier et utilise de ce fait les grands arbres pour passer d'un endroit à un autre. En outre, la canopée offrirait à l'espèce un cadre idéal de repos et d'activités de nourrissage. Les autres espèces de touracos se distribuent fréquemment dans la strate intermédiaire. En effet, au niveau de cette strate, se forment par endroits de denses rideaux et nappes de lianes qui offrent à ces espèces des cachettes, mais aussi des sites d'incubation et de nidification tel que l'ont montré les travaux de [20]. De même, les espèces végétales dont les touracos consomment les fruits se distribuent probablement à cette strate.

5 CONCLUSION

L'étude a révélé que les espèces de touracos sont fortement tributaires des caractéristiques écologiques de leurs milieux. Plusieurs facteurs tels que les strates de la végétation, les habitats préférentiels influent sur la distribution des espèces de touracos dans leurs milieux.

REFERENCES

- [1] Mbété P., Ngokaka C., Akouango F., Bonazebi N., Voudibio J. Evaluation des quantités de gibiers Prélevées autour du Parc National d'Odzala-Kokoua et leurs impacts sur la dégradation de la biodiversité *Anim. Plant. Sci.*, 8 (3): 1061-1069, 2010.
- [2] Keitt, T. H., Bjornstad, O. N., Dixon, P.M. et Citron-Pousty, S. Accounting for spatial pattern when modeling organism-environment interactions. *Ecography*, 25: 616- 625, 2002.
- [3] Borghesio L. & Ndag'ang'a K. P. Habitat selection and the conservation status of Fischer's turaco *Tauraco fischeri* on Unguja, Tanzania, *Oryx* 37 (4), 444-453, 2003.
- [4] Sun, C. et Moermond, T.C. Foraging ecology of three sympatric turacos in a montane forest in Rwanda. *The Auk*, 114 (3): 396-404, 1997.
- [5] Yaokokoré-Beibro, K. H. 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 Bossématié (Abengourou). Thèse de Doctorat, Université de Cocody, 245p, 2001.
- [6] Okon O.M., Konan E.M., Kouadio K.P. et Yaokokoré-Beibro K.H. Diversité, abondance et distribution des touracos (Musophagidae) dans quelques milieux naturels du centre et du sud-est de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 12 (4): 1851-1864, 2018.
- [7] Lauginie, F. Conservation de la nature et des aires protégées en Côte d'Ivoire. CEDA/NEI, Abidjan, 667p, 2007.
- [8] Kouadio K.P. Yaokokoré-Beibro K.H, Odoukpé K.S.G., Konan E.M. et Kouassi K.P. Diversité avifaunique du Parc National du Banco, Sud-est Côte d'Ivoire. *European journal of scientific research*, 125 (2): 384-398, 2014.
- [9] SODEXAM. Données météorologiques de la Région de l'Agnéby-Tiassa, 2013.
- [10] Demey et Fishpool, L.D.C. The birds of Yapo Forest, Ivory Coast. *Malimbus*, 16: 99-114, 1994.
- [11] Demey et Fishpool, L.D.C. Additions and annotations to the Avifauna of Côte d'Ivoire. *Malimbus*, 12: 61-86, 1991.
- [12] Borrow, N et Demey, R. Guide des oiseaux de l'Afrique de l'Ouest. *Delachaux et Nestlé, Paris*, 508 p, 2012.
- [13] Chappuis, C. African Bird Sounds, *Society ornithology: France, Paris*, 15 CD, 2000.
- [14] Blondel J., Ferry c. & Frochot B. La méthode des indices ponctuels d'abondance (IPA) par les relevés d'avifaune par station d'écoute *Alauda* 38: 55-71, 1970.
- [15] Bibby, C., Burgess. et Hill, D. Birds census Techniques. *Academic press, London*; 134 p, 1992.
- [16] Oldeman R. A. A. L'architecture de la forêt guyanaise. Mémoires de l'ORSTOM, 73: 1-204, 1974.
- [17] Yeboah, S.; Deikumah, J.P. et Henaku-Owusu, E. The status of three species of turacos in the Kakum Conservation Area in the Central Region, Ghana. *West African journal of Applied Ecology*. (13) 104-110, 2008.
- [18] Dowsett-Lemaire F. et Dowsett R. J. Zoogeography and taxonomic relationship of forest birds of the Albertine rift fromontane region. *Tauraco Research Report* 3. 87-109, 1990.
- [19] Candy, M. Habits, and breeding biology of the Great blue turaco *Corythaeola cristata*. *Journal of East African Natural History Society*, 190: 1-19, 1984.
- [20] Brosset, A. et Erard, C. Ecologie et comportement des oiseaux des régions forestières du Nord-Est du Gabon. *Société Nationale de protection de la nature*, Paris. 1, 289 p, 1986.

Au-delà des opportunités: Les défis de la digitalisation de la communication interne - Une étude de cas exploratoire auprès d'une compagnie d'assurance marocaine

[Beyond the opportunities: The challenges of digitalizing internal communication - An exploratory case study of a Moroccan insurance company]

Khadija Elkam and Mohamed Faridi

Laboratoire de recherche en Management, Marketing et Communication, Hassan First University, National School of Business and Management, Settat, Morocco

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper presents a unique case study focusing on a Moroccan insurance company. It looks at how internal communication is being digitized within this company and identifies the digital channels used for this communication, the benefits they offer, and the challenges they may pose. The data collected came from 15 thematic semi-structured interviews.

The results of this case study reflect a nuance that recognizes both the benefits and limitations of digitalizing internal communication. They suggest that digital and face-to-face internal communication should not be considered as alternatives to each other. Furthermore, our results highlight the importance of turning away from generational stereotypes and instead recognizing the significant contribution of employees to the success of the transformation, including their commitment, adaptability and expertise. However, given the focus of this study on a single case, it is important to note that the results cannot be generalized to other contexts without further investigation. Thus, additional research is needed to confirm and extend the findings to other companies and contexts.

KEYWORDS: Digital Internal Communication, Internal Communication, Digital Transformation, Digital Channels, Insurance company, Morocco.

RESUME: Cet article présente une étude de cas unique axée sur une compagnie d'assurance marocaine. Il se penche sur la manière dont la communication interne est digitalisée au sein de cette compagnie, identifie les canaux digitaux utilisés et explore les défis et les opportunités qui y sont associés. Les données collectées proviennent de (15) entretiens thématiques semi-directifs.

Les résultats de l'étude reflètent une nuance qui reconnaît à la fois les avantages et les limites de la digitalisation de la communication interne. Ils suggèrent de ne pas considérer la communication interne digitale et la communication en face à face comme des alternatives l'une à l'autre et mettent en évidence l'importance de se détourner des stéréotypes générationnels et de reconnaître plutôt la contribution significative des collaborateurs dans la réussite de la transformation. Cependant, étant donné que cette étude se concentre sur un seul cas, il est important de souligner que ses résultats ne peuvent pas être généralisés à d'autres contextes. Des recherches approfondies sont alors nécessaires pour étendre les résultats à d'autres contextes.

MOTS-CLEFS: Communication interne digitale, Communication interne, Transformation Digitale, Canaux digitaux, Compagnie d'assurance, Maroc.

1 INTRODUCTION

Aujourd'hui, les entreprises ont tendance à décentraliser leur communication, de sorte que l'information n'est plus soumise à des jeux de pouvoir, ce qui implique ainsi une réduction de la hiérarchie et entraîne d'énormes changements en matière de communication

interne (Kovaité et al., 2020). Les employés, quant à eux, apprécient ce changement de paradigme (Ruck et al., 2017) puisqu'il leur permet de se sentir davantage en mesure d'influencer les décisions de l'entreprise et leur donne l'opportunité de faire entendre leur voix et de posséder d'un réel pouvoir de changement.

Le fait que la recherche liée à la digitalisation se soit davantage concentrée sur la communication externe semble suggérer un intérêt pour la recherche liée à la digitalisation de la communication interne (Lipiäinen et al., 2014). Cette dernière est de plus en plus adoptée par les entreprises qui ont tendance à recourir à des outils digitaux pour communiquer en interne et assurer la collaboration en temps réel. C'est pourquoi il est essentiel d'examiner comment la digitalisation est utilisée au service de la communication interne. Plus précisément, la présente étude illustre le rôle des canaux digitaux utilisés pour communiquer en interne, les avantages qu'ils apportent et les difficultés liées à leur utilisation.

Cet article présente une étude de cas unique axée sur une compagnie d'assurance Marocaine. Il contribue à la compréhension de la pratique de la communication interne digitale dans cette entreprise et explore les défis et les opportunités qui y sont associés.

Le présent article est organisé en trois sections. La première section présente une revue de littérature facilitant la compréhension du concept de la communication interne digitale: sa définition, ses enjeux, et ses outils. Elle est suivie d'une présentation de la méthodologie utilisée. La dernière section discute les résultats obtenus.

2 LA DIGITALISATION DE LA COMMUNICATION INTERNE: ESSAI DE CONCEPTUALISATION

2.1 LA COMMUNICATION INTERNE DIGITALE: DÉFINITIONS CONCEPTUELLES ET ENJEUX

Selon Monziols (2014), les entreprises sont en train de vivre une véritable transformation interne qui implique une approche différente du digital, qui est bien plus qu'un simple outil informatique.

La communication interne digitale se définit comme un processus de transmission de l'information et de la connaissance entre les différents membres d'une organisation à travers l'utilisation des technologies de l'information et de communication (Drucker, 2009). C'est un processus par lequel les collaborateurs d'une organisation peuvent communiquer, partager des informations et collaborer via des technologies digitales (Smith, 2018).

Pour leur part, Verčič et al. (2012) l'ont défini comme un ensemble de pratiques, de stratégies et de moyens utilisés pour gérer les relations internes et diffuser l'information au sein d'une organisation en utilisant les technologies de l'information. C'est un moyen facilitant la collaboration au sein de l'organisation (Brown, 2019) et un mécanisme permettant la transmission des connaissances et de la culture de l'entreprise via les technologies numériques (Lee, 2021).

Le recours à la digitalisation de la communication interne est constaté au milieu des années 1990. Ce recours représente une évolution majeure pour les organisations, avec des avantages certains, mais également des défis à relever.

D'après des auteurs tels que Verčič et Vokić (2017) et Cho et al. (2017), la communication se décentralise en raison de l'introduction des canaux digitaux. La digitalisation de la communication interne a permis la transmission de messages bidirectionnels et la réception d'un retour d'information « feedback » (Lipiäinen et al., 2014). Elle renforce également la collaboration, la mobilité et la connectivité sur les lieux de travail en assurant une communication plus fluide et instantanée et en favorisant ainsi la rapidité de la prise de décision (Deloitte, 2017).

Au fur et à mesure que les organisations adaptent leur communication interne aux outils de communication digitale, des opportunités émergent constamment (Mackenzie, 2010; Lipiäinen et al., 2014). Un changement des habitudes de communication et de la manière dont les managers et les collaborateurs communiquent entre eux est ainsi constaté.

Plusieurs auteurs tels que Rencker (2007); Reyre et Lippa (2015); Perruchot Garcia (2016) et Coupez (2019) soulignent un paradoxe dans ce contexte. Bien qu'il y ait une pléthore d'informations et de données disponibles, les employés sont souvent submergés par celles-ci et ont du mal à distinguer celles qui sont pertinentes pour eux. Le traitement des emails, par exemple, demande un temps non négligeable et une partie des mails reçus est perçue comme inutile (BVA, 2012). Cette situation a des répercussions sur la prise de décision en termes de qualité et de délais, entre autres (Perruchot Garcia, 2016).

Quirke (2008) ajoute que l'un des défis portés par cette digitalisation est la difficulté de choisir parmi tous les canaux numériques disponibles pour la communication. Cook (2008), pour sa part, met l'accent sur la difficulté de persuader les utilisateurs à adopter réellement l'outil digital et à quitter partiellement leurs anciennes habitudes de communication.

De plus, la transformation digitale peut parfois être perçue comme une menace par les collaborateurs, qui peuvent craindre la déshumanisation des échanges (Frimousse et Peretti, 2017; Benedetto-Meyer et Boboc, 2019) ou une surcharge de travail liée à

l'utilisation des technologies numériques (Smits et al., 2022). Cette transformation peut susciter des craintes et des réticences, en particulier du management et peut avoir un impact plus large sur l'ensemble de l'organisation que simplement sur les équipements utilisés (Monziols et al., 2014).

La digitalisation de la communication interne peut également soulever des enjeux de sécurité et de confidentialité des informations échangées et l'importance de la compétence dans l'usage de la technologie (Jaujard, 2015) et sa maîtrise (Reyre et Lippa, 2015).

Par ailleurs, l'évolution des outils de communication soulève le débat sur les outils les plus efficaces pour fidéliser et impliquer les collaborateurs et atteindre la performance au travail (Men, 2014). Dans ce qui suit, nous identifions les différents outils de communication interne digitale.

2.2 LES OUTILS DE LA COMMUNICATION INTERNE DIGITALE

Bien que le papier ait été longtemps dominant, il a commencé à perdre sa position avec l'avènement du digital, en particulier d'internet et de l'intranet. Cependant, il ne disparaît pas complètement pour autant. En effet, selon Decaudin et al. (2017), la tendance à la diminution de l'utilisation du papier se confirme avec la montée en puissance des technologies digitales. Selon Carstensen (2016) les technologies appuient, facilitent et renforcent les exigences d'un monde professionnel en constante mutation, et peuvent être considérées comme l'aspect matériel de la transformation du travail. Ces technologies offrent de nouvelles possibilités pour les entreprises de communiquer avec leurs collaborateurs. En effet, les échanges informatisés et les ressources électroniques partagées offrent un potentiel énorme pour encourager la participation des employés dans la pratique (Beirne et Cromack, 2009).

Comme la littérature classe les canaux de communication interne digitale de diverses manières, le tableau suivant (tableau 1) est une tentative présentant une liste des outils les plus couramment utilisés et qui portent la faveur des entreprises digitalisées. Cette liste ne prétend pas être exhaustive, il essaye de présenter pour autant les grandes tendances en matière de communication interne afin de comprendre comment les organisations sont affectées par les changements qui en découlent. Il convient alors de signaler que d'autres canaux peuvent exister en fonction des besoins spécifiques de chaque organisation et que certains canaux peuvent être combinés pour créer une approche de communication interne plus intégrée et plus efficace.

Tableau 1. Outils de communication interne digitale

La messagerie instantanée	Cet outil permet de faciliter la communication interne entre les collaborateurs. Il propose une communication rapide, efficace et en temps réel. Les messageries instantanées comprennent toutes les possibilités de chat comme « Messenger », « WhatsApp »,...
Les plateformes collaboratives d'entreprise (espaces collaboratifs)	Les plateformes collaboratives d'entreprise, également appelées espaces collaboratifs, sont des outils numériques qui permettent à la communauté interne d'une entreprise de collaborer et de communiquer en interne. Les entreprises mettent en place de telles plateformes pour améliorer l'organisation des projets et la gestion des connaissances, pour éviter la duplication des efforts grâce à une transparence accrue, pour améliorer l'accès aux compétences existantes au sein de l'entreprise et pour soutenir le développement de nouvelles idées et d'innovations (Carstensen, 2016). Ces plateformes peuvent être développées en interne par l'entreprise ou externalisées en utilisant des solutions logicielles existantes telles que « Microsoft Teams », « Slack », « Google Workspace » et « Yammer ».
L'affichage dynamique	L'affichage dynamique est une méthode de communication interne et externe qui permet de diffuser des informations en temps réel sur un écran numérique (annonces, messages de bienvenue pour les nouveaux recrues, messages de reconnaissance pour les employés performants...). Il est utilisé pour communiquer avec les collaborateurs et les clients. Ces écrans peuvent également être utilisés pour la formation des collaborateurs en créant des vidéos de formation et les diffuser sur des écrans dans les salles de formation ou dans les espaces communs de l'entreprise.
Le magazine interne électronique « Newsletter »	Le journal ou magazine d'entreprise électronique est un outil de communication interne qui permet aux entreprises de diffuser des informations à leurs collaborateurs sur une base régulière (diffusion mensuelle, trimestrielle, hebdomadaire...). Il s'agit d'une publication numérique qui peut être distribuée aux employés via une plateforme en ligne, par email ou à travers une application mobile.

	Certaines entreprises optent pour les deux versions papier et numérique. Selon Perruchot Garcia (2016), certaines entreprises s'appuient sur la complémentarité entre les deux versions du magazine interne, papier et internet.
L'intranet	L'intranet est un réseau informatique interne généralement hébergé sur des serveurs internes de l'entreprise qui permet aux membres d'une entreprise d'accéder à des informations et à des ressources internes. D'après Perruchot Garcia (2016), l'intranet facilite la diffusion d'informations liées à l'actualité de l'organisation, ainsi que celles trop volumineuses pour pouvoir être imprimées.
Les blogs, les wikis et les forums	Les blogs, les wikis et les forums sont des outils de communication digitale qui ont des fonctionnalités similaires et qui sont tous utiles pour améliorer la communication interne et externe, pour stimuler la collaboration et pour favoriser l'échange d'informations entre les différents membres de l'organisation.
Les médias sociaux ou RSE	Les médias sociaux d'entreprise, également connus sous le nom de Réseau Social d'Entreprise (RSE), sont des plateformes similaires à des réseaux sociaux publics tels que Facebook, mais qui sont utilisées exclusivement à l'intérieur de l'entreprise pour la communication et la collaboration.
Le Web interne	Le Web interne est un site web interne spécialement conçu pour faciliter la communication entre les membres internes d'une organisation pour lesquels il est accessible uniquement. Il fournit un point central pour accéder à toutes les informations et ressources dont ils ont besoin pour réaliser leur travail.
Le Web TV	C'est une plateforme de diffusion de contenu vidéo en ligne, spécialement conçue pour une entreprise. Elle permet de diffuser des vidéos internes à l'entreprise, telles que des messages de la direction, des présentations de nouveaux produits, des événements en direct, etc. Ces Web TV s'adressent à la fois au public interne et externe de l'entreprise (Perruchot Garcia, 2016).
Les applications de visio-conférence	Les applications de visio-conférences sont des outils de communication interne digitale qui permettent de réaliser des appels vidéo en direct entre plusieurs personnes, même si elles sont situées dans des endroits différents (travail à distance, équipes dispersées...).

3 MÉTHODOLOGIE SUIVIE

3.1 L'ÉTUDE DE CAS UNIQUE COMME MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE RETENUE

Dans le cadre du présent travail, nous avons eu recours à l'étude de cas unique comme méthodologie de recherche (Yin, 2003).

Selon Eisenhardt (1991), les études de cas uniques se sont révélées extrêmement fructueuses lorsqu'elles sont réalisées dans la phase de développement d'un sujet donné. Compte tenu de la nouveauté du sujet étudié, nous avons jugé que le choix d'une méthode de recherche à cas unique était justifié.

L'entreprise sélectionnée est l'un des leaders du marché de l'assurance marocain et propose une large gamme de produits d'assurances pour les particuliers et les entreprises. Elle emploie plus de 1 000 personnes et dispose d'un réseau de distribution étendu à travers le Maroc et des filiales dans plusieurs pays africains. De plus, cette compagnie dispose d'un centre d'innovation et de développement dédié à sa transformation digitale visant à concevoir et à développer de nouveaux produits et services digitaux, à optimiser les processus métiers et à renforcer la relation client en utilisant les technologies de l'information et de la communication.

3.2 MÉTHODES DE COLLECTE DES DONNÉES

Selon Miles et Huberman (1994, p. 10), un cadre qualitatif permet de comprendre les questions latentes, sous-jacentes ou non évidentes.

Dans le cadre de la présente étude, les données proviennent des entretiens thématiques semi-directifs (N= 15). Il s'agit d'un outil de collecte de données permettant de recueillir des informations de différents types: des faits et des vérifications de faits, des points de vue, des analyses, des propositions et recommandations ainsi qu'aux réactions aux questions posées. Cette approche a été jugée comme étant le choix approprié puisqu'elle nous offre une grande possibilité d'explorer la pensée des interviewés, déclencher leur réflexion (Tracy, 2012) et comprendre comment ils perçoivent leur travail et leur environnement (Qu et Dumay, 2011).

Notre stratégie d'échantillonnage théorique a consisté à sélectionner des participants susceptibles d'apporter des perspectives uniques et variées. Pour ce faire, nous avons pris en compte diverses caractéristiques de nos répondants (année d'expérience, âge, genre et niveau d'activité) et nous les avons fait varier. De plus, Nous avons choisi des participants ayant travaillé depuis plusieurs années au sein de la compagnie étudiée (5 ans ou plus) et ayant, par conséquent, des expériences directes et concrètes de la communication interne. Ces participant connaissent bien les pratiques de l'entreprise en matière de communication interne et leur développement au fil du temps. Les entretiens se sont déroulés dans une durée moyenne de 45 minutes.

Tableau 2. *Echantillon de l'étude*

Participants	Sexe	Age	Catégorie socioprofessionnelle	Expérience au sein de l'entreprise
Rép_01	Masculin	51 ans	Cadre supérieur	22 ans
Rép_02	Féminin	48 ans	Cadre supérieur	20 ans
Rép_03	Masculin	45 ans	Cadre hiérarchique	17 ans
Rép_04	Masculin	42 ans	Cadre hiérarchique	15 ans
Rép_05	Masculin	35 ans	Cadre hiérarchique	15 ans
Rép_06	Féminin	35 ans	Cadre hiérarchique	13 ans
Rép_07	Féminin	38 ans	Cadre hiérarchique	12 ans
Rép_08	Féminin	36 ans	Cadre hiérarchique	10 ans
Rép_09	Masculin	30 ans	Employé	7 ans
Rép_10	Masculin	26 ans	Employé	6 ans
Rép_11	Féminin	32 ans	Employé	6 ans
Rép_12	Féminin	38 ans	Employé	5 ans
Rép_13	Féminin	35 ans	Employé	5 ans
Rép_14	Masculin	29 ans	Employé	5 ans
Rép_15	Masculin	32 ans	Employé	5 ans

3.3 MÉTHODES D'ANALYSE DES DONNÉES

Les entretiens ont été transcrits et relus plusieurs fois avant de procéder à un examen plus approfondi. Cet examen a fait appel à une analyse de contenu thématique en opérant notre analyse sur les perceptions, les descriptions, le sens des données et les expériences des répondants.

Comme le préconisent Miles et Huberman (1994, p. 10), l'analyse thématique consiste en une procédure en trois étapes: (1) la réduction des données, (2) l'affichage des données et (3) l'élaboration/vérification des conclusions.

Pour la réduction des données, l'ensemble du matériel a été organisé selon les mêmes thèmes que ceux abordés lors des entretiens:

- Thème 1: La description générale de la communication interne au sein de l'entreprise étudiée (la stratégie adoptée, ses objectifs, les types de communication interne et les outils utilisés);
- Thème 2: Les canaux de communication interne digitale (l'acceptation et l'appropriation, les préférences, les avantages et les limites de chaque outil...);
- Thème 3: Les opportunités et les défis associés à la digitalisation de la communication interne;
- Thème 4: Les facteurs influençant la réussite de la digitalisation de la communication interne

Pour l'affichage des données, chaque thème a été analysé individuellement; des matrices ont été construites pour faciliter l'assemblage concis des informations et tirer des conclusions. Les données ont également été organisées de manière inductive en fonction des outils digitaux évoqués lors des entretiens.

Enfin, pour procéder à la vérification des données recueillies, nous avons synthétisé nos interprétations des thèmes et les avons présentées au représentant du Responsable « Capital Humain » de l'entreprise étudiée. L'objectif étant de discuter les implications des résultats obtenus sur l'entreprise et de confirmer leur pertinence managériale.

4 LA DIGITALISATION DE LA COMMUNICATION INTERNE AU SEIN DE L'ENTREPRISE ÉTUDIÉE

4.1 LA DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA COMMUNICATION INTERNE AU SEIN DE L'ENTREPRISE ÉTUDIÉE

Comme presque toutes les organisations, le cas étudié adopte différents types de communication (verbale, écrite, en groupe, les échanges informels dans les couloirs...) et utilise un large éventail de canaux de communication interne. Les résultats montrent que ce choix permet d'atteindre différents types de publics et d'adapter les messages en fonction des besoins spécifiques. La newsletter électronique, par exemple, est destinée à l'ensemble de l'entreprise et fournit des informations générales, tandis que l'affichage dynamique peut être utilisé pour partager des mises à jour plus détaillées ou des informations sur des sujets spécifiques. Ainsi, ce choix peut être expliqué par la volonté de l'entreprise à assurer une communication à la fois synchrone et asynchrone. Par exemple, en optant pour une communication en visioconférence ou via les applications de la messagerie instantanée, considérés comme des formes de communication synchrone, le collaborateur envoie et reçoit des informations immédiatement et en temps réel, ce qui permet un échange riche et un gain de temps. Cependant, les outils de communication asynchrone (les emails par exemple) ne garantissent pas un envoi ou une réception d'informations en temps réel mais ils offrent plutôt la capacité de les stocker et les consulter par la suite à tout moment. Dans ce sens, les résultats montrent que les emails sont souvent utilisés et préférés pour les communications formelles et les échanges de documents importants, tels que des rapports ou des présentations. « Pour les communications formelles entre nous et les différents départements, nous utilisons souvent des courriels. Personnellement, je trouve que c'est un moyen pratique pour partager des états ou des rapports pour un usage immédiat ou ultérieur. » (Employé, 6 ans d'expérience).

De même, les applications de messagerie instantanée, notamment WhatsApp, sont les plus préférées par les collaborateurs pour les discussions professionnelles rapides et pour le partage des documents et des données à caractère urgent. « (...) la plupart utilise WhatsApp, il garantit la réception rapide des messages et des informations tant professionnelles que personnelles. Elle offre également la possibilité d'échanger des vidéos, des documents et s'il faut une réunion immédiate entre maximum quatre collaborateurs, un appel vidéo pourrait être rapidement effectué. » (Cadre hiérarchique, 9 ans d'expérience). Ce résultat est important, car cet outil peut être utilisé pour d'autres fins. Ces plateformes non officielles (comme Facebook et WhatsApp) pourraient être des canaux potentiels pour partager des idées et des sentiments et, par conséquent, être des plateformes plus appropriées pour la promotion de l'engagement et du sentiment d'appartenance au sein des entreprises (Lipiäinen et al., 2014).

La stratégie de l'entreprise indique qu'elle souhaite investir dans des méthodes de communication employant un dialogue ouvert et réactif et une communication efficace et utile dans les situations de crise, d'urgence et toute situation nécessitant une réponse rapide ou une collaboration étroite entre les parties prenantes de l'entreprise, ce qui concorde avec l'importance accordée par l'entreprise à la digitalisation de sa communication interne.

D'après les résultats, les objectifs de communication ultimes sont d'assurer une large diffusion des informations au sein de l'entreprise, de partager ses valeurs et de promouvoir l'adhésion à sa culture. Parmi les canaux « non digitaux » adoptés par l'entreprise étudiée, les répondants citent l'évènementiel: « Le groupe organise un événement annuel qui réunit tous les collaborateurs pour une journée de présentations, de discussions et d'activités de team building. » (Cadre supérieur, 22 ans d'expérience). Ainsi qu'aux notes de service, les stickers ou autocollants contenant des informations pertinentes ou des instructions, les sessions de formation et les réunions d'équipe: « (...) elle organise des réunions d'équipe d'une façon régulière et des sessions de formation pour nous permettre de rester connectés et informés (...) lors de ces réunions, nous sommes encouragés à prendre la parole et à partager nos idées et nos opinions ». (Cadre hiérarchique, 12 ans d'expérience).

4.2 LES CANAUX DE COMMUNICATION INTERNE DIGITALE MIS EN PLACE

En effet, les résultats indiquent que la plupart des informations dans l'entreprise en question sont partagées via des canaux « digitaux » de communication interne. Il s'agit plus particulièrement d'une plateforme interne de l'entreprise: « Notre entreprise a mis en place une plateforme interne pour permettre aux collaborateurs de rester connectés et informés sur les dernières nouvelles de l'entreprise, de partager leurs réalisations et leur travail avec leurs collègues et de collaborer en temps réel » (Cadre supérieur, 22 ans d'expérience). D'autres outils tels que les emails, les écrans d'affichage dynamiques et la newsletter sont également utilisés. De même, l'entreprise en question organise des réunions à distance et des sessions de formation en ligne via des applications de visioconférences tierces telles que Google Meet: « (...) Pour les réunions d'équipe ou les présentations, nous utilisons souvent Google Meet ». (Employé, 5 ans d'expérience).

Par ailleurs, il a été démontré que l'entreprise étudiée a mis en place certaines démarches pour accompagner la transformation digitale de sa communication interne et aider les collaborateurs à s'adapter aux changements induits par cette transformation. Afin d'assurer la capacité de ses collaborateurs à utiliser les outils digitaux de manière efficace, l'entreprise a opté pour la formation et la mise à disposition des manuels de procédures ainsi qu'à la sensibilisation, à travers différents canaux, de l'importance de s'engager dans le

projet de la transformation digitale en essayant d'inclure l'ensemble de sa communauté interne (collaborateurs permanents et occasionnels) opérant à divers niveaux hiérarchiques (cadres supérieurs, opérationnels...): « Au début, nous avons tous fait des efforts pour nous adapter mais avec l'utilisation régulière et grâce aux formations organisées et à l'accompagnement mené dans ce sens, nos collaborateurs acceptent aujourd'hui ces outils et les utilisent avec aisance ». (Cadre supérieur, 22 ans d'expérience).

Quant à l'appropriation des outils de communication interne digitale, les réponses montrent que les participants sont plutôt en faveur de l'utilisation des outils digitaux pour communiquer en interne. Les répondants apprécient la rapidité, la flexibilité et la qualité de la communication qu'offrent ces outils: « Je suis vraiment à l'aise avec ces outils, je les utilise quotidiennement pour communiquer avec mes collègues et nos clients également (...) Je trouve que notre plateforme interne et les courriels sont plus rapides et efficaces pour transmettre des informations et pour travailler en équipe et collaborer sur des projets à distance. J'apprécie également la flexibilité que ces outils offrent en général, car je peux y accéder depuis n'importe où avec une connexion Internet. » (Cadre hiérarchique, 15 ans d'expérience): « (...) Certes, ils ne remplacent pas une communication plus directe et en personne, mais pour autant, ils sont plus efficaces en termes d'accessibilité, de rapidité, de traçabilité et de qualité d'informations partagés qui nous permettant généralement de collaborer et de réaliser notre travail en coopération et en coordination avec nos collègues. » (Employé, 6 ans d'expérience).

4.3 LES OPPORTUNITÉS ET LES DÉFIS ASSOCIÉS À LA DIGITALISATION DE LA COMMUNICATION INTERNE

D'après les résultats obtenus, la digitalisation est perçue comme un moyen permettant la rapidité et la fluidité de la communication et qui offre une meilleure circulation de l'information, une plus grande réactivité et une collaboration facilitée. Toutefois, les résultats soulignent également que cette digitalisation peut entraîner une perte de qualité dans les échanges, en particulier lorsqu'il s'agit de sujets complexes ou sensibles qui nécessitent une communication en face à face. Elle peut également augmenter la charge de travail des collaborateurs en raison de la nécessité de gérer et de répondre à un plus grand volume de messages et d'informations. Cela peut entraîner une confusion et une perte de temps pouvant nuire par la suite à la performance: « (...) D'autre part, je trouve que cela peut conduire à une surcharge d'informations et à une difficulté à trouver les informations pertinentes et qui m'intéressent le plus ce qui nécessite ainsi un effort de plus (...) » (Employé, 5 ans d'expérience). « (...) Il s'agit de trier toutes ces informations et de choisir enfin celle utile pour nous (...) » (Employé, 7 ans d'expérience). « Il est comme même difficile de traiter l'ensemble des publications ou de réagir et répondre à un grand nombre d'emails ou de messages (...) » (Cadre hiérarchique, 10 ans d'expérience).

La plupart des réponses reflètent une nuance qui reconnaît à la fois les avantages et les limites de la digitalisation de la communication interne: « Je suis plutôt mitigée sur l'utilisation des outils digitaux. D'une part, je reconnais les avantages qu'ils offrent en termes de rapidité et de facilité d'utilisation. D'autre part, je trouve que cela peut conduire à une surcharge d'informations et à une difficulté à trouver les informations pertinentes et qui m'intéressent le plus. » (Employé, 5 ans d'expérience).

De même, les résultats de la présente étude mettent en évidence deux points importants: ils soulignent, d'une part, l'importance des interactions en face à face pour maintenir de bonnes relations interpersonnelles: « (...) je pense qu'il est important de maintenir un certain niveau de communication en face à face pour maintenir les bonnes relations entre nous. » (Employé, 6 ans d'expérience). D'autre part, ils mettent en avant l'importance d'une utilisation appropriée des outils de communication interne digitale: « Il faut prendre le temps de réfléchir à la façon dont nous utilisons ces outils, de mettre en place des politiques claires et des règles d'utilisation. Il faut également rester conscients des avantages et des limites de ces outils et être prêts à ajuster notre utilisation en fonction de nos besoins et de notre environnement de travail. » (Cadre hiérarchique, 15 ans d'expérience). « Je pense qu'il est vraiment important d'utiliser correctement ces outils. » (Cadre hiérarchique, 12 ans d'expérience). « (...) A mon avis, si nous les utilisons comme il faut, d'une façon appropriée et correcte, nous pouvons bénéficier de ses avantages et améliorer notre collaboration et notre performance. » (Employé, 6 ans d'expérience). En effet, la majorité des répondants (09 répondants sur 15) trouvent que les outils digitaux sont plus appropriés pour les communications formelles. Par ailleurs, les réponses remettant en question l'efficacité des outils de communication interne digitale à résoudre les conflits et à traiter les problèmes complexes au sein de l'entreprise et nous conduisent à admettre que la digitalisation de la communication interne ne peut pas être considérée comme un substitut complet à la communication en face à face: « A mon avis, la digitalisation de la communication interne est essentielle mais les échanges en personne sont irremplaçables. C'est à travers la communication en face à face qu'on peut voir les réactions de l'autre (...) Nous pouvons savoir s'il est intéressé par le sujet qu'on discute et voir personnellement dans ses yeux qu'il est sérieux lorsqu'il dit que le travail sera réalisé. Ce qui est difficile via les canaux digitaux qui ne permettent pas toujours d'interpréter les nuances de la communication (...) ». (Employé, 7 ans d'expérience). « Je crois qu'il est difficile de résoudre les problèmes très complexes via des canaux de communication en ligne. Nous pouvons prendre l'exemple d'un conflit entre deux collaborateurs, ce genre de problèmes nécessitent la présence physique des deux parties pour le résoudre (...). » (Cadre hiérarchique, 10 ans d'expérience).

En somme, les données collectées et analysées révèlent que la digitalisation de la communication interne a affecté les relations entre les collaborateurs, les méthodes de travail et la performance au travail. Elles mettent en évidence sa contribution importante à la collaboration et au travail d'équipe. Ainsi, les résultats montrent que les collaborateurs de toutes les générations ont été affectés de manière similaire par cette digitalisation, leurs préférences et compétences en la matière n'ont pas impacté significativement leur

acceptation des outils de communication interne digitale. De même, il a été démontré que la réussite de la transformation de la communication interne de l'entreprise étudiée a été le résultat de la collaboration et de l'engagement de tous les collaborateurs, indépendamment de leur âge ou de leur génération.

5 RÉUSSIR LA DIGITALISATION DE LA COMMUNICATION INTERNE

La présente étude visait à explorer la manière dont la communication interne est digitalisée dans une compagnie d'assurance au Maroc. Les données recueillies reflètent une nuance qui reconnaît à la fois les avantages et les limites de la digitalisation de la communication interne.

Avant de discuter nos résultats, il convient de souligner que notre recherche exploratoire s'est concentrée sur un cas unique en se basant sur des données recueillies auprès d'un nombre restreint de participants (N=15), ses résultats ne peuvent donc pas être généralisés.

En effet, nos résultats révèlent que la digitalisation de la communication interne a affecté les relations entre les collaborateurs, les méthodes de travail et la performance au travail. Ils mettent en évidence l'impact positif de cette transformation sur la collaboration et le travail d'équipe au sein de l'entreprise étudiée, notamment dans les situations où les collaborateurs sont géographiquement dispersés ou travaillent à distance. Cela concorde avec les constats de Carstensen (2016) qui a affirmé que la digitalisation de la communication interne facilite la collaboration en permettant un travail d'équipe plus ciblé et en réseau, tant en interne de l'entreprise qu'au niveau externe et worldwide.

Il a été démontré qu'au fil des années, l'entreprise étudiée a continuellement investi dans la digitalisation, notamment de la communication interne. Cependant, malgré ces investissements, il est important de noter que certaines problématiques subsistent quant à la réussite de la digitalisation de la communication interne. Des études antérieures ont révélé des défis auxquels les entreprises sont confrontées lorsqu'elles utilisent des canaux de communication interne numériques (Bertin et al., 2020; Almeida et al., 2020; Ittis, 2017).

Les résultats de cette étude remettent en question certaines idées reçues et soulignent l'importance d'adopter une approche réfléchie et stratégique pour réussir la communication interne digitale.

5.1 COMBINER COMMUNICATION INTERNE DIGITALE ET EN FACE À FACE POUR MAINTENIR LES RELATIONS INTERPERSONNELLES

Les résultats de la présente étude corroborent les propos de certains auteurs tels que Miller (2010) et Grossman et al. (2020) qui suggèrent que la communication interne digitale ne peut pas remplacer la communication en face à face. L'une des principales raisons pour lesquelles la communication en face à face est irremplaçable est qu'elle est plus personnelle et émotionnelle que la communication digitale, ce qui peut permettre de renforcer et maintenir les relations entre les collaborateurs. Ce résultat est important car il souligne l'un des principaux effets de la technologie sur les relations interpersonnelles « la déshumanisation provoquée par la digitalisation ». Ce concept a été mis en question par Turkle (2015) dans son ouvrage « Seuls ensemble: De plus en plus de technologies de moins en moins de relations humaines ». Cet auteur a souligné que la digitalisation peut conduire à une déshumanisation des interactions humaines d'où l'importance d'une prise de conscience de ces effets pour préserver les liens humains et la communication empathique. Dans le même sens, Harari et Deus (2017) appellent à une réflexion plus approfondie sur les choix que nous faisons en matière de technologie et de société.

Les résultats suggèrent de ne pas considérer la communication interne digitale et la communication en face à face comme des alternatives l'une à l'autre, mais plutôt des compléments. D'une part, les entreprises doivent les combiner judicieusement pour tirer profit de leurs avantages, de l'autre part, elles sont appelées à trouver un équilibre entre la technologie et l'humain pour préserver les relations interpersonnelles entre les collaborateurs.

5.2 UTILISER UNE VARIÉTÉ DE CANAUX DE COMMUNICATION INTERNE TOUT EN RELEVANT LES DÉFIS

Les résultats montrent une utilisation d'un large éventail de canaux de communication interne par l'entreprise étudiée. Bien que ce choix permette d'atteindre différents types de publics et d'adapter les messages en fonction des besoins spécifiques, elle peut également présenter des défis, tels que la nécessité de gérer plusieurs outils et de s'assurer que les messages sont cohérents sur tous les canaux. Dans son livre "Marketing 4.0", Kotler et al. (2017) ont souligné que la fragmentation des canaux de communication externe peut rendre difficile la création d'un message cohérent et la gestion de la marque sur plusieurs plateformes. Nous jugeons qu'il est possible de généraliser ces constats également sur l'usage d'une variété d'outils de communication interne. Cette utilisation peut créer des messages fragmentés, non cohérents ou contradictoires qui peuvent causer de la confusion et de la frustration chez les collaborateurs. Selon Bertin

et al. (2020), aucun outil unique ne peut représenter toutes les utilisations, au contraire, différents outils doivent cohabiter pour pouvoir répondre aux exigences diverses et croissantes de la collaboration au niveau de l'entreprise. Il est donc important de trouver le bon équilibre entre les différents canaux adoptés et être en mesure de comprendre les avantages et les limites de chaque outil et de les utiliser efficacement. De plus, Les entreprises sont appelées à résoudre les problèmes qui peuvent survenir pendant l'usage de ces outils (Riemke-Gurzki, 2017; Ruão et al., 2022).

5.3 AVOIR UNE STRATÉGIE DE COMMUNICATION INTERNE COHÉRENTE ET BIEN DÉFINIE

Les entreprises doivent avoir une stratégie de communication interne cohérente et bien définie, qui prend en compte les différents canaux de communication utilisés et qui permet de s'assurer que les messages sont cohérents et clairs sur tous ces canaux (Bertin et al., 2020). Cela peut impliquer la mise en place de règles de communication communes, l'instauration d'un système de gestion de la communication interne et de son contenu, ainsi que l'utilisation d'outils de communication interne qui sont compatibles et intégrés les uns aux autres. Il est également important, de savoir quels canaux sont utilisés pour quel type d'information (Bertin et al., 2020).

Avoir une stratégie de communication interne cohérente et bien définie peut fournir un cadre clair pour la communication et permettra aux membres de l'entreprise de mieux comprendre comment communiquer efficacement entre eux (Hay, 2017). Elle peut aider à surmonter certains défis liés à la communication, à la coordination et à la collaboration au sein de l'entreprise (Rogala et al., 2016). En fournissant des informations claires et précises, l'entreprise peut s'assurer que les objectifs individuels des collaborateurs sont alignés avec ceux de l'entreprise, créant ainsi un sentiment d'unité et de cohésion et favorisant la collaboration. En outre, une stratégie de communication interne cohérente peut également contribuer à assurer une meilleure compréhension des valeurs de l'entreprise renforçant ainsi la culture d'entreprise (d'Almeida et Libaert, 2018).

5.4 SE DÉTOURNER DES STÉRÉOTYPES GÉNÉRATIONNELS

Contrairement aux conclusions de plusieurs études analysant l'effet de l'âge sur l'utilisation et l'acceptation des outils digitaux, les résultats de notre étude menée auprès d'une entreprise d'assurance au Maroc proposent de ne pas se concentrer sur les supposées préférences ou compétences des employés basées sur leur âge. Nos conclusions soulignent l'importance de se détourner des stéréotypes générationnels et de reconnaître plutôt la contribution significative des collaborateurs dans la réussite de la transformation, notamment leur engagement, leur capacité d'adaptation et leur expertise. En effet, ce type de jugement peut limiter la capacité des entreprises à tirer pleinement parti des compétences et des connaissances individuelles de leurs collaborateurs.

Ces résultats rejoignent les propos de certains auteurs tels que Bullen et al. (2011) et Lai et Hong (2015) qui ont suggéré que la génération n'est pas un facteur déterminant dans l'utilisation des technologies digitales. Dans le cadre de leur étude, Lai et Hong (2015) ont constaté qu'il n'y avait pas non plus de différences générationnelles concrètes dans les habitudes d'utilisation des technologies constatées. À cet égard, nous proposons d'aller au-delà des différentes théories d'adoption et d'acceptation des technologies établies (Venkatesh et Davis, 2000; Venkatesh et al. 2003) et des résultats de certaines études antérieures ayant suggéré l'influence de l'âge sur l'acceptation de la technologie pour développer des analyses plus contextuelles qui prennent en compte des facteurs liés à la technologie adoptée.

Ainsi, il faut garder à l'esprit que l'évolution rapide des normes technologiques et l'apparition de nouvelles technologies plus avancées (l'obsolescence des technologies et des produits existants) rendent les nouveaux médias "anciens" et contribue à l'atteinte de leur saturation. Les nouveaux médias, tout comme les personnes, subissent un processus d'évolution et de vieillissement (Loos et Ivane, 2022). Nous pouvons supposer donc qu'avec l'évolution rapide des technologies et des médias, les différences générationnelles peuvent devenir moins importantes, et dans certains cas, le sujet des générations devient parfois moins pertinent pour discuter de l'adoption et de l'utilisation de la technologie. Bien que l'âge puisse jouer un rôle dans la manière dont les collaborateurs interagissent avec la technologie, il existe de nombreux autres facteurs individuels et organisationnels et parfois liés à la technologie elle-même qui peuvent jouer un rôle plus significatif sur l'adoption et l'acceptation de cette technologie.

6 CONCLUSION

La présente étude contribue à la littérature sur la communication interne par son analyse d'un domaine insuffisamment étudié: la digitalisation de la communication interne. Ainsi, elle contribue à la compréhension de la pratique de la communication interne digitale d'une compagnie d'assurance au Maroc.

Notre étude identifie les canaux de communication interne digitale utilisés et explore les opportunités et les défis associés à leur usage. Il serait donc utile d'examiner si toutes les entreprises du secteur (ou d'autres secteurs) sont confrontées à des défis similaires en la matière. Dans ce sens, des solutions et des meilleures pratiques pour surmonter ces défis pourraient être identifiées et partagées avec d'autres entreprises. De même, il serait utile d'étudier les attentes des employés marocains en matière de communication interne et les

outils qu'ils préfèrent utiliser. Ce qui peut guider les entreprises marocaines dans le choix des outils digitaux appropriés pour leur communication interne. Selon Verčič et Špoljarić (2020), les responsables de la communication interne doivent être conscients des préférences de leurs employés lorsqu'ils font le choix du canal à adopter.

De plus, les implications managériales de notre étude sont multiples. Tout d'abord, ses résultats soulignent l'importance pour les entreprises d'adopter une approche intégrée de la communication interne, en combinant de manière judicieuse les outils digitaux et la communication en face à face. Deuxièmement, elle met en avant l'importance de reconnaître la contribution des collaborateurs dans la réussite de la transformation digitale de l'entreprise et invite à une réflexion plus approfondie sur les choix que nous faisons en matière de la technologie et de l'humain. Les dirigeants doivent être conscients des avantages et des limites des outils digitaux et être en mesure de trouver un équilibre entre la technologie et l'humain pour préserver les relations interpersonnelles entre les collaborateurs. Cela implique une approche réfléchie et adaptative de la gestion du changement et de la communication interne (Edmondson et Harvey, 2018; Muluneh et Gedifew, 2018; Alshahrani, 2020; Beasley et al., 2020).

Toutefois, étant donné que cette étude se concentre sur un seul cas et comme le nombre des personnes interrogées était restreint, il est important de souligner que ses résultats ne peuvent pas être généralisés à d'autres contextes. Des recherches approfondies sont alors nécessaires pour confirmer et étendre les résultats à d'autres contextes. Par ailleurs, cette étude s'est concentrée sur les outils et les méthodes utilisés dans le cadre de la digitalisation de la communication interne et sur les défis qu'ils posent. La communication interne est un vaste domaine qui aura toujours besoin d'améliorations, notamment son aspect psychologique qui devrait faire l'objet de recherches plus approfondies. Nous pensons qu'il est nécessaire d'approfondir la recherche dans cet aspect en essayant de trouver des solutions à certains problèmes tels que le refus de prendre en compte toutes les informations reçues via les canaux digitaux.

REFERENCES

- [1] Almeida, F., Santos, J. D., & Monteiro, J. A. (2020). The challenges and opportunities in the digitalization of companies in a post-COVID-19 World. *IEEE Engineering Management Review*, 48 (3), 97-103.
- [2] Alshahrani, A. M. (2020). An intelligent and adaptive model for change management. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11 (1).
- [3] Baromètre BVA – Tryane (2012), « Les salariés et le stress technologique ». https://www.bva-group.com/wp-content/uploads/2017/02/fichier_barometre_bva-tryane65cdb.pdf
- [4] Beasley, L., Grace, S., & Horstmanshof, L. (2020). Responding and adapting to change: an allied health perspective. *Leadership in Health Services*, 33 (4), 339-349.
- [5] Beirne, M. and Cromack, C. (2009), «Managing creative coalition's: Reflections on the social side of services innovation», *European Management Journal*, Vol. 27 No. 2, pp. 83-89.
- [6] Benedetto-Meyer, M., & Boboc, A. (2019). Accompagner la «transformation digitale»: du flou des discours à la réalité des mises en œuvre. *Travail et emploi*, (159), 93-118.
- [7] Bertin, E., Colléaux, A., & Leclercq-Vandelannoitte, A. (2020). Collaboration in the digital age: From email to enterprise social networks. *Systèmes d'information et management*, 25 (1), 7-46.
- [8] Brown, A. (2019). «The role of digital collaboration tools in improving internal communication in the workplace.» *Human Resource Management Review*, 29 (3), 324-333. <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2018.04.005>
- [9] Bullen, M., Morgan, T., & Qayyum, A. (2011). Digital learners in higher education: Generation is not the issue. *Canadian Journal of Learning and Technology/La revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie*, 37 (1).
- [10] Carstensen, T. (2016). NEGOTIATING THE DIGITIZATION OF WORK: NEW CHALLENGES FOR EMPLOYEES AND WORKERS' COUNCILS FROM THE USE OF SOCIAL COLLABORATION PLATFORMS. *AoIR Selected Papers of Internet Research*.
- [11] Cho, M., Furey, L. D., & Mohr, T. (2017). Communicating corporate social responsibility on social media: Strategies, stakeholders, and public engagement on corporate Facebook. *Business and professional communication quarterly*, 80 (1), 52-69.
- [12] Cook, N. (2008). *Enterprise 2.0: How social software will change the future of work*. Gower Publishing, Ltd.
- [13] d'Almeida, N., & Libaert, T. (2018). *La communication interne des entreprises-8e éd*. Dunod.
- [14] Decaudin, J.-M., Igalens, J., & Waller, S. (2017). *La communication interne : Stratégies et techniques (4e éd.)*. Dunod. <https://international.scholarvox.com/catalog/book/docid/88841872>.
- [15] Drucker, P. (2009). *Management: Tasks, Responsibilities, Practices*. New York, NY: Harper & Row.
- [16] Edmondson, A. C., & Harvey, J. F. (2018). Cross-boundary teaming for innovation: Integrating research on teams and knowledge in organizations. *Human Resource Management Review*, 28 (4), 347-360.
- [17] Eisenhardt, K. M. (1991). Better stories and better constructs: The case for rigor and comparative logic. *Academy of Management review*, 16 (3), 620-627.
- [18] Frimousse, S., & Peretti, J. M. (2017). Comment accompagner la transformation digitale des entreprises en Afrique?. *Question (s) de management*, 18 (3), 199-225.

- [19] Grossman, M. J., Woolridge, S., Lichtenstein, S., McLaughlin, D., Auther, A. M., Carrión, R. E.,... & Bowie, C. R. (2020). Patterns and perceptions of face-to-face and digital communication in the clinical high risk and early stages of psychosis. *Psychiatry Research*, 284, 112667.
- [20] Harari, Y. N., & Deus, H. (2017). *Une brève histoire de l'avenir*. Albin Michel, Paris.
- [21] Hay, D. A. (2017). *From Communication to Coherence: Leading Change*. Harvard University.
- [22] Iltis, M. E. (2017). Facing new challenges of digitalization in internal communications.
- [23] Jaujard, F. (2015, November). *Projet de communication «Usine connectée»*. In *Colloque Industrie du Futur*, Institut Mines Télécom (Vol. 26).
- [24] Kotler, P., Setiawan, I., Kartajay, H., & Vandercammen, M. (2017). *Marketing 4.0: le passage au digital*. De boeck supérieur.
- [25] Kovaitė, K., Šumakaris, P., & Stankevičienė, J. (2020). Digital communication channels in Industry 4.0 implementation: The role of internal communication. *Management: Journal of Contemporary Management Issues*, 25 (1), 171-191.
- [26] Lai, K. W., & Hong, K. S. (2015). Technology use and learning characteristics of students in higher education: Do generational differences exist?. *British Journal of Educational Technology*, 46 (4), 725-738.
- [27] Lee, S. (2021). «The impact of digital collaboration tools on the internal communication of virtual teams.» *Journal of Computer-Mediated Communication*, 26 (2), 103-117. <https://doi.org/10.1093/jcmc/zmaa067>.
- [28] Libaert, T. (2014). Chapitre 3. La communication interne. Dans: T. Libaert, *Introduction à la communication* (pp. 55-67). Paris: Dunod. <https://doi.org/10.3917/dunod.libae.2014.02.0055>.
- [29] Lipiäinen, H. S. M., Karjaluoto, H. E., & Nevalainen, M. (2014). Digital channels in the internal communication of a multinational corporation. *Corporate Communications: An International Journal*.
- [30] Loos, E., & Ivan, L. (2022). Not only people are getting old, the new media are too: Technology generations and the changes in new media use. *new media & society*, 14614448221101783.
- [31] MacKenzie, R. (2010). *LACOME: Early evaluation and further development of a multi-user collaboration system for shared large displays* (Doctoral dissertation, University of British Columbia).
- [32] Men, L. R. (2014). Strategic internal communication: Transformational leadership, communication channels, and employee satisfaction. *Management communication quarterly*, 28 (2), 264-284.
- [33] Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. sage.
- [34] Miller, J. J. (2010). Student evaluations for the online public speaking course. *Basic Communication Course Annual*, 22, 153-171. Retrieved from: <http://ecommons.udayton.edu/bcca/vol22/iss1/11>.
- [35] Monziols, M., Raviart, O., & Lesueur, J.-L. (2014). *Et si je me mettais aux réseaux sociaux ! : Se lancer et les utiliser - Mode d'emploi* Ed. 1. Eyrolles. <https://international.scholarvox.com/catalog/book/docid/88818535?searchterm=plateforme%20collaborative>.
- [36] Muluneh, G. S., & Gedifew, M. T. (2018). Leading changes through adaptive design: Change management practice in one of the universities in a developing nation. *Journal of organizational change management*, 31 (6), 1249-1270.
- [37] Perruchot Garcia, V. (2016). *Dynamiser sa communication interne: Les meilleures pratiques pour accompagner les mutations dans l'entreprise*. Dunod. <https://doi.org/10.3917/dunod.perru.2016.01>.
- [38] Qu, S. Q., & Dumay, J. (2011). The qualitative research interview. *Qualitative research in accounting & management*, 8 (3), 238-264.
- [39] Quirke, B. (2008), *Making the connections: Using internal communication to turn strategy into action*, 2nd ed., MPG Books Ltd., Great Britain.
- [40] Rencker, E. (2007). *Le nouveau visage de la com' interne : Réflexions, méthodes, guide pour l'action*. Editions d'Organisation. <https://international.scholarvox.com/catalog/book/docid/88813694>.
- [41] Reyre, I., & Lippa, M. (2015). *E-management : Comment la révolution numérique transforme le management*. Dunod. <https://international.scholarvox.com/catalog/book/docid/88828447?searchterm=Lippa%20Marc>.
- [42] Riemke-Gurzi, T. (2017). The digital transformation in internal corporate communication, collaboration and media. *Digital Transformation in Journalism and News Media: Media Management, Media Convergence and Globalization*, 493-500.
- [43] Rogala, A., Bialowas, S., Rogala, A., & Bialowas, S. (2016). Internal and External Communication: In Search of Coherence. *Communication in Organizational Environments: Functions, Determinants and Areas of Influence*, 207-250.
- [44] Ruão, T., Marinho, S., & Silva, S. (2022). The relevance of internal communication in innovation processes: the Bosch case study. In *Communication and Smart Technologies: Proceedings of ICOMTA 2021* (pp. 51-60). Springer Singapore.
- [45] Ruck, K., Welch, M., & Menara, B. (2017). Employee voice: an antecedent to organisational engagement?. *Public Relations Review*, 43 (5), 904-914.
- [46] Smith, J. (2018). «The impact of digital technology on internal communication in organizations.» *Journal of Business and Technical Communication*, 32 (2), 133-153. <https://doi.org/10.1177/1050651917745344>.
- [47] Smits, I., Franssen, M., Beuker, L., Van Aerden, K., Lamberts, M., & Dessers, E. (2022). Sustainable employment in the age of digitalisation: unpacking the organisational level. *Inclusive futures for Europe: addressing the digitalisation challenges*, 21.
- [48] Tracy, S. J. (2012). The toxic and mythical combination of a deductive writing logic for inductive qualitative research. *Qualitative Communication Research*, 1 (1), 109-141.

- [49] Trends, D. G. H. C. (2017). Rewriting the rules for the digital age. Deloitte Development LLC. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/About-Deloitte/central-europe/ce-global-human-capital-trends.pdf>
- [50] Turkle, S. (2015). Seuls ensemble. De plus en plus de technologies de moins en moins de relations humaines. Échappée (L').
- [51] Verčič, A. T., & Špoljarić, A. (2020). Managing internal communication: How the choice of channels affects internal communication satisfaction. *Public relations review*, 46 (3), 101926.
- [52] Verčič, A. T., & Vokić, N. P. (2017). Engaging employees through internal communication. *Public Relations Review*, 43 (5), 885-893.
- [53] Verčič, A.T., Verčič, D. and Sriramesh, K. (2012), «Internal communication: Definition, parameters, and the future», *Public Relations Review*, Vol. 38 No. 2, pp. 223-230.
- [54] Yin, R. K. (2003). Design and methods. *Case study research*, 3 (9.2), 84.

Le déploiement du processus de la capacité dynamique: Cas des PME Marocaines

[deployment of the dynamic capability process: The case of Moroccan SMEs]

Achelhi Hicham

Professeur, Expressions culturelles, intertextualité et Management, Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté Polydisciplinaire - Larache, Morocco

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The dynamic capabilities approach posits that a firm's performance is largely driven by its ability to adapt to a changing environment to secure value creating potential and, thus achieve a sustainable competitive advantage. Our aim is to verify that these capabilities are indeed elements that contribute to competitiveness and to identify the organisational processes associated with dynamic capabilities. In the literature, various authors point the lack of work relating to the deployment of dynamic capabilities. It is recognised that it is important to fill this gap in order to advance knowledge on this concept. This article follows Teece's conceptualisation: a competitive firm mobilises three dynamic capabilities: *sensing*, *seizing* and *transforming*. The study is based on a case study of 15 Moroccan SMEs considered competitive. We conducted a qualitative study: surveys (structured and semi-open) were conducted to collect data from the owner-managers of these SMEs. The results obtained validate that the SMEs studied mobilise dynamic capabilities.

KEYWORDS: Dynamic capability, deployment, strategic management, organisation, SME case study.

RESUME: L'approche des capacités dynamiques postule que la performance d'une entreprise dépend largement de sa capacité à s'adapter à un environnement changeant afin de garantir un potentiel de création de valeur et, par conséquent, d'obtenir un avantage concurrentiel durable.

Notre objectif étant de vérifier que ces capacités sont effectivement des éléments qui concourent à la compétitivité et d'identifier les processus organisationnels associés aux capacités dynamiques. Dans la littérature, différents auteurs font état de la rareté de travaux relatifs à au déploiement des capacités dynamiques. Un vide qu'il est reconnu important de combler pour faire avancer les connaissances sur ce concept. L'article se positionne dans la conceptualisation de Teece suivant laquelle une entreprise compétitive mobilise trois capacités dynamiques: détection, mobilisation et renouvellement. L'étude s'appuie sur une étude de cas de 15 PME Marocaines considérées comme compétitives. L'étude est basée sur une étude qualitative: des enquêtes (structurées et semi-ouvertes) ont été réalisées pour collecter les données auprès des propriétaires-dirigeants de ces PME. Les résultats obtenus permettent de valider que les PME étudiées mobilisent les capacités dynamiques.

MOTS-CLEFS: Capacité dynamique, déploiement, management stratégique, organisation, étude de cas des PME.

1 INTRODUCTION

Nous vivons dans un monde complexe et turbulent caractérisé par la présence d'un nombre important d'éléments indépendants et imprévisibles. Y vivre, c'est navigué dans une mer d'incertitudes, à travers des îlots et des archipels de certitudes sur lesquels on se ravitaille (Morin, 2020). En plus, la mondialisation donne aux événements (crises,...) un caractère global et total. Les dimensions économiques, sociales, politiques et environnementales étant étroitement liées, il est impossible d'avoir une vision fragmentée des approches. D'autant plus que l'économie actuelle est fondée sur la connaissance (technologies digitales, l'intelligence artificielle,...) qui

font qu'on parle actuellement d'une révolution, donc une transformation radicale par uniquement une amélioration ou un changement. Ce constat rend obsolètes tout avantage concurrentiel existant tout en créant simultanément de nouvelles opportunités concurrentielles. D'après plusieurs études, la réalisation de l'avantage concurrentiel dépend plus de la capacité des entreprises à fournir une plus grande valeur à la clientèle à long terme (Santos-Vijande et al., 2012). Le dynamisme de l'environnement économique actuel (Eisenhardt et Martin, 2000) peut rapidement rendre obsolètes les avantages concurrentiels existants tout en créant simultanément de nouvelles opportunités concurrentielles (Madhok et Marques, 2014).

D'une façon générale, la compétitivité traduit l'habileté d'une entreprise à accroître ses parts de marché, à atteindre une croissance et rentabilité de manière durable ou pérenne (Cetindamar et Kilitcioglu, 2013). «*Competitiveness is a multidimensional construct characterized by its long-term orientation, controllability and dynamism, and is often conceptualized as the capacity of the organization to amalgamate its resources and capabilities seeking to create value-adding competencies.*» (Lafuente et al., 2019). Cette habileté ne dépend pas seulement de conditions externes favorables, mais surtout, des capacités et ressources internes (Man, Lau, et Chan, 2002). Camison et Forés (2015) ont montré que les capacités des entreprises sont plus importantes que les effets environnementaux pour obtenir une meilleure position concurrentielle sur le marché.

L'approche par les capacités dynamiques est considérée comme la plus pertinente pour expliquer comment un avantage compétitif est créé par une entreprise (Barreto, 2010; Teece, 2007, 2012) surtout lorsque l'environnement est dynamique ou turbulent (Drnevich, Marino, et Withers, 2011; Eisenhardt, 1989).

Ce concept a d'abord été initié par (Teece, Pisano, & Change, 1994) puis il a été exploré par Teece et al. (1997). Ils ont souligné que l'avantage concurrentiel d'une entreprise dans un environnement dynamique repose sur le stock de capacités organisationnelles de l'entreprise. Ce qui permet de fournir un flux constant de produits et de services innovants aux clients (Ouyang et al., 2016). Cette approche a été développée afin d'expliquer comment une entreprise peut maintenir son avantage concurrentiel et sa performance (Teece et al., 1997 ; Teece, 2007).

Les capacités dynamiques sont le développement des capacités organisationnelles de l'entreprise par la modification de la base de ressources sous-jacente (Eisenhardt & Martin, 2000). Les capacités organisationnelles et dynamiques peuvent être appelées routines organisationnelles, mais avec des résultats différents. Les capacités organisationnelles permettent la production de biens/service, tandis que les capacités dynamiques permettent le développement et le renouvellement des capacités organisationnelles.

D'où notre intérêt d'étudier la mobilisation des capacités dynamiques dans la construction de la compétitivité de PME. Notre objectif est de comprendre comment, dans ce contexte spécifique, notamment lors de la crise covid19, les dirigeants arrivent à maintenir, voire améliorer, la compétitivité de leur entreprise. Autrement dit, comment les PME renouvellent-elles leurs pratiques pour faire face aux conditions plus exigeantes de l'environnement économique ? Ces entreprises mobilisent-elles des capacités dynamiques pour développer leur compétitivité ?

Dans ce sens l'étude de cas des PME est cruciale pour plusieurs motifs: elles jouent un rôle essentiel dans l'économie mondiale et constituent une source majeure de capacités d'entreprendre, d'innovation et d'emploi. Certains auteurs considèrent que les PME (particulièrement de petite taille) ne disposent pas de capacités managériales suffisantes pour mettre en œuvre des pratiques d'affaires complexes ou routines de haut niveau (Bititci et al., 2011), Comme celles liées à la mise en place des capacités dynamiques. Ces capacités seraient cruciales pour les PME considérant leur vulnérabilité (Wang et Shi, 2011). Le manque de ressources peut réduire leur capacité à suivre les évolutions technologiques. Cette capacité financière limitée (Lubatkin et al., 2006) les oblige à trouver des solutions spécifiques pour parvenir à combiner des activités tant d'exploitation que d'exploration.

D'où notre intérêt d'étudier la mobilisation des capacités dynamiques dans la construction de la compétitivité de PME.

2 LA "CAPACITÉ DYNAMIQUE"

L'approche basée sur les capacités dynamiques a été développée afin de surmonter les limites de l'approche ressources (RBV) (Teece et Pisano, 1994; Teece et al., 1997; Wang et Ahmed, 2007). Teece et al. (1997) définissent les capacités dynamiques comme « la capacité à intégrer, construire et reconfigurer les compétences internes et externes de l'entreprise pour répondre aux changements rapides de l'environnement ».

2.1 CARACTÉRISTIQUES DES CAPACITÉS DYNAMIQUES

Une capacité dynamique se différencie de la résolution de problème ad hoc (Winter, 2003). Par conséquent, une capacité dynamique répond à des caractéristiques spécifiques. Suivant les auteurs, les caractéristiques de la capacité dynamique diffèrent.

- En ce qui concerne sa sphère d'application: environnements en rapide transformation technologique (Teece et al., 1997); modérément dynamiques ou hautement dynamiques, mais en reconnaissant des différences sensibles dans ses caractéristiques suivant ces contextes d'applicabilité Eisenhardt et Martin (2000).

Dans le cas d'un environnement modérément dynamiques, ces capacités ressemblent aux routines organisationnelles qui reposent largement sur des connaissances existantes à l'intérieur de la firme. Dans le cas d'un environnement hyper compétitifs, elles sont des routines qui permettent d'expérimenter. L'entreprise doit avoir la capacité d'exécuter itérativement plusieurs scénarios qui vont produire des résultats plus au moins adaptés à la situation, mais qui sont largement imprévisibles (Eisenhardt et Martin, 2000). Cela dit que ces capacités dynamiques sont soumises à l'apprentissage puisqu'elles évoluent et se transforment à mesure de leur mise en œuvre (Eisenhardt et Martin, 2000; Zollo et Winter, 2002).

- Sur les attributs de ce concept. Pour Teece et al. (1997) la capacité dynamique est une habilité particulière (une routine spécifique) à l'organisation, qui permet d'apprendre de nouvelles routines. Pour Eisenhardt et Martin (2000), c'est un processus particulier à l'organisation qui va avoir une incidence sur d'autres processus de la firme en les transformant. Comme exemple de processus, ces auteurs présentent les processus d'innovation de produit, de prise de décision et d'alliance.
- Sur la relation entre la capacité dynamique et l'avantage concurrentiel durable. Les auteurs établissent un lien entre la possession des capacités dynamiques et le maintien à long terme de l'avantage concurrentiel de la firme (Arrègle, 2000; Teece et al. 1997; Teece, 1998; Winter, 2000). Cette affirmation n'est pas partagée par tous les auteurs. Eisenhardt et Martin (2000) concluent qu'on ne peut pas postuler à un lien direct entre les capacités dynamiques et l'avantage concurrentiel durable. Il peut s'agir d'un lien indirect.

Dans la littérature, les travaux énoncent cinq conditions nécessaires pour caractériser un processus de capacité dynamique (Altintas, 2015). Ainsi, une capacité dynamique se caractérise par :

1. La récurrence de son processus (Teece et al., 1997 ; Eisenhardt et Martin, 2000 ; Teece, 2007).
2. C'est un processus stable c'est-à-dire structuré et persistant (Zollo et Winter, 2002) qui ne relève pas de l'improvisation (Winter, 2003).
3. La modification des ressources (Teece et al., 1997 ; Eisenhardt et Martin, 2000 ; Zollo et Winter, 2002 ; Winter, 2003). Elle se développe à partir de l'apprentissage de nouvelles connaissances organisationnelles.
4. Le maintien du processus après son développement (Pablo et al., 2007). Pour ce faire, le processus doit être à l'origine de plusieurs projets et les futurs projets doivent être adoptés en fonction des retours positifs ou négatifs des projets précédents.
5. L'amélioration de la performance organisationnelle est avancée dans la quasi-totalité des travaux sur les capacités dynamiques (Teece et al., 1997 ; Eisenhardt et Martin, 2000 ; Moliterno et Wiersema, 2007 ; Teece, 2007).

En conclusion, nous remarquons que le concept de capacité dynamique est un concept au contour flou. Pour mieux cerner son périmètre, nous allons nous focaliser sur les cinq conditions présentées par les différents auteurs est regroupées par Altintas (2015).

Ainsi, pour identifier une capacité dynamique, il convient de retracer des processus de changement de même nature en faisant apparaître les différentes phases du processus. Il convient ensuite de comparer les ressources. La comparaison doit porter sur la chronologie ainsi que sur le contenu des phases qui doivent être similaires ou quasi similaires pour caractériser une routine. Nous devons enfin connaître le niveau de la performance de l'organisation.

2.2 LE DÉPLOIEMENT DES CAPACITÉS DYNAMIQUES

Plusieurs modèles ont été proposés pour expliquer le déploiement des capacités dynamiques (Helfat et Peteraf, 2003; Teece, 2007; Sirmon et al., 2007; Mitchell et al., 2007; Narayanan et al., 2009).

Collis (1994) est l'un des premiers auteurs qui a proposé une classification. Il présente quatre niveaux: la détection des ressources disponibles, transformation des ressources, développement et extension des ressources. Le quatrième niveau est ce que Collis présente comme « *meta-capabilities* »: c'est en relation avec la capacité d'apprendre à apprendre.

Eisenhardt et Martin (2000) distinguent différents rôles de capacités dynamiques: intégrer les ressources, reconfigurer les ressources et acquérir et utiliser les ressources.

Teece (2007) présentent trois types de capacités dynamiques:

- Détection (sensing): activité d'apprentissage, de création, d'interprétation et de veille
- Mobilisation (seizing): l'habilitation de l'entreprise à apprendre et à intégrer de nouvelles ressources
- Renouvellement (transforming): c'est la capacité d'une entreprise à reconfigurer ses ressources pour s'adapter continuellement à son environnement changeant.

Pavlou et El Sawy (2011) proposent une classification en quatre catégories: détection, apprentissage, intégration et coordination. Ce qui est proche de la classification de Teece (2007). Ces auteurs ont validé cela sur un cas de développement de nouveaux produits.

Kuuluvainen (2012) propose quant à lui une classification qui ressemble aussi à celle de Teece (2007): recherche d'opportunités, acquisition de ressources, reconfiguration des ressources. Cette classification a été validée dans le cas d'internationalisation d'une PME.

Cependant, le modèle de Teece (2007, 2012) largement repris par les auteurs Augier et al. (2008); Hdidou W. et al. (2018), est réputé être le plus complet car il ne s'intéresse pas seulement aux phases de modifications des ressources et/ou des compétences

Selon ce concept, une entreprise compétitive mobilise trois principales capacités: détection/identification, mobilisation et renouvellement. Chacune de ces capacités étant associées à des processus managériaux spécifiques (Danneels, 2016; Pavlou et El Sawy, 2011; Teece, 2012).

Dans ce qui suit nous présentons successivement ces trois phases.

1. Identifier (ou créer) une opportunité

Une opportunité est un événement favorable ou susceptibles d'avoir des effets favorables sur la stratégie de l'entreprises. L'identification (ou la création) des opportunités est étroitement liée « aux activités de veille, de création, d'apprentissage et d'interprétation » (Teece, 2007).

Ellonen et al. (2011) envisagent la capacité d'identifier une opportunité comme l'aptitude de l'entreprise à analyser son environnement et à anticiper ses changements. Dans ce sens, l'entreprise doit mettre en place un suivi des activités de ces concurrents (Nedzinskas et al., 2013), et un examen continu des changements de l'environnement et la recherche continue de nouvelles idées (Kuuluvainen, 2012). Dans le même sens, Woldesenbet et al. (2012) montre l'importance de l'identification des besoins non satisfaits de la clientèle.

Nous avons déjà vu que deux processus interviennent dans l'identification d'une opportunité, les processus managériaux et les processus organisationnels (Teece, 2007).

Teece (2007) met l'accent sur trois processus organisationnels pouvant intervenir dans l'identification d'une opportunité: processus pour orienter la recherche & développement et sélectionner de nouvelles technologies, processus pour identifier les segments de marchés et les besoins des clients, et processus pour exploiter les innovations.

2. Saisir l'opportunité ou capacité de mobilisation:

Dès l'identification de l'opportunité, il faut tout mettre en œuvre pour la saisir. Pour ce faire, l'entreprise doit formuler sa stratégie et d'assurer l'engagement du personnel dans la réussite de cette stratégie (Teece, 2007). Pour mettre en place la stratégie, l'entreprise devrait assurer l'alignement de celui-ci à sa structure interne, à sa culture et à son style de management.

En effet, saisir une opportunité nécessite une capacité à exploiter les innovations technologiques mais aussi une capacité à introduire une innovation organisationnelle (Teece, 2018). Elle doit aussi mettre en place des améliorations continues des compétences techniques, les investissements dans la technologie (Teece, 2007), l'utilisation des TI (technologies de l'information) pour développer de nouveaux processus d'affaires (Drnevich et Kriauciunas, 2011), investir dans les ressources humaines (Kuuluvainen, 2012) afin d'acquérir et d'assimiler et de valoriser les connaissances (Pavlou et El Sawy, 2011).

3. Reconfigurer les actifs organisationnels

La reconfiguration (ou réorganisation) des actifs organisationnels est nécessaire afin d'assurer l'adéquation évolutionniste (evolutionary fitness) et d'éviter les dépendances de sentier défavorables (Teece, 2007). Pour cette troisième phase, nous nous sommes appuyés sur les travaux de Sirmon et al. (2007) et Zollo et Winter (2002) pour enrichir le modèle de Teece (2007). La reconfiguration des actifs organisationnels fait intervenir quatre sous-processus:

- La structuration des ressources: le processus par lequel l'entreprise acquiert, accumule ou supprime des ressources (Sirmon et al., 2007). On peut aussi parler de l'affectation de ressources aux tâches (Pavlou et El Sawy, 2011).
- Le management des connaissances, assimilé à la notion d'apprentissage organisationnel. Les travaux dans ce domaine soulignent l'importance de la gestion des connaissances et des processus d'apprentissage dans la performance des entreprises et la pérennité de leur avantage concurrentiel (Belmondo et Sargis-Roussel, 2012). Selon Zollo et Winter (2002), trois mécanismes interviennent dans le management des connaissances, l'acquisition, l'intégration et la codification des connaissances.

- La création des compétences: elle résulte de l'intégration des ressources (Sirmon et al., 2007). Chaque compétence est une combinaison unique de ressources permettant à l'entreprise de mettre en œuvre des activités créant de la valeur pour les clients. Les mécanismes permettant la création des compétences sont au nombre de trois, la stabilisation, l'enrichissement et l'innovation (Sirmon et al., 2007).
- Et leur mise en œuvre qui implique le développement de routines spécifiques et aussi la mise en place de nouvelles méthodes de gestion (Wilden et al., 2013)

La création de valeur pour les clients dépend d'un déploiement réussi des compétences. Lorsque celui-ci est difficile à imiter par les concurrents, il favorise le maintien d'un avantage concurrentiel durable (Sirmon et al., 2007). *Le renouvellement* consiste à l'alignement et au réalignement continu des actifs tangibles et intangibles spécifiques de l'entreprise pour maintenir sa compétitivité.

Cette conceptualisation sera notre point d'ancrage théorique. Cela suppose donc qu'une PME compétitive devrait être capable de détecter les menaces et les opportunités, de mobiliser les ressources pour contrer les menaces et saisir les opportunités et enfin, de reconfigurer ses ressources pour s'adapter continuellement à son environnement changeant.

Tableau 1. *Récapitulatif des variétés des pratiques des capacités développée dans la littérature*

Capacité	Variété des pratiques dans la littérature
Capacité de détection	- La recherche, veille, de création, d'apprentissage et d'interprétation (Teece, 2007), - La recherche continue de nouvelles idées (Kuuluvainen, 2012), - L'identification des besoins non satisfaits de la clientèle (Woldesenbet et al., 2012), - Analyse et l'examen des changements de l'environnement (Ellonen et al., 2011; Kuuluvainen, 2012) - Le suivi des activités des concurrents (Nedzinskas et al. 2013), - ...
Capacité de mobilisation	- Formuler sa stratégie et s'assurer l'engagement du personnel dans sa réussite (Teece, 2007) - Amélioration des compétences techniques, les investissements dans la technologie (Teece, 2007), - Acquisition, assimilation, transformation et valorisation des connaissances (Pavlou et El Sawy, 2011), - Utilisation des TI (technologies de l'information) pour développer de nouveaux processus d'affaires (Drnevich et Kriauciunas, 2011), - Investissements dans les ressources humaines (Kuuluvainen, 2012), - ...
Capacité de renouvellement	- Réorganisation des actifs (Teece, 2007), - La structuration des ressources (Sirmon et al., 2007) - Affectation de ressources aux tâches (Pavlou et El Sawy, 2011), - Management de connaissances (Belmondo et Sargis-Roussel, 2012) - Création de compétences (Sirmon et al., 2007) - Lancement de nouveaux ou l'amélioration et la modification de produits /service (Kuuluvainen, 2012), - Mise en place de nouvelles méthodes de gestion (Wilden et al., 2013), - ...

Source: nos travaux de recherche

3 METHODOLOGIE DE RECHERCHE

La présente recherche repose sur une approche qualitative pour comprendre le mécanisme de mise en place de la capacité dynamique dans le cas de PME. Nous spécifions dans les paragraphes ci-dessous la constitution de l'échantillon de l'étude, la procédure de recueil de données ainsi que l'opérationnalisation des différentes variables.

3.1 LA CONSTITUTION DE L'ÉCHANTILLONNAGE

Notre échantillon se compose de PME industrielles marocaines qui ont réussi à poursuivre leurs activités lors de la crise Covid19 voire à l'améliorer. Elles ont réussi à améliorer, à changer ou à innover leurs produits ou leur organisation ou processus.

Nous avons identifié 12 établissements au départ, que nous avons élargi à 15. Ces PME sont réparties entre les villes: Tanger (8), Larache (6) et Ksar Kbir (1).

3.2 PROCÉDURE DE COLLECTE DE DONNÉES

L'étude de cas est une approche méthodologique qui vise systématiquement la collecte suffisante d'informations sur une personne, un événement ou un système social afin de permettre au chercheur de comprendre comment celui-ci fonctionne ou se comporte en situation réelle (Berg, 2000)

Selon Yin (2003, 2009), la méthode de l'étude de cas peut être utilisée afin d'expliquer, de décrire ou d'explorer des événements ou des phénomènes dans leur contexte réel.

Le recours à cette méthode est pertinent lorsque ces conditions sont validées:

- L'étude répond à des questions de recherche de type: "quoi", "comment" et pourquoi
- Le chercheur ne peut pas manipuler le comportement des informants impliqués dans l'étude
- Le chercheur traite des facteurs contextuels du phénomène étudié
- Les limites entre le phénomène étudié et son contexte ne sont pas claires.

Ce que notre étude valide parfaitement. Dans cette étude, nous avons retenu l'approche de Yin (2003, 2009) et celle d'Eisenhardt (1989) qui s'inscrivent davantage dans un paradigme post-positiviste. Cette approche implique un construit conceptuel préalable et une phase exploratoire (pilote) et assure que tous les éléments du cas soient décrits et analysés convenablement.

Afin de collecter les données, nous avons réalisé un guide d'entrevues semi-directif issu du contexte théorique que nous avons testé.

Le guide d'entretien couvre les rubriques suivantes: la situation de l'entreprise avant covid (avant janvier 2020); sa situation pendant la crise et actuellement; la capacité dynamique (trois étapes définies dans le tableau1). Les problèmes et obstacles rencontrés et les innovations mises en place (nous avons pris les types d'innovations sites dans le manuel d'Oslo de l'OCDE: Innovation de produit, Innovation de procédé, Innovation de commercialisation, Innovation d'organisation).

Il est constitué de questions fermées sur les pratiques qui ouvrent sur des questions ouvertes pour apporter des compléments d'informations.

Ceci nous a permis de collecter diverses informations sur l'entreprise (localisation, nombre de personnel avant et après la crise Covid; secteur d'activité, évolution de l'activité pendant et après la crise; mise en place de l'innovation,...) sur son directeur (âge, parcours académique, expérience,...). Alors que la partie semi-directive permettait de revenir sur le parcours de l'entreprise (juste avant, pendant et après la crise), sur les pratiques et les changements mises en place, leurs conséquences); sur les récits d'expériences spécifiques (développement de nouveaux produits, chercher de nouveaux domaines d'activités stratégiques (DAS) en relation avec le produit initial ou avec l'un de ces composants,...); les événements clés dans son évolution, les réussites et les échecs,...

Pour les 15 PME, nous avons rencontré et interviewé le gérant qui est souvent le propriétaire (ou copropriétaire). La durée des entretiens varie entre 1h10 et 1h40.

Toutes les entrevues ont été enregistrées puis transcrites sans chargé le langage parlé des interviewés.

Cependant, on doit préciser que la majorité des entretiens ont été réalisée en français et en arabe car plusieurs industriels ne maîtrisent pas la langue française. Dans la région du nord du Maroc, plusieurs maîtrise l'espagnole plus que le français.

L'ANALYSE DES DONNÉES:

L'analyse des données a été effectuée en deux temps. Dans un premier temps, nous avons cherché à caractériser le processus de déploiement de chaque capacité dynamique à travers un codage descriptif (Miles et Huberman, 1994). Les données issues de la phase exploratoire ont été analysées selon la méthode narrative (Langley, 1999) ¹ afin de retracer le processus de chaque changement dans un ordre chronologique des événements pour aider à organiser les données. Il est nécessaire d'identifier le début, le milieu et la fin de chaque processus en cherchant les connexions entre les événements (Langley, 1999).

¹ I think methods papers ...are so attractive because they give you ideas about how to do things. So there are many people ...who struggle with qualitative research, and so it is very reassuring to have some guidelines for doing that. I think that's the real reason why [my article became so highly cited] and also because qualitative research was getting more popular, and here was someone who was giving you some guidelines for talking about it and classifying the methods. (A. Langley, interview, August 11, 2018)

Langley a mis en évidence quatre caractéristiques des données de processus, qui les rendent difficiles à analyser et à manipuler:

1. Les données de processus ont tendance à être composées d'événements - "ce qui s'est passé et qui a fait quoi quand"
2. Les données de processus ont souvent des limites ambiguës qui s'étendent sur plusieurs unités et niveaux d'analyse.
3. Les données de processus comprennent souvent des degrés variables d'intégration temporelle qui peuvent influencer les événements de manière inconnue. Ce qui rend difficile l'évaluation de la manière dont les différents points de données s'intègrent les uns aux autres.
4. Les données de processus sont éclectiques (englobent une grande "variété de... Types d'informations qualitatives et quantitatives)".

4 RÉSULTATS

4.1 LE PROFIL DES REPONDANTS

Le tableau 2. Présente quelques informations générales sur les dirigeants des PME interviewés.

Tableau 2. *Récapitulatif des informations sur le profil des interviewés*

Élément	Fréquence
Directeur	15
Homme	15
Entreprise familiale	6
Diplôme	
- Baccalauréat	1
- Licence	8
- Master	5
- Doctorat	1

L'âge des répondants varie de 33 à 63 ans. Il est réparti selon le graphe suivant:

Tableau 3. *Répartition de l'âge des interviewés*

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
31 - 40	2	13.3	13.3	13.3
41 - 50	4	26.7	26.7	40.0
51 - 60	7	46.7	46.7	86.7
61 et plus	2	13.3	13.3	100.0
Total	15	100.0	100.0	

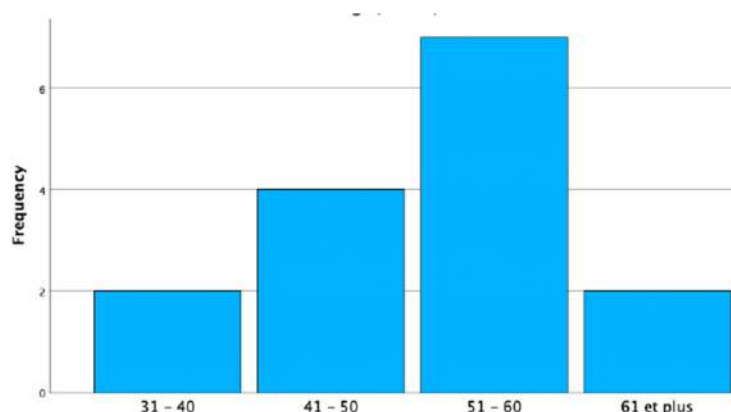


Fig. 1. *Répartition de l'âge des interviewés*

4.2 STRUCTURE D'ENTREPRISE

Les PME questionnées optent pour une structure par fonction 86,66 % (13 PME) pour son organisation interne, suivi par une structure par division qui représente 13,33%. La structure par fonction centralise les décisions et permet une meilleure gestion des tâches.

4.3 IMPACT DE LA CRISE SANITAIRE

La crise sanitaire actuelle (COVID-19) a porté un coup trop dur sur la situation économique marocaine et a eu des conséquences fortes que la majorité des entreprises ressentent jusqu'à nos jours.

Plusieurs entreprises ont été négativement touchées par cette crise au niveau économique: 73,33 % des entreprises questionnées. Les difficultés rencontrées sont de l'ordre de:

- La rareté de la matière première et des pièces de rechanges (l'approvisionnement)
- L'augmentation des prix sur le marché.
- Le non-paiement des commandes à cause de la fermeture des clients. Quelques PME ont mentionné que leurs marges ont baissé pour garantir la continuité de l'activité: l'augmentation des charges n'est pas proportionnelle à celle des prix de vente pour ne pas perdre le marché.
- La gestion de la psychologie du personnel en cas d'affectation de l'un d'entre eux ou d'une de leur proche. Cette peur a été exprimée clairement par les répondants: "on a le sentiment que le virus frappe à la porte", "ils avaient peur pour eux mais surtout pour leurs parents". Le challenge que les dirigeants avaient est de continuer la production dans ces conditions".

4.4 PERCEPTIONS DES DIRIGEANTS DES PME RELATIVES A LA NOTION DES CAPACITES DYNAMIQUES

Lors des entretiens avec les directeurs de PME, nous leur avons demandé de répondre à des questions sur les trois phases de la capacité dynamique. Détection, mobilisation et renouvellement.

Phase 1. Détection:

Le tableau 4 présente la fréquence des différentes pratiques en relation avec la phase détection.

Les réponses des dirigeants montrent que toutes les entreprises mettent en place des pratiques en relation avec la phase de détection. Les éléments qui sont appliqués par toutes les PME sont:

- Recherche d'information au niveau international: avec l'ouverture des marchés sur l'international, les PME ouvrent aussi leur champ d'investigation sur les différents pays particulièrement les pays où se trouvent leurs clients et fournisseurs.
- Examen continu des changements de l'environnement: l'examen concerne le niveau local, national et international. Le Maroc a été touché quelques semaines après les pays européens. Ces dirigeants étaient, dans la majorité, en contact direct avec leurs fournisseurs, clients ou partenaires. De cette façon, ils essaient d'avoir une avance par rapport à leurs concurrents et surtout de pouvoir réagir le plus tôt possible et ne pas être impacté par cette crise.
- Contrôle de gestion: la connaissance de la trésorerie est importante pour mettre en place tout projet. Le gros problème rencontré par les PME était la liquidité et la solvabilité de leurs clients. Cela mettait en danger la continuité du fonctionnement de l'entreprise. Cela dure jusqu'au début 2023 pour la majorité des entreprises.

Tableau 4. La fréquence des pratiques en relation avec la "détection"

Capacité	Variété des pratiques définies	Fréquence
Détection	Recherche d'information au niveau international	15
	Examen continu des changements de l'environnement	15
	Identification des besoins non satisfaits de la clientèle	5
	Veille technologique	8
	Étude des rapports	6
	Recherche sur internet	9
	Communauté de partage d'information sectoriel (clients/fournisseurs)	13
	Contrôle de gestion	15
	Formuler des pistes d'amélioration	12

Source: Nos résultats de recherche

Les dirigeants des PME nous ont confirmé que cette crise est caractérisée par la non-visibilité du future. Donc l'impossibilité de faire des planifications qui dépassent quelques jours. Donc, la PME doit avoir la capacité de réagir rapidement et de s'adapter sans cesse aux perturbations liées aux marchés et aux restrictions sanitaires. La majorité des dirigeants confirme que cela dure jusqu'à nos jours.

Cependant, ils ont montré qu'une entreprise de leur taille doit toujours "produire du nouveau". Sinon, elles seront dépassées 'facilement' par les grandes entreprises qui sont fortes sur différents niveaux: communication, logistique et commercialisation.

Phase 2. Mobilisation:

Le tableau 5 présente la fréquence des différentes pratiques en relation avec la phase détection.

Tableau 5. La fréquence des pratiques en relation avec la "mobilisation"

Capacité	Variété des pratiques définies	Fréquence
Mobilisation	Évaluation de compétences interne	12
	Réunions avec l'équipe de direction et les chefs d'équipes ou superviseurs	15
	Lister les possibilités d'amélioration	6
	Développement de processus	8
	Tester le nouveau processus	6
	Définir les besoins en compétences internes	4
	Définir les besoins en ressources financières	11
	Utilisation de l'autofinancement	15
	Utilisation des prêts financiers (Banque,...)	0
	Lister les besoins en compétences externe	3
	Partenariat avec les fournisseurs	2

Source: Nos résultats de recherche

Il est important pour une entreprise de connaître préalablement ses forces et ses faiblesses de manière afin de connaître son potentiel à saisir efficacement les opportunités. Nous avons enregistré des réponses de type: "Nous nous comparons sans cesse aux concurrents afin de nous évaluer", "C'est une opération qu'on réalise avant chaque mise en place d'un projet ou soumission à un appel d'offre", "Pour progresser et rester dans la course, on doit connaître nos points forts mais surtout les points faibles, c'est comme une course, qui connaîtra les points faibles de l'autre en premier. ".

Souvent, cette opération est réalisée dans un premier temps par les responsables. Elle est ensuite discutée en réunion avec le directeur. La décision de mettre en place de nouveaux projets, changement dépend de cette étape. Sinon, la réalisation est reportée en attendant d'avoir les moyens de garantir sa réussite.

Les répondants nous ont tous répondu qu'ils se sont appuyés sur leur propre financement pour financer leurs projets. Cela est dû au fait qu'ils doivent réagir le jour le jour (aucune visibilité dans le temps) et qu'ils ne pouvaient pas monter un dossier de financement.

Nous avons remarqué que la mise en place des projets d'amélioration ou de nouveaux produits, les PME ne s'appuient que rarement sur les ressources externes via les coopérations. Si c'est le cas, c'est aux fournisseurs qu'ils se tournent pour garantir la matière première ou les outillages nécessaires pour une modification au niveau d'une machine.

Phase 3. Renouvellement:

Le tableau 6 présente la fréquence des différentes pratiques en relation avec la phase renouvellement.

Tableau 6. La fréquence des pratiques en relation avec le "renouvellement"

Capacité	Variété des pratiques définies	Fréquence
Renouvellement	Formation réalisée par un organisme externe	0
	Réorganisation des ateliers	9
	Achat de nouvelles machines	4
	Nouvelles affectations de ressources aux tâches	10
	Développement de connaissance et compétences	8
	Lancement de nouveaux produits et services,	5
	Amélioration de produits et services existants	8
	Introduction dans de nouveau segment de marché (Nouveau DAS)	6
	Expansion géographique à la recherche de nouveaux fournisseurs	8
	Expansion géographique à la recherche de nouveaux clients	3
	Mise en place de nouvelles méthodes de gestion	15
	Mise en place d'une coopération	2

Source: Nos résultats de recherche

On souhaite noter que lors de cette étape, nous avons insisté sur la répétition et durabilité des changements mises en place. Nous n'avons pas pris en compte les changements qui étaient mises en place juste pour s'adapter aux contraintes sanitaires.

Pour réussir les changements nécessaires pour mettre en place le projet de changement, il est nécessaire pour l'entreprise de développer voire reconfigurer leurs ressources. Souvent, ils n'ont besoin que de petites connaissances ou à maîtriser une manipulation afin de pouvoir exécuter une nouvelle tâche. C'est souvent un défi et une course en interne. Cela permet aux techniciens de s'affirmer au niveau de l'entreprise. Pour le développement de ces nouvelles compétences, aucune entreprise n'a eu recours à une formation. Cela n'est pas dû qu'aux restrictions liés à cette crise, mais d'une façon générale, elles essayent d'apprendre et développer cela entre eux ou en s'appuyant sur des amis ou partenaires.

Parfois, pour la mise en place de ce nouveau projet, il est nécessaire de réorganiser l'atelier ou d'acheter et d'y intégrer une nouvelle machine.

5 DISCUSSION

Cette recherche identifie une série de pratiques associées à chaque capacité dynamique. Cette conceptualisation permet d'apporter plus d'éclairage sur ce à quoi renvoie une capacité dynamique dans la pratique managériale dans le quotidien des PME. Le répertoire de pratiques apporte des précisions sur les processus liés aux capacités dynamiques; cela réduit les imprécisions existant dans la littérature et facilite la comparaison avec les autres travaux

Notre recherche contribue ainsi à la compréhension de la mise en place des capacités dynamiques. Cette validité peut être considérée au sens de Lee et Bakersville (2003) comme la validité d'une théorie dans un contexte autre que celui dans lequel elle a été initialement empiriquement testée et confirmée.

Plusieurs similarités des pratiques entre les entreprises au niveau des trois étapes: détection, mobilisation et renouvellement. Néanmoins, nous avons aussi observé une diversité de pratiques entre les PME. Pour une même capacité, les entreprises mobilisent différentes pratiques sous-jacentes. Ce résultat rejoint les résultats de l'étude de Woldesenbet et al. (2012) qui ont aussi obtenu des résultats similaires. De tels résultats renforcent l'opinion selon laquelle les capacités dynamiques ne sont pas des best practices (Peng et al., 2008; Teece et al., 1997).

Nous avons aussi pu valider que les dirigeants jouent un rôle clé dans le déploiement des capacités dynamiques. Ils sont le pivot de toutes les actions menées par leurs entreprises. Cela rejoint aussi les résultats trouvés par Teece, (2012). Dans ce sens, Bititci et al. (2011) ont observé que dans les PME, l'exécution et la maturité du système de gestion sont influencées par les capacités (la perception, la cognition et la rationalité limitée) du dirigeant qui l'organise.

La réussite des PME, non seulement au dynamisme du personnel ou des responsables de départements, mais surtout à la capacité du dirigeant à orienter le développement et la croissance de son entreprise. La capacité des managers de PME à définir l'objectif, à mobiliser, à créer ou pousser son équipe à l'innovation, à vouloir prendre le défis et à mettre en place une nouvelle stratégies de l'entreprise pour faire face à l'évolution de l'environnement est très fondamentale. Dans des situations de crise, les PME ont l'obligation de développer des nouvelles compétences managériales afin d'identifier, d'analyser et de réduire les risques qui les entourent. En se

basant sur une approche transversale avec collaboration et échange d'informations. Ces compétences managériales et transversales assurent la réduction des coûts de fonctionnements et l'amélioration de la qualité des produits et services.

Il est important de préciser que nous avons aussi remarqué que les répondants parlaient aussi d'une phase de compréhension de la situation. Au cours de cette étape, ils se posent la question sur le niveau de changement de l'environnement ainsi que la nécessité de mettre en place des changements en interne. Pour nous, c'est une phase de déclenchement du processus liés aux capacités dynamiques.

Suite à ce travail, nous avons défini un processus de déploiement des capacités dynamiques qui constituera le cadre théorique de la suite de nos travaux de recherche.

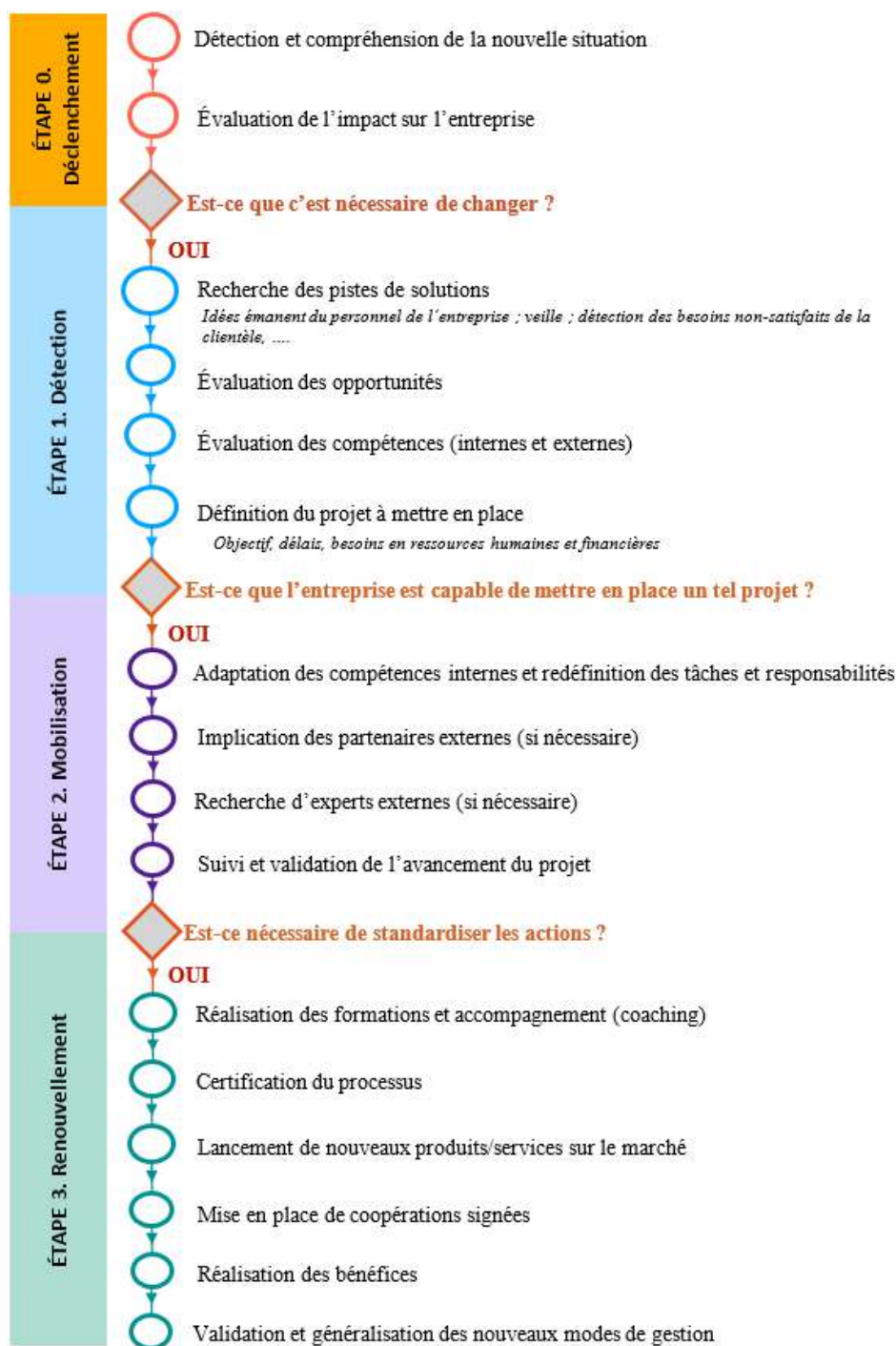


Fig. 2. Cheminement du déploiement des "capacités dynamique" dans les PME

Source: Nos résultats de recherche

6 CONCLUSION

La capacité dynamique est l'aptitude de l'entreprise à relever méthodiquement les défis de l'avenir, associée à la capacité de prévoir les points forts ou les opportunités, et d'être positif à l'égard de ses facteurs internes dans le but d'établir des décisions de marché efficaces pour transformer ses ressources.

Malgré la pertinence des capacités dynamiques et la multitude de publications relatives à ce sujet, la recherche sur ce concept serait encore dominée par des travaux conceptuels au détriment des questions liées à la mesure ou à l'opérationnalisation des capacités dynamiques (Grant et Verona, 2015). Diverses questions demeurent peu explorées, notamment: quels sont les mécanismes opérationnels à travers lesquels les capacités dynamiques peuvent être mises en œuvre ? (Danneels, 2016).

L'objectif de cette recherche était de découvrir comment les PME industrielles construisent leur compétitivité. De manière plus spécifique, il s'agissait de vérifier si ces entreprises mobilisent des capacités dynamiques afin de renouveler leurs façons de faire et d'identifier les opportunités d'affaire afin de se développer dans des conditions de turbulence.

Les analyses réalisées permettent de conclure que les PME étudiées mobilisent des capacités dynamiques. Notre étude a identifié plusieurs pratiques associées à chaque capacité dynamique. Des différences existent entre les entreprises au niveau de la mobilisation de ces pratiques. Ces différences trouvent leur origine dans l'expérience de l'entreprise, celle du manager et les moyens dont elle dispose.

Il serait certainement intéressant que plus d'études empiriques soient développées sur le même sujet, au niveau des PME industrielle afin d'élargir notre échantillon et aussi au niveau d'autres secteurs d'activité.

REMERCIEMENTS

Ce travail fait partie des projets financés par la CNRST dans le cadre du Programme de Soutien à la Recherche Scientifique en Sciences Humaines, Sociales et Economiques. Nous tenons à les remercier pour leurs soutiens.

REFERENCES

- [1] Altintas, G. (2015). Le rôle des capacités dynamiques dans la création et le renforcement d'une compétence organisationnelle: le cas d'un tour-opérateur géré par des dirigeants-actionnaires. *Management international*, 20 (1), 38-51.
- [2] Arregle, J. L., Cauvin, E., & Ghertman, M. (2000). Les nouvelles approches de la gestion des organisations (No. hal-02297998).
- [3] Augier, M., & Teece, D. J. (2008). Strategy as evolution with design: The foundations of dynamic capabilities and the role of managers in the economic system. *Organization studies*, 29 (8-9), 1187-1208.
- [4] Barreto, I. (2010). Dynamic capabilities: A review of past research and an agenda for the future. *Journal of management*, 36 (1), 256-280.
- [5] Belmondo, C., & Roussel*, C. S. (2012). Apprendre à apprendre: une perspective intégrative de l'émergence des routines d'apprentissage. *Systèmes d'information et management*, 17 (3), 71-110.
- [6] Bititci, U. S., Ackermann, F., Ates, A., Davies, J. D., Gibb, S., MacBryde, J.,... & Shafti, F. (2011). Managerial processes: an operations management perspective towards dynamic capabilities. *Production Planning and Control*, 22 (2), 157-173.
- [7] Berg, 2000.
- [8] Collis, D. J. (1994). Research note: how valuable are organizational capabilities?. *Strategic management journal*, 15 (S1), 143-152.
- [9] Camisón, C., & Forés, B. (2015). Is tourism firm competitiveness driven by different internal or external specific factors?: New empirical evidence from Spain. *Tourism Management*, 48, 477-499.
- [10] Cetindamar, D., & Kilitcioglu, H. (2013). Measuring the competitiveness of a firm for an award system. *Competitiveness Review: An International Business Journal*.
- [11] Drnevich, P. L., & Kriauciunas, A. P. (2011). Clarifying the conditions and limits of the contributions of ordinary and dynamic capabilities to relative firm performance. *Strategic management journal*, 32 (3), 254-279.
- [12] Drnevich, P. L., & Kriauciunas, A. P. (2011). Clarifying the conditions and limits of the contributions of ordinary and dynamic capabilities to relative firm performance. *Strategic management journal*, 32 (3), 254-279.
- [13] Danneels, E. (2016). Survey measures of first-and second-order competences. *Strategic Management Journal*, 37 (10), 2174-2188.
- [14] Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of management review*, 14 (4), 532-550.
- [15] Eisenhardt, K. M., & Martin, J. A. (2000). Dynamic capabilities: what are they?. *Strategic management journal*, 21 (10-11), 1105-1121.
- [16] Ellonen, H. K., Jantunen, A., & Kuivalainen, O. (2011). The role of dynamic capabilities in developing innovation-related capabilities. *International Journal of Innovation Management*, 15 (03), 459-478.

- [17] Kuuluvainen, A. (2012). How to concretize dynamic capabilities? Theory and examples. *Journal of Strategy and management*, 5 (4), 381-392.
- [18] Hdidou, W., & Abbad, H. (2018). Le déploiement des capacités dynamiques dans la prestation logistique-Le cas d'un PSL marocain. *Revue française de gestion*, 44 (277), 77-92.
- [19] Helfat, C. E., & Peteraf, M. A. (2003). The dynamic resource-based view: Capability lifecycles. *Strategic management journal*, 24 (10), 997-1010.
- [20] Grant, R. M., & Verona, G. (2015). What's holding back empirical research into organizational capabilities? Remedies for common problems. *Strategic Organization*, 13 (1), 61-74.
- [21] Langley, A. (1999). Strategies for theorizing from process data. *Academy of Management review*, 24 (4), 691-710.
- [22] Lafuente, E., Szerb, L., & Rideg, A. (2020). A system dynamics approach for assessing SMEs' competitiveness. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 27 (4), 555-578.
- [23] Lee, A. S., & Baskerville, R. L. (2003). Generalizing generalizability in information systems research. *Information systems research*, 14 (3), 221-243.
- [24] Lubatkin, M. H., Simsek, Z., Ling, Y., & Veiga, J. F. (2006). Ambidexterity and performance in small-to medium-sized firms: The pivotal role of top management team behavioral integration. *Journal of management*, 32 (5), 646-672.
- [25] Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). Qualitative data analysis: An expanded sourcebook. sage.
- [26] Mitchell, R. K., Busenitz, L. W., Bird, B., Marie Gaglio, C., McMullen, J. S., Morse, E. A., & Smith, J. B. (2007). The central question in entrepreneurial cognition research 2007. *Entrepreneurship theory and practice*, 31 (1), 1-27.
- [27] Moliterno, T. P., & Wiersema, M. F. (2007). Firm performance, rent appropriation, and the strategic resource divestment capability. *Strategic Management Journal*, 28 (11), 1065-1087.
- [28] Man, T. W., Lau, T., & Chan, K. F. (2002). The competitiveness of small and medium enterprises: A conceptualization with focus on entrepreneurial competencies. *Journal of business venturing*, 17 (2), 123-142.
- [29] Madhok, A., & Marques, R. (2014). Towards an action-based perspective on firm competitiveness. *BRQ Business Research Quarterly*, 17 (2), 77-81.
- [30] Nedzinskas, Š., Pundzienė, A., Buožiūtė-Rafanavičienė, S., & Pilkienė, M. (2013). The impact of dynamic capabilities on SME performance in a volatile environment as moderated by organizational inertia. *Baltic Journal of Management*, 8 (4), 376-396.
- [31] Narayanan, V. K., Yang, Y., & Zahra, S. A. (2009). Corporate venturing and value creation: A review and proposed framework. *Research policy*, 38 (1), 58-76.
- [32] Newey, L. R., & Zahra, S. A. (2009). The evolving firm: how dynamic and operating capabilities interact to enable entrepreneurship. *British Journal of Management*, 20, S81-S100.
- [33] Ouyang, M., Feng, X., Han, X., Lu, L., Li, Z., & He, X. (2016). A dynamic capacity degradation model and its applications considering varying load for a large format Li-ion battery. *Applied energy*, 165, 48-59.
- [34] Pablo, A. L., Reay, T., Dewald, J. R., & Casebeer, A. L. (2007). Identifying, enabling and managing dynamic capabilities in the public sector. *Journal of management studies*, 44 (5), 687-708.
- [35] Pavlou, P. A., & El Sawy, O. A. (2011). Understanding the elusive black box of dynamic capabilities. *Decision sciences*, 42 (1), 239-273.
- [36] Peng, D. X., Schroeder, R. G., & Shah, R. (2008). Linking routines to operations capabilities: A new perspective. *Journal of operations management*, 26 (6), 730-748.
- [37] Santos-Vijande, L., Sanzo-Pérez, M., Trespalacios Gutiérrez, J., & Rodríguez, N. (2012). Marketing capabilities development in small and medium enterprises: Implications for performance. *Journal of CENTRUM Cathedra: The Business and Economics Research Journal*, 5 (1), 24-42.
- [38] Sirmon, D. G., Hitt, M. A., & Ireland, R. D. (2007). Managing firm resources in dynamic environments to create value: Looking inside the black box. *Academy of management review*, 32 (1), 273-292.
- [39] Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic management journal*, 28 (13), 1319-1350.
- [40] Teece, D. J. (2012). Dynamic capabilities: Routines versus entrepreneurial action. *Journal of management studies*, 49 (8), 1395-1401.
- [41] Teece, D. J. (2018). Business models and dynamic capabilities. *Long range planning*, 51 (1), 40-49.
- [42] Wang, Y., & Shi, X. (2011). Thrive, not just survive: Enhance dynamic capabilities of SMEs through IS competence. *Journal of Systems and Information Technology*, 13 (2), 200-222.
- [43] Wang, C. L., & Ahmed, P. K. (2007). Dynamic capabilities: A review and research agenda. *International journal of management reviews*, 9 (1), 31-51.
- [44] Wilden, R., Gudergan, S. P., Nielsen, B. B., & Lings, I. (2013). Dynamic capabilities and performance: strategy, structure and environment. *Long range planning*, 46 (1-2), 72-96.
- [45] Winter, S. G. (2003). Understanding dynamic capabilities. *Strategic management journal*, 24 (10), 991-995.

- [46] Woldesenbet, K., Ram, M., & Jones, T. (2012). Supplying large firms: The role of entrepreneurial and dynamic capabilities in small businesses. *International Small Business Journal*, 30 (5), 493-512.
- [47] Yin, R. K. (2003). Designing case studies. *Qualitative research methods*, 5 (14), 359-386.
- [48] Yin, R. K. (2009). Case study research: Design and methods (Vol. 5). sage.
- [49] Zhou, K. Z., & Wu, F. (2010). Technological capability, strategic flexibility, and product innovation. *Strategic management journal*, 31 (5), 547-561.
- [50] Zollo, M., & Winter, S. G. (2002). Deliberate learning and the evolution of dynamic capabilities. *Organization science*, 13 (3), 339-351.

Perceptions des usagers à l'égard des espaces verts d'alignement des voies publiques de la commune de Lemba dans la ville de Kinshasa

[Users' perceptions of the green spaces lining public roads in the commune of Lemba in the city of Kinshasa]

Rebecca Mitshiabu Mudiayi¹, Ndengoli Momangi Michel¹, Isaac Kikuni Mubake², Nipha Ibunga Nkanga³, and Guillaume Lusambu Anelk⁴

¹Institut National Pour l'Etude et la Recherche Agronomiques, RD Congo

²Département de Gestion des Ressources Naturelles, Université de Kinshasa, RD Congo

³Département des Sciences de l'Environnement, Université de Mbandaka, RD Congo

⁴Institut Supérieur Pédagogique de Tshikapa, RD Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The city of Kinshasa, capital of the Democratic Republic of Congo, has been marked for some years now by anarchic and ever-increasing urbanisation. This goes hand in hand with galloping demographic growth, which is increasing the pressure on urban green spaces. The resulting environmental impact is likely to increase in the years to come. Green spaces that were once considered a nuisance are now being given special attention, for the well-being of city dwellers. The aim of this study is to identify the benefits of the green spaces lining some of the public roads in the commune of Lemba. In order to carry out this study, a questionnaire was sent to users to gather their opinions on Lemba's lined green spaces. This questionnaire was supplemented by direct observations in the field to assess the behaviour of the population with regard to these green spaces. The itinerant inventory method was used to identify the plant species present along five major public roads in the municipality under study. A total of 100 users of the green spaces were interviewed at random. The majority of these users were men (67%). Their main reasons for using the green spaces were to relax (33%), enjoy the shade (24%) and the peace and quiet (22%) at certain times of the day. According to these users, green spaces serve mainly to regulate the climate (19%) and beautify the city (17%). The lack of trees on certain roads to provide shade and the absence of public gardens to take advantage of their amenities led 93% of respondents to call for an increase in the number of trees in line and the creation of public gardens. Analysis of the floristic data shows that the tree stock in the Lemba commune's green spaces includes 22 species divided into 21 genera and 16 botanical families. Nearly 73% of these species (16 species) are of exotic origin and nearly 55% of these plants (12 species) are reported to be edible. These results will enable the local political and administrative authorities to take these areas into account in the planning and development of the city, for the well-being of the population.

KEYWORDS: Green space, urban, tree, Lemba, Kinshasa.

RESUME: La ville de Kinshasa, capitale de la République Démocratique du Congo est depuis quelques années, marquée par une urbanisation anarchique et sans cesse croissante. Celle-ci va de pair avec un accroissement démographique galopant qui accentue la pression sur les espaces verts urbains. Les impacts environnementaux qui en résultent, risquent de s'amplifier dans les années à venir. Les espaces verts jadis considérés comme gênant font aujourd'hui l'objet d'une attention particulière, pour le bien-être des citoyens. La présente étude vise à recenser les bienfaits des espaces verts d'alignement de quelques voies publiques de la commune de Lemba. Ainsi pour mener à bien cette étude, un questionnaire a été adressé aux usagers en vue

de recueillir leurs avis sur les espaces d'alignement de Lemba. Ce questionnaire a été complété avec des observations directes sur le terrain pour apprécier le comportement de la population à l'égard de ces espaces verts. La méthode d'inventaire itinérant a été utilisée pour identifier les espèces végétales présentes le long de cinq grandes voies publiques de la commune en étude. Au total, 100 usagers des espaces verts ont été interrogés de manière aléatoire. Ces usagers sont en majorité des hommes (67%). Ils fréquentent avant tout ces espaces verts pour se détendre (33%), bénéficier de l'ombrage (24%) et le calme (22%) durant certains moments de la journée. Selon ces usagers, les espaces verts servent principalement à la régulation du climat (19%) et à l'embellissement de la ville (17%). Le manque d'arbres sur certaines voies pour profiter de l'ombrage et l'absence de jardin public pour profiter de leurs aménités a amené 93 % des enquêtés à souhaiter l'augmentation des arbres d'alignement et la création de jardin public. L'analyse des données floristiques indique que le patrimoine arboré des espaces verts d'alignement de la commune de Lemba compte 22 espèces réparties en 21 genres et 16 familles botaniques. Une proportion de près de 73 % de ces espèces (16 espèces) est d'origine exotique et près de 55% de ces végétaux (12 espèces) est signalée comestible. Ces résultats permettront aux autorités politico-administratives locales de prendre en compte ces espaces dans la planification et le développement de la ville pour le bien-être de la population.

MOTS-CLEFS: Espace vert, urbain, arbre, Lemba, Kinshasa.

1 INTRODUCTION

Ces dernières décennies ont été marquées par une intensification de la croissance urbaine à travers le monde. En conséquence, depuis 2008, plus de la moitié de la population vit actuellement dans des zones urbaines [1]. L'urbanisation se poursuit avec une allure sans précédent, surtout dans les pays en développement [2].

Les scientifiques ont démontré que, bien souvent la ville s'oppose à la nature. En effet, la ville minéralise le paysage par l'édification de bâtiments servant au logement ou au commerce, la construction de voies de communication, etc. [3; 4; 5]. De ces aménagements, il se crée des îlots de chaleur affectant le confort et la qualité de vie des citoyens.

La ville est un écosystème à part entière où les végétaux, animaux et les humains, trouvent les conditions et les ressources nécessaires à leur développement [6]. Les habitats naturels et semi-naturels à l'instar des espaces verts contribuent à la qualité de vie des citoyens de par leurs bénéfices sur l'environnement, la santé, la cohésion sociale, la valeur foncière des éléments d'alentours, etc. [7; 8; 9; 10; 11]. Par ailleurs, les espaces verts, en tant que composante de la biodiversité de la ville déterminent les services écosystémiques dont l'un des plus importants serait l'adaptation urbaine aux changements climatiques grâce au phénomène de séquestration de carbone [12].

L'urbanisation croissante et la démographie sans cesse galopante accentuent la pression sur les espaces verts urbains [13]. En effet, la croissance démographique entraîne dans les agglomérations urbaines, les besoins indispensables en logements, énergie, routes et en infrastructures diverses [14]. Cela induit inévitablement la perte de la végétation originelle [15]. Les villes s'agrandissent en empiétant sur les espaces naturels et semi-naturels; les espaces agricoles remplacent les espaces naturels en vue de nourrir une population urbaine croissante [11]. L'on assiste ainsi à une véritable dégradation des écosystèmes qui conduit à un réel épuisement des ressources naturelles [16].

En fonction des représentations de la nature et de l'espace naturel, les usagers et les visiteurs ont une perception différente des gestionnaires des espaces verts urbains. Les études réalisées montrent que les citoyens désirent voir des arbres connus et de préférence des espèces locales [17]. Cependant, les responsables de l'entretien, eux, souhaitent embellir l'image de la ville grâce à des espèces ornementales le plus souvent exotiques [18].

La ville de Kinshasa est un cas typique où s'observe l'urbanisation anarchique et sans cesse croissante au cours des dernières décennies. Celle-ci se solde par une perte considérable du couvert végétal [19]. Ces mutations du paysage urbain suscitent des inquiétudes quant aux efforts entrepris pour la conservation de la biodiversité urbaine et à la qualité de vie des habitants de la ville dans le contexte de réchauffement climatique [20; 21].

Dans un tel contexte, la présente étude qui s'inscrit dans un cadre d'analyse de la problématique de la gestion durable des espaces verts urbains a pour objectif d'évaluer les perceptions des usagers sur les espaces verts d'alignement des quelques voies publiques de la commune Lemba dans la ville de Kinshasa, en République Démocratique du Congo.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

L'étude a été réalisée dans la commune de Lemba, l'une de 24 municipalités de la ville de Kinshasa. Kinshasa, capitale politique et administrative de la République Démocratique du Congo est situé sur la rive méridionale du pool Malebo, au bord du fleuve Congo entre 4° et 5° de latitude Sud et entre 15° et 16°32' de longitude Est [22]. La commune de Lemba jouit d'un climat tropical humide du type AW₄ selon la classification Köppen-Geiger [23]. Le choix porté sur cette commune se justifie suite à une importante fréquentation de ses espaces verts d'alignement par les habitants de la ville de Kinshasa. Cet attrait exercé par ces sites est un facteur favorisant le développement d'une panoplie d'activités commerciales du secteur informel (vente de boissons et diverses articles de seconde main importé de l'Europe, restaurant de fortune, fabrication et vente des pierres tombales, lavage de véhicule, etc.). En dépit de la résorption du chômage et de revenus que procurent ces activités aux ménages kinois, celles-ci contribue énormément à la dégradation des arbres longeant les principales artères de Lemba.

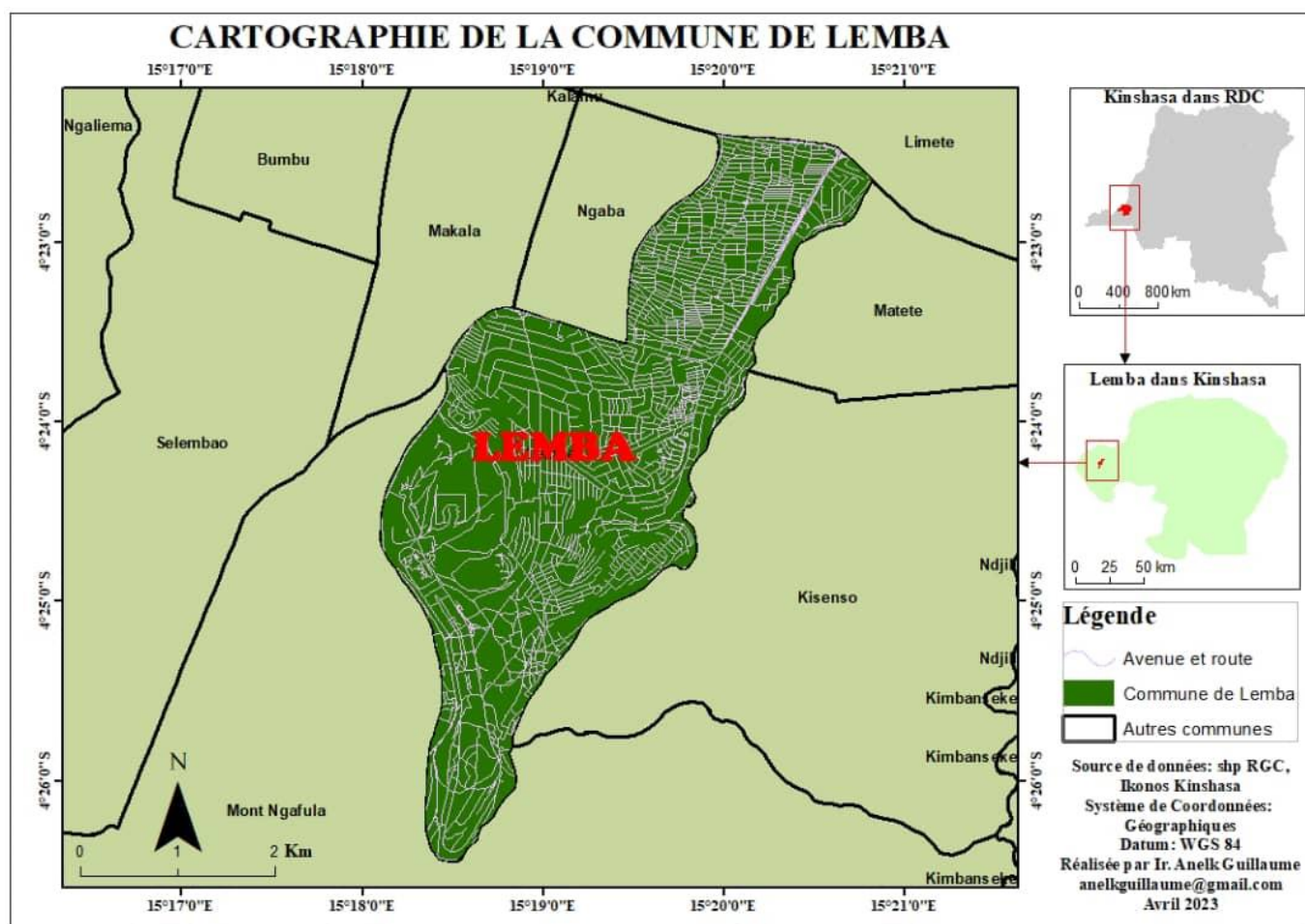


Fig. 1. Cartographie des voies publiques de la Commune de Lemba

La commune de Lemba s'étend sur une superficie de 23,70 km². Elle est subdivisée en 15 quartiers. Sa partie urbaine est bâtie sur la plaine de Kinshasa. Celle-ci bordant le pool est située entre 280 et 350 m d'altitude en moyenne, elle s'étend de la baie de Ngallema au nord jusqu'à la rivière N'sele à l'Est [24]. La végétation jadis constituée de savanes steppiques, n'est actuellement constituée que de quelques arbres localisés dans des parcelles habitées [25].

2.2 COLLECTE DES DONNÉES

Pour recueillir les avis de la population sur les espaces verts urbains d'alignement de la commune de Lemba, une enquête sociologique a été menée. Cette enquête a porté essentiellement sur la fréquentation de la population au niveau des arbres d'alignement. Au total, 100 usagers des espaces verts ont été interrogés de manière aléatoire dans les différents sites d'étude. L'enquête sociologique a été complétée par des observations directes sur le terrain pour apprécier le comportement de la population à l'égard de ces espaces verts. En outre, des observations directes sur le terrain, des entretiens avec les autorités communales ont permis de recueillir des informations complémentaires. La méthode d'inventaire itinérant a été utilisée pour identifier les espèces d'arbres et arbustes présentes le long de cinq grandes voies publiques de la commune en étude, en l'occurrence, By-Pass, Aruwimi, Sefu, Beni et Foire.

2.3 TRAITEMENT, ANALYSE DES DONNÉES

Dans cette étape, nous avons procédé par l'encodage des données recueillies au cours de l'enquête en les classant selon chaque type de question. Puis, ces informations ont été saisies dans la base des données sur le logiciel Excel 2016. A l'issue du dépouillement les données, celles-ci ont été présentées dans les tableaux et graphiques pour leur interprétation.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES DES ENQUÊTÉS

La proportion des femmes est moins importante dans l'échantillon de cette recherche par rapport à celle des hommes, soit 33% des femmes contre 67% des hommes (Tableau 1). En effet, lors des investigations, certaines femmes ne voulaient pas répondre aux questions en se justifiant qu'elles s'occupaient de leurs clients; il s'agit de celles qui pratiquent diverses activités génératrices de revenus sous les espaces verts. En ce qui concerne l'âge, plus de 93 % des répondants ont déjà dépassé 20 ans. Ceci s'explique par le fait que, ce sont principalement les adultes, qui fréquentent les espaces verts en milieu urbain pour des raisons diverses. Par rapport au niveau d'instruction des usagers des espaces verts urbains abordés, 96 % ont franchi le niveau secondaire dont 70% sont universitaires. Une telle configuration s'avère bénéfique en matière de gestion des espaces verts urbains.

Tableau 1. *Caractéristiques des enquêtés*

Variables caractéristiques	Nombre de citation	Pourcentage (%)
Sexe		
Homme	67	67
Femme	33	33
Age		
< 10 ans	1	1
11 à 20 ans	6	6
21 à 30 ans	12	12
31 à 40 ans	15	15
41 à 50 ans	21	21
51 à 60 ans	25	25
> 60 ans	20	20
Niveau d'étude		
Primaire	4	4
Secondaire	26	26
Universitaire	70	70

3.2 PERCEPTION DES ENQUÊTÉS SUR LES BIENS ET SERVICES RENDUS PAR LES ESPACES VERTS URBAINS

La majorité d'enquêtés affirme que les espaces verts urbains en général sont d'une importance inestimable dans la vie quotidienne au vu des nombreux bien et services qu'ils fournissent. Selon les avis recueillis, les arbres d'alignement contribuent à la régulation du climat (19%), à l'embellissement de la ville (17%); ils sont sources d'inspirations (14%), un héritage culturel

(10%). Ces sites offrent un environnement propice pour la préparation des cours et leçons (8%), les activités tourisme (7%); Les arbres urbains sont un réservoir des produits pour la pharmacopée (5%), régulent de l'eau (4%) et incarnent des valeurs spirituelles (4%). Ils sont sources de nourriture (2%), les lieux de petits métiers (2%), hôtes des agents de pollinisation (2%) et confèrent le sens d'appartenance (2%). Ces arbres servent en outre de combustible (1%), régulent les maladies (1%) et fournissent tant d'autres services (1%) (Figure 2).

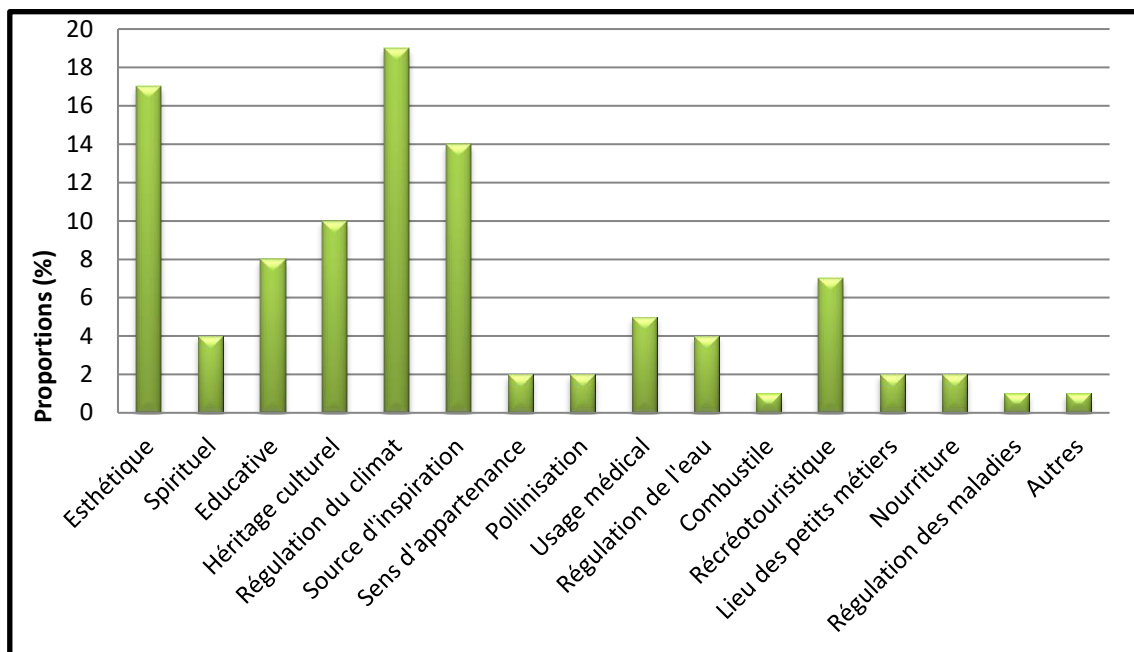


Fig. 2. Connaissances des rôles joués par les espèces végétales

3.3 RÉPARTITION DES ENQUÊTÉS EN FONCTION DES RAISONS DE FRÉQUENTATION DES ESPACES VERTS D'ALIGNEMENT

Les espaces verts d'alignement de la commune de Lemba sont fréquentés par les usagers pour des raisons diverses. Près d'un quart des répondants (23%) les fréquentent pour se détendre (Figure 3). Ceux qui les fréquentent pour y bénéficier du calme durant certains moments de la journée, de l'ombre pendant les heures de détente ou les promenades représentent une proportion de 43%. On y retrouve aussi ceux qui viennent pour étudier ou préparer les leçons (10%). La proportion d'enquêtés qui s'y amènent dans le cadre des rencontres ou visite en famille, pique-nique et jouer ou diverses autres raisons est de 24%.

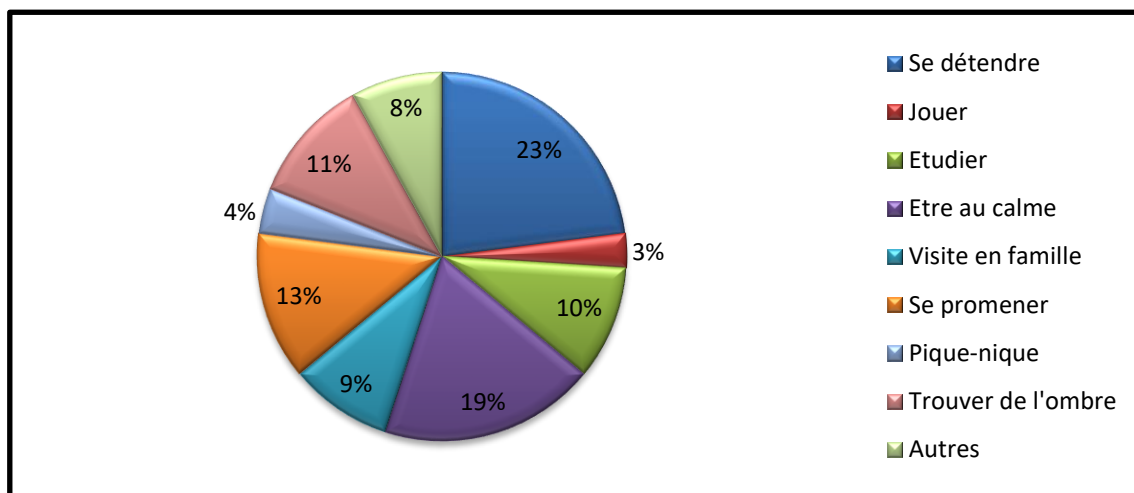


Fig. 3. Raisons de fréquentation des espaces verts

3.4 FRÉQUENCE VISITE

Les Espaces verts d'alignement de la commune de Lemba ne sont pas fréquentés de la même manière selon les jours de la semaine et selon la proximité du domicile ou du lieu du travail car les usagers et les visiteurs n'y viennent pas pour les mêmes raisons et n'y pratiquent pas les mêmes activités. La fréquentation de ces sites par les personnes interrogées est principalement quotidienne (33%). Par ailleurs, bien des répondants les visitent de façon occasionnel (32%) voire exceptionnel (10%). La fréquentation occasionnelle ou exceptionnelle ne met en évidence le comportement réticent à l'égard de ces lieux. Les fréquentations hebdomadaires (14%) et mensuelles (11%) se réalisent principalement par les usagers qui visitent les débits de boissons (Tableau 2).

Tableau 2. Répartition des enquêtés selon la fréquence visite

Fréquence de visites	Nombre de citation	Pourcentage (%)
Quotidienne	33	33
Hebdomadaire	14	14
Mensuelle	11	11
Occasionnelle	32	32
Exceptionnelle	10	10
Total	100	100

3.5 ETAT DE DÉGRADATION DES ESPACES VERTS D'ALIGNEMENT

Des avis divergent autour de l'état des espaces verts d'alignement de Lemba. Ces sites sont jugés moyennement dégradés par 39 % d'enquêtés alors que 30 % les trouvent très dégradé, 22 % les jugent peu dégradé et seulement 9% des enquêtés le trouve bien entretenu. Il ressort clairement que la majorité des usagers sont peu satisfaits de l'état actuel dans lequel se trouvent les espaces verts d'alignement de la commune de Lemba. S'agissent de la question de savoir à qui incombe la responsabilité sur l'état actuel de ces sites, les résultats obtenus montrent que près de la moitié de répondants (45%) attribuent la responsabilité à l'autorité politico-administrative à qui incombe la charge de l'entretien et de l'aménagement des espaces verts urbains à l'Etat. D'autres enquêtés par contre justifient l'état de dégradation de ces sites suite à la mauvaise attitude des usagers (31%), et enfin une troisième catégorie d'enquêtés disent que la responsabilité est partagée entre l'Etat et les usagers (24%) (Tableau 3). Ceux-ci argumentent que la gestion des espaces verts urbains devrait être participative. Autrement dit, l'Etat en tant que propriétaire des ressources du sol et du sous-sol devrait nécessairement impliquer les usagers des espaces verts dans la gestion en vue de garantir l'efficacité et la pérennité des actions entreprises.

Tableau 3. Etat de dégradation et responsabilité d'entretien des espaces verts

Etat de dégradation	Nombre de citation	Pourcentage (%)
Très dégradé	30	30
Peu dégradé	22	22
Moyennement dégradé	39	39
Bien entretenu	9	9
Total	100	100
Charge d'entretien	Nombre de citation	Pourcentage (%)
L'Etat	45	45
Usagers	31	31
Les deux	24	24

3.6 EVOLUTION SPATIALE DES ESPACES VERTS ET AVENIR DE LA VILLE VERTE

D'une manière générale, une unanimité se dégage autour de la diminution de la superficie des espaces verts depuis l'accession de la RDC à l'indépendance. La quasi-totalité des personnes enquêtées (71%) affirment avoir constaté une régression des espaces verts de Lemba au profit du cadre bâti. Quant au début de cette régression, 58 % d'enquêtés le situe

vers les années 2000 (Figure 4). En effet, c'est à partir de cette période que l'accroissement de la population de Kinshasa a pris une allure vertigineuse.

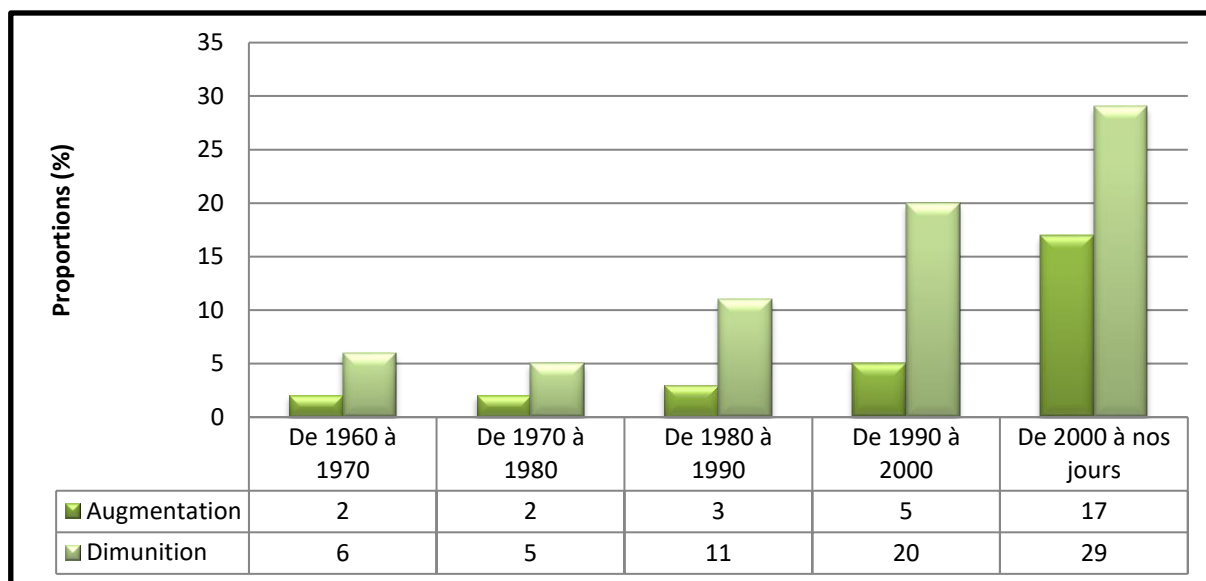


Fig. 4. Evolution spatiale des espaces verts

3.7 AVENIR DE LA VILLE VERTE

Il ressort clairement de résultats de cette étude que plus de la moitié des personnes enquêtées se montre pessimiste quant à l'évolution spatiale des espaces verts urbains de Kinshasa en général et ceux de la commune de Lemba (66 %) (Tableau 4).

Tableau 4. L'avenir de la ville verte

Trouveront	Nombre de citation	Pourcentage (%)
Oui	34	34
Non	66	66
Total	100	100

3.8 BESOIN DE CRÉATION DES NOUVEAUX ESPACES VERTS

La proposition qui fait presque l'unanimité c'est la création des espaces verts à travers la ville et dans toutes les communes de Kinshasa. En effet, 93 personnes enquêtées sont favorables à la création de nouveaux espaces verts contre 7% des enquêtés qui ne trouvent pas important la création de ceux-ci (Tableau 5). Ceci met en évidence, d'une part, le désir des citoyens d'avoir un espace vert tout près de chez eux et d'autre part le déficit en ces lieux de détente et loisir en dehors du centre-ville (commune de la Gombe) qui garde encore un aspect verdoyant.

Tableau 5. Besoin de création des nouveaux espaces verts

Création	Effectif	Pourcentage (%)
Oui	93	93
Non	7	7
Total	100	100

3.9 ATTITUDE DE LA POPULATION VIS-À-VIS DES ESPACES VERTS D'ALIGNEMENT

Les résultats d'enquête ont révélé que la population ne participe pas à l'entretien des espaces verts d'alignement de la commune de Lemba. Celle-ci se livre par contre à la production des déchets (68%) et des prélèvements ou à des coupes abusives des arbres (15%). Ces affirmations ont été confirmées par la présence des divers déchets, notamment en plastiques jonchant ces sites. Cependant, 22 % d'usagers ont affirmé au contraire que la population participe à l'entretien des espaces verts y compris eux-mêmes (Figure 5).

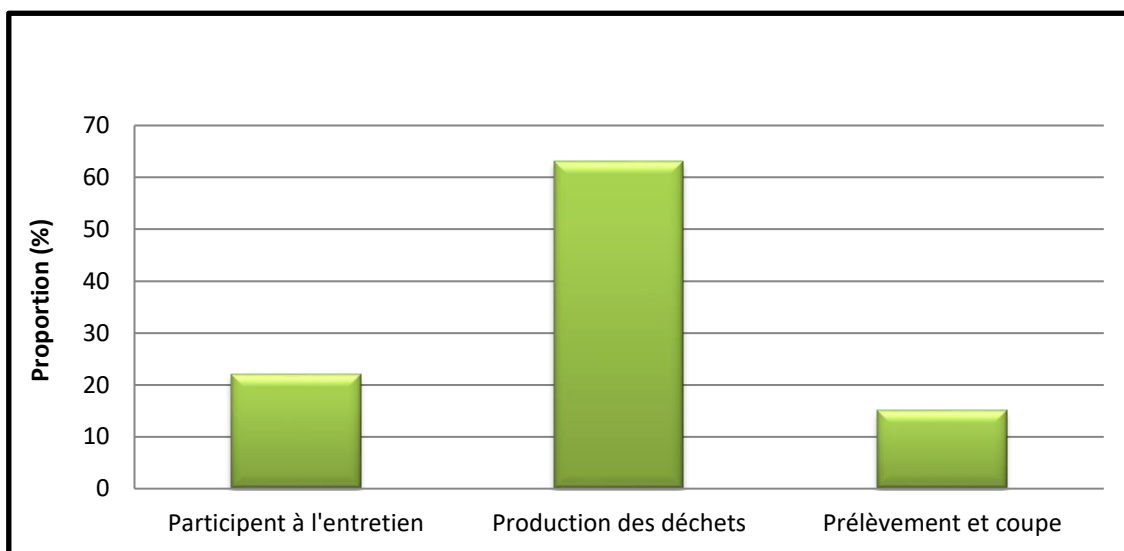


Fig. 5. Attitude de la population vis-à-vis des espaces verts urbains

3.10 CHOIX DES ESPÈCES VÉGÉTALES SOUHAITÉES DANS LES ESPACES VERTS

Dans l'optique de répondre aux exigences du développement durable en matière environnementale en général et en foresterie urbaine en particulier, les personnes enquêtées ont vivement recommandé lors du reboisement et/ou de la création des nouveaux espaces verts la prise en compte des espèces d'ombrage (57 %) suivies des espèces ornementales (22%), des arbres fruitiers (18%) et les plantes médicinales en dernier lieu (3%). La proportion des espèces d'ombrage recommandée par les personnes interrogées montre que, ces enquêtés tiennent en compte aussi de l'adaptation aux changements climatiques.

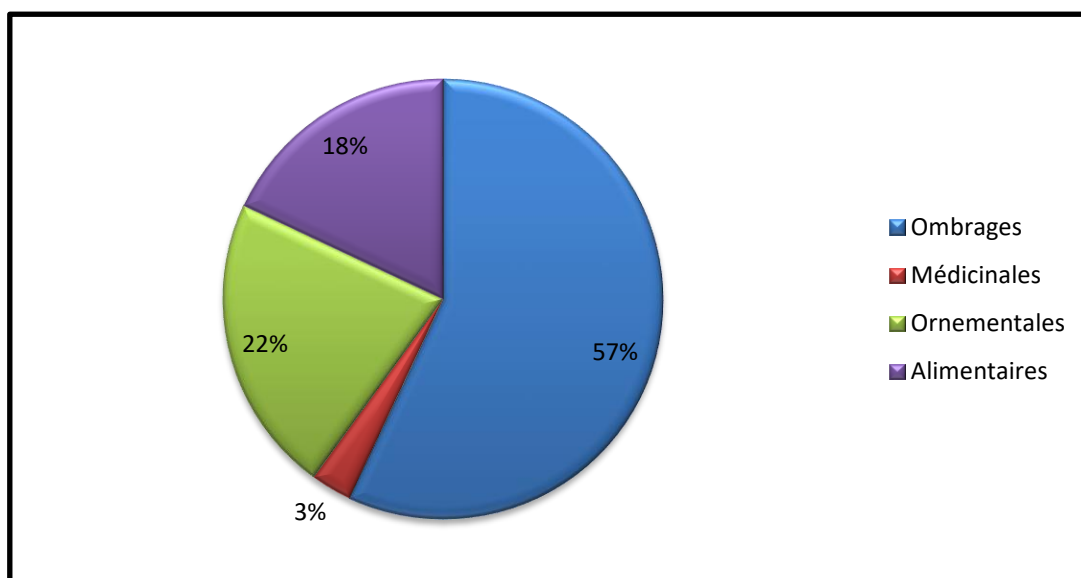


Fig. 6. Raisons du choix des espèces souhaitées dans les espaces vert

3.11 ORIGINES ET COMESTIBILITÉ DE LA VÉGÉTATION ARBORÉE DES ESPACES VERTS D'ALIGNEMENT

Un total de 15 familles et 21 genres pour 22 espèces ont été identifiés dans les milieux étudiés. Une proportion de près de 73 % de ces espèces (16 espèces) est d'origine exotique. Par ailleurs près de 55% de ces espèces (12 espèces) est signalée comestible (Tableau 2). Les familles *Anacardiaceae* (14%), *Fabaceae* (14%), *Arecaceae* (9%), *Combretaceae* (9%) et *Myrtaceae* (9%) sont les plus représentées. La présente étude montre que les espaces verts urbains d'alignement de la commune de Lemba ne semblent pas être perçus de la même manière par les citoyens et les services publics. En effet, les citoyens désirent voir dans les espaces verts d'alignement, des arbres connus et de préférence des espèces locales. La mise en valeur du patrimoine local, leur permet de tirer profit de divers avantages que procurent les forêts urbaines (ombrage et fraîcheur, fruit, médicament, etc.). L'embellissement de la ville ne constitue pas leur première préoccupation. L'insuffisance d'espace dans le domaine résidentiel pousse les résidents de la municipalité de Lemba à exploiter les espaces vides à même d'accueillir les arbres, à l'instar des trottoirs. A contrario, les responsables de l'entretien, eux, souhaitent embellir l'image de la municipalité grâce à des espèces ornementales les plus souvent exotiques pour l'esthétique.

Tableau 6. Principales espèces végétales de la strate arborescente. Ex = exotique; Au = autochtone

N°	Nom scientifique	Nom commun	Famille	Origine	Comestible	Usages
1	<i>Abies alba</i> Mill.	Sapin blanc	Pinaceae	Ex	Non	Ornemental
2	<i>Acacia auriculiformis</i> A.Cunn. ex Benth.	Acacia	Fabaceae	Ex	Non	Ombrage
3	<i>Albizia lebbbeck</i> (L.) Benth.	Langue de femme	Fabaceae	Ex	Non	Ombrage, Ornemental
4	<i>Annona muricata</i> L.	Corossolier	Anonaceae	Ex	Oui	Alimentaire, Ombrage
5	<i>Carica papaya</i> L.	Papayer	Caricaceae	Ex	Oui	Alimentaire, Médicinal
6	<i>Dacryodes edulis</i> (G. Don) H.J. Lam	Safoutier	Burseraceae	Au	Oui	Alimentaire, Ombrage
7	<i>Dracaena</i> sp.	Dragonnier	Dracaenaceae	Au	Non	Ornemental
8	<i>Elaies guineensis</i> Jacq.	Palmier à huile	Arecaceae	Au	Oui	Alimentaire
9	<i>Eucalyptus</i> sp	Eucalyptus	Myrtaceae	Ex	Non	Ornemental
10	<i>Ficus bubu</i>	Milenda	Moraceae	Au	Non	Ombrage
11	<i>Flacourtia jangomas</i> (Lour.) Raeusch.	Prune-café, Prune d'Inde	Flacourtiaceae	Ex	Oui	Alimentaire, Ombrage
12	<i>Lannea welwitschii</i> (Hiern) Engl.	N'Kumbi	Anacardiaceae	Au	Non	Ombrage
13	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leucaena	Fabaceae	Ex	Non	Ombrage
14	<i>Mangifera indica</i> L.	Manguier	Anacardiaceae	Ex	Oui	Alimentaire, Ombrage, Médicinal
15	<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Moringa	Moringaceae	Ex	Oui	Médicinal
16	<i>Musa</i> sp L.	Bananier	Musaceae	Au	Oui	Alimentaire
17	<i>Persea americana</i> Mill.	Avocatier	Lauraceae	Ex	Oui	Alimentaire, Ombrage
18	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M. Perry	Jambosier rouge (Pomme d'amour)	Myrtaceae	Ex	Oui	Alimentaire, Ombrage
19	<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F. Cook	Palmier royal	Arecaceae	Ex	Non	Ornemental
20	<i>Spondias mombin</i> L.	Prunier mombin	Anacardiaceae	Ex	Oui	Alimentaire, Ombrage
21	<i>Terminalia catappa</i> L.	Badamier	Combretaceae	Ex	Oui	Ombrage
22	<i>Terminalia Mantaly</i> H. Perrier.	Terminalia	Combretaceae	Ex	Non	Ornemental, Ombrage

*Bien que le papayer, le palmier et le bananier ne soient pas des arbres à proprement parlé à cause de leur faux tronc appelé stipes, ils sont repris dans la liste des arbres dans le cadre de cette recherche, étant qu'ils remplissent des fonctions similaires dans la zone d'étude surtout en ce qui concerne la production fruitière.

4 DISCUSSION

Les espaces verts d'alignement de la commune de Lemba ont été reconnus importants par la quasi-totalité des personnes enquêtées en raison de leurs nombreuses utilités. Les deux principales raisons de leur fréquentation sont la détente (33 %) et la recherche de l'ombrage (24%). Cela s'explique par le fait qu'à Kinshasa, les températures sont élevées (températures diurnes toujours supérieures à 20°C), et les populations trouvent la fraîcheur à l'ombre des arbres. Dans le cas précis de la commune de Lemba, cette situation se justifie par l'exiguïté des parcelles d'habitation qui pousse beaucoup des résidents à passer le plus

de temps possibles à l'ombre des arbres d'alignement. Ces résultats corroborent à ceux obtenus par Kouadio [26]; Monssou *et al* [27] et Kouassi *et al*. [28], qui affirment que la présence accrue d'arbres dans les rues permet aux populations de profiter d'un maximum d'ombrage lors des marches, des attentes et des rencontres. En effet, l'arbre crée un microclimat qui est très prisé par la population [29].

Les résultats de cette recherche montrent que la fréquentation des espaces verts de Lemba par les personnes interrogées est quotidienne, en raison de (30%), surtout pour celles qui exercent les métiers ou qui habitent à proximité de ces sites. Par contre, bien des gens les visitent à une fréquence hebdomadaire (36%) ou occasionnelle (34%). Ces résultats corroborent à ceux obtenus par Marion [11], qui ont montré que (59%) des personnes visitent les espaces verts au moins une fois par semaine.

Les espaces verts d'alignement des voies publiques de Lemba sont également fréquentés par divers usagers qui y exercent des activités commerciales. En effet, compte tenu de la proximité des arbres au bord des voies, ceux-ci offrent un endroit très fréquenté par les piétons et les automobilistes et un endroit propice aux différentes activités commerciales [26]. Cette analyse va dans le même sens que les résultats d'Elom [30] qui affirment l'occupation des espaces publics par les populations de la ville de Yaoundé pour mener leurs activités commerciales.

Cependant, cette occupation des espaces verts est souvent abusive et cela s'explique également par un manque d'éducation à l'environnement de la population [31]. Ces résultats corroborent avec ceux de Ngur-Ikone [32] qui affirme que c'est à cause du manque de culture et d'éducation environnementale que les espaces verts de la ville de Kinshasa sont devenus des lieux de dépôt des déchets, des spoliations pour des constructions anarchiques, des marchés pirates. Ainsi, les résultats d'enquête ont révélé que les habitants de Lemba ne participent pas à l'entretien des espaces verts d'alignement des voiries publiques. Ils génèrent au contraire divers déchets et se livrent parfois à des coupes abusives des arbres d'alignement.

Du point de vue composition et richesse floristique, 22 espèces appartenant à 15 familles ont été répertoriées. Ce résultat est se rapproche à celui d'une étude réalisée par Ngilinga *et al*. [14] dans la voirie urbaine de la commune de Tshopo dans la ville de Kisangani qui a trouvé une richesse spécifique s'élève à 31 espèces regroupées en 21 genres et 16 familles botaniques. FAO [33], qui a trouvé que le peuplement végétal de la ville de N'Djaména est composé de 32 espèces, réparties en 16 familles. Par ailleurs, la valeur de la richesse spécifique obtenue dans cette étude est largement inférieure à celles obtenues à Lomé (52 espèces) par Tchamié & Badameli [34], à Brazzaville (59 espèces) par N'Zala & Miankodila [35], dans la commune du plateau en Côte d'Ivoire (91 espèces) par Vroh & al. [36], à Lomé où Simza [37] a recensé 110 espèces. Selon Ngilinga *et al*., [14] Cette différence peut être due au fait, que cette étude n'a pris en compte que les espaces verts des voiries publiques alors que les autres ont pris en compte les arbres longeant voiries publiques, les espaces verts publics et/ou privés.

D'après l'origine des espèces répertoriées, 72% de ces espèces sont d'origine exotique. La forte proportion d'espèces exotiques inventoriées témoigne de l'intérêt accordé à ces dernières dans les aménagements urbains aux dépens des espèces locales [14]. En effet, la nature du tissu urbain influence la vision des acteurs si bien que la fonction esthétique et récréative des arbres et des espaces verts est ce qui leur confère le plus de valeur aux yeux des citoyens et des visiteurs [38].

En outre, des études rapportent la présence de plus d'espèces ornementales que celles comestibles dans les zones urbaines, notamment au niveau des espaces verts d'alignement [9, 25; 39]. Cependant, la précarité de la situation socio-économique généralisée à Kinshasa contraint toutes les couches sociales de la ville de planter prioritairement les espèces comestibles en vue de la sécurisation alimentaire et économique [10; 39].

Au vu de divers services écosystémiques que fournissent les arbres d'alignement à Kinshasa, les personnes enquêtées souhaitent leur augmentation, notamment en exploitant principalement les espèces d'ombrage (57 %) suivies des espèces ornementales (22 %), des espèces alimentaires (18 %), et les plantes médicinales en dernier lieu (3 %). Ces résultats sont similaires à ceux de Kouassi *et al* [28], selon lesquels, les usagers trouvent insuffisant les arbres d'alignement présents dans la ville de Yamoussoukro et ont souhaité à 91,5%, l'augmentation de ceux-ci. A cet effet, selon les mêmes chercheurs, les espèces souhaitées pour le reboisement des voies sont pour la plupart des espèces d'ombrage (66,8%) suivies des espèces ornementales (18,6%) et des espèces alimentaires (13,4%). Les espèces médicinales (1,23%) arrivent en dernière position. Selon les mêmes chercheurs, 98,6% des usagers souhaitent la création des jardins publics. De même, à Lomé, les espèces d'ombrage sont les plus sollicitées pour l'enrichissement des voies [40].

Les résultats obtenus montrent que la pression anthropique occasionne la diminution des espaces verts de Lemba en général et les arbres d'alignement en particulier. Cette diminution a pris une grande allure à partir des années constatée au début des années 2000 (58 %). Ainsi, Kouassi *et al* [28] affirment que les coupes abusives d'arbres pour diverses utilisations notamment l'élagage des arbres d'alignement au profit des magasins sont des signes qui montrent l'incivisme de la population à l'égard des espaces verts.

La présente étude révèle les espaces verts d'alignement de la commune de Lemba sont mal entretenus. En effet, selon les résultats obtenus par Marion [11], la propreté du site est le premier critère d'appréciation (55%). C'est ensuite les preuves visibles d'un entretien de la végétation taillée (27%).

S'agissant de la connaissance sur la journée mondiale de l'arbre, les résultats issus de cette étude montrent que la plupart des personnes interrogées n'en ont pas assez de connaissance (89%). Pourtant, la célébration de cette journée permet l'organisation des activités en faveur de l'arbre comme les campagnes de sensibilisation et de plantation afin d'augmenter la prise de conscience au sein de la population sur l'importance de l'arbre [41].

5 CONCLUSION

L'analyse des Perceptions des usagers à l'égard des espaces verts d'alignement de quelques voies publiques de la commune de Lemba dans la ville de Kinshasa en RD Congo a permis de montrer que ces sites sont importants pour la population qui les fréquente. Les espaces verts produisent de l'ombrage qui est très prisé par les usagers qui les fréquentent pour diverses raisons qui sont entre autres le repos, la distraction, les études, les différentes cérémonies. Cependant, ces usagers ont affirmé que les arbres d'alignement ont connu une diminution au cours de ces dernières décennies en faveur des grandes constructions et que les usagers produisent des déchets sur les espaces verts ce qui favorise leur dégradation. Aussi les usagers soulignent la faible implication des autorités politico-administratives dans la gestion de ces espaces. La création de jardins et la gestion des espaces verts peuvent être un moyen d'amélioration de la qualité de vie des populations en contact avec les espaces verts. Pour cela, des séances de sensibilisation auprès de la population et la formation à la gestion des espaces verts devraient être entreprises par les autorités locales pour le bien-être de la population. Compte tenu des avantages liés à la présence des arbres notamment la régulation du climat, l'embellissement, le lieu de petits métiers, etc., les usagers souhaitent l'augmentation des arbres de rue et la création de jardin public pour profiter des aménités liées à leur présence. L'analyse des données floristiques indique que le patrimoine arboré de la commune compte 22 espèces réparties en 21 genres et 16 familles botaniques. Une proportion de près de 73 % de ces espèces (16 espèces) est d'origine exotique et près de 55% de ces espèces (12 espèces) est signalée comestible.

REFERENCES

- [1] Allix, G, Depuis 2008, la moitié de l'humanité vit en ville. Le Monde, vol. 24, 2008.
- [2] Bronfort S. Les stratégies d'adaptation face au risque d'inondation dans les zones d'habitats spontanés d'Ouagadougou, Burkina Faso, Mémoire de Master, Université de Liège, 88p, 2017.
- [3] Clergeau P. Une écologie du paysage urbain. Rennes: Apogée. ISBN 9782843982880. HT241.C59, 2007.
- [4] Élodie R. Villes et gestion des espaces verts: élaboration d'un outil d'évaluation qualitative. Maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke, Troyes, France, 133p, 2009.
- [5] Chevassus-au-louis B., Jean-Michel S et Bielsa S. Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes, 2009.
- [6] Bellin, I. La biodiversité, un problème de ville. La recherche: Quelle biodiversité dans les villes? 2008., n.s., 422: 7. ISSN 0029-5671.
- [7] Lapoix F. Sauver la ville, écologie du milieu urbain, Sang de la Terre, Paris, 1991.
- [8] Sanesi, G., & Chiarello, F. Residents and urban green spaces: The case of Bari. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4 (3-4), 125-134, 2006.
- [9] Panduro, T. E., & Veie, K. L. Classification and valuation of urban green spaces—A hedonic house price valuation. *Landscape and Urban planning*, 120, 119-128, 2013.
- [10] Laille, P., D. Provendier et F. Colson. Les bienfaits du végétal en ville – Synthèse des travaux scientifiques et méthode d'analyse, Plante & Cité, 2013
[En ligne] URL: http://www.plante-et-cite.fr/data/pdf_fiches/experimentation/2013_07_EX_bienfaitsduvegetal.pdf, consulté le 30 juin 2023.
- [11] Marion L. La valeur des espaces verts urbains à travers la perception des usagers. Une autre approche des Services Ecosystémiques Culturels, Université François-Rabelais Tours, 140p, 2014.
- [12] Arnould, P., Le Lay, Y.-F., Dodane C., & Méliani I. La nature en ville: l'improbable biodiversité. *Géographie, économie, société*, 13 (1), 45-68, 2011.
- [13] El Jai, B., & Pruneau, D. Favoriser la restauration de la biodiversité en milieu urbain: les facteurs de réussite dans le cadre de quatre projets de restauration. *VertigO*, 15 (3) 1-20, 2015.
- [14] Ngilinga M, Bondekwe F & Alongo S. Diversité floristique des arbres d'alignement de quelques voiries publiques de la commune Tshopo dans la ville de Kisangani, RD Congo, *J. Agroecol. Env. Res.* 1 (1): 29-37, 2022.

- [15] Khodja M.K. Impact de la croissance démographique sur la ville et sur l'environnement et politiques urbaines, *Revue EL-Bahith en Sciences Humaines et Sociales*, Algérie: Université Kasdi Marbah Ouargla, 12 (1), 359-366, 2020.
- [16] FAO. Directives sur la foresterie urbain et périurbaine, Rome, 178p, 2017.
- [17] Natta, A. K., Dicko, A., & Natta, M. Y. Perception des populations sur le verdissement en milieux urbain et péri-urbain et stratégies d'aménagement de Parakou (Bénin). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 17 (2) 583-599, 2023.
- [18] Osseni, A. A., Sinsin, B. A., & Teka, O. (2014). Facteurs de contrôle de la diversité des plantations d'alignements dans la ville de Porto-Novo au Bénin. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 10 (4), 200-208.
- [19] Tungi-Tungi L. J., Nsimba E. N., Masivi, Lendo C. M., Landu, Lutete E. L., Ngoyi M. K., M. N., & Lumbuenamo R. S. Pression exercée par les entreprises pâtisseries artisanales et nganda ntaba sur la végétation arborée urbaine et périurbaine à Kinshasa en République Démocratique du Congo. *International Journal of Innovation and Scientific Research* 62 (1) 25-39, 2022.
- [20] Marniesse, S & Filipiak, E. Lutte contre l'effet de serre, enjeux et débats: Agence française de développement. 127p, 2003.
- [21] Kanninen M., Murdiyarso D., Seymour F., Angelsen A., Wunder, S., & German, L. Les arbres poussent-ils sur l'argent?: Implications de la recherche sur la déforestation pour les politiques de promotion de REDD (Vol. 4): CIFOR, 2009.
- [22] Mavunda C.A., Kanda M., Folega., Egbelou V., Boyemba F. B., Amundala N. D., Yoka J., Dourma M. & Akpagana K. Dynamique spatio-temporelle des changements d'occupation du sol sous incidence anthropique dans la ville de Kinshasa (RDC) de 2001 à 2021. *Geo-Eco-Trop*, 46 (1), 137-148, 2022.
- [23] Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and earth system sciences*, 11 (5), 1633-1644, 2007.
- [24] Phanzu, G. Cadastres Fonciers Et Prevention Des Catastrophes Naturelles A Kinshasa, 25p, 2016.
- [25] Miti TSF, Aloni KJ, Kisangala MM. Crise morphogénique d'origine anthropique dans le modelé du relief de Kinshasa. *Bull. du CRGM*, 5 (1): 1-12, 2004.
- [26] Kouadio Y.J.C. Diversité végétale, services écosystémiques et valeur économique de la végétation urbaine de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire), Thèse de Doctorat UFHB. Laboratoire Botanique, Foresterie urbaine, 200 p, 2016.
- [27] Monssou, E. O., Vroh, B. T. A., Goné, B. Z. B., Adou Yao, C. Y., & N'Guessan, K. E. Evaluation de la diversité et estimation de la biomasse aérienne des arbres du jardin botanique de Bingerville (district d'Abidjan, Côte d'Ivoire), *European Scientific Journal* 12 (6): 185 – 201, 2016.
- [28] Kouassi R.H., Nomel G.J.R., Kouadio Y. J.C., Ambé A.S.A. & N'guessan K.E. Perception, Attitude et Attentes des Résidents à l'égard des Espaces Verts Urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal* 15 (3): 389-405, 2019.
- [29] Heisler, G. M. Energy savings with trees. *Journal of Arboriculture*, 12 (5): 113-125, 1986.
- [30] Elom, P. U. O. La privatisation des espaces publics dans la ville de Yaoundé (Cameroun): le cas des activités commerciales. *Africa Development*, 36 (1), 1-12, 2011.
- [31] Perceptions sociales et occupation des espaces verts à Gnanzoua dans la commune de Marcory (Côte d'Ivoire). *Revue Africaine d'Anthropologie*, Nyansa-Pô, (24) 194 – 210, 2016.
- [32] Ngur-Ikone J. K. La politique publique de la gestion des espaces verts par l'hôtel de ville de Kinshasa», *Afrique et Développement*, 35 (3) 13-46, 2010.
- [33] FAO. Etude sur la Foresterie urbaine et périurbaine de N'Djamena Tchad. Rôle et place de l'arbre place de l'arbre en milieu urbain et périurbain. Appui à la formulation d'une stratégie et d'un plan d'action de la foresterie urbaine et périurbaine à N'Djamena, République du Tchad. Document de travail sur la foresterie urbaine et périurbaine, Rome, n°6, 95p, 2012.
- [34] Tchamiè T., & Badameli M. K. Fonction et signe de l'arbre dans l'espace urbain de Lomé. In le centenaire de Lomé, capitale du Togo (1897- 1997). Paper presented at the Actes du colloque de Lomé (3-6 mars 1997), Lomé, 1998.
- [35] N'Zala, D., & Miankodila P. Arbres et espaces verts à Brazzaville (Congo). *Bois et forêts des tropiques* (272), 88-92, 2002.
- [36] Vroh B.T.A., Tiebre M-S. & N'Guessan K.K. Diversité végétale urbaine et estimation du stock de carbone: cas de la commune du Plateau, Abidjan, Côte d'Ivoire. *Afrique science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 10 (3) 329- 340, 2014.
- [37] Simza, D. La foresterie urbaine et sa contribution à la séquestration du carbone: Cas de la ville de Lomé (Togo). Mémoire de DEA de Biologie de développement, Université de Lomé, Togo, 55, 2012.
- [38] Da Cunha, A., 2009. Introduction. In *Urbanisme Végétal et Agriurbanisme*, Da Cunha A (ed.). Observatoire Universitaire de la Ville et du Développement durable: Lausanne, Suisse; p.20.
- [39] Sambieni, K. R., Biloso, M. A., Toyi M.S., Occhiuto, R., Bogaert, J., & DOSSOU, B. La végétation arborée domestique dans le paysage urbain et périurbain de la ville de Kinshasa, République Démocratique du Congo. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 14 (2) 197 – 208, 2018.
- [40] Polorigni, B., Radji, R., & Kokou, K. Perceptions, tendances et préférences en foresterie urbaine: cas de la ville de Lomé au Togo. *European Scientific Journal*, 10 (5) 261-277, 2014.
- [41] Mili M. Module Espaces verts. Polycopies de Cours. Evalué par les experts. Tachiraft Abdelmalek et Lakhdar Hamina Youcef Université Mohamed Boudiaf de M'sila, 52 p, 2018.

Drying kinetics of cassava by indirect drying in forced convection

Emmanuel N'Dri Abouanou¹, Paul Magloire Ekoun Koffi¹, Blaise Kamenan Koua², and Prosper Gbaha¹

¹Laboratoire des Procédés Industriels, de Synthèse, de l'Environnement et des Energies Nouvelles (LAPISEN), UMRI 18, Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny (INPHB), B.P. 581, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

²Laboratoire des Sciences de la Matière, de l'Environnement Et de L'Energie Solaire, UFR SSMT, Université Félix Houphouët Boigny, 22 B.P. 582, Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The main objective of this study is to estimate the drying parameters of cassava using an indirect solar dryer equipped with a sensible heat energy storage system. This dryer, which uses stones as storage material and made of wood and plywood, was used to dry a quantity of 12.2 kg of cassava. Drying parameters relating to drying curves and drying efficiency of cassava were established and studied. The drying curves were modeled using semi-empirical models. The results showed that the water content of cassava decreased from 159.12 g H₂O / 100 g dry matter to 13.32 g H₂O / 100 g dry matter. With a collector and drying efficiency of 56.64% and 29.39% respectively. The Weibull distribution model allows a satisfactory modeling of the drying curve, with an $r^2 = 0.988$, a $\chi^2 = 0.000896$, and an RMSE = 0.0288.

KEYWORDS: Cassava, indirect solar dryer, heat storage, drying curve, Solar Energy.

1 INTRODUCTION

Most farmers in West Africa are faced with the problem of medium and long term preservation of their agricultural crops. Indeed, many losses caused by the use of inadequate means for the preservation of their agricultural crops are recorded [1]; because these means do not allow reducing the proliferation of micro-organisms responsible for the deterioration of agricultural products [2]. Many agricultural products must go through a drying process after harvesting. Indeed, dried products are better preserved; their water content being low enough, so the micro-organisms responsible for the deterioration of agricultural products cannot proliferate [3].

The most commonly used method for drying agricultural products is traditional drying. Drying consists of exposing the products directly to the sun, on the ground, on stalls, on the roofs of houses for example. Although this method is almost free and simple to implement, it poses a problem of hygiene and lengthening of the drying time. Indeed, this method of drying exposes the product to domestic animals, insects, foreign materials [4], birds and dust, which are obvious causes of diseases and poor quality products. This mode, strongly dependent on the intermittent nature of the sun, does not allow control of the drying time and the drying process [1,3]. To eliminate or reduce the problems caused by traditional drying, many direct, indirect and mixed solar dryers have been designed.

Cassava, which is widely cultivated in West Africa, is one of those agricultural products for which several solar dryers have been designed to limit and reduce the problems encountered by traditional drying [5]. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is one of the most important food crops in the humid tropics. The annual production of cassava in Africa represents more than half of the world production, estimated at 256.56 million tons [5]. In Côte d'Ivoire, cassava is mainly produced in the south, west and center. Annual production reaches 2.41 million tons, with a yield of 6.5 tons per hectare [5]. Cassava is widely consumed in Côte d'Ivoire in the form of semolina, commonly called "attiéké" and heavy paste called "placali", gari, foutou, concondé, etc. Given its importance in the diet of Côte d'Ivoire, its proper preservation is a vital necessity. [5]

Several works on different aspects of the drying kinetics of cassava roots such as curves of evolution of water content, drying speed [6 - 11], determination of drying constants are reported in the literature [11]. Thus, Saheeda Mujaffar and Amanda Lalla [12] reported that cassava is considered completely dried when its water content is reduced to the acceptable limit of 16% in dry basis (i.e. 14% in wet basis). Ogheneruona and Jusuf [13] reported that the optimum drying temperature for cassava is 52°C.

As the drying time is strongly dependent on the duration of sunshine and the intermittent nature of the sun [14], the need for thermal storage, associated with a solar air collector, is necessary for continuous drying [15]. Indirect solar dryers using a thermal storage system have been realized and studied. Chauhan et al. [16] studied the drying characteristics of coriander, with a solar air dryer coupled with a

thermal storage tank of stone beds. A theoretical study was conducted by writing the equations translating the heat transfers between the different components of the system. The results showed that the stored energy can be efficiently used to dry agricultural products during periods of no sunlight. Tiwari et al. [17], made an experimental study of a solar air dryer with a stone bed thermal storage unit placed in the drying chamber. They concluded on the basis of analytical results that the drying time is significantly reduced compared to natural drying. Mishra and Sharma [18], conducted an experimental study of a single glazed air solar collector with two air veins, one of which is filled with stone beds, using iron and aluminum chips and stones as storage material. They concluded that the system, using iron shavings give better efficiency and air temperature at the outlet of the solar collector. The maximum values of collector efficiency are 32% for the system with iron chips and 27% for the system with stones.

A double-glazed air collector with stone beds and a single air stream has been studied experimentally and theoretically by Hamdan [19]. The study showed that the system has a maximum thermal efficiency of 46%, when tilted by 47° and with a mass flow rate of 0.0102 kg/s. In most of these air collectors with a heat storage unit, there is a flat plate air collector coupled with a storage unit. In these systems, the absorber is placed either above the stone bed or below the stone bed.

An indirect solar dryer with a solar air collector using only black painted stones as absorber and storage material was designed and tested while drying cassava. The study investigated the efficiency of the solar collector and drying process, as well as the time-dependent evolution of the temperatures of the heat transfer fluid at the collector outlet, the stones and the water content of the cassava. This was done during a particularly cloudy period.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 DESCRIPTION OF THE SOLAR DRYER

Figures 1 and 2 show respectively a picture and a detailed diagram of the indirect solar dryer which is made of plywood and wood. It consists of a solar air collector, connected to a drying chamber. The solar air collector is a sensible heat energy storage unit, using black painted stones as absorber and heat storage material. It is 1.88 m long, 0.82 m wide and 0.15 m high. A 5 mm thick glass with a surface area of 1.54 m² is placed above the heat storage unit to reduce upward heat loss. The 0.15 m between the glass and the bottom of the heat storage unit is filled with stones to store heat and thus maintain a drying temperature above the ambient temperature [20]. The 0.12 m high stone bed rests on a reflector plate to increase the amount of heat reaching the stones and to reduce heat loss downwards. And the distance between the last stone level and the glass is 0.03 m. The storage unit is insulated on its side faces with polystyrene of thickness 0.20 m and thermal conductivity 0.047 W.m⁻¹.°C⁻¹. The bottom of the storage unit is also insulated with 0.20 cm thick polystyrene. The solar air collector is tilted at an angle of 10°, relative to the horizontal [21]. The storage unit has two rectangular openings of 0.12 m high and 0.82 m wide at its inlet and outlet. The storage unit is connected by its outlet opening to a drying chamber. The drying chamber, which is made of plywood of 0.20 m thickness, is 1 m high, 1 m wide and 1 m long. It is designed to receive four (4) racks on which the cassava slices are placed. The trays are 0.10 m apart from each other. Each rack is made of wooden structure with rubber nets of 1 m² of surface to facilitate the passage of air. The drying chamber has a door on one side through which access is gained in order to introduce or remove the cassava slices to be dried. At the exit of the drying chamber is placed a fan with a power of 4.2 W, to force the air through the stones.

When the solar collector is exposed to the sun's rays, the black stones inside the collector are irradiated by the sun's rays that pass through the glass. Thus, the stones heat up, storing the energy received from the sun. At the same time, air at ambient temperature enters the solar collector through an opening at the front of the collector. The air, which is the heat transfer fluid, passes through the hot stones, recovering all or a part of the energy stored by the stones.

The heat transfer fluid, now hot, leaves the solar collector, through the opening at the back of the collector, enters the drying chamber, and crosses the cassava slices, spread out on the racks.

Thus, the heat transfer fluid removes the water contained in the slices. Then the air loaded with the humidity of the cassava slices, leaves the drying chamber through a chimney.



Fig. 1. Photo of the dryer

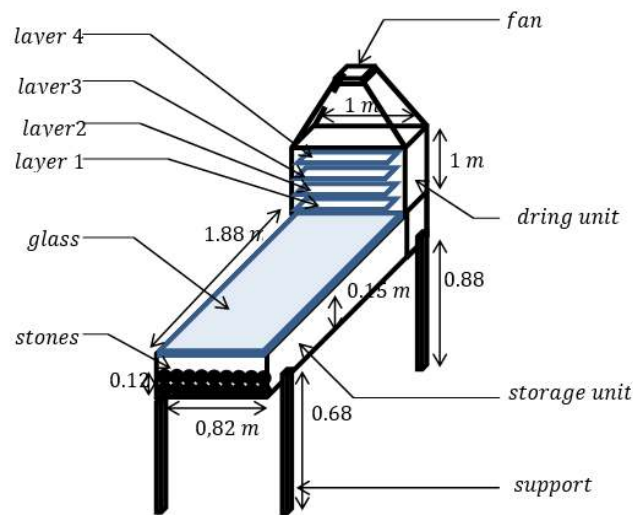


Fig. 2. Schematic of the dryer solaire

2.2 MEASUREMENT EQUIPMENT

The measurement unit consists of:

- Sixteen (16) temperature probes which are 10 K Ω thermistors, i.e. whose resistance has a value of 10 kilo-ohms. The resistance R_{th} , of the thermistor is a function of the temperature T , according to the relationship:

$$R_{th}(T) = R_{th}(T_0) \exp\left(\beta\left(\frac{1}{T} + \frac{1}{T_0}\right)\right) \quad (1)$$

Either,

$$T = \frac{1}{\frac{1}{T_0} + \frac{1}{\beta} \ln\left[\frac{R_{th}(T)}{R_{th}(T_0)}\right]} \quad (2)$$

With a precision of 1% from 0 to 100°C. With T_0 , the reference temperature taken equal to 298.15°K i.e. 25°C; $\beta = 3950\text{ K}$; $R_{th}(T_0)$: the resistance at the reference temperature, taken equal to 10 k Ω .

- A KIPP ZONEN solarimeter, with sensitivity 0.0049 mv for 1 W/m² and accuracy 0.01 W/m²; for measurement of illumination.



Fig. 3. Thermistance 10 K image



Fig. 4. KIPP ZONEN Solarimeter

- An electronic balance of precision 0.01 g, for the measurement of the mass.



Fig. 5. Electronic balance

Temperature sensors are placed at different locations in the solar dryer to measure temperatures at the stones, the glass, the products on the racks, the air at the inlet and outlet of the stocker and the air at the outlet of the dryer (Figure 6).

Every hour, the temperature values are recorded on a computer, using a data logging system; the cassava slices in the drying chamber are placed on the electronic scale for weighing. And the irradiance value measured by the solarimeter and read on a solar integrator.

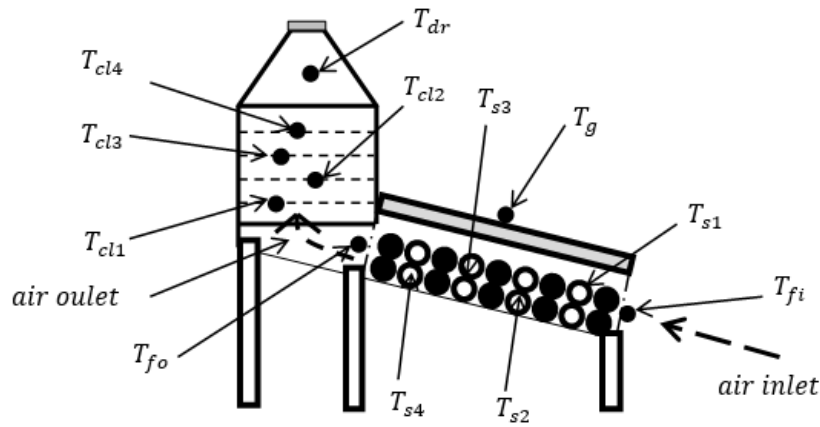


Fig. 6. Position of temperature probes

2.3 EXPERIMENTAL PROCEDURE

The cassava has been peeled, cut into slices, washed, and placed on the drying chamber racks for drying. A quantity of 3.05 kg of cassava is uniformly distributed on each of the drying racks of the solar dryer (figure 7).



Fig. 7. Cassava

2.4 THEORETICAL ANALYSIS

2.4.1 MODELING OF CASSAVA DRYING

Léon et al. [22] proposed a procedure to evaluate the performance of a solar drying system. During the drying process, weighing is done every hour. And using equation (1), we determine the water content of cassava at each time in dry basis $X(t)$.

$$X(t) = \frac{m(t) - m_f}{m_f} \times 100 \quad (3)$$

With $m(t)$: mass of cassava at time t ; m_f : final mass of cassava; $X_w(t)$: water content at time t ;

Thus, the initial water content in wet basis is given by:

$$X_i = \frac{m_i - m_f}{m_f} \times 100 \quad (4)$$

The mass of water (m_w) to be removed from the product is determined from the initial water content and the desired final water content [23]:

$$m_w = \frac{(X_i - X_f)}{(100 - X_f)} \times m_i \quad (5)$$

The reduced water content XR is given by:

$$XR = \frac{X(t) - X_e}{X_i - X_e} \quad (6)$$

With $m(t)$: mass at time t ; m_i : initial mass; m_f : final mass; m_{ew} : mass of water removed; $X(t)$: water content at time t ; X_i : initial water content; X_e : equilibrium water content; XR: reduced water content.

Several studies [24-26] report that the equilibrium water content X_e , is very small compared to the initial water content X_i and the water content at each time t , $X(t)$. Thus in the previous study, the reduced water content will be reduced to the following expression:

$$XR = \frac{X(t)}{X_i} \quad (7)$$

The experimental values of the reduced water content as a function of time will be compared with the non-linear theoretical models of thin film drying to select the model(s) that best describe the thin film drying of cassava. Semi-theoretical models commonly used to describe thin film drying are given in Table 1. To assess the quality of fit with the selected model, three comparison parameters are used. The first is the coefficient of determination (R^2). Next come, the root mean square error (RMSE) and the reduced chi-square (χ^2). The values of these three parameters are obtained from relations 6, 7 and 8 [27, 28].

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{j=1}^N (XR_{exp,i} - XR_{pre,i})^2}{\sum_{j=1}^N (\overline{XR}_{exp} - XR_{exp,i})^2} \quad (8)$$

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (XR_{exp,i} - XR_{pre,i})^2}{N} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (XR_{exp,i} - XR_{pre,i})^2}{N-n} \quad (10)$$

With $XR_{exp,i}$: the i th experimental value of the reduced water content ;

$XR_{pre,i}$: the i th predicted value of the reduced water content ; N : the number of observed values; n : the number of constants of the drying model.

Thus, the selected model will be the best fit if the value of R^2 is high and the values of RMSE and χ^2 are low. The curve of the evolution of the reduced water content as a function of time will be modeled using theoretical models presented in Table 1. The modeling of the drying layer may be performed using Curve Expert Professional version 2.7.1 and excel solver software.

Table 1. Mathematical models used to model the drying curves

Model No.	Model name	Model equation	References
1	Lewis	$XR = \exp(-kt)$	Ayansu (1997) [29]
2	Henderson and Pabis	$XR = a \exp(-bt)$	Mahmutoglu et al. (1996)[30]
3	Page	$XR = \exp(-kt^n)$	Basunia and Abe (2001)[31]
4	Modified Page	$XR = \exp[-(kt)^n]$	Togrui and Pehlivan (2002)[32]
5	Logarithmic	$XR = a \exp(-kt) + c$	Yaldiz et al. (2001) [27]
6	Two-term model	$XR = a \exp(-k_0 t) + b \exp(-k_1 t)$	Lahsasni et al. (2004)[33]
7	Two-term exponential	$XR = a \exp(-k_0 t) + (1-a) \exp(-k_0 at)$	Midilli and Kucuk (2003) [34]
8	Verma et al.	$XR = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-gt)$	Doymaz (2005) [35]
9	Approximation of diffusion	$XR = a \exp(-k_0 t) + (1-a) \exp(-k_0 bt)$	Usub et al. (2009)[24]
10	Wang and Singh	$XR = 1 + a.t + b.t^2$	Usub et al. (2009)[24]
11	Midilli	$XR = a.\exp(-k.t^n) + b.t$	Meisami-asl et al. (2009) [36]; Ojediran and Raji (2010)[37]
12	Weibull	$XR = \exp[-(\frac{t}{a})^n]$	Meisami-asl et al. (2009) [36]; Ojediran and Raji (2010)[37]
13	Logit	$XR = a / (1 + a.\exp(k.t))$	Meisami-asl et al. (2009) [36]; Ojediran and Raji (2010)[37]
14	Hii	$XR = a.\exp(-k.t^n) + c.\exp(-g.t^n)$	Saheeda Mujaffar (2020)[38]
15	Weibull distribution	$XR = a - b.\exp(-k.t^n)$	Saheeda Mujaffar (2020) [38]
16	Jena and Das	$XR = a.\exp(-k.t + b.t^{1/2}) + c$	Saheeda Mujaffar (2020) [38]
17	Demir et al.	$XR = a.\exp(-k.t^n) + c$	Saheeda Mujaffar (2020) [38]
18	Alibas	$XR = a.\exp(-k.t^n + b.t) + g$	Saheeda Mujaffar (2020) [38]
19	Logistic	$XR = a_0 / (1 + a.\exp(k.t))$	Saheeda Mujaffar (2020) [38]

2.4.2 DRYING PERFORMANCE

The drying performance of a solar drying system is measured through the efficiency of its solar collector (η_c), and the efficiency of the dryer (η_{dr}). For an indirect solar dryer, the efficiency of the solar air collector is derived from the relation (11) giving the useful power (P_u) supplied by the collector [39]:

$$P_u = \dot{m}_a C_a (T_{fs} - T_{fe}) = \eta_c \times A \times E \quad (11)$$

Then we obtain:

$$\eta_c = \frac{\dot{m}_a C_a (T_{fs} - T_{fe})}{A_p \times E} \quad (12)$$

The drying efficiency gives the overall efficiency of a drying system. The drying efficiency of a forced convection solar dryer is determined from the relation (13) by considering the energy consumed by the fan [24]:

$$\eta_{dr} = \frac{m_{eau} \times L_v}{E \times \Delta t \times A_p + E_f} \quad (13)$$

$$\text{With } L_v = 2.5018.10^3 - 2,378 \times T_{sh} \quad [40] \quad (14)$$

From relations 12 and 13, we define the instantaneous sensor $\eta_c(t)$ and drying efficiencies $\eta_{dr}(t)$:

$$\eta_c(t) = \frac{\dot{m}_a C_a (T_{fs} - T_{fe})}{A_p \times E(t)} \quad (15)$$

$$\eta_{dr}(t) = \frac{[m_{eau}(t) - m_{eau}(t + \Delta t)] \times L_v}{|E(t + \Delta t) - E(t)| \times \Delta t \times A_p + E_v} \quad (16)$$

With P_u : useful power (W); $\dot{m}_a$: mass flow rate (kg/s); C_a : heat capacity of the air ($J.kg^{-1}.^\circ C^{-1}$); T_{fo} : air temperature at the outlet of the collector ($^\circ C$); T_{fe} : air temperature at the inlet of the collector ($^\circ C$); A : surface area of the glass (m^2); E : illuminance (W/m^2); L_v : latent heat of vaporization of water (J/kg); E_v : energy developed by the fan (J).

With $A_c = 1.54 \text{ m}^2$; $\dot{m}_a = 0.06 \text{ kg/s}$; $C_a = 1005 \text{ J.kg}^{-1}.^\circ C^{-1}$.

3 UNCERTAINTIES ANALYSIS

Uncertainty analysis focuses on the measured and calculated parameters.

3.1 UNCERTAINTIES ON MEASURED PARAMETERS

The measured parameters are temperatures. To determine the uncertainties and errors in the temperature measurements, one uses a digital thermometer as described in the previous section. One then proceeds to a series of several measurements using each of the 16 probes and the digital thermometer under the same experimental conditions to determine statistically representative uncertainties that can be calculated. One determines then the relative uncertainty by taking the differences between the measurement obtained by the digital thermometer and that of the probe. This difference is then reported to the digital one. An average of the relative uncertainties is finally made according to the formula:

$$\left(\frac{\Delta T}{T_{dT}}\right) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_{dT} - T_{PT}}{T_{dT}}\right) \quad (17)$$

This average gives a relative uncertainty of $\pm 2\%$ for the temperatures measured by the probes.

3.2 UNCERTAINTIES ON CALCULATED PARAMETERS

The error of the experimental results on the basis of the uncertainties in the primary measurements is performed using the Kline and Mc Clintock relationship [41] as reported by Jia et al. [42]

$$\Delta y = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 (\Delta x_1)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 (\Delta x_2)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)^2 (\Delta x_n)^2 \right]^{0.5} \quad (18)$$

where f is the given function of the independent variables, x is one of the variables of the function and Δx is the absolute error associated with the variable. The relative error is shown as:

$$\frac{\Delta y}{y} = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 \left(\frac{\Delta x_1}{y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 \left(\frac{\Delta x_2}{y}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)^2 \left(\frac{\Delta x_n}{y}\right)^2 \right]^{0.5} \quad (19)$$

The calculated parameters are the temperatures calculated by the model and the mass flow rate and efficiency calculated from the measured parameters. The calculated temperatures by the model are obtained from the heat fluxes and ambient temperature measured by taking into account the uncertainties in the measurements of these two parameters. The analysis of the results indicates an overall accuracy of about $\pm 2\%$. By the same method, one determines, according to the temperatures, the overall accuracy of the solar collector efficiency as $\pm 0.4\%$ and $\pm 1.1\%$ for the drying efficiency.

4 RESULTS AND DISCUSSIONS

The cassava drying operation took place during the rainy season from Tuesday 24 August 2021 at 07:40 to Friday 27 August 2021 at 22:40, at the site of the Institut National Félix Houphouët Boigny in Yamoussoukro, located between $6^{\circ}15'$ and $7^{\circ}35'$ north latitude and between $4^{\circ}40'$ and $5^{\circ}40'$ west longitude.

The parameters measured during this drying operation were the temperatures at the level of the stones, the glass, the ambient air, the air at the entry and exit of the stocker and the mass of the cassava slices. The measurement of these parameters allowed the drawing of the curves represented in figures 8 to 15.

Figures 8, 9, 10 and 11 show the evolution as a function of time of the illuminance, the ambient temperature, the air temperature at the exit of the sensor and the average temperature of the stones respectively for the days of Tuesday 24, Wednesday 25, Thursday 26 and Friday 27 August 2021. Figures 12 and 15 show the time-dependent evolution of water content and reduced water content of cassava, respectively. All these curves are for the period from Tuesday 24 at 07H40 to Friday 27 August 2021 at 22H40, characterized by a total irradiation of 5750 Wh/m^2 .

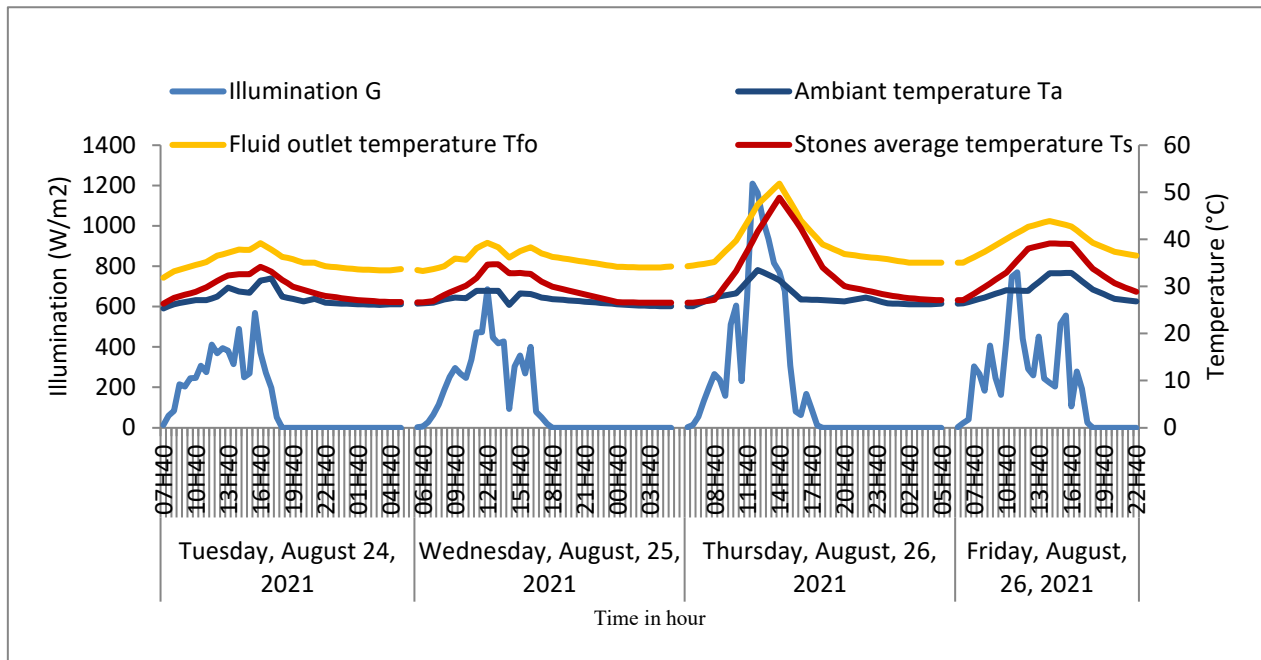


Fig. 8. Evolution of the solar radiation, the ambient temperature, the outlet air temperature and the average temperature of the stones according to the time from Tuesday 24 to Friday 27 August 2021

Analysis of the Figure 8 indicates that the maximum value attained by the solar radiation over the entire drying period is 1163 W/m^2 on Thursday, August 26 at 12:40 PM, with an average value of 313.41 W/m^2 . The maximum value reached by the ambient temperature is 31.32°C on Friday, August 27, 2021 at 16H40 with an average value of 27.9°C . It should be noted that the total solar radiation received by the collector for the days of Tuesday, Wednesday, Thursday and Friday are respectively 964 Wh/m^2 , 1140 Wh/m^2 , 1797 Wh/m^2 and 1849 Wh/m^2 . These average values of the solar radiation and ambient temperature, added to that of total solar radiation over the entire drying period are consistent with the cloudy weather observed during this period. It should be noted that from the first day of the drying process, it started to rain. Indeed, this day of August 24, 2021 is characterized by an average ambient temperature of 27.89°C and an average irradiance of 290.22 W/m^2 .

These figures also reveal that the air temperature at the outlet of the storage unit is largely above the ambient temperature throughout the drying process with an average difference of about 9°C . And this even in periods of no sunlight. This is due to the ability of the stones to store heat. This difference gives a good indication of the thermal efficiency of the storage unit. Nwofe [1] has reported a maximum temperature difference of about 13°C between the air temperature at the outlet of the solar collector and the ambient temperature. This was done in a comparative study of the drying efficiency of cassava and plantain.

The curve observed in Figure 9 shows that the water content that was initially $160 \text{ (g water)/(100 g dry basis)}$ at 07H40 on day one increased to $13.32 \text{ g water/100 g dry matter}$ on day four at 22H40. However, it should be noted that the recommended water content to consider cassava dry is around $14 \text{ g water/g dry basis}$ [43].

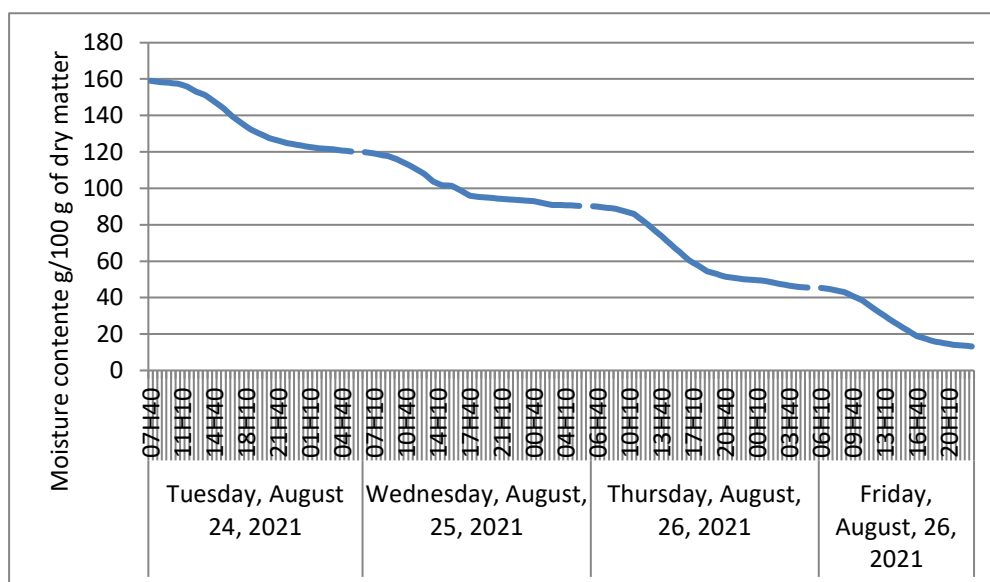


Fig. 9. Evolution of the water content of cassava according to the time from Tuesday, August 24 to Friday, August 27, 2021

This drying time is better than that obtained by Nwofe [1], who in his work on the comparative study of the drying efficiency of cassava and plantain, obtained a drying time of 18 days. Olufayo and Ogunkunle [44] reported a drying time of 16 days with a final moisture content of 15.2 g water/g wet basis. This improvement in drying time can be explained by the fact that the stones used as storage material allow continuous drying of cassava.

Figures 10 and 11 show the time-dependent curves of the solar collector and drying efficiency, respectively. These curves were obtained from relationships (15) and (16).

These curves show that the efficiency of the collector varies between 21.2% and 95.7% with an average value of 56.64% and the drying efficiency varies between 4.01% and 83.69%, with an average value of 24.39%.

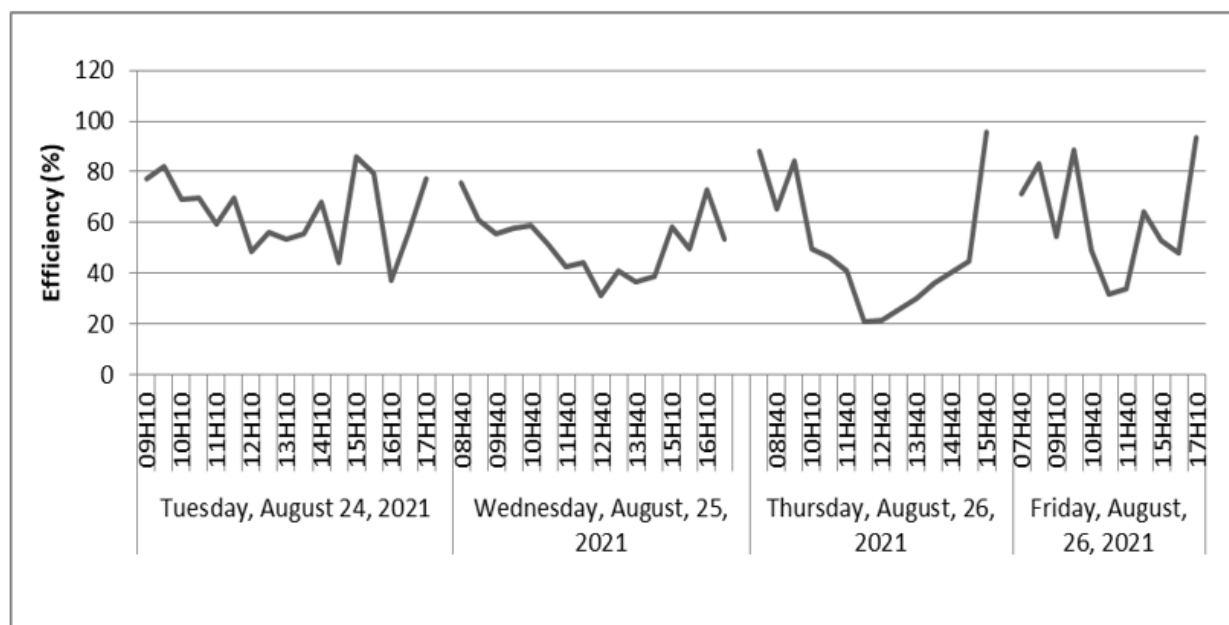


Fig. 10. Evolution of the solar collector efficiency according to the time from Tuesday 24 to Friday 27 August 2021

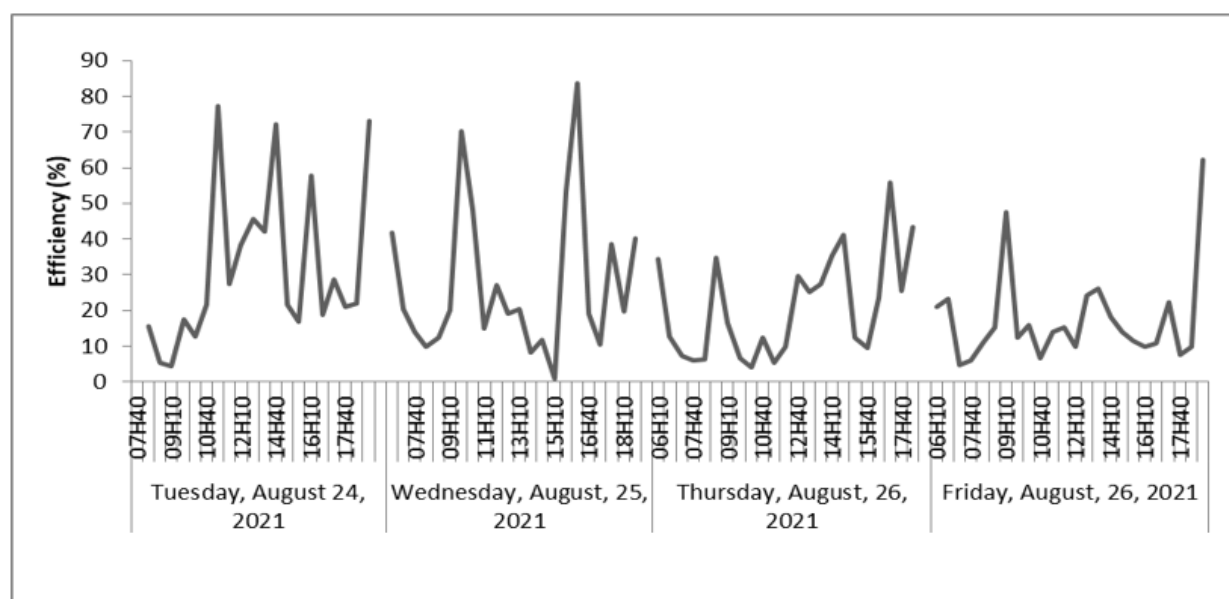


Fig. 11. Evolution of the solar collector efficiency according to the time from Tuesday 24 to Friday 27 August 2021

These values are acceptable or even better than those found in the literature. Indeed, Mohanraj and Chandrasekar [20], analyzed the performance of an indirect solar dryer operating in forced convection to dry copra in India. This solar dryer included a heat storage unit, with sand as the sensible heat storage material. The drying efficiency of this dryer was 24%. Potdukhe and Yhombre [45] conducted a study on an indirect solar dryer with a heat storage system placed under the absorber to improve the drying time for chilli. The drying efficiency was between 8.35 and 21%. Chaouch et al. [46] designed, constructed and analyzed an indirect solar dryer using stones as storage material. This dryer was used for drying camel meat. The drying efficiency was estimated to be 18.34% in July and 15.52% in November. Shanmugam and Natarajan [47] constructed and tested an indirect solar dryer with a heat storage unit using a desiccant as storage material, placed on top of the dryer. The performance of this dryer was studied by drying pineapple. They found a drying efficiency between 20 and 60%. Vlachos et al. [48] used 125 liters of water for heat storage, kept in sealed metal boxes and placed under the drying chamber. The drying efficiency of their system is estimated at 45%. El-Sebaai et al. [49] designed and experimented with a double-glazed air-source solar collector with a storage unit using a gravel bed as storage material. They obtained collector efficiency 22-27% higher than a solar collector without storage unit. Vijayan et al. [50], designed an indirect solar dryer with a heat storage unit, installed under an absorber plate, with forced convection, for drying okra slices. Their study focused on the effect of the storage system and the air mass flow rate on the system performance. They obtained an average drying efficiency of 19% and 22% for the collector.

In Figure 12, we observe a decay of the reduced water content with time. The results of the agreement of the evolution of the reduced water content with time with the mathematical models are presented in Table 2. For all the selected models we obtain an $R^2 \geq 0,934$. The Logarithmic, Wangh and Singh, Midilli, Weibull distribution, Jenas and Jas, Demir et al. and Alibas models give an $R^2 \geq 0.986$. The model with better agreement with the experimental results is the Weibull distribution with an $R^2 = 0.9882$, a $\chi^2 = 0.000896522$, and an $RMSE = 0.028789921$.

Table 2. Results of drying mathematical modelling

Mathematical models	Model constants	R^2	χ^2	RMSE
Lewis	$k = 0,016163197510514$	0,934033845	0,004744368	0,068226472
Henderson and Pabis	$a = 1,06650702327072$ $b = 0,0177749055075141$	0,944886759	0,004041535	0,062362039
Page	$k = 0,00402491892911302$ $n = 1,35836559741309$	0,96576662	0,002510384	0,049149287
Modified Page	$k = 0,01599999998$ $n = 1$	0,933902102	0,004847056	0,068294567
Logarithmic	$a = 43,6837022331795$ $k = 0,000235725074964372$ $c = -42,7001874612136$	0,985945256	0,001051268	0,031492258
Two-term model	$a = 0,548964797502381$ $k_0 = 0,017775044$ $b = 0,517545087283951$ $k_1 = 0,0177749471674923$	0,944886759	0,004206495	0,062362039
Two-term exponential	$a = 1,84260768298822$ $k_0 = 0,0251832902561573$	0,963691044	0,002662589	0,050617328
Verma et al.	$a = 22,119545364913$ $k = 0,0320564407242344$ $g = 0,0332179546625558$	0,965328644	0,002593351	0,049462692
Approximation of diffusion	$a = 1$ $k_0 = 0,016163188516917$ $b = 1$	0,934033845	0,004934143	0,068226472
Wangh and Singh	$a = -0,0108319408435193$ $b = 0,00000481826014742986$	0,984901653	0,001107184	0,032640517
Midilli	$a = 1,00274901250428$ $k = 0,0154783799214545$ $n = 0,171711713293958$ $b = -0,0100319653516805$	0,986186519	0,001054308	0,03122079
Weibull *	$a = 57,98606004513066$ $n = 1,358376416143081$	0,965766620	0,005208613	0,07079592
Logit	$a = 2,64010376576307 \cdot 10^8$ $k = 0,0161631974419034$	0,934033844	0,004837395	0,068226473
Hii	$a = 0,463514398454454$ $k = 0,001086972811156$ $n = 1,65922747098345$ $c = 0,465530676121883$ $g = 0,00108698484724706$	0,972191371	0,0021667	0,044297797
Weibull distribution	$a = 1,32832254358528$ $b = 0,311914721112263$ $k = -0,0957782875682518$ $n = 0,599128356908698$	0,98825383	0,000896522	0,028789921
Jenas and Jas	$a = 41,0762571951307$ $k = 0,000244987406491206$ $b = -0,0000671884317627618$ $c = -40,0860798036555$	0,985965311	0,001071192	0,031469782
Demir et al.	$a = 37,8885348523676$ $k = 0,000248903360957899$ $n = 1,0194250684035$ $c = -36,9101637666717$	0,985965146	0,001071204	0,031469967
Alibas	$a = 41,1182932646483$ $k = 0,00709215104559641$ $n = 1,00057952571055$ $b = 0,00686051507919621$ $g = -40,01393080034813$	0,9859689	0,001093229	0,031465757
Logistic	$a_0 = 1,12856899297442$ $a = 0,189787154654191$ $k = 0,0407237983998204$	0,976181512	0,00185581	0,040996749

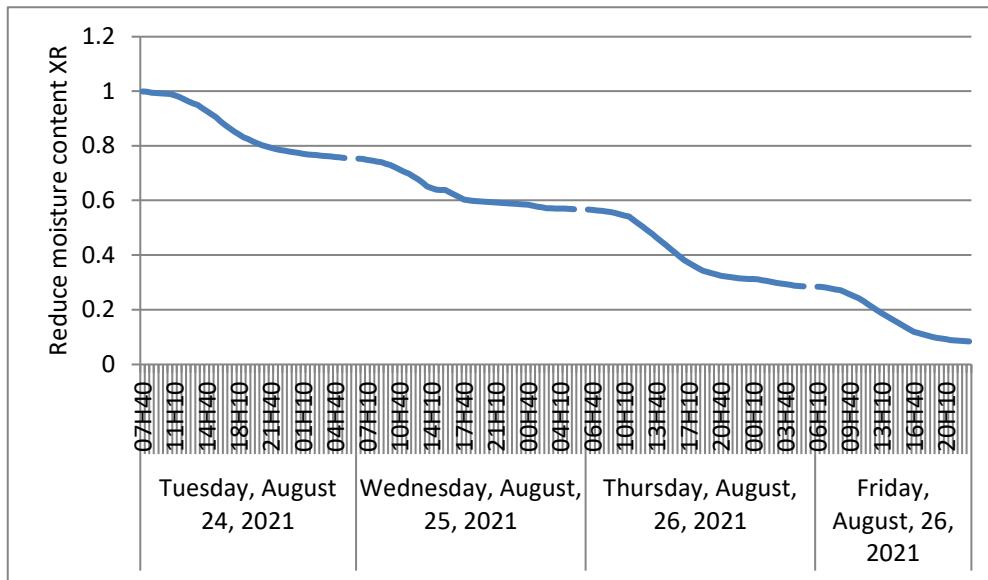


Fig. 12. Evolution of the reduce moisturer content of cassava according to the time from Tuesday, August 24 to Friday, August 27, 2021

The equation giving the evolution of the reduced water content with the Weibull distribution model is given by the following relation:

$$XR = 1,328 - 0,312 \cdot \exp(0,096 \cdot t^{0,599}) \quad (20)$$

In order to confirm the good agreement obtained with the Weibull distribution model, the theoretical and experimental values of the reduced water content are compared (Figure 13). The plot of the theoretical reduced water content versus the experimental reduced water content gives us a straight line with a directing coefficient of 0.998, very close to the value 1. This confirms the good agreement of the Weibull distribution model with the experimental values of reduced water content.

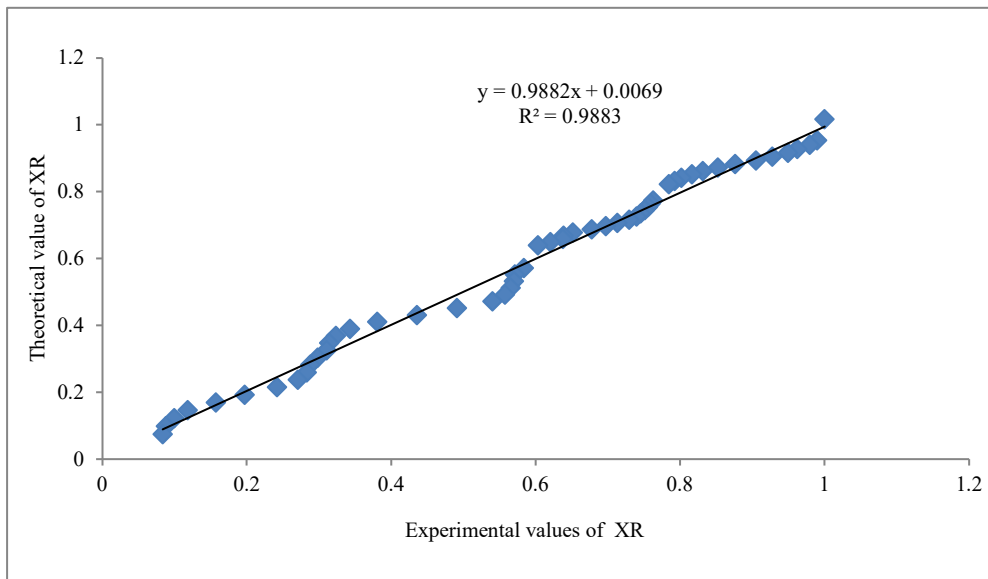


Fig. 13. Plot of theoretical reduced water content versus experimental water content from Tuesday, August 24 to Friday, August 27, 2021

5 CONCLUSION

An indirect solar dryer with a heat storage system was designed and used to dry cassava in cloudy weather. The study focused on the evolution of the temperature of the heat transfer fluid at the outlet of the storage system, the water content and the drying rate as a function of time. These results showed that although the drying temperature was below the recommended temperature for drying cassava due to climatic conditions, the water content of cassava could be reduced to 13.32 g H₂O/100 g dry matter (i.e. 11.75 g H₂O/100 g wet matter) after

3 days and 15 hr of drying, with a drying efficiency and solar collector efficiency of 24.39% and 56.64% respectively. The Weibull distribution model is the one that best agrees with the experimental results with a value of R^2 , the highest and values of χ^2 and RMSE, the lowest.

REFERENCES

- [1] P.A. Nwofe. Comparative Studies of the Drying Efficiency of Cassava and Plantain Chips Using a Solar Dryer. *International Journal of Advanced Research* (2015), Volume 3, Issue 3, 914-920.
- [2] A. F. Alonge and N. I. Jackson. Development of an indirect forced convection solar dryer for cassava chips. *Journal of Agricultural Engineering and Technology (JAET)*, Volume 22 (No.4) December, 2014.
- [3] V.C.K Silayo, E.L. Lazaro1, Y. Yustas and H.S. Laswai. Cassava Sun Drying Performance on Various Surfaces and Drying Bed Depths. *Tanzania Journal of Agricultural Sciences* (2013) Vol. 12 No. 1, 31-36.
- [4] Esper. A., and Mühlbauer. W. (1998). Solar drying- An effective means of food production. *Renewable Energy*. 15. 95-100.
- [5] N'Zué Boni, Zohouri Goli Pierre, Djédji Catherine, Tahouo Odile. *Bien cultiver le manioc en Côte d'Ivoire*. Centre national de recherche agronomique CNRA, version revue et corrigée 2013.
- [6] S.T.A.R. Kajuna, V.C.K. Silayo, A. Mkenda, P.J.J. Makungu. Thin-layer drying of diced cassava roots. *African Journal of Science and Technology* 2 no.2, (2001) 94-100.
- [7] M.A. Usman, P.Y. Idakkwo. Size Reduction of cassava chips and the drying rate. *Journal of Research in National Development* 9 no.1, (2011) 79-87.
- [8] A.S. Ajala, F.A. Ajala, J.O. Oyedele. Drying characteristics and mathematical modelling of cassava chips. *American Journal of Engineering Research (AJER)* 4 no. 5, (2012) 45-49.
- [9] P. Pornpraipech, M. Khusakul, R. Singklin, P. Sarabhorn, C. Areeprasert. Effect of temperature and shape on drying performance of cassava chips. *Agriculture and Natural Resources* 51 no. 5, (2017) 402- 409.
- [10] D.L.S. Tan, J.H. Perez, L.M. Diamante. Thin-layer drying of cassava chips and grates. *Acta Horticulturae* 703 (2006), 233-240.
- [11] F.T. Ademiluyi, K. Oduola, J. Eke, J. Eke-Ejiofor. Mathematical modeling of drying different cassava chips in thin layers. *Journal of the Nigerian Society of Chemical Engineers* 22 (2007) 149-157.
- [12] Saheeda Mujaffar and Amanda Lalla. DRYING BEHAVIOUR OF CASSAVA (*Manihot esculenta*) CHIPS. The International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology (IconETech-2020) Faculty of Engineering, The UWI, St. Augustine | June 1st – 5th, 2020.
- [13] Ogheneruona D. and Jusuf M. 2011. Design and Fabrication of a Direct Natural Convection Solar Dryer for Tapioca. http://lejp.academicdirect.org/A18/095_104.html. Accessed 03/03/2013.
- [14] Dilp Jain. Modeling the performance of the reversed absorber with packed bed thermal storage natural convection solar crop dryer. *Journal of food Engineering* 78 (2007) 637-647.
- [15] S. Aboul-Enein, A.A. El-Sebaii, M.R.I. Ramadan, H.G. El-Gohary. Parametric study of a solar air heater with and without thermal storage for solar drying applications. *Renewable Energy* volume 21, Issues 3-4, 1 November 2000, pages 505- 522.
- [16] Chauhan PM, Choudhury SC, Garg HP. Comparative performance of coriander dryer coupled to solar air heater and solar air-heater-cum-rock bed storage. *Appl Therm Eng* 1996; 475-86.
- [17] Tiwari GN, Bhatia PS, Singh AK, Sutar RF. Design parameters of a shallow bed solar crop dryer with reflector. *Energy Convers Manage* 1994 ;35(6) 542-635.
- [18] Mishra CB, Sharma SP. Performance study of air-heated packed-bed solar storage collectors. *Energy* 1981; 6:153-7.
- [19] Hamdan MA. Investigation of an inexpensive solar collector storage systems. *Energy Convers Manage* 1998 ; 36 :451-20.
- [20] M. Mohanraj and P. Chandrasekar, «Drying of copra in a forced convection solar drier,» *Biosyst. Eng.*, vol. 99, no. 4, pp. 604–607, 2008, doi: 10.1016/j.biosystemseng.2007.12.004.
- [21] Ekoun et al. Expérimental thermal performance study on a thermosiphon solar water heater, with an internal exchanger, in Côte d'Ivoire. *Global Journal of Pure and Applied Sciences*, Vol. 13 No. 4, 2007: 557-561.
- [22] Leon, M.A., Kumar, S. & Bhattacharya, S.C. (2002). A comprehensive procedure for performance evaluation of solar food driers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6, 367–393.
- [23] Fudholi, A., Sopian, K., Yazdi, M.H., Ruslan, M.H., Gabbasa, M & Kazem, H.A. (2014). Performance analysis of solar drying system for red chili, *Solar Energy*, 99, 47–54.
- [24] Usub, T., Lertsatitthakorn, C., Poomsa-ad, N., Wiset, L., Siriamornpun, S., Soponronnarit, S., 2009. Thin layer solar drying characteristics of silkworm pupae. *Food and Bioproducts Processing*, Article in press.
- [25] Mahmutoğlu, T., Emir, F., Saygi, Y.B., 1996. Sun/solar drying of differently treated grapes and storage stability of dried grapes. *Journal of Food Engineering* 29: 289–300.
- [26] Diamante, L.M. and Munro, P.A., 1993. Mathematical modelling of the thin layer solar drying of sweet potato slices. *Solar Energy* 51(4): 271–276.
- [27] Yaldiz, O., Ertekin, C. & Uzun, H. I. (2001). Mathematical modeling of thin layer solar drying of sultana grapes. *Energy*, 26, 457–65.
- [28] Akpınar, E, Midilli, A & Bicer, Y (2003). Single layer drying behaviour of potato slices in a convective cyclone dryer and mathematical modeling. *Energy Conversion and Management*, 44, 1689–1705.
- [29] Ayensu, A., 1997. Dehydration of food crops using a solar dryer with convective heat flow. *Solar Energy*; 59(4–6):121–126.

- [30] Mahmutoglu, T., Emir, F., Saygi, Y.B., 1996. Sun/solar drying of differently treated grapes and storage stability of dried grapes. *Journal of Food Engineering* 29: 289–300.
- [31] Basunia, M.A., Abe, T., 2001. Thin-layer solar drying characteristics of rough rice under natural convection. *Journal of Food Engineering* 47: 295–301.
- [32] Toğrul, D.T., Pehlivan D., 2002. Mathematical modelling of solar drying of apricots in thin layers. *Journal of Food Engineering* 55: 209–216.
- [33] Lahsasni, S., Kouhila, M., Mahrouz, M., Idlimam, A., Jamali, A., 2004. Thin layer convective solar drying and mathematical modeling of prickly pear peel (*Opuntia ficus indica*). *Energy* 29: 211–224.
- [34] Midilli, A., Kucuk, H., (2003). Mathematical Modeling of thin layer drying of pistachio by using solar energy. *Energy Conversion and Management*, 44(7):1111-1122.
- [35] Doymaz, I., 2007. The kinetics of forced convective airdrying of pumpkin slices, *Journal of Food Engineering*, 79: 243–248.
- [36] ; MEISAMI-ASL, E. – RAFIEES, S. – KEYHANI, A. –TABATABAEEFAR, A. 2010. Determination of suitable thin layer drying curve for model for apple slices. In *Plant Omics Journal*, vol. 3, pp. 103–108.
- [37] OJEDIRAN, J.O. – RAJI, A.O. 2010. Thin layer drying of millet and effect of temperature on drying characteristics. In *International Food Research Journal*, vol. 17, pp. 1095–1106.
- [38] Saheeda Mujaffar (2020). DRYING BEHAVIOUR OF CASSAVA (*Manihot esculenta*) CHIPS. The International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology (IConETech-2020) Faculty of Engineering, The UWI, St. Augustine | June 1st – 5th, 2020.
- [39] Abu-Hamdeh, N.H., 2003. Simulation study of solar air heater, *Solar Energy*, 74, 309–317.
- [40] A.O. DISSA, H. DESMORIEUX, J. BATHIEBO AND J. KOULIDIATI . A comparative study of direct and indirect solar drying of mango. *global journal of pure and applied sciences* vol. 17, no.2, 2011: 273-294.
- [41] Kline J, Clintock Mc FA. Describing uncertainties in single sample experiments. *Mech Eng* 1953;1:3–9.
- [42] Jia CX, Dai YJ, Wu JY, Wang RZ. Experimental comparison of two honeycombed desiccant wheels fabricated with silica gel and composite desiccant material. *Energy Convers Manage* 2006;47:2523–34.
- [43] Pechaporn Pornpraipech, Morakot Khusakul, Raksuda Singklin, Prysathryd Sarabhorn, Chinnathan Areeprasert. Effect of temperature and shape on drying performance of cassava chips. *Agriculture and Natural Resources* 51 (2017) 402-409.
- [44] A. A. Olufayo and O. J. Ogunkunle. Natural Drying of Cassava Chips in the Humid Zone of Nigeria. *Bioresource Technology* 58 (1996) 89-91.
- [45] P. A. Potdukhe and S. B. Yhombre, «Development of a new type of solar dryer: Its mathematical modelling and experimental evaluation,» *Int. J. Energy Res.*, vol. 32, no. 4, pp. 765–782, 2008, doi: 10.1002/er.1387.
- [46] W. B. Chaouch, A. Khellaf, A. Mediani, M. E. A. Slimani, A. Loumani, and A. Hamid, «Experimental investigation of an active direct and indirect solar dryer with sensible heat storage for camel meat drying in Saharan environment,» *Sol. Energy*, vol. 174, no. April, pp. 328–341, 2018, doi: 10.1016/j.solener.2018.09.037.
- [47] V. Shanmugam and E. Natarajan, «Experimental study of regenerative desiccant integrated solar dryer with and without reflective mirror,» *Appl. Therm. Eng.*, vol. 27, no. 8–9, pp. 1543–1551, 2007, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2006.09.018.
- [48] N. A. Vlachos, T. D. Karapantsios, A. I. Balouktsis, and D. Chassapis, «Design and testing of a new solar tray dryer,» vol. 20, no. 6, pp. 1243–1271, 2013.
- [49] El-Sebaai AA, Aboul-Enein S, Ramadan MRI, El-Bialy E. Year round performance of double pass solar air heater with packed bed. *Energy Convers Manage*. 2007;48(3):990-1003.
- [50] S. Vijayan, T.V. Arjunan, Anil Kumar. Mathematical modeling and performance analysis of thin layer drying of bitter gourd in sensible storage based indirect solar dryer. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 2016).S1466-8564(16)30101-1.

Contribution of LandSat OLI imagery and field indices to the structural cartography of the aquifer system of black Volta catchment in Côte d'Ivoire

Armél Kouadio KOUAME¹, Marc YOUAN TA^{1,2}, Bertrand HOUNGNIKO AKOKPONHOUE³, and Omer Zéphir De LASME⁴

¹Laboratory of soil, water and geomaterials sciences, Faculty of Earth Sciences and Mining Resources, University Felix Houphouët Boigny of Cocody, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²Research and Application Center for Remote Sensing (CURAT), Faculty of Earth Sciences and Mining Resources, University Felix Houphouët Boigny of Cocody 22 BP 801 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

³Laboratoire d'Hydrologie Appliquée, Institut National de l'Eau (INE), Université d'Abomey-Calavi, 01 BP. 526 Cotonou, Benin

⁴Department of Geosciences, Training and Research Unit, University Péléforo Gon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Fracture aquifers are actual major issue in hydrogeology. They are an essential resource for many populations around the world. The present study focuses on major fractures that control groundwater and surface water flow, and play a key role in the productivity of fractured reservoirs. The use of numerical processing techniques (Selective Principal Component Analysis (SPCA), band ratios) and directional filtering by Sobel and Yésou allowed the identification of major fractures in the Black Volta Basin in Côte d'Ivoire. Validation of the latter was done by several field works (geology, hydrogeology and geomorphology) and a comparative analysis. Three groups of NS, NE-SW and E-W lineament directions were identified from these images. The structural field data generally indicate similar directions. Field data and satellite image processing show that most of these lineaments correspond to either shear faults or veins related to Eburnian and post-Eburnian orogenic events. The comparative analysis carried out revealed concordances with previous studies and automatically detected structures in the same area. The final lineament map generated for the study area will help to identify potential areas for drilling for water supply purposes.

KEYWORDS: Remote sensing, discontinuous aquifers, major fractures, hydrogeology, Black Volta, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

The crystalline and crystallophyllous basement regions are known for their structural complexity. The associated water resources reflect this complexity to a large extent: heterogeneous, difficult to characterize and a priori not predictive [1], 1992; [2]. These reserves are located in deep geological units called fissure aquifers which may however present more interesting hydrodynamic properties than the superficial compartments classically targeted by modern wells and boreholes which are vulnerable to anthropic contamination from the surface. These reservoirs can provide significant flow rates. The mapping of fractures is essential for the supply of drinking water in several regions of the world in general and for many countries in sub-Saharan Africa in particular where these aquifers are the only water resource. This is the case of the Black Volta Basin in Côte d'Ivoire, the subject of this study, whose terrain is occupied mainly by crystalline and crystallophyllous rocks. Such an environment already raises significant concerns about the availability of water resources given its complexity. In addition, during the low water period (decrease in rainfall and high humidity), streams, wells and boreholes dry up. In such a context, the identification of the major fractures is necessary to ensure the sustainability of the inter-seasonal availability of the groundwater resource. This requires an approach that is firstly regional and then local. The method most commonly favored by basement hydrogeologists is lineament analysis [3], [4]. A lineament is defined as any topographic alignment visible on the landscape reflecting a geologic discontinuity. Lineaments can be identified regionally by visual analysis of the landscape on topographic maps, aerial photographs (photogrammetry), and satellite images using remote sensing methods and techniques [5], [3]. They can also be identified by gravity and aeromagnetic geophysical methods [6], [7]. They are subsequently verified locally from geomorphic, geological and geophysical evidence.

A mapping approach following such a process is appropriate for the structural identification of fractured environments and will therefore allow a better knowledge of them for an efficient water management.

2 GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL FRAMEWORK

The study area (Figure 1) is the interface of the Black Volta transboundary basin in Côte d'Ivoire. It is located between latitudes 7°78' and 9°94'N and longitudes 2°49' and 3°35'W and delimits a vast geographical area, located in the northeast of Côte d'Ivoire. Its main river, the Black Volta (Mouhoun) River, originates in the Kong Mountains in the Dindéresso Forest Reserve, southwest of Burkina Faso. It is approximately 1,363 km long, and drains a total area of 12,836 km² in Côte d'Ivoire. The relief is not very rugged. The highest peak, the Bondoukou Massif, reaches an altitude of 725 m. Geologically, the basin is located in the eastern compartment of the Precambrian basement called Baoulé-Mossi (Figure 1) of Paleo-Proterozoic age and structured by the Eburnian megacycle (2400-1600 Ma). The eastern zone is covered by a complex set of geological formations classified according to age and unevenly distributed in two domains: the Quaternary domain (Holocene) and the Birimian domain (Figure 1).

From a hydrogeological point of view, the conceptual model accepted in the basement zone [8] is the presence of a superficial film (alterites), capacitive, fed by the surface, followed by a fissured horizon (intermediate decompressed zone), with very high permeability forming the second aquifer level [9]. The third aquifer level is located in the sound bedrock affected by tectonic fractures (faults). Levels 2 and 3 constitute the semi-captive part of this multilayered aquifer hosting a single water table [10].

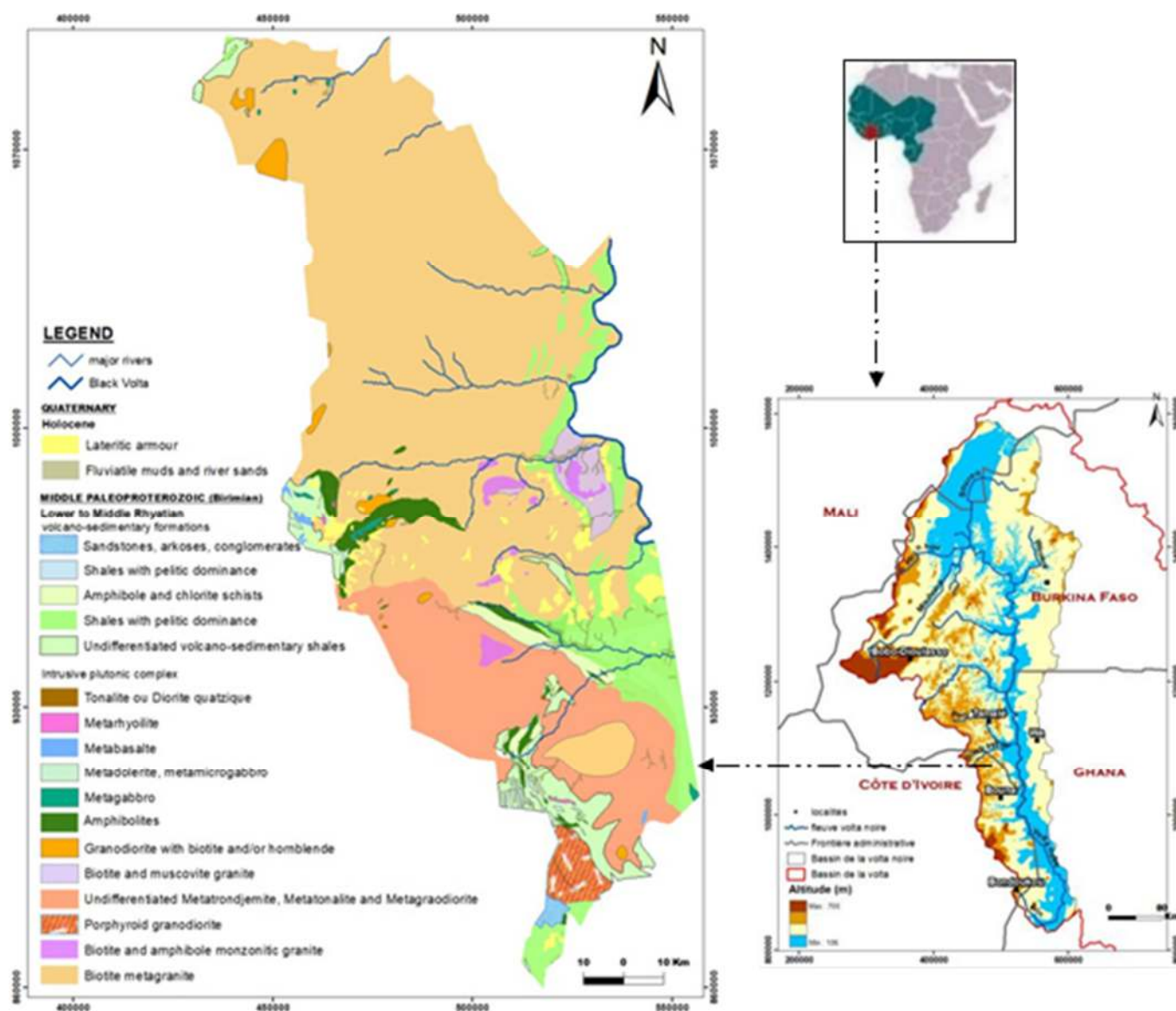


Fig. 1. Geological map of the studied area

3 MATERIALS AND METHODS

3.1 STUDY MATERIALS

A material composed essentially of satellite data, cartographic data and small field equipment was necessary to obtain the different results. The satellite data concern four (4) scenes from the LandSat OLI sensor downloaded free of charge from the United States Geological Survey (USGS) website <http://earthexplorer.usgs.gov/>, path and row (195-054; 196-054; 196-053; 195-055).

The cartographic data used in this study come from the archives of the "Direction de la Cartographie et de la Prospection Géologique (DCPG)" of the Ministry of Mines, Petroleum and Energy of Côte d'Ivoire. These are geological and topographical maps at 1: 200,000 scale of the square degrees of Tehini-Bouna; Bondoukou; Nassian; Agnibilékro/Kouamé-Dari. A GPS and a compass were also used to take the coordinates and directions of the field indices.

3.2 METHODS FOR DIGITAL PROCESSING OF SATELLITE IMAGES

Different techniques were applied to the raw satellite images before processing in order to facilitate their interpretation. A mosaic was made from four scenes of the LandSat OLI sensor. The radiometric and atmospheric correction was performed to increase the quality of the data by correcting some variations in the distribution of these caused by atmospheric and radiometric noise. Also, a harmonization of histograms by the method of equalization of histograms has helped to improve the apparent contrast on the mosaic of scenes. Most of these operations were performed on a database comprising seven bands selected among the nine bands captured by OLI (OLI2, OLI3, OLI4, OLI5, OLI6, OLI7 and OLI8 resampled at 30 m resolution).

The methods used for digital processing in this study are: selective principal component analysis (SPCA), band ratios and moving window filtering techniques. SPCA was used to generate new component images that are in linear combination with the original images. This method enhanced the quality of the multispectral images by eliminating the redundancy of data contained in the different channels. Other structural information contained in the image could be enhanced through band ratios that aim either to reduce the sum of information or to highlight particular themes in the images. The band ratios performed are: OLI5/OLI7 ratios (attenuation of shading effects); $(OLI4 - OLI3) / (OLI4 + OLI3)$ (the IC clarity index, for highlighting bare soil); $(OLI5 - OLI4) / (OLI5 + OLI4)$ (NDVI vegetation index); $(OLI7 - OLI8) / (OLI7 + OLI8)$, (enhancement of regional lineaments); $OLI7 / OLI5$ (enhancement of lineaments attached to the hydrographic network). The moving window filtering technique was applied to the generated neo - channels to enhance image discontinuities using gradient [11] and directional Sobel 7×7 filters computed by assigning higher weights to the convolution matrix. The matrices are presented elsewhere [12].

3.2.1 EXTRACTION OF LINEAMENTS

The extraction of lineaments was done following a double approach: manual and automatic. First, it was done manually by visual analysis of the enhanced and/or filtered images and resulted in the location of the lineaments on the same geo-referenced data layer for each of the images (Figure 2). In order to account for the reliability and objectivity of this manual approach, the lineaments are automatically extracted for a comparative analysis. This was done using the panchromatic OLI8 image because it contains the bulk of the information to detect the maximum number of lineaments [13]. According to [14], the OLI8 band is more efficient for extracting some geo-structural features given its 15*15 meter resolution. The extraction process was performed using LINE (LINéaments Extraction) of PCI Geomatica 9.1 software. The parameters used for the automatic extraction of lineaments were determined after several simulations based on the values proposed in the literature (Table 1).

It should be noted that a control phase of the lineaments was carried out during and after the extraction. It consisted, as far as the manual extraction is concerned, in displaying on the monitor the artificial or anthropic linear structures (railroads, roads, tracks, telephone lines, boundaries of plantations, parks, etc.) previously vectored to avoid them and to eliminate these structures on the map obtained by automatic extraction after a simple overlay in a geographic information system of work with spatial reference.

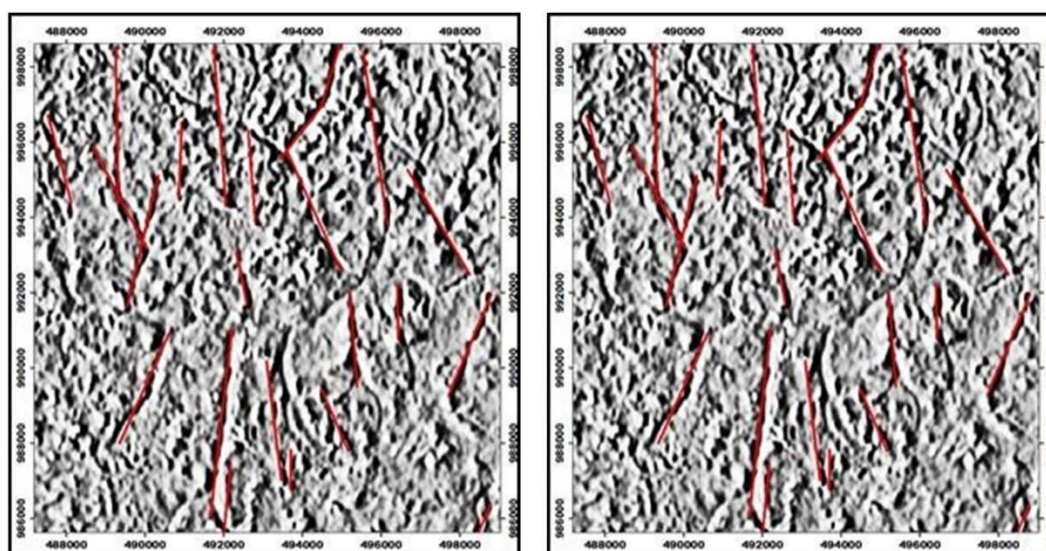


Fig. 2. Identification of lineaments on filtered images (a) filter of Sobel E-O (b); filter of Yésou.

Table 1. Parameters' values of LINE's module of PCI Geomatica

	RADI (pixel)	GTHR (pixel)	LTHR (pixel)	FTHR (pixel)	ATHR (angle)	DTHR (pixel)
LINE- PCI (par défaut)	10	100	30	03	30	20
Bishta et al. (2010)	50	30	100	03	30	70
Hubbard et al. (2012)	24	94	50	07	40	30
Abdulah et al. (2013)	12	80	30	10	30	15
Kocal et al. (2007)	12	25-60	20-30	10	20	1
Adon et al. (2014)	20	90	50	10	15	100
Golmehar (2012)	11	25	90	1	15	200
Used Parameters	24	40	50	05	20	120

3.2.2 FIELD INDICES AND LINEAMENT VALIDATION

The validation phase of the extracted lineaments is essential to judge the relevance of the method used [15], [16]. Indeed, satellite image processing regularly faces the problem of the reliability of the results they propose and their validation [16], [17], [18], [19], [20], [21]. This supports the obligation to proceed with the control and validation of all results from lineament mapping via the field reality. This approach consists of superimposing image data on observations collected in the field of several indices such as: lineament-vegetation alignment; lineament-wetland; lineaments-alignment of termite mounds; watercourses and observations of fractures on outcrops. The direction, position and in some cases the length and opening of fractures are measured.

Several lineaments of regional extension and particular structures discriminated on satellite images were verified and validated during a field mission. Two (02) statistical tests of validation were carried out in order to verify that the lineaments extracted from the satellite images have a structural reality and an appreciable statistical representation.

For the first validation test, the structures identified from the OLI images were frequency analyzed and the main directions were compared to field measurements and other references such as: (i) results of previous work in the study area, (ii) main directions of the hydrographic network, and (iii) orientations of lineaments from the automatic extraction approach which adds to the validation of the manually established reference map.

In the second test, the positioning of the identified structures in relation to the visited and active boreholes in the area was verified to confirm the correspondence of some identified lineaments to hydraulically active fractures exploited for water supply in the area.

4 RESULTS AND INTERPRETATION

4.1 STRUCTURAL MAPPING

The different techniques of pre-processing and digital processing of satellite images (moving window filtering) have improved the contrast on the images and thus contributed to enhance many image discontinuities. Figures 3 and 4 show the lineaments mapped from the manual and automatic extraction methods. Tables 2 and 3 highlight the basic statistical parameters of the lineament lengths. Analysis of these tables indicates that the automatic extraction provided approximately 20 times more lineaments than the manual extraction method. However, we note a substantially close average across the two lineament supports. The distribution around the mean (standard deviation) two charts is in the same order of magnitude. The lineaments identified on the 2 supports present very high coefficients of variation of the order of 200% highlighting not only the heterogeneity of the environment studied but also the similarity of the lengths despite the difference in size.

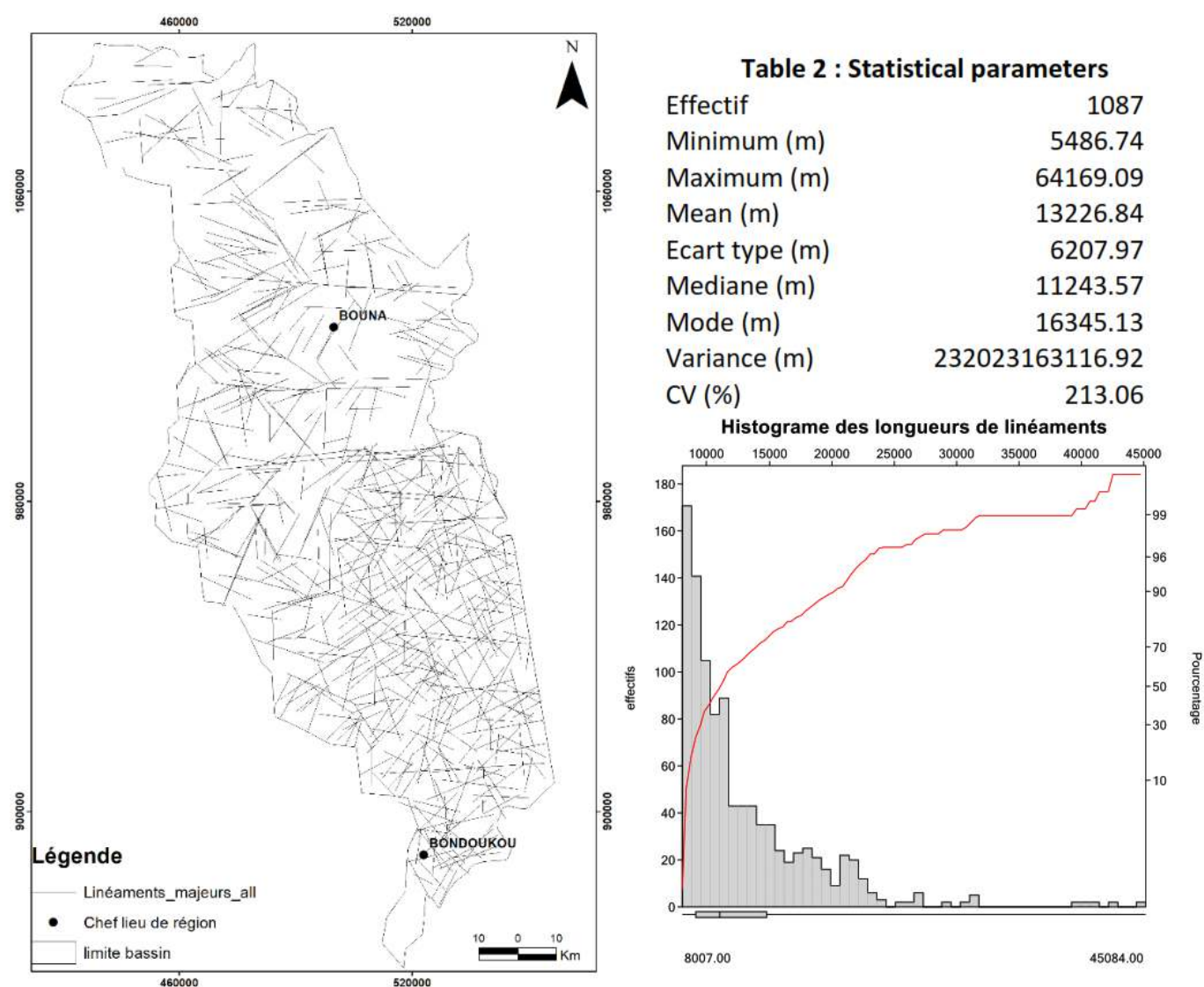


Fig. 3. Manually extracted lineament map and basic statistical parameters

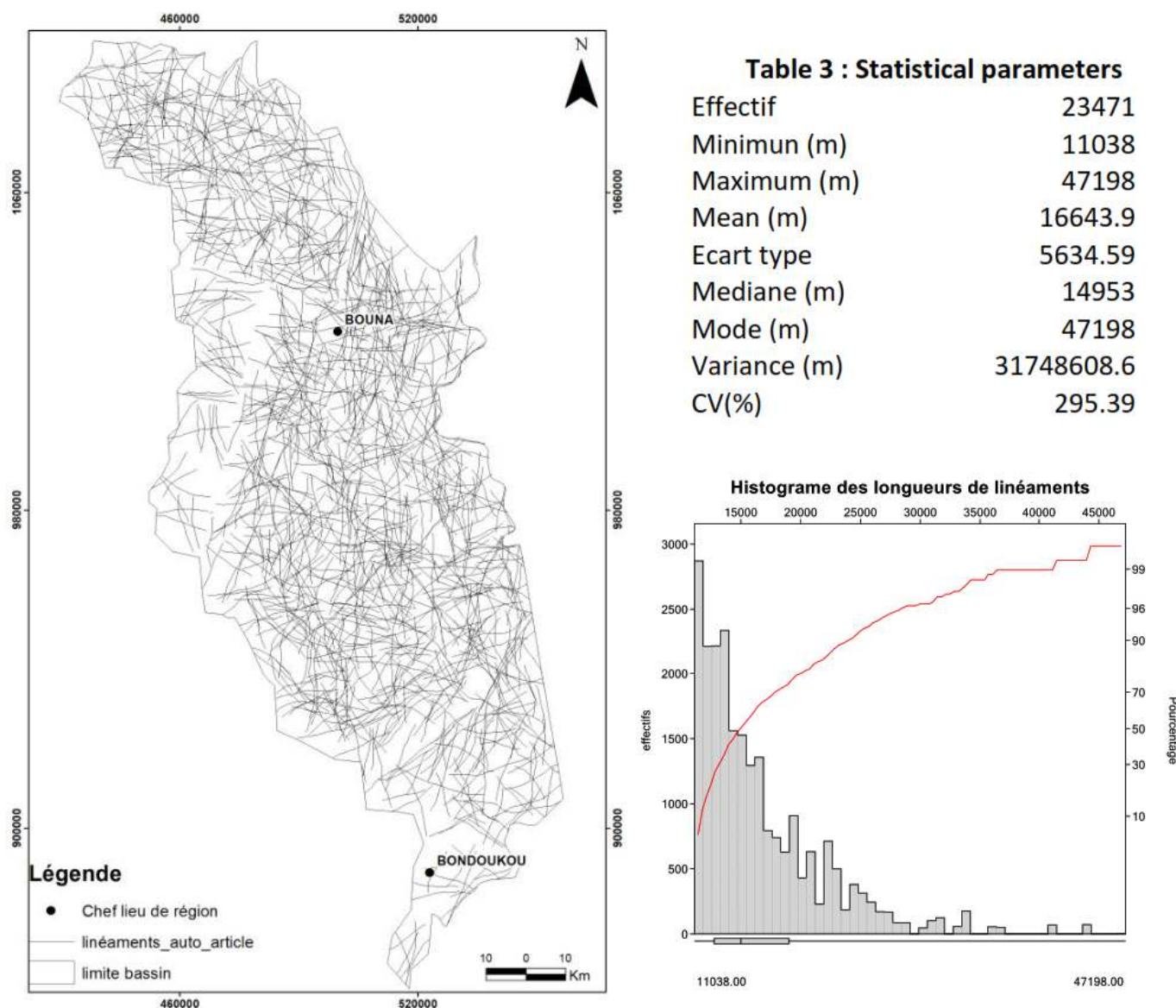


Fig. 4. Automatically extracted lineament map and basic statistical parameters

4.2 VALIDATION OF LINEAMENTS

4.2.1 FIELD TRUTH

The lineaments of regional extension and the particular structures discriminated on the OLI satellite images were verified and validated during a field mission (figure 5). Several types of lineaments were identified: Type A lineaments (plant aliases) represent more than 52% of the lineaments identified in the study area. One distinguishes, endemic plant species namely: *Panicum pharagmi-toides*, *Adansonia digitata*, *Isoblerlina doka*, *Uapaca somon*, *Vitellaria paradoxa*, *Ano-gerssus leiocarpar* and *Macaranga heudelotii*, *cyrtosperma senegalense*. We can also distinguish the termite mounds in chimneys or epigees (*Macrotermes bellicosus*, *Ma-crotermes subhalinus*) which underline the fracturing by quite remarkable alignments. Type B lineaments (geological formations) represent only 11% of validated lineaments. They are found in granitic plutons and meta- morphic rocks that outcrop. Type C lineaments (watercourses and wetlands) represent nearly 37% of the lineaments identified in the study area from the field surveys.

The various field investigations confirm that the lineaments extracted from the satellite images have a structural reality, which reinforces the credibility and validity of the lineaments as a tectonic indicator Directional distribution.

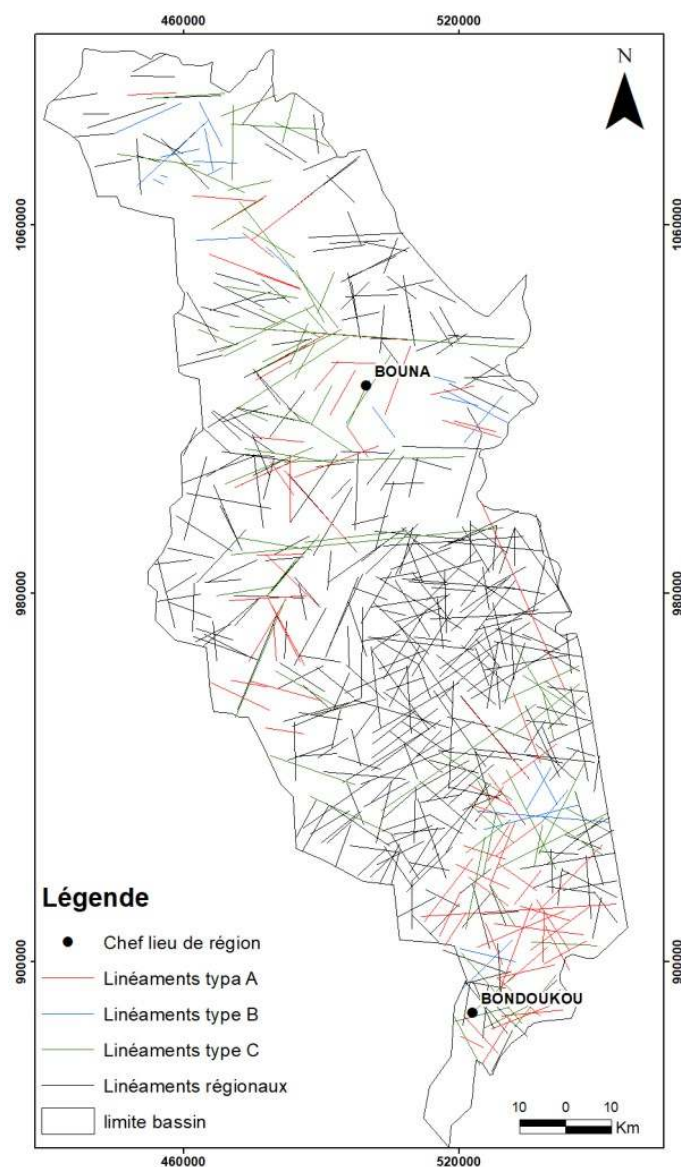


Fig. 5. Map of validated lineaments in the Black Volta basin.

4.2.2 DIRECTIONAL DISTRIBUTION

The directional rosette of lineaments (Figure 6a) shows a homogeneous pattern of orientations throughout. However, three preferential directional families emerge from the ensemble with frequencies that oscillate between 4 and 20%. These are the E-W (N70-80°), N-S (N0-10°; N160-170°) and NE-SW (N40-50°) directions. The comparative statistical analysis of the directional distribution of the lineaments manually extracted from the OLI satellite images showed correlations with several other supports (Figure 6). Indeed, the same directions are found at higher frequencies at the rosette level of the fractures identified in the field (Figure 6b), i.e. 9-10%: N-S (N0-10°; N170-180°) and E-W (N80-90°; N90-100°). These directional families are probably related to the accidents that influenced the layout of the hydrographic network in this area, as shown in Figure 6c, which shows a predominance of the same directional families. The rosette of lineaments from the automatic detection method (Figure 6d) shows at frequencies higher than 6%, the E-W (N70-80°) and NE-SW (N30-40°) directions that are also found on the manual reference map. These results show the main directions of fractures identified throughout the Ivorian territory by Tagini in 1971 (Figure 6). Locally, the work of [19] in the department of Bondoukou located in the south of the basin, has highlighted the NE-SW and NW-SE directions as the majority directions. Note that the NW-SE directional family is in the minority on the reference map. This would show that they are mainly expressed by the small fractures not considered in this study, i.e. less than 10 m.

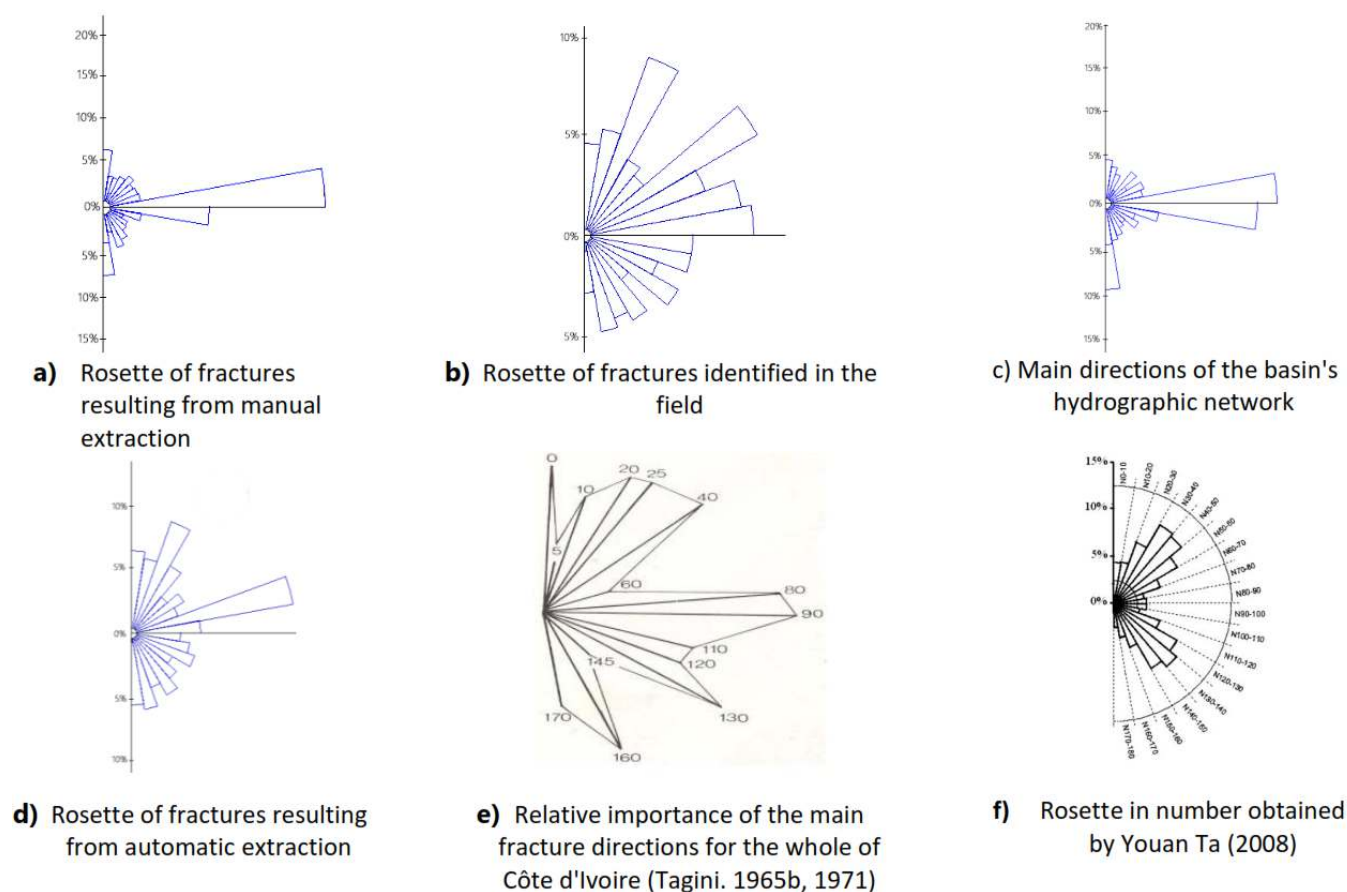


Fig. 6. Rosette showing the directional distribution of fractures

4.2.3 POSITIONING OF DRILLINGS

The positioning of visited and unvisited boreholes in the basin (Figure 7) on the global fracturing map validated a number of fractures. It appears from this analysis that they are either superimposed on fractures, on fracture nodes or in the vicinity of fractures in an interval of at least 50 m. This result validates the established fracturing and the structural reality of the lineaments found on the satellite images, thus confirming the effectiveness of the performed specific treatments.

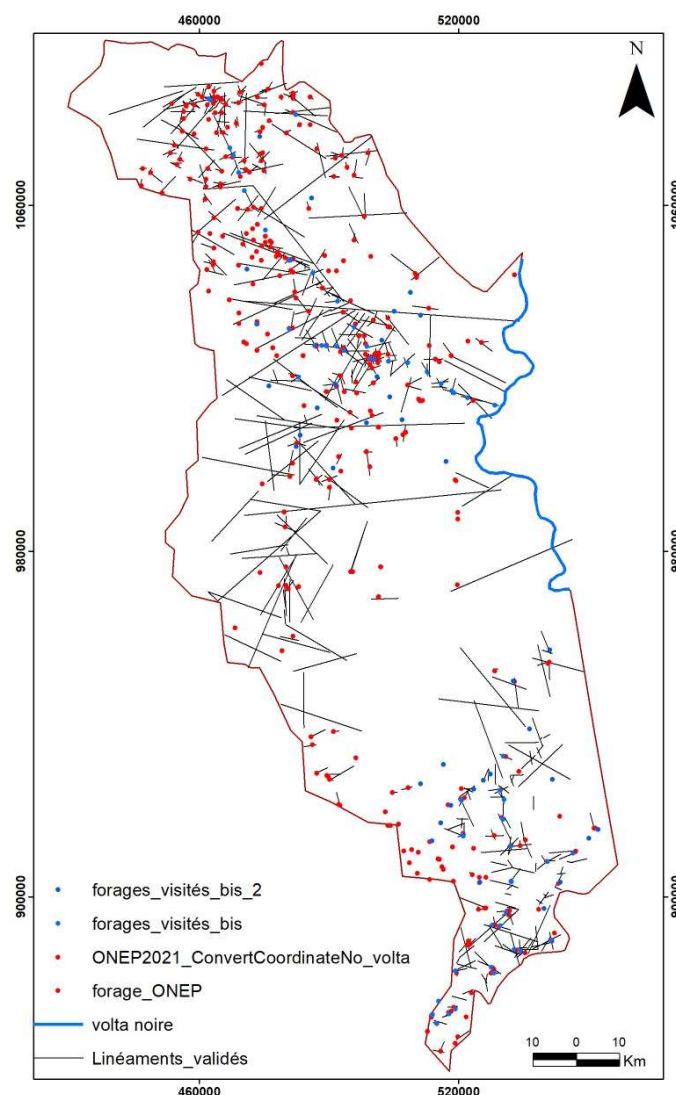


Fig. 7. Validation of the fracturing map by positioning the boreholes in the basin

5 DISCUSSION

5.1 REMOTE SENSING AND STRUCTURAL MAPPING OF MAJOR GEOLOGICAL ACCIDENTS

Knowledge of discontinuous reservoirs is a prerequisite for any hydrogeological investigation in a basement environment. It involves mapping fracture networks by remote sensing and has produced very convincing results in several studies [1], [16], [21], [22], [17], [18], [12].

If it is wise to consider this approach with a certain reserve due to the expertise of the photo -interpreter, it is even more so when the images used are of questionable quality (presence of noise). The Landsat 8 OLI sensor images used in this study have many advantages: The large number of detectors (7000) per spectral band, the design of the sensor and the 12 -bit coding of the data, contribute to the improvement of the information contained in the images compared to previous generations.

The application of the pre-processing and processing techniques implemented resulted in the atmospheric and radiometric enhancement of the images, making them more expressive and more refined for structural mapping. This has facilitated the identification of many structural features. Indeed, the ACPS by merging the images of the different parts of the electromagnetic spectrum, allowed to enhance the differences between the spectral properties of the images thus facilitating the mapping of discontinuities. The calculated indices also increased the contrast between the different geological features in the study area. The mapping of image discontinuities was improved by applying directional filters (Sobel, and gradient of Yésou). These methods have been successfully used in the Man region [23], [16], Korhogo [17], Soubé [24] and Tanda [20].

5.2 FIELD TRUTH AND STRUCTURAL VALIDATION

The resulting lineament map was validated from field observations, previous work and the positioning of boreholes drilled in the area.

Validation of the lineaments by "ground-truth" is the most appropriate method because faults of kilometric extension are immediately recognizable [23]. Thus, the matching of major fractures with geological and geomorphological structures identified in the field and the hydrographic network confirms that the lineaments identified are most likely associated with fractures. Indeed, the preferential directions of the identified lineaments present similarities with the directions of the tectonic events that affected the Precambrian basement of Côte d'Ivoire. These are the accidents of the Eburnian orogeny, mainly of N-S direction which influenced the layout of the hydrographic network of the major rivers of Côte d'Ivoire. It corresponds to the direction of the main tributaries of the Volta; the NE-SW birimian direction in reference to the tectonic-metamorphic deformation of the Eburnian cycle at the level of the volcano-sedimentary formations and the E-W direction the most marked, characteristic of the Pan-African orogeny [25].

According to [18], the NW-SE and NE-SW directional families are the most representative in Bondoukou department. In Bondoukou square degree, [26], (2013) shows that the NE-SW (N50-60°, N70-80° and N80-90°) and NW-SE (N140-150°, and N150-160°) directions are the main lineament directions. Here also, this author although using an automatic method confirms the directions N70-80°; N80-90° (E-W); and N140-150°; N150-160° (NW-SE). In this study, i.e. in the entire Black Volta basin, the NW-SE directional class (N120-150°) occurs at relatively low frequencies on the lineament rosette. This is because this directional class would be represented in the basin by the small fractures that are most numerous. At this level, [12] showed that 90.16% of the lineaments mapped in the Black Volta Basin have lengths less than 7km. Thus, there is a strong predominance of small fractures in the basin. In addition, the size of the area considered for this study would explain this trend. Furthermore, [20] indicates that the predominant lineaments over the entire departments of Tanda, Koun-Fao and Transua (localities bordering the basin) are mainly N90-100° (E-W) and N0-10° (N-S) and secondarily N70-80 (NE-SW) and N100-110 (NW-SE). These directions corroborate with the work done by [27] in the Baya basin (Comoé sub-basin). The E-W and N-S directions are precisely the most important in length in the study area.

From all the above, we can affirm that the lineaments extracted manually from the OLI satellite images allow us to characterize the state of fracturing of the Precambrian basement of the Black Volta Basin in Côte d'Ivoire. Otherwise, all these validation tests confirm the validity of the detailed lineament map of the Black Volta Basin in Côte d'Ivoire. Consequently, these lineaments can be assimilated to fractures and constitute a very important support for the research of groundwater in the region.

6 CONCLUSION

The present work was articulated around two main activities: the processing of satellite images that led to the extraction of structural lineaments and the validation of lineaments in the field. This study was very important because it allowed to map for once the detailed fracture network of the Precambrian basement of the Black Volta Basin in Côte d'Ivoire. These results were validated by several geological, hydrogeological and geomorphological field studies that demonstrated the structural nature of the lineaments identified.

Indeed, digital processing techniques (ACPS, band ratios) and image filtering (Sobel, Gaussian 3X3 and filter of Yésou et al.) of satellite images have identified 12 09 lineament fractures of length ranging from 7 to 64.2 km. The N-S (N00-10°, N170-180°), E-W (N70-90°); and NE-SW (N30-60°) directions represent the dominant orientations in the area.

The various methods used to identify the network of fractures likely to form fractured reservoirs have proven useful for this purpose. They have made it possible to gather information that was previously unavailable in the region and to contribute to a better understanding of fractured reservoirs for future prospecting in the Black Volta Basin in Côte d'Ivoire. Clearly, the results obtained at the end of this study show that we currently have enough very interesting data that could lead to the discrimination and characterization of the geometry of fractured reservoirs in the future.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the Swiss Centre for Scientific Research for the funding of project N°234/2020 between the Programme d'Appui Stratégique à la Recherche (PASRES) and the Laboratoire Sciences du Sol, de l'Eau et des Géomatériaux (SSEG) of the UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Abidjan, Côte d'Ivoire

REFERENCES

- [1] Biémi J., 1992, «Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants sub-sahéliens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest Hydrostructurale, hydrodynamique, hydrochimie et isotopie des aquifères discontinus de sillons et aires granitiques de la Haute Marahoué (Côte d'Ivoire)», Thèse de Doctorat. Ès Sc. Nat., Université Abidjan. 1992.
- [2] Savané, 1997, «Contribution to the geological and hydrogeological study of discontinuous aquifers of the crystalline basement of Odienné (North-West of Côte d'Ivoire). Contribution of remote sensing and a spatially referenced geographic information system. » PhD thesis in Natural Sciences. University of Cocody (Ivory Coast). 1997; 332.
- [3] Sander P., 2006, «Lineaments in groundwater exploration: a review of applications and limitations». *Hydrogeology Journal* 15 (1), p.71-74.
- [4] Mabee, S.B., Hardcastle, K.C., and Wise, D.U. (1994) A Method of Collecting and Analyzing Lineaments for Regional -Scale Fractured-Bedrock Aquifer Studies. *Groudwater*, vol. 16, n°13, p. 884-894.
- [5] Galanos, D. Rokos, «A statistical approach in investigating the hydrogeological significance of remotely sensed lineaments i n the crystalline mountainous terrain of the island of Naxos, Greece», *Hydrogeology journal*, vol.14, pp.1569 -1581, 2006.
- [6] Vanié, L.T.A., Khattach, D., Houari, M.R., Chourak, M., Corchete, V., 2006. Apport des filtrages des anomalies gravimétriques dans la détermination des accidents tectoniques majeurs de l'Anti-Atlas (Maroc). *Actes du 3ème Colloque Maghrébin de Géophysique Appliquée*, Oujda, 23-30.
- [7] El Gout, R., Khattach, D., Houari, M.R., Kaufmann, O., Aqil, H., 2010. Main structural lineaments of orth eastern Morocco derived from gravity and aeromagnetic data. *Journal of African Earth Science*, (58), 255–271.
- [8] Marechal J.C., Wyns R., Lachassagne P., Subrahmanyam K., &Touchard F. (2003). Anisotropie verticale de la perméabilité de l'horizon fissuré des aquifères de socle: concordance avec la structure géologique des profils d'altération. *Comptes Rendus Géoscience*, 335, p. 451-460.
- [9] Lachassagne P., Wyns R. (2005). Aquifères de socle : nouveaux concepts - Application à la prospection et la gestion de la ressource en eau. *Géosciences* 2, p. 32-37.
- [10] Ousmane. B. (1988). Etude géochimique et isotopique des aquifères du socle de la bande sahélienne du Niger (Liptako, Sud - Maradi et Zinder-Est). Thèse Univ. Niamey. 175 p.
- [11] Yésou H., Besnus Y., Rolet J. et Pion J. C. (1993). Comparaison et évaluation des données SPOT ERS -1 Seasat Landsat et des données combinées lors d'études de géologie structurale. In 8e congr. Ass. Québec Télédétection 16ème Symp. Sherbrooke (Canada) pp. 521-526.
- [12] Armel. K. Kouame, Marc Youan Ta, O. Zéphir De Lasme, Derving Baka, Carine. A. M. Njeugeut, Fernand K. Kouame, Analysis of Fracture Networks of the Black Volta Catchment in Côte D'ivoire, 2019; *Journal of Geography, Environment and Earth Science International (JGEESI)* ISSN: 2454-7352, n°46635, Feb. 2019, 1-14p.
- [13] Adon G. C., Kouame K. F., Sorokoby V.M., Brouyère S., Affian K. (2014). Extraction automatique des linéaments à l'aide d es images satellitaires Landsat-7 ETM+ en zone de socle précambrien (Haute Marahoué, Côte d' Ivoire). *Revue Scientifique Internationale de Géomatique*, vol 1, n°1, pp.30-39.
- [14] Abdullah A., Akhir M. J., Ibrahim Abdullah I., (2007). A Comparison of Landsat TM and SPOT Data for Lineament Mapping in Hulu Lepar Area, Pahang, Malaysia- *European Journal of Scientific Research*. Vol 34 N° 3, pp.406-415.
- [15] MOORE G. K. ET WALTZ F. A. (1983). Objective procedure for lineament enhancement and extraction. *Photogrammetric Engineer. and Remote Sensing*, 49, n°5, p. 641-647.
- [16] KARNIELI A., MEISELS A., FISHER L., ARKIN Y. (1996). Automatic extraction and evaluation of geological linear features from digital remote sensing data using Hough transform. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 62, n° 5, p. 525 -531.
- [17] LASM T. (2000). Hydrogéologie des réservoirs fracturés de socle: Analyses statistiques et géostatistique de la fracturation et des propriétés hydrauliques. Application à la région des montagnes de Côte d'Ivoire (Domaine Archéen). Thèse unique de doctorat Université de Poitier, 272p.
- [18] Jourda J. P. (2005). Méthodologie d'application des techniques de Télédétection et des systèmes d'information géographique à l'étude des aquifères fissurés d'Afrique de l'Ouest. Concept de l'hydrotechnique spatiale: cas des zones test s de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Cocody, 430 p.
- [19] Youan TA M. (2008). Contribution de la télédétection et des systèmes d'informations géographiques à la prospection hydrogéologique du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest: Cas de la région de Bondoukou Nord Est de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 236p.
- [20] Abdou B. S.M. (2012). Evaluation des ressources en eau souterraine dans le bassin de Dargol (Liptako-Niger). Thèse de doctorat, Université de Liège, 265 p.
- [21] Coulibaly A. (2014). Contribution de la méthode de résistivité électrique (Traînés et Sondages électriques) à la localisation d'aquifères en zone de socle cristallin et cristallophyllien: cas de la région de Tanda, (Nord -est de la Côte d'Ivoire) Thèse de doctorat. Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire). 211p.

- [22] Akokponhoue H. B., Yalo N., Lasm T., Youan TA M., Alassane A., Kouamé K. J., Akokponhoue Y. N., Hounton C.C., Suanon F. (2017). Contribution of Remote Sensing to the Structural Mapping of Aquifers with Large Water Flows in the Crystalline Hard- Rock in the Department of Donga (North-West of Benin). *Int. J. of Emerging Tech. and Adv. Eng.*, Vol. 7, p.392-403.
- [23] Lasm T. ET Razack M. (2001) Lois d'échelle dans la fracturation des roches dures cristallines et dans le reseau hydrographique associé. *Compte Rendu Académie des Sciences Paris, Science de la Terre et des planètes*, n° 333, p. 225-232.
- [24] Darcel C. (2002). Corrélation dans les réseaux de fractures: caractérisation et conséquences sur les propriétés hydrauliques. Thèse de doctorat. Université Rennes 1, France. 223p.
- [25] Kouame K. F. (1999). Hydrogéologie des aquifères discontinus de la région semi-montagneuse de Man-Danané (Ouest de la Côte d'Ivoire). Apport des données des images satellitales et des méthodes statistique et fractale à l'élaboration, d'un système d'information hydrogéologique à référence spatiale. Thèse 3ème cycle, Univ. Cocody-Abidjan, (Côte d'Ivoire), 194 p.
- [26] YAO K.T. (2009). Hydrodynamisme dans les aquifères de socle cristallin et cristallophyllien du sud-ouest de la Côte d'Ivoire: cas du Département de Soubré. Apports de la télédétection, de la Géomorphologie et de l'hydrogéochimie. Thèse de doctorat, Université de Cocody, 284 p.
- [27] Faillat J.P. (1986). Aquifères fissurés en zone tropicale humide: structure, hydrodynamique et hydrochimie (Afrique de l'Ouest). Thèse Univ. Languedoc (Montpellier), 534p.
- [28] Jofack-Sokeng V-C., Kouame K. F., Youan Ta M., Saley M. B., Kouame K. (2014). Extraction automatique des linéaments sur les images satellitaires par réseaux de neurones: contribution à la cartographie structurale du socle précambrien de la région de Bondoukou (nord-est de la Côte d'Ivoire), *Revue Scientifique Internationale de Géomatique*, vol. 1, n° 1, pp. 4-17.
- [29] Mangoua J. (2013). Evaluation des potentialités et de la vulnérabilité des ressources en eau souterraine des aquifères fissurés du bassin versant de la Baya (Est de la Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat unique, Université Nangui Abrogoua, 171p.

Disponibilité et technologies d'amélioration des teneurs en lysine et en méthionine des ingrédients utilisés dans l'alimentation des porcs et des poulets: Revue de littérature

[Availability and technologies for improving lysine and methionine levels of ingredients used in pig and chicken feed: Literature review]

Isidor Zangbéwindin OUEDRAOGO^{1,2}, Timbilfou KIENDREBEOGO^{1,3,4}, Salam Richard KOMDOMBO³, Pierre Alexandre Eric Djifaby SOMBIÉ⁴, Saliou NGOM⁵, Lassina OUATTARA⁶, Logténé Youssoufou MOPATE⁷, Aboubacar TOGUYENI¹, and Chantal Yvette KABORE-ZOUNGRANA¹

¹Laboratoire d'Etudes et de Recherches sur les Ressources Naturelles et les Sciences de l'Environnement (LERNSE), Université Nazi Boni, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

²Ministère de l'Agriculture, des Ressources Animales et Halieutiques (MARAH), Ouagadougou, Burkina Faso

³Laboratoire de Recherche en Production et Santé Animale (LRPSA), Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Ouagadougou, Burkina Faso

⁴Laboratoire Central D'Horticulture (LCH), Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Ouagadougou, Burkina Faso

⁵Direction de la Protection des Végétaux (DPV), Dakar-Mbatal, Senegal

⁶Département de Sciences Biologiques, Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre, Université Nazi BONI, 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

⁷Institut de Recherche en Elevage pour le Développement (IRED), Programme Production Animale et Environnement BP 433, N'Djamena, Chad

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study reviews the current state of knowledge on the roles of lysine and methionine in monogastric nutrition, and their potential availability in feedstuffs for pigs and chickens in Burkina Faso. It aims to better orient ongoing research to make these amino acids more available and optimize their content in local feed resources and their use in the rationing of pigs and chickens on intensive farms in Burkina Faso. Searches carried out mainly online using the Google Scholar search engine yielded a wide range of documents, which were filtered to retain only the most significant ones dealing with the above-mentioned themes. A total of 294 documents were identified, from which 126 references were selected and used for this literature review. Lysine and methionine are the most limiting amino acids in pig and chicken feed, in that their deficiency in rations affects feed efficiency, leads to reduced growth and dysfunctions in the organism. The methionine and lysine used in Burkina Faso are imported synthetic products that are not easily accessible due to their high cost. Their availability in certain ingredients can be improved by germination and/or heat treatment. Compliance with recommended lysine and methionine requirements in formulations for pigs and chickens is essential to optimize their utilization by the body, while reducing nitrogen losses and ensuring good productivity.

KEYWORDS: Availability, Lysine and Methionine, Local feeds, Optimization of contents, Rationing, Pigs and chickens, Burkina Faso.

RESUME: L'étude fait l'état des connaissances sur les rôles de la lysine et la méthionine dans la nutrition des monogastriques, leur disponibilité potentielle dans les aliments utilisés en alimentation des porcs et des poulets au Burkina Faso. Elle vise à mieux orienter des recherches en cours pour rendre plus disponibles ces acides aminés et optimiser leurs teneurs dans les ressources alimentaires locales et leurs utilisations dans le rationnement des porcs et des poulets des élevages intensifs du Burkina Faso. Des recherches faites principalement en ligne sur le moteur de recherche Google Scholar ont permis d'inventorier une large gamme de documents qui ont été filtrés pour n'en retenir que les plus significatifs traitant des thématiques ci-dessus indiquées. Au total, 294 documents ont été inventoriés parmi lesquels 126 références ont été retenues et exploitées pour cette synthèse documentaire. La lysine et la méthionine sont les acides aminés les plus limitants dans l'alimentation des porcs et des poulets en ce sens que leur carence dans les rations affecte l'efficacité alimentaire, entraîne une baisse de croissance et un dysfonctionnement de l'organisme. La méthionine et la lysine utilisés au Burkina Faso sont des produits de synthèse importés, peu accessibles à cause de leur cherté. Leur disponibilité dans certains ingrédients peut être améliorée par la germination et/ou des traitements thermiques. Le respect des besoins en lysine et en méthionine recommandés dans les formulations destinées aux porcs et poulets est primordial pour optimiser leur utilisation par l'organisme tout en réduisant les pertes d'azote et assurer une bonne productivité.

MOTS-CLEFS: Disponibilité, Lysine et Méthionine, Aliments locaux, Optimisation des teneurs, Rationnement, Porcs et poulets, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION

L'élevage occupe une place importante dans l'économie mondiale et le bien-être de l'humanité [1] avec 1,3 milliard de personnes qui tirent des revenus de cette activité [2]. En Afrique subsaharienne, l'élevage contribue pour une part importante au développement économique des pays. Il fournit des protéines d'origine animale pour assurer une alimentation équilibrée aux populations et constitue une source d'emploi et un moyen de lutte contre la pauvreté [3], [4]. Dans cette partie de l'Afrique où la contribution de l'élevage au produit intérieur brut (PIB) et au PIB agricole respectivement comprise entre 10-20 % et 50-80 % [5], deux types d'élevages se côtoient: l'élevage des ruminants domestiques avec une alimentation essentiellement basée sur l'exploitation des pâturages naturels et celui des monogastriques parmi lesquels les porcs et la volaille dont l'alimentation est basée sur les aliments concentrés sources de protéines et surtout d'énergie [3]. La production des monogastriques à cycles courts a connu un développement rapide depuis 1960, avec une progression des effectifs de plus de 280% pour la volaille et plus de 200% pour les porcs [6], [7]. Au Burkina Faso, ce type d'élevage est en plein développement et les espèces élevées prennent de plus en plus de l'importance au plan socio-économique pour les populations [8], [9]. Parmi les monogastriques qui y sont élevés, les volailles (42 millions têtes) et les porcins (2 millions de têtes) sont les plus nombreux [9] et on assiste depuis plusieurs années à l'émergence et au développement d'élevages intensifiés de porcs et de poulets (chair et pondeuses) dans les zones périphériques des grandes villes comme Ouagadougou et Bobo-Dioulasso [10], [11], [12]. Le développement de ce type d'élevage se bute à un problème majeur d'ordre alimentaire expliqué généralement par la faible disponibilité et la cherté des aliments conventionnels. D'autres facteurs explicatifs qui influencent négativement les performances zoo-économiques de l'élevage des monogastriques sont moins connus ou perçus, comme celui des carences en acides aminés indispensables (AAI) dans les rations distribuées aux porcs et aux volailles. C'est le cas contraire chez les ruminants où les carences des aliments distribués en AAI sont compensées par leur capacité à transformer les aliments grossiers en protéines de haute valeur nutritive grâce à la digestion microbienne qui y est plus importante [13]. Au Burkina Faso, les aliments les plus importés pour ce type d'élevage (porcs et poulets) concernent les farines de poissons, le fer, les phosphates, des concentrés spécifiques (chair, ponte, etc.) et des acides aminés de synthèse, en particulier la lysine et la méthionine. Ces deux acides aminés indispensables sont connus d'utilisation courante dans les fabriques d'aliments commercialisés et par certains éleveurs dans leurs propres formulations. Or, bien plus que les autres aliments conventionnels les coûts des AAI sont très élevés et leur disponibilité connaît des ruptures fréquentes puisque tributaire des importations. Plusieurs études réalisées au Burkina Faso proposent des aliments alternatifs à la faible disponibilité et à la cherté des sources conventionnelles de protéines d'origine animale (farine de poisson) [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20] et végétale (tourteaux de coton et de soja, graine torréfiés de soja) [21], [22], [23], [24]. En dépit de la diversité et de l'importance de ces études, force est de constater qu'elles se sont peu ou pas préoccupées des teneurs potentielles et les apports en AAI en l'occurrence en lysine et méthionine des ressources alimentaires conventionnelles comme solution alternative aux acides aminés de synthèse dans l'alimentation des monogastriques porcs et volailles. Les formulations d'aliments font recours, dans bien des cas, à des valeurs d'analyses bromatologiques d'ingrédients exogènes pour équilibrer les teneurs en lysine et en méthionine des rations, ce qui peut constituer des sources d'erreurs dans les prévisions nutritionnelles. Pourtant la valeur nutritionnelle d'une protéine alimentaire dépend de sa composition en AAI [26] et la maîtrise de leurs teneurs dans les aliments permettrait d'améliorer la disponibilité et l'efficacité de leur utilisation dans les pratiques de rationnement des monogastriques. La présente revue de littérature vise à faire le point sur l'état des connaissances du potentiel en lysine et en méthionine

des ingrédients alimentaires conventionnels ou non conventionnels utilisés dans le rationnement des porcs et la volaille. Elle vise également à faire le point sur les technologies et/ou procédés permettant de mettre à la disposition des monogastriques la lysine et la méthionine de certains ingrédients qui entrent dans la formulation des aliments des porcs et de la volaille.

2 MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

La démarche méthodologique s'est principalement basée sur la recherche documentaire, la lecture et l'exploitation des documents consultés. Cela a permis de traiter 02 parties qui sont (i) les sources alimentaires de lysine et de méthionine et leur utilisation dans l'alimentation des monogastriques porcs et poulets et (ii) l'estimation des besoins annuels en lysine et en méthionine nécessaires pour l'alimentation des porcs et des poulets en élevage intensif au Burkina Faso.

La recherche documentaire a été principalement réalisée en ligne. Pour retrouver les documents adéquats à exploiter, des recherches ont été effectuées en anglais et en français en utilisant le moteur de recherche Google scholar. Pour cela, les mots-clés suivants ont été introduits: « protéines OU/ET acides aminés », « acides aminés OU/ET essentiels », « acides aminés OU/ET indispensables », « Lysine OU/ET méthionine », « protéines OU/ET lysine », « protéines OU/ET méthionine », « poulets OU/ET lysine », « poulets OU/ET méthionine », « porcs OU/ET lysine », « porcs OU/ET méthionine », « sources OU/ET acides aminés », « source OU/ET lysine », « source OU/ET méthionine », « technologies OU/ET Traitements ». Les consultations de documents ont souvent conduit vers d'autres sites comme ResearchGate, HAL-AgroParisTech, Wiley Online Library, BMJ Nutrition Prevention and Health, MDPI, Agritrop, Cirad qui ont été utilisés pour perfectionner la recherche. Les documents consultés datent de 1990 à 2022. Ces différentes recherches ont permis de consulter plusieurs documents (articles scientifiques, mémoires, des livres et des thèses) parmi lesquels 294 ont été enregistrés sur Zotero. Au total, 126 documents scientifiques ont été effectivement exploités pour la réalisation de cette revue de littérature. Tous les documents retenus ont été rassemblés en 05 groupes thématiques à savoir:

- Protéines et élevage des monogastriques;
- Acides aminés et alimentation des porcs;
- Acides aminés et alimentation des poulets;
- Sources des acides aminés;
- Technologies d'amélioration des sources d'acides aminés.

L'évaluation des besoins quantitatifs en lysine et en méthionine des élevages intensifs de porcs et de poules au Burkina Faso a été faite par des calculs sur la base des effectifs des poules et des porcs élevés dans ce système en utilisant les données statistiques sur le cheptel national rapportés par le Ministère des Ressources Animales et Halieutiques (MRAH) en 2018. Ces calculs ont considéré par ailleurs les taux d'incorporation moyens en lysine et en méthionine dans l'aliment des porcs et volailles recommandés par [27], [28], [29], [30], [31], [32]. Les consommations alimentaires moyennes ont été obtenues en faisant la moyenne des consommations recommandées par [16], [17], [19], [20], [22], [25], [33], [34] pour les poulets et [35] pour les porcs. Les coûts du kilogramme de lysine et de méthionine retenus pour les calculs étaient respectivement 2 800 et 5 000 FCFA.

3 DÉFINITION DES PROTÉINES ET DES ACIDES AMINÉS

Les protéines, du grec « protos » qui signifie « primordial, primitif », sont des composés organiques constitués de carbone (C), d'hydrogène (H), d'oxygène (O) et d'azote (N), auxquels s'ajoute parfois le soufre (S) aminé [36]. Les protéines sont constituées de 20 acides aminés [36], [37] parmi lesquels, neuf (valine, leucine, isoleucine, thréonine, méthionine, lysine, phénylalanine, tryptophane et l'histidine) sont indispensables et doivent être apportés par l'alimentation car l'organisme ne peut pas les synthétiser à une vitesse suffisante pour assurer le maintien des fonctions biologiques associées [36], [38], [39], [40]. A partir de ces 20 acides aminés l'organisme des animaux peut synthétiser toutes les protéines nécessaires à ses besoins d'entretien (renouvellement des protéines corporelles) et de production (croissance) [37]. Les anticorps d'un système immunitaire sont des protéines chargées de défendre un organisme contre les bactéries et les virus [41]. Elles sont les plus abondantes des molécules organiques des cellules et constituent souvent plus de 50% du poids sec des êtres vivants et jouent un rôle fondamental dans la structure et les fonctions cellulaires et c'est par elles que l'information génétique s'exprime [42]. En outre, les protéines contribuent également à l'apport énergétique (1 gramme de protéines apporte 4 kilocalories) et sont présentes dans les produits animaux et végétaux [36], [43]. La teneur en protéines, d'une matière première ou d'un aliment, est estimée indirectement à partir de la matière azotée totale (MAT) aussi appelée protéine brute. Elle est calculée en multipliant la teneur en azote total de l'aliment par le coefficient de Jones égal à 6,25, en considérant que les protéines contiennent en moyenne 16% d'azote ($100/16 = 6,25$) [44]. La teneur en azote des protéines est fonction de la composition de celles-ci en acides aminés puisque la teneur en azote de ceux-ci varie de 8% à 32% [37]. Elles sont essentielles dans l'alimentation des monogastriques (homme, porc et la volaille) [45] et leurs carences dans l'aliment provoquent une baisse de croissance et des dysfonctionnements de l'organisme [38].

4 L'IMPORTANCE DES PROTÉINES ET DES ACIDES AMINÉS DANS L'ALIMENTATION ANIMALE

Le rôle nutritionnel des protéines est de fournir des acides aminés, de l'azote et de l'énergie, substrats nécessaires à la synthèse des protéines et des différents composés azotés de l'organisme [43]. Les protéines sont des composés alimentaires qui satisfont les besoins alimentaires des animaux [42]. Pour toutes les espèces animales, les besoins nutritionnels en protéines et en AAI varient d'un individu à l'autre selon l'âge, l'état physiologique, le génotype, le sexe et l'environnement climatique ou sanitaire [46]. Le concept de protéine « idéale » correspond à un équilibre général des acides aminés alimentaires digestibles qui couvre exactement le besoin de l'animal et permet ainsi de minimiser le catabolisme des acides aminés et, par voie de conséquence, les rejets d'azote [47]. Contrairement à la synthèse des protéines qui suit un schéma identique chez les animaux et les végétaux ; celle des acides aminés est toute différente car les végétaux en fabriquent à la demande alors que les cellules animales ne les retrouvent que dans l'alimentation [48]. Certains acides aminés peuvent être limitants et leur carence dans la ration empêche l'utilisation des autres acides aminés de la ration. La consommation d'une ration déséquilibrée en protéines ou en AAI peut réduire les performances des animaux alors qu'un apport alimentaire adéquat en protéines et en acides aminés est nécessaire pour maintenir une immunocompétence normale et protéger l'hôte contre diverses maladies chez toutes les espèces [49]. Les déséquilibres en protéines ou en AAI peuvent être classés en plusieurs catégories parmi lesquelles les notions de carence et toxicité sont plus citées.

Sur le plan carentiel, un régime déficitaire en protéines ou en AA provoque une baisse de croissance chez les porcs et les poulets [45], [49]. La présence sur le marché d'AAI de synthèse tels que la L-lysine, la L-méthionine, la L-thréonine, L-tryptophane et L-valine permet la formulation des régimes hypo protéinés avec un AAI bien équilibré. Cependant, réduire la teneur en protéines de l'aliment tout en maintenant des performances optimales de l'animal n'est possible que s'il existe une connaissance précise des besoins en tous les acides aminés [39].

La toxicité résulte de l'ingestion d'une quantité excessive de protéines ou d'AAI [37]. Un apport excédentaire en protéines dans l'aliment des porcs et les poulets entraîne une diminution de la vitesse de la protéosynthèse [50] et une excrétion d'azote qui est rejetée dans l'environnement [47]. Chez le porcelet, la méthionine est l'AAI le plus toxique et un apport de 2% de DL-méthionine libre dans un aliment contenant 20% de protéines réduit fortement la consommation et le gain de poids [37].

4.1 LES PROTÉINES ET LES ACIDES AMINÉS DANS L'ALIMENTATION DES PORCS

La protéine est un nutriment relativement cher et de nombreux pays dépendent des sources de protéines importées pour l'alimentation des animaux. La connaissance des besoins en protéines et en acides aminés et de la réponse des porcs à l'apport d'acides aminés est essentielle dans la formulation des aliments [39]. Pour les porcelets de moins de 25 kg, l'expression d'une vitesse de croissance maximale est conditionnée par la distribution d'un aliment riche en protéines avec un profil d'acides aminés qui répond exactement aux besoins de l'animal. Une ration pauvre en acides aminés entraîne une baisse des performances de croissance tandis qu'un apport en excès est coûteux et favorise la prolifération des bactéries pathogènes causant des diarrhées de post-sevrage. L'excès d'acides aminés dans les aliments conduit à une excrétion excessive d'azote avec un impact environnemental potentiellement négatif [37]. Les besoins en acides aminés des porcs en croissance sont déterminés par le dépôt de protéines dans l'organisme et, pour les truies allaitantes, par les protéines exportées dans le lait [51]. Chez l'animal en croissance-finition, les protéines peuvent être utilisées comme source d'énergie lorsque l'apport énergétique est limitant [52]. Des études ont montré que l'incorporation des acides aminés de synthèse permet d'améliorer l'efficacité alimentaire des porcs tout en diminuant la teneur en protéines dans la ration [53]. Selon ces auteurs, cette technique permet aussi de maintenir les performances de croissance des porcs tout en diminuant les pertes d'azote dans la nature. Cette pratique est la bienvenue dans la mesure où les performances des animaux sont maintenues avec une réduction de l'impact sur l'environnement. L'adoption d'une telle pratique par les éleveurs de porcs et de poulets au Burkina n'est pas sans contraintes car ces AAI coûtent très chers et les éleveurs ne maîtrisent pas leurs modes d'utilisation.

4.2 LES PROTÉINES ET LES ACIDES AMINÉS DANS L'ALIMENTATION DES POULETS

La connaissance des besoins en protéines et en acides aminés des volailles reste un enjeu majeur car elle conditionne à la fois les performances, la qualité des produits, le coût de revient et les rejets environnementaux [54]. C'est ainsi que l'amélioration du potentiel de croissance des animaux et la transformation efficace des aliments en protéines animales ont constitué depuis longtemps des objectifs prioritaires en aviculture. Pour les poulets en croissance, la nature, la quantité et la qualité des protéines ingérées influence le dépôt de protéines corporelles au niveau des muscles [50]. Contrairement au porc, pour lequel la réduction des apports protéiques ne semble pas entraver les performances de croissance lorsque les AAI sont apportés selon les besoins [55], il existe chez le poulet de chair une variabilité importante des performances en réponse à une variation d'apport en protéine alimentaire. Chez le poulet en croissance, la vitesse de synthèse des protéines au niveau du corps entier exprimée en gramme/jour augmente significativement avec les quantités

croissantes de protéines dans le régime jusqu'à la valeur de 20% de protéines dans l'aliment. Au-dessus de cette valeur aucune augmentation supplémentaire n'est observée [50]. Les références [56] et [57] ont montré que la réduction du taux de protéines dans une ration complémentée avec des AAI réduisait les rejets d'azote et n'affecte pas les poids vifs des poulets. Cependant, la réduction du taux de protéines augmente la conversion alimentaire et entraîne une augmentation du dépôt de graisse dans la cavité abdominale des poulets conduisant à des poids de carcasse plus faibles. Les résultats de des études menées par [56] ont montré que la baisse du niveau de protéines dans la ration des poules pondeuses entraînait une baisse du poids corporel, du poids des œufs, du taux de ponte et la consommation alimentaire. L'élevage intensif de poulets est en pleine développement au Burkina Faso et l'approvisionnement en intrants est fortement dépendant de l'extérieur. La plupart des intrants importés sont les sources de protéines et les acides aminés.

5 IMPORTANCE LA LYSINE ET LA MÉTHIONINE DANS L'ALIMENTATION DES PORCS ET LES POULETS

La lysine et la méthionine sont deux acides aminés indispensables qui jouent un rôle très important dans l'alimentation animale [58], [59]. L'homme et les animaux sont incapables de les synthétiser et ils doivent être apportés par l'alimentation [36], [40].

5.1 LA LYSINE DANS L'ALIMENTATION DES PORCS ET LES POULETS

La lysine est le premier acide aminé limitant dans l'alimentation typique des porcs et la volaille et sa carence dans l'aliment a un impact négatif sur la santé et leurs performances de croissance [60], [61], [62]. D'un point de vue réglementaire, la lysine intervient dans le contrôle du métabolisme des acides aminés et peut également affecter le métabolisme d'autres nutriments tout en améliorant la croissance musculaire des animaux [62]. Chez les porcs et le poulet, l'amélioration de l'efficacité alimentaire et la croissance pondérale sont conditionnées par un apport en acides aminés tels que la lysine et la méthionine [61], [62]. Ces mêmes auteurs affirment que même à forte dose de supplémentation la lysine alimentaire ne semble pas être toxique, l'accent nutritionnel doit être mis sur la supplémentation en lysine pour éviter sa carence plutôt que sa toxicité. Chez le poulet et le porc en croissance, la carence d'une ration en lysine provoque une diminution du bilan azoté [63], [64] tout en favorisant le stockage de l'énergie sous forme de gras ou de glycogène musculaire [31]. Selon la référence [65] la carence en lysine ou en méthionine chez la poule pondeuse, réduit la synthèse protéique au niveau du corps entier et des tissus impliqués dans la formation des protéines de l'œuf. Pour assurer une croissance et une efficacité alimentaire optimales des porcs, les taux moyens d'incorporation de la lysine dans l'aliment sont de 1,13%; 0,77% et 0,72%, respectivement pour les porcelets, les porcs en engraissement et les porcs en finition [27], [28], [37], [46]. Les travaux de [27] ont montré qu'une réduction du taux de lysine dans une ration augmentait la consommation alimentaire chez les porcelets, mais pas chez les porcs en croissance et en finition. Les taux d'incorporation de la lysine conseillés dans l'aliment des poulets sont de 1,2; 0,97 et 0,85% respectivement pour les poussins, les poulets en croissance et les poulets en finition [66]. L'alimentation des poulets de chair avec des régimes riches en lysine (1,2%) augmente de manière significative la consommation d'aliments et le gain de poids corporel mais sans aucun effet sur l'indice de conversion alimentaire. Ce niveau de lysine augmentait significativement le poids du coussinet adipeux abdominal, du gésier et du cœur par rapport au groupe standard ayant consommé une ration titrant 1% de lysine [61]. Avec l'utilisation des acides aminés de synthèse commercialisés aujourd'hui, le taux de protéines dans le régime peut être réduit de 20% à 17%; permettant une réduction des rejets d'azote de 32 g à 25 g par kg de gain en finition. En contrepartie l'aliment serait consommé en quantité un peu plus importante et risquerait de coûter plus cher [47].

5.2 LA MÉTHIONINE DANS L'ALIMENTATION DES PORCS ET LES POULETS

La méthionine est un acide aminé limitant indispensable sur le plan nutritionnel et est unique parmi les acides aminés indispensables en raison de son atome de soufre [67], [68]. La méthionine remplit plusieurs fonctions physiologiques liées à la croissance, au développement, à l'immunité et à la reproduction en tant que bloc de construction pour la biosynthèse des protéines et des peptides [69]. Elle est essentielle au maintien d'une croissance et d'un développement appropriés chez les mammifères, et son apport dans l'aliment des animaux domestiques, tels que les poulets et les porcs, contribue à une meilleure efficacité de la production [70]. D'un point de vue réglementaire, la méthionine est un acide aminé initiateur de la traduction universelle des protéines et de nombreux composés bioactifs [50], [67], [71], [72]. La forme commerciale de la méthionine alimentaire est la DL-Met (pure à 99 %) qui a été synthétisée chimiquement pour la première fois par une société française d'additifs alimentaires en 1945 [59]. Une supplémentation en méthionine exogène peut améliorer l'efficacité de l'utilisation des protéines alimentaires par les porcs et la volaille lorsque la méthionine alimentaire est limitante [59], [73]. La méthionine est le premier acide aminé limitant dans l'alimentation de la volaille et de ce fait sa carence affecte les paramètres de production tels que les gains de poids corporel, l'indice de conversion alimentaire et la qualité de la carcasse [69]. Les effets régulateurs de la méthionine sur les performances de croissance et le rendement en viande de poitrine ont été démontrés chez les poulets de chair [74], [75]. La référence [76] a rapporté que les porcs nourris avec un régime titrant 0,23% en méthionine avaient un gain de poids corporel inférieur et un dépôt de lipides plus élevé que les porcs nourris avec un régime titrant 0,48% en méthionine. Cependant, un apport excessif en méthionine entraîne une anémie hémolytique et des changements dans la morphologie des tissus,

tels que l'assombrissement et l'élargissement de la rate [77]. Selon la référence [78] la toxicité de la méthionine est plus prononcée que les toxicités des autres acides aminés et un apport de 2% de méthionine d'un aliment contenant 20% de MAT réduit fortement la consommation alimentaire et le gain de poids [37]. Pour ce même auteur, le taux d'incorporation des AAI ne devrait pas dépasser 1% dans l'aliment des porcs. Les résultats de nombreuses études [27], [69], [76], [79] sur des poulets et porcs indiquent que leurs besoins en méthionine dépendent du stade physiologique.

6 ESTIMATION DES BESOINS ANNUELS EN LYSINE ET EN MÉTHIONINE DES PORCS ET DES POULETS EN ÉLEVAGE INTENSIF AU BURKINA FASO

Les besoins annuels en lysine et en méthionine des porcs et des poulets élevés dans le système intensif ont été estimés et consignés dans le Tableau 1. Ces besoins sont estimés à 1951,55 tonnes lysine et 912,014 tonnes de méthionine. Les parts de lysine et de méthionine destinée aux porcs représentent respectivement 58,04% et 61,58% contre 41,96% et 38,42% pour les poulets. Le coût total des besoins en ces AAI s'élèverait à 10 024 453 408 FCFA, représentant 2% du budget en cours d'exercice 2023 du pays. Pour un pays en voie de développement comme le Burkina Faso, où les éleveurs sont dans leur majorité pauvres et contraints à des déplacements massifs du fait de l'insécurité, des solutions doivent être trouvées sur le plan local pour diminuer l'utilisation des AAI qui sont importés et vendus cher sur le marché. Les décideurs doivent encourager et accompagner les chercheurs pour la recherche des alternatives locales en vue de substituer totalement ou partiellement ces AAI dans l'alimentation des animaux.

Tableau 1. *Besoins et coûts annuels estimés en lysine et en méthionine des porcs et des poulets élevés en système intensif au Burkina Faso*

Acides aminés	Quantités (tonnes)	Besoins des poulets (%)	Besoins des porcs (%)	Coûts (FCFA)
Lysine	1 951,565	41,96	58,04	5 464 381 096
Méthionine	912,014	38,42	61,58	4 560 072 312
Montant total/an (FCFA)				10 024 453 408

7 SOURCES POTENTIELLES DE LYSINE ET DE MÉTHIONINE UTILISÉES DANS L'ALIMENTATION DES PORCS ET LA VOLAILLE

Dans la formulation des aliments pour volaille et porcs, les matières premières énergétiques, et protéiques constituent les composants les plus importants [80]. Les produits végétaux et animaux sont les deux sources de protéines et d'acides aminés les plus importantes dans l'alimentation des volailles et des porcs [81], [82]. Il existe deux sources d'acides aminés utilisées en alimentation animale: les acides aminés d'origine végétale et animale [83]. La lysine et la méthionine ont des teneurs plus élevées dans les produits animaux que dans les sources d'origine végétale [84].

7.1 SOURCES D'ORIGINES VÉGÉTALES

La majorité des besoins en protéines alimentaires d'un animal est fournie par des sources de protéines végétales. Dans la nature, les acides aminés se trouvent dans les produits végétaux et animaux [83]. Les protéines végétales sont généralement moins chères que les protéines animales. Cependant, elles sont relativement plus faibles en certains acides aminés indispensables, et certaines peuvent avoir une digestibilité légèrement inférieure [85]. Il existe une limite à leur incorporation dans les rations du fait de leur teneur élevée en facteurs antinutritionnels [86], [87]. Une alimentation composée uniquement de ressources végétales expose à un risque d'insuffisance d'apports en acides aminés essentiels [89], [90], [91]. Parmi les produits végétaux, les sources importantes de protéines sont les produits céréaliers et les légumineuses. Les graines de légumineuses accumulent des quantités importantes de protéines [92] qui sont particulièrement riches en lysine. Elles sont majoritairement utilisées en alimentation animale en complément des grains de céréales plus pauvres en protéines et en lysine [93]. La classification des acides aminés des protéines végétales indique que la lysine est très élevée dans les graines de légumineuses alors que la méthionine est élevée dans les céréales [94], [95]. La méthionine est le premier acide aminé limitant dans les régimes de farine de maïs et de soja pour les volailles [72]. En raison de leur carence en certains acides aminés, les protéines végétales nécessitent généralement une source supplémentaire d'acides aminés ou d'autres sources de protéines telles que les protéines animales [96].

7.2 SOURCES D'ORIGINES ANIMALES

La physiologie des monogastriques d'élevage (porcs et volailles) requiert la présence de protéines animales dans leur alimentation pour compenser l'impossibilité de synthèse de certains acides aminés [62], [97]. Ainsi dans la nature, les porcs et les volailles prélèvent les insectes, les vers et les mollusques. Dans les élevages intensifs, les aliments commerciaux (proviendes) doivent contenir des protéines

animales (farines de viande ou de poisson, d'insectes) pour assurer une croissance et une production normales [17], [45], [98], [99], [100]. Les protéines animales possèdent certaines qualités avantageuses par rapport aux protéines végétales car elles sont généralement plus digestes et plus riches en acides aminés indispensables et contiennent généralement des quantités plus élevées de méthionine [42], [85], [101]. Les farines de poissons et d'insectes sont d'excellentes sources de lysine et d'acides aminés soufrés (méthionine et cystéines), ce qui justifie leur utilisation dans l'amélioration de la valeur biologique des rations alimentaires à base de céréales [102]. Une alimentation faible en protéines animales sera faible en lysine et méthionine [41] mais leur utilisation reste limitée et elles sont généralement plus onéreuses [37], [85]. La fabrication des aliments pour les jeunes poulets et porcs requiert l'incorporation des sources de protéines d'origine animale car ils ont des besoins élevés en AAI pour la croissance. Chez les animaux âgés, les besoins en AAI diminuent et des régimes à faible teneur en protéines animales et des niveaux relativement plus élevés en protéines végétales peuvent satisfaire les besoins [96]. En général, la qualité des sources de protéines animales dépend de la composition de la matière première utilisée. Cependant les sources de protéines animales présentent quelques inconvénients car elles contiennent des lipides riches en acides gras saturés, dits « mauvais gras », renferment du cholestérol et sont économiquement chères [42]. Dans certains pays, leur utilisation dans l'alimentation animale a fait l'objet d'interdiction du fait des germes qu'elles pourraient contenir [49]. Le tableau 2 donne la composition en lysine et en méthionine de quelques ressources alimentaires utilisées dans l'alimentation animale.

Tableau 2. *Composition en lysine et en méthionine de quelques ressources alimentaires utilisées dans l'alimentation animale (g/16 gN)*

Types de sources	Ingrédients	M.S (%)	PB (%)	Méthionine	Lysine	Sources
Végétales	Maïs	89	9,3	0,25	0,21	[103]
	Sorgho	89,1	10,1	0,2	0,22	
	Mil	87,6	11,7	2,45	2,35	[104]
	Niébé	89,2	24,9	1,52	6,63	
	Tourteau de coton	90	40,3	0,66	1,66	[105]
	Fonio	89,8	7	4,4	2,05	
	Graine de soja		43,6	0,9	2,3	[106]
	Graine de soja décortiqué	96,4	51,8	0,64	2,87	[103]
	Tourteau de soja	89	43,6	0,6	2,8	
	Son blé	86,6	14,6	1,6	3,9	[107]
	Son de maïs	91,5	15,1	1,7	3,7	
	Son de riz	90,2	14,4	2,2	5,5	[108]
	Drêche de brasserie	88,2	24,6	1,7	2,5	
Animales	Farine de poisson	91,8	63,4	2,02	5,29	[103]
	Farine de sang	91,08	89,6	1,16	8,25	
	Larves de mouches domestiques		48,49	3,66	5,1	[102]
	Chenilles		63,7	1,9	6,9	[109]
	Termites		50,35	1,3	5,3	

MS: Matière Sèche; PB: Protéines Brutes

8 LIMITES D'UTILISATION DES PROTÉINES ET DES ACIDES AMINÉS CONTENUS DANS LES ALIMENTS

La digestibilité de l'azote des aliments est dépendante de la nature des matières premières [110]. Les protéines animales possèdent certaines qualités avantageuses par rapport aux protéines végétales car elles sont généralement plus digestes et plus riches en acides aminés indispensables [111]. Les sources végétales sont riches en facteurs antinutritionnels (FAN) dans leurs tissus. Les FAN sont des substances présentes dans les tissus végétaux qui limitent l'absorption des nutriments. Parmi ces FAN on peut citer les tannins et les phytates, mais également des inhibiteurs d'enzymes digestives, altérant la protéolyse pouvant causer l'insuffisance des apports en acides aminés essentiels, notamment en lysine et méthionine [87], [88]. La digestibilité des protéines contenues dans les tissus végétaux est diminuée par les inhibiteurs d'enzymes, les inhibiteurs des amylases et protéases qu'ils contiennent. Chez l'animal de petite taille, ces derniers peuvent entraîner une hypertrophie pancréatique, mais cela n'a pas été prouvé chez l'homme car la cuisson les élimine [111]. En général, les protéines animales sont de meilleure qualité que les protéines végétales. Les rendements de transformation des protéines végétales en protéines animales sont relativement bas. A partir de 100 g de protéines de soja: la vache produit 20 g de protéines de lait, la poule produit 20 g de protéines d'œuf, le porc produit 12 g de protéines de viande, le bœuf produit 4 à 6 g de protéines de viande [112].

9 TECHNOLOGIES D'AMÉLIORATION DES CONCENTRATIONS EN LYSINE ET EN MÉTHIONINE DANS LES INGRÉDIENTS UTILISÉS DANS L'ALIMENTATION DES PORCS ET LA VOLAILLE

La disponibilité des acides aminés ingérés au cours de l'alimentation dépend de nombreux paramètres tels que la conformation de la protéine, la présence de facteurs antinutritionnels, l'association de la protéine avec certains composants (fibres, lipides, métaux), les traitements technologiques (température surtout) et la granulométrie des aliments protéiques ingérées [42]. Dans la pratique, les aliments sont rarement consommés sous leur forme originale. Ils sont soumis à une variété de transformations afin d'améliorer la couleur, la texture et la saveur, de détruire les éventuels pathogènes ou de prévenir la dégradation enzymatique [113], [114]. Les traitements les plus fréquents sont entre autres la pasteurisation [115], la congélation [116], les traitements alcalins [117], la germination de certaines légumineuses, la fermentation des céréales [118] et les traitements thermiques [42]. Les traitements thermiques sont les plus utilisés pour améliorer les propriétés nutritionnelles, hygiéniques, physiques et chimiques et autres propriétés des aliments pour animaux, lesquelles sont connues pour affecter la digestion des protéines [114], [119]. Parmi les traitements thermiques les plus utilisés on peut citer la cuisson, la torréfaction, l'écèlement, le conditionnement, la granulation et l'extrusion, chacun ayant un objectif différent [119]. Du point de vue nutritionnel, les traitements thermiques peuvent parfois s'avérer bénéfiques et parfois dommageables [41], [118]. Les références [114] et [120] ont montré qu'un traitement thermique sévère peut mener à la destruction d'acides aminés surtout en ce qui concerne la cystéine suivie d'un impact négatif sur la digestibilité des protéines et de la lysine [115], [121], [122]. En plus de ralentir la digestion globale des protéines, l'excès de chaleur semble affecter particulièrement la capacité de certaines enzymes à atteindre leur substrat et ce, de façon variable d'une source alimentaire à l'autre. Plusieurs auteurs [86], [123], [124] ont montré que les traitements thermiques modérés réduisent l'activité des inhibiteurs de la trypsine dans les aliments et influencent positivement la teneur en protéines et en acides aminés essentiels. D'autres procédés tel que la germination qui ne fait pas appel à la chaleur est aussi proposé et appliqué à certaines graines de céréales et de légumineuses destinés aux animaux et aux humains. Cette technologie est considérée par [125], [126] comme étant moins coûteuse et préserve à la fois la structure physique des produits végétaux et leur densité nutritionnelle en fibres, en minéraux, en vitamines, en phytonutriments et en acides aminés indispensables.

10 CONCLUSION

Les acides aminés sont essentiels pour le fonctionnement normal de l'organisme des animaux. Parmi les acides aminés essentiels, la lysine et la méthionine font partis des acides aminés limitants dans le rationnement des porcs et des volailles car un déséquilibre dans les régimes a un impact négatif sur la santé et les performances de croissance des animaux. Ces acides aminés indispensables sont approvisionnés dans les aliments des animaux par diverses sources qui sont d'origine animale et végétale. Ils sont souvent présents en quantité insuffisante dans les aliments destinés aux porcs et aux volailles. Afin d'éviter les carences en lysine et en méthionine dans les rations, les éleveurs font recours aux sources synthétiques et des concentrés sous forme synthétique importé et dont les coûts reviennent chers. La disponibilité des acides aminés indispensables dans les aliments peut être améliorée par la germination des graines ou par les traitements thermiques. Les traitements thermiques présentent des avantages nutritionnels mais diminuent la valeur nutritionnelle des produits végétaux en réduisant drastiquement la densité nutritionnelle des ingrédients. La germination est un procédé plus simple, moins coûteux et moins drastique et permet d'améliorer le potentiel nutritionnel des graines en augmentant les teneurs en divers nutriments et composés bioactifs et/ou en augmentant la digestibilité de certains nutriments pour divers types d'aliments. Face à la situation de hausse des coûts des sources de lysine et de méthionine couplés à la qualité douteuse de certaines sources, l'adoption de technologies moins coûteuses et moins drastique d'amélioration de la valeur nutritionnelle et de la digestibilité des ingrédients pourrait être une alternative. A ce titre, la germination des graines pourrait apparaître comme une technologie intéressante dans la résolution des carences des aliments en lysine et en méthionine.

REFERENCES

- [1] J. Meadowcroft, « What about the politics? Sustainable development, transition management, and long-term energy transitions », *Policy Sciences*, vol. 42, n° 4, p. 323-340, 2009.
- [2] T. Bouley, M. Gilbert, P. Y. Whung, F. Le Gall, et C. Plante, « Reducing Climate-Sensitive Disease Risks. Agriculture and Environmental Services Discussion Paper; No. 7 ». Washington, DC, 2014.
- [3] G. Tacher et L. Letenneur, « Le secteur des productions animales en Afrique subsaharienne des indépendances à 2020. III. Prospectives de la demande et de l'offre pour 2020 et voies de réponse au nécessaire développement de l'élevage », *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, vol. 53, n° 4, Art. n° 4, avr. 2000, doi: 10.19182/remvt.9714.
- [4] V. Royer et E. Vidon, « Maison de l'aviculture: Cas de la prise en charge des services par les éleveurs eux-mêmes ». Agridoc, 2001.
- [5] B. Faye et V. Alary, « Stakes of animal production in Southern countries », *Productions Animales (France)*, 2001.

- [6] C. Poulain et P. Mollier, « Troupeaux sous les tropiques. INRA magazine 19, décembre 2011 : 2-4 - Recherche Google », 2011. Consulté le: 15 février 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.google.com/search?q=Poulain%2C+C>.
- [7] A. Ickowicz et C.-H. Moulin, « Elevage au pâturage et développement durable des territoires méditerranéens et tropicaux: Connaissances récentes sur leurs atouts et faiblesses ». éditions Quae, 2022.
- [8] A. J. Nianogo, R. Sanfo, S. D. Kondombo, et S. B. Neya, « Le point sur les ressources génétiques en matière d'élevage au Burkina Faso », *Animal Genetic Resources/Recursos genéticos animales*, vol. 17, p. 11-28, avr. 1996, doi: 10.1017/S1014233900000559.
- [9] FAO, Le développement durable de l'élevage africain: approche «Une Seule Santé », 2018. Consulté le 15 février 2023. Disponible sur: <https://www.fao.org/3/ca1084fr/ca1084fr.pdf>.
- [10] V. Royer et E. Vidon, « Maison de l'aviculture: Cas de la prise en charge des services par les éleveurs eux-mêmes ». Agridoc, 2001.
- [11] T. Kiendrébéogo, S. Hamadou, L. Y. Mopaté, et C. Y. Kaboré-Zoungana, « Typologie des élevages porcins urbains et périurbains de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) », *Rev. Afric. Santé Prod. Anim*, vol. 6, p. 3-4, 2008.
- [12] T. Kiendrébeogo, M. L. Youssouf, K. S. Richard, et K.-Z. Chantal-Yvette, « Approvisionnement en porcs vifs et viande porcine de la ville de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) », *Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID)*, vol. 106, n° 2, p. 105-122, 2012.
- [13] J. P. Pradère, « Liens élevage-environnement-développement durable », *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz*, vol. 33, n° 3, p. 745-763, 2014.
- [14] S. Pousga, Supplementation strategies for semi-scavenging chickens in Burkina Faso, vol. 2007. 2007.
- [15] B. Ouédraogo, I. B. Gnanda, R. Sanfo, S. J. Zoundi, et B. Bayala, « Étude comparative des performances réalisées avec l'incorporation de la farine de co-produits de volaille et la farine des asticots dans des rations de poulets de chair au Burkina Faso », *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies*, vol. 25, p. 148-161, 2015.
- [16] S. Pousga et al., « Effets du remplacement de la farine de poisson par les termites (*Macrotermes* sp.) sur l'évolution pondérale et les caractéristiques de carcasse de la volaille locale au Burkina Faso », *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, vol. 19, n° 2, p. 14354-14371, 2019.
- [17] T. Kiendrébéogo, I. Zangbã, D. Barry, et C. Y. Kaborã, « Production of a Protein Concentrate Based on Maggots of Domestic Flies for the Feeding of Non-ruminant Animals (Burkina Faso) », *Asian Journal of Applied Sciences*, vol. 7, n° 5, 2019a.
- [18] T. Kiendrébéogo, R. O. M. Séré, D. Barry, et C. Y. Kaboré-Zoungana, « Effects of diets incorporating maggot concentrate on the growth and biometric parameters of layer hens' first eggs in Burkina Faso », *Asian Journal of Natural & Applied Sciences Vol*, vol. 8, p. 1-4, 2019c.
- [19] I. Traoré et al., « Influence des larves séchées de mouches domestiques (*Musca domestica*, L.) sur la prise alimentaire du poulet local (*Gallus domesticus*, L.) au Burkina Faso. », *J. Anim. Plant Sci*, vol. 45, n° 2, p. 7884-7899, 2020.
- [20] I. Z. Ouédraogo, T. Kiendrébéogo, D. X. Millogo, D. P. Sawadogo, H. Koara, et V. M. Bougouma-Yameogo, « Influence de rations incorporant des provendes de mangues et un concentré d'asticots en remplacement au maïs et à la farine de poisson sur les performances de croissance et la qualité des carcasses de poulets de chair poulet de Faso », 2022.
- [21] V. M. C. Bougouma-Yaméogo, C. L. Ouédraogo, M. L. Sawadogo, et O. Sawadogo, « Influence du niveau alimentaire du tourteau de coton sur les performances de croissance du poulet de chair: Influence of cotton cake feeding level on the growth performances of broiler chickens », *Sciences Naturelles et Appliquées*, vol. 29, n° 1 et 2, 2007.
- [22] S. Ouattara, V. M. C. Bougouma-Yameogo, A. J. Nianogo, et A. Al Bachir, « Effets des graines torréfiées de *Vigna unguiculata* (niébé) comme source de protéines, dans l'alimentation des poules locales en ponte au Burkina Faso, sur leurs performances zootechniques et la rentabilité économique des régimes », *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 8, n° 5, p. 1990-1999, 2014.
- [23] S. Ouattara, V. M. C. Bougouma-Yaméogo, A. J. Nianogo, et B. Savadogo, « Influence de la substitution des graines de soja (*Glycine max*) par celles de niébé (*Vigna unguiculata*) et du taux de protéines du régime sur les performances des pintadeaux de race locale au Burkina Faso », *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, vol. 69, n° 3, p. 117-123, 2016.
- [24] B. Ouédraogo, S. J. Zoundi, et L. Sawadogo, « Effets de l'incorporation des graines d'oseille de Guinée (*Hibiscus Sabdariffa*, L.) bouillies dans les rations sur les performances de croissance des poulets de chair au Burkina Faso », *Afrique SCIENCE*, vol. 18, n° 2, p. 42-55, 2021.
- [25] B. Ouédraogo, H. Kabore, S. Pousga, et S. J. Zoundi, « Effet de l'incorporation de la farine de graines bouillies d'*Acacia macrostachya* (Reichenb. ex. DC.) dans l'alimentation sur les performances de croissance des poulets de chair au Burkina Faso », 2022a.
- [26] J. L. Michel, L. C. Madoff, K. Olson, D. E. Kling, D. L. Kasper, et F. M. Ausubel, « Large, identical, tandem repeating units in the C protein alpha antigen gene, bca, of group B streptococci. », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 89, n° 21, p. 10060-10064, 1992.
- [27] J. Yin et al., « Long-term effects of lysine concentration on growth performance, intestinal microbiome, and metabolic profiles in a pig model », *Food & function*, vol. 9, n° 8, p. 4153-4163, 2018.
- [28] B. Leclercq, Y. Henry, et F. Lebas, « Evolution de la nutrition des espèces monogastriques », *Productions animales*, p. 85-94, 1996.

- [29] I. national de la recherche agronomique (France), *L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles*. Editions Quae, 1989.
- [30] N. R. C. (US) N. C. on S. E. Standards et Assessment, *National Science Education Standards: Draft for Review and Comment Only*. National Research Council, 1994.
- [31] C. Berri *et al.*, « Optimiser le ph ultime des filets de poulet en modulant le profil en acides aminés de l'aliment en fin d'élevage », *hors-série*, 2012.
- [32] J. D. Firman, « Nutrient requirements of chickens & turkeys », *Nutrient requirements of chickens & turkeys*, vol. 2101, n° DC 20418, p. G8352-G8352, 1989.
- [33] O. C. Hien, I. Salissou, A. Ouédraogo, L. Ouattara, B. Diarra, et J. D. Hancock, « Effets comparés de rations à base des variétés de maïs «ESPOIR» et de maïs «SR21» sur la productivité du poulet de chair de souche cobb-500 », *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 12, n° 4, p. 1557-1570, 2018.
- [34] D. Barry, T. Kiendrebeogo, M. Sere, A. Combari, Y. M. Logténé, et C. Y. Kaboré-Zoungrana, « Effects of Mango Wastes-Based Diets on the Growing Parameters of Laying Hens and Biometric Parameters of the Eggs », *OALib*, vol. 06, n° 11, p. 1-13, 2019, doi: 10.4236/oalib.1105868.
- [35] « Umutoni C : 2012. Évaluation technicoéconomique des élevages de porcs à Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). Mémoire de Master en Production Animale et Développement Durable. École Inter-états des Sciences et et Médecine Vétérinaires (EISMV) de Dakar. » Recherche Google. <https://www.google.com/search?q=Umutoni+C+%3A+2012>. 32p.
- [36] C. Bouget, « Protéines et acides aminés: utilisations par les sportifs et conseils à l'officine », 2020.
- [37] M. Gloaguen, N. Le Flo'c'H, et J. Van Milgen, « Couverture des besoins en acides aminés chez le porcelet alimenté avec des régimes à basse teneur en protéines », *INRA Prod. Anim.*, vol. 26, n° 3, p. 277-288, juin 2013, doi: 10.20870/productions-animales.2013.26.3.3157.
- [38] P. Patureau mirand, « Les apports nutritionnels conseillés (ANC) en protéines », *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, vol. 10, n° 1, p. 61-65, 2003.
- [39] J. van Milgen et J.-Y. Dourmad, « Concept and application of ideal protein for pigs », *Journal of Animal Science and Biotechnology*, vol. 6, n° 1, p. 1-11, 2015.
- [40] E. De Gavelle, « Modélisation de trajectoires acceptables de réarrangement de la consommation de sources protéiques pour augmenter l'adéquation nutritionnelle et impacts sur la durabilité », These de doctorat, Université Paris-Saclay (ComUE), 2019. Consulté le: 10 janvier 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.theses.fr/2019SACLA016>.
- [41] F. Mariotti, « Plant protein, animal protein, and protein quality », in *Vegetarian and plant-based diets in health and disease prevention*, Elsevier, 2017, p. 621-642.
- [42] J.-L. Cuq, « Les protéines végétales alternatives aux protéines animales. Comment accroître leur niveau de qualité ? », 2018.
- [43] D. Tomé, « Besoins en protéines et en acides aminés & qualité des protéines alimentaires », *Crit Rev Food Sci Nutr*, vol. 48, n° 177, 2008.
- [44] F. W. Sosulski et G. I. Imafidon, « Amino acid composition and nitrogen-to-protein conversion factors for animal and plant foods », *J. Agric. Food Chem.*, vol. 38, n° 6, p. 1351-1356, juin 1990, doi: 10.1021/jf00096a011.
- [45] S. C. B. Pomalégni, Synthèse bibliographique sur les insectes et autres invertébrés comestibles utilisés dans l'alimentation des animaux monogastriques d'élevage SCB, 2016.
- [46] Y. Henry, « Affinement du concept de la protéine idéale pour le porc en croissance », *INRAE Productions Animales*, vol. 6, n° 3, p. 199-212, 1993.
- [47] B. Leclercq, « Les rejets azotés issus de l'aviculture : importance et progrès envisageables », *INRA Prod. Anim.*, vol. 9, n° 2, p. 91-101, avr. 1996, doi: 10.20870/productions-animales.1996.9.2.4038.
- [48] D. Soltner, *Alimentation Des Animaux Domestiques*, 21^{ème} Edition. Paris, 1999. Consulté le: 13 février 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.vetbookstore.com/2021/08/alimentation-des-animaux-domestiques.html>.
- [49] S. S. M. Beski, R. A. Swick, et P. A. Iji, « Specialized protein products in broiler chicken nutrition: A review », *Animal Nutrition*, vol. 1, n° 2, p. 47-53, juin 2015, doi: 10.1016/j.aninu.2015.05.005.
- [50] S. Tesseraud, « Métabolisme protéique chez le poulet en croissance. Effet des protéines alimentaires », *Productions animales*, vol. 8, n° 3, p. 197-212, 1995.
- [51] J. Y. Dourmad et M. Etienne, « Dietary lysine and threonine requirements of the pregnant sow estimated by nitrogen balance », *Journal of animal science*, vol. 80, n° 8, p. 2144-2150, 2002.
- [52] D. Rinaldo et J. Le Dividich, « Influence de la température ambiante sur les performances de croissance du porc », *Productions animales*, vol. 4, n° 1, p. 57-65, 1991.
- [53] J. M. Heo, J. C. Kim, C. F. Hansen, B. P. Mullan, D. J. Hampson, et J. R. Pluske, « Feeding a diet with decreased protein content reduces indices of protein fermentation and the incidence of postweaning diarrhea in weaned pigs challenged with an

- enterotoxigenic strain of *Escherichia coli*», *Journal of Animal Science*, vol. 87, n° 9, p. 2833-2843, sept. 2009, doi: 10.2527/jas.2008-1274.
- [54] P. Frayssé et M. Lessire, « Effet de la réduction de la teneur en protéines des aliments de poulets de chair: approche par méta-analyse », 2015.
- [55] M. Gloaguen, N. Le Floch, E. Corrent, Y. Primot, et J. Van Milgen, « The use of free amino acids allows formulating very low crude protein diets for piglets », *Journal of animal science*, vol. 92, n° 2, p. 637-644, 2014.
- [56] J. P. Holsheimer et W. M. M. A. Janssen, « Limiting amino acids in low protein maize-soyabean meal diets fed to broiler chicks from 3 to 7 weeks of age », *British Poultry Science*, vol. 32, n° 1, p. 151-158, mars 1991, doi: 10.1080/00071669108417336.
- [57] E. T. Moran Jr, R. D. Bushong, et S. F. Bilgili, « Reducing dietary crude protein for broilers while satisfying amino acid requirements by least-cost formulation: live performance, litter composition, and yield of fast-food carcass cuts at six weeks », *Poultry Science*, vol. 71, n° 10, p. 1687-1694, 1992.
- [58] M. Jobling, « National Research Council (NRC): Nutrient requirements of fish and shrimp », *Aquacult Int*, vol. 20, n° 3, p. 601-602, juin 2012, doi: 10.1007/s10499-011-9480-6.
- [59] Z. Yang, J. K. Htoo, et S. F. Liao, « Methionine nutrition in swine and related monogastric animals: Beyond protein biosynthesis », *Animal Feed Science and Technology*, vol. 268, p. 114608, 2020.
- [60] S. Tesseraud, R. Peresson, J. Lopes, et A. M. Chagneau, « Dietary lysine deficiency greatly affects muscle and liver protein turnover in growing chickens », *British Journal of Nutrition*, vol. 75, n° 6, p. 853-865, 1996.
- [61] J. Nasr et F. Kheiri, « Effect of different lysine levels on Arian broiler performances », *Italian Journal of Animal Science*, vol. 10, n° 3, p. e32, 2011.
- [62] S. F. Liao, T. Wang, et N. Regmi, « Lysine nutrition in swine and the related monogastric animals: muscle protein biosynthesis and beyond », *SpringerPlus*, vol. 4, n° 1, p. 1-12, 2015.
- [63] D. N. Salter, A. I. Montgomery, A. Hudson, D. B. Quelch, et R. J. Elliott, « Lysine requirements and whole-body protein turnover in growing pigs », *British Journal of Nutrition*, vol. 63, n° 3, p. 503-513, mai 1990, doi: 10.1079/BJN19900137.
- [64] S. Tesseraud, M. Larbier, A. Chagneau, et P. Geraert, « Effect of dietary lysine on muscle protein turnover in growing chickens », *Reprod. Nutr. Dev.*, vol. 32, n° 2, p. 163-175, 1992, doi: 10.1051/rnd: 19920209.
- [65] K. Hiramoto, T. Muramatsu, et J. Okumura, « Effect of Methionine and Lysine Deficiencies on Protein Synthesis in the Liver and Oviduct and in the Whole Body of Laying Hens1 », *Poultry Science*, vol. 69, n° 1, p. 84-89, janv. 1990, doi: 10.3382/ps.0690084.
- [66] NRC, « Nutrient requirements of poultry ninth revised edition National Academy Press », *Washington DC*, vol. 10, p. 2114, 1994.
- [67] Z. Yang, J. K. Htoo, et S. F. Liao, « Methionine nutrition in swine and related monogastric animals: Beyond protein biosynthesis », *Animal Feed Science and Technology*, vol. 268, p. 114608, oct. 2020, doi: 10.1016/j.anifeeds.2020.114608.
- [68] J. D. Finkelstein, « Methionine metabolism in mammals », *The Journal of nutritional biochemistry*, vol. 1, n° 5, p. 228-237, 1990.
- [69] J. Jankowski, M. Kubińska, et Z. Zduńczyk, « Nutritional and immunomodulatory function of methionine in poultry diets – a review », *Annals of Animal Science*, vol. 14, n° 1, p. 17-32, mars 2014, doi: 10.2478/aoas-2013-0081.
- [70] T. K. Chung et D. H. Baker, « Utilization of methionine isomers and analogs by the pig », *Can. J. Anim. Sci.*, vol. 72, n° 1, p. 185-188, mars 1992, doi: 10.4141/cjas92-024.
- [71] W. Zhai *et al.*, « Protein expression in pectoral skeletal muscle of chickens as influenced by dietary methionine », *Poultry Science*, vol. 91, n° 10, p. 2548-2555, 2012.
- [72] C. Wen *et al.*, « Methionine improves breast muscle growth and alters myogenic gene expression in broilers », *Journal of Animal Science*, vol. 92, n° 3, p. 1068-1073, mars 2014, doi: 10.2527/jas.2013-6485.
- [73] R. Ma *et al.*, « Comparative study on the effects of L-methionine or 2-hydroxy-4- (methylthio) butanoic acid as dietary methionine source on growth performance and anti-oxidative responses of turbot (*Psetta maxima*) », *Aquaculture*, vol. 412-413, p. 136-143, nov. 2013, doi: 10.1016/j.aquaculture.2013.07.021.
- [74] M. Ahmed et T. Abbas, « Effects of Dietary Levels of Methionine on Broiler Performance and Carcass Characteristics », *International Journal of Poultry Science*, vol. 10, févr. 2011, doi: 10.3923/ijps.2011.147.151.
- [75] M. Bouyeh et O. K. Gevorgyan, « Influence of excess lysine and methionine on cholesterol, fat and performance of broiler chicks », *J. Anim. Vet. Adv.*, vol. 10, n° 12, p. 1546-1550, 2011.
- [76] J. A. Conde-Aguilera, L. Lefaucheur, S. Tesseraud, Y. Mercier, N. Le Floch, et J. van Milgen, « Skeletal muscles respond differently when piglets are offered a diet 30 % deficient in total sulfur amino acid for 10 days », *Eur J Nutr.*, vol. 55, n° 1, p. 117-126, févr. 2016, doi: 10.1007/s00394-014-0830-9.
- [77] S. Toue, R. Kodama, M. Amao, Y. Kawamata, T. Kimura, et R. Sakai, « Screening of toxicity biomarkers for methionine excess in rats », *The Journal of nutrition*, vol. 136, n° 6, p. 1716S-1721S, 2006.
- [78] A. Matsuzaki *et al.*, « US3 protein kinase of herpes simplex virus type 2 is required for the stability of the UL46-encoded tegument protein and its association with virus particles », *Journal of General Virology*, vol. 86, n° 7, p. 1979-1985, 2005, doi: 10.1099/vir.0.80949-0.

- [79] T. A. M. Fomekong, J. R. Kana, T. R. Ngouana, K. H. Mube, et A. Tegua, « Effets du taux de la lysine et de la méthionine de la ration sur les performances de croissance de la poule Barrée du Cameroun », *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 12, n° 2, p. 927-939, 2018.
- [80] J. T. Skinner, A. L. Waldroup, et P. W. Waldroup, « Effects of Dietary Amino Acid Level and Duration of Finisher Period on Performance and Carcass Content of Broilers Forty-Nine Days of Age1 », *Poultry Science*, vol. 71, n° 7, p. 1207-1214, juill. 1992, doi: 10.3382/ps.0711207.
- [81] C. G. Scanes, G. Brant, et M. E. Enslinger, « Poultry Science. 4th edn Pearson Education », *Upper Saddle River, New Jersey*, 2004.
- [82] M.-C. Baraut, *RECOMMANDATIONS NUTRITIONNELLES POUR LA POPULATION - RNP -*. MED-LINE, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.med-line.fr/back-future-fine/uploads/2019/11/Extrait-Recommandations-nutritionnelles-pour-la-population-RNP-MC-Baraut.pdf>
- [83] S. M. Tielemans *et al.*, « Intake of total protein, plant protein and animal protein in relation to blood pressure: a meta-analysis of observational and intervention studies », *Journal of human hypertension*, vol. 27, n° 9, p. 564-571, 2013.
- [84] J. H. Denton, C. N. Coon, J. E. Pettigrew, et C. M. Parsons, « Historical and scientific perspectives of same species feeding of animal by-products », *Journal of applied poultry research*, vol. 14, n° 2, p. 352-361, 2005.
- [85] M. Van Winkel, S. Vande Velde, R. De Bruyne, et S. Van Biervliet, « Clinical practice: vegetarian infant and child nutrition », *European journal of pediatrics*, vol. 170, p. 1489-1494, 2011.
- [86] G. O. Adeyemo et O. G. Longe, « Effects of graded levels of cottonseed cake on performance, haematological and carcass characteristics of broilers fed from day old to 8 weeks of age », *African Journal of Biotechnology*, vol. 6, n° 8, 2007.
- [87] J. A. Schmidt *et al.*, « Plasma concentrations and intakes of amino acids in male meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans: a cross-sectional analysis in the EPIC-Oxford cohort », *European journal of clinical nutrition*, vol. 70, n° 3, p. 306-312, 2016.
- [88] C. Agnoli *et al.*, « Position paper on vegetarian diets from the working group of the Italian Society of Human Nutrition », *Nutrition, metabolism and cardiovascular diseases*, vol. 27, n° 12, p. 1037-1052, 2017.
- [89] G. K. Davey, E. A. Spencer, P. N. Appleby, N. E. Allen, K. H. Knox, et T. J. Key, « EPIC-Oxford: lifestyle characteristics and nutrient intakes in a cohort of 33 883 meat-eaters and 31 546 non meat-eaters in the UK », *Public health nutrition*, vol. 6, n° 3, p. 259-268, 2003.
- [90] A. Waldmann, J. W. Koschizke, C. Leitzmann, et A. Hahn, « Dietary intakes and lifestyle factors of a vegan population in Germany: results from the German Vegan Study », *European journal of clinical nutrition*, vol. 57, n° 8, p. 947-955, 2003.
- [91] N. B. Kristensen *et al.*, « Intake of macro-and micronutrients in Danish vegans », *Nutrition journal*, vol. 14, p. 1-10, 2015.
- [92] S. Schiltz, N. Munier-Jolain, C. Jeudy, J. Burstin, et C. Salon, « Dynamics of exogenous nitrogen partitioning and nitrogen remobilization from vegetative organs in pea revealed by 15N in vivo labeling throughout seed filling », *Plant Physiology*, vol. 137, n° 4, p. 1463-1473, 2005.
- [93] K. Gallardo, C. L. Signor, G. Duc, R. Thompson, et J. Burstin, « Quels leviers génétiques mobilisables afin d'améliorer l'équilibre en acides aminés des graines de légumineuses ? », *Innovations Agronomiques*, vol. 60, p. 43, 2017, doi: 10.15454/1.5138508996277556E12.
- [94] C. Calet, « Les légumes secs, apport protidique », *Cahiers de nutrition et de diététique*, vol. 27, n° 2, p. 99-108, 1992.
- [95] D. B. Haytowitz et P. R. Pehrsson, « USDA's National Food and Nutrient Analysis Program (NFNAP) produces high-quality data for USDA food composition databases: Two decades of collaboration », *Food Chemistry*, vol. 238, p. 134-138, janv. 2018, doi: 10.1016/j.foodchem.2016.11.082.
- [96] V. Ravindran, « Poultry feed availability and nutrition in developing countries », *Poultry development review*, vol. 2, p. 60-63, 2013.
- [97] D. Bastianelli et C. Le Bas, « Evaluation du rôle de l'alimentation animale dans la sécurité des aliments: Perspectives d'action », *Actes de l'atelier international, CIRAD-FAO, Montpellier, France*, 2002.
- [98] J. Hardouin, « Production d'insectes à des fins économiques ou alimentaires: Mini-élevage et BEDIM », *Notes fauniques de Gembloux*, vol. 50, p. 15-25, 2003.
- [99] K. C. Klasing, « Poultry nutrition: a comparative approach », *Journal of Applied Poultry Research*, vol. 14, n° 2, p. 426-436, 2005.
- [100] G. Wu, F. W. Bazer, et H. R. Cross, « Land-based production of animal protein: impacts, efficiency, and sustainability », *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1328, n° 1, p. 18-28, 2014.
- [101] S. H. Gorissen *et al.*, « Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates », *Amino acids*, vol. 50, p. 1685-1695, 2018.
- [102] B. A. Rumpold et O. K. Schlüter, « Nutritional composition and safety aspects of edible insects », *Molecular nutrition & food research*, vol. 57, n° 5, p. 802-823, 2013.
- [103] P. Li, W. He, et G. Wu, « Composition of amino acids in foodstuffs for humans and animals », *Amino acids in nutrition and health: amino acids in gene expression, metabolic regulation, and exercising performance*, p. 189-210, 2021.

- [104] J. C. Maliboungou, M. Lessire, et J. M. Hallouis, « Composition chimique et teneur en énergie métabolisable des matières premières produites en République centrafricaine et utilisables chez les volailles », *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, vol. 51, n° 1, p. 55-61, 1998.
- [105] R. S. Vodouhe, G. A. Dako, A. Dansi, et H. Adoukonou-Sagbadja, « Fonio: a treasure for West Africa », *Plant genetic resources and food security in West and Central Africa. Ibadan, Nigeria*, p. 219-222, 2007.
- [106] C. Botella, « Les protéines végétales : intérêts et limites. Sciences pharmaceutiques. 2021. dumas03210847 - Recherche Google », 2021. <https://www.google.com/search?q=Claire+Botella>. (consulté le 13 février 2023).
- [107] N. Richter, P. Siddhuraju, et K. Becker, « Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) », *Aquaculture*, vol. 217, n° 1-4, p. 599-611, 2003.
- [108] D. Sauvant, J.-M. Perez, et G. Tran, « Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage: porcs, volailles, bovines, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons », *INRA Editions, Versailles*, 2002.
- [109] G. P. Maurizio, « Ecological implications of minilivestock; role of rodents, frogs, snails, and insects for sustainable development. Science Publishers, Inc. ISBN 1-57808-339-7. - Recherche Google », 2005. <https://www.google.com/search?q=Maurizio+G.+P.%2C+2005>. (consulté le 13 février 2023).
- [110] M. J. Paul, L. Philippe, B. Denis, B. Isabelle, F. Yann, et V. Maria, « Facteurs de variation de la digestibilité des nutriments chez le poulet : synthèse des résultats du projet DIGSPIR. », 2015.
- [111] J.-M. Lecerf, « Le génie des légumineuses », *Pratiques en Nutrition: santé et alimentation*, vol. 12, p. 36-39, 2016.
- [112] E. N. Whitney et S. R. Rolfes, *Understanding Nutrition, eighth ed. Wadsworth Publishing Company, Belmont, USA, pp. 3-40. - Recherche Google*, 11 th edition. © 2008, 2005 Thomson Wadsworth, a part of The Thomson Corporation., 1999. Consulté le: 26 avril 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.google.com/search?q=Whitney%2C+E.N>.
- [113] F. Shahidi et C.-T. Ho, « Process-Induced Chemical Changes in Foods: An Overview », *Process-Induced Chemical Changes in Food*, p. 1-3, 1998.
- [114] M. D'Amours, Impact de la chaleur et des lipides sur la digestion protéique de divers aliments. Université Laval, 2001.
- [115] S. Rudloff et B. Lönnerdal, « Solubility and digestibility of milk proteins in infant formulas exposed to different heat treatments », *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, vol. 15, n° 1, p. 25-33, 1992.
- [116] A. M. Castrillón, E. Alvarez-Pontes, M. T. G. Arias, et P. Navarro, « Influence of Frozen Storage and Defrosting on the Chemical and Nutritional Quality of Sardine (*Clupea pilchardus*) », *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 70, n° 1, p. 29-34, 1996.
- [117] M. Friedman, « Formation, nutritional value, and safety of D-amino acids », *Nutritional and toxicological consequences of food processing*, p. 447-481, 1991.
- [118] R. E. Öste, « Digestibility of processed food protein », *Nutritional and toxicological consequences of food processing*, p. 371-388, 1991.
- [119] J. Levic et S. Sredanovic, « Heat treatments in animal feed processing. », in 2nd Workshop Feed-to-Food FP7 REGPOT-3. Extrusion technology in feed and food processing, Thematic Proceedings. Novi Sad, Serbia, 19-21 October, 2010, Institute for Food Technology, 2010, p. 1-24.
- [120] M. Eklund *et al.*, « Effect of processing of rapeseed under defined conditions in a pilot plant on chemical composition and standardized ileal amino acid digestibility in rapeseed meal for pigs », *Journal of animal science*, vol. 93, n° 6, p. 2813-2825, 2015.
- [121] L. Michel, « Digestibilité des acides aminés dans les matières premières alimentaires chez le poulet: méthodologie de mesure, facteurs de variation et conséquences pour la formulation », PhD Thesis, Rennes 1, 1992.
- [122] G. S. Gilani, K. A. Cockell, et E. Sepehr, « Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods », *Journal of AOAC international*, vol. 88, n° 3, p. 967-987, 2005.
- [123] M. M. Rabiou *et al.*, « Composition en acides aminés des graines de *Boscia senegalensis* issues de différentes méthodes de traitements traditionnelles au Niger », *European Scientific Journal*, vol. 15, n° 6, p. 1857-7881, 2019.
- [124] J. Boye, R. Wijesinha-Bettoni, et B. Burlingame, « Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method », *British Journal of Nutrition*, vol. 108, n° S2, p. S183-S211, 2012.
- [125] A. Fardet, Optimiser le potentiel santé des produits végétaux par des technologies douces : sucres lents, préhydrolyse, germination et préfermentation. 2014.
- [126] F. Hübner et E. K. Arendt, « Germination of Cereal Grains as a Way to Improve the Nutritional Value: A Review », *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 53, n° 8, p. 853-861, janv. 2013, doi: 10.1080/10408398.2011.562060.

Phytochemical study and antioxidant activity of *Prosopis africana* leaf extracts

Fatia Moustapha¹, Xavier Worowounga¹, Semboli Olivia^{1,2}, Namkona Armel Frédéric¹, Koueni-Ouakounda Kevin Hermann¹,
and Jean-Laurent Syssa-Magalé¹

¹Laboratoire d'Architecture, d'Analyse et Réactivité des Substances Naturelles (LAARSN) Faculté des Sciences, Université de Bangui, BP908 Bangui, Central African Republic

²Laboratoire de biodiversité végétale et fongique, Central African Republic

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Introduction:* The species we have chosen is *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) of the Fabaceae family is a medium-sized shrub that can reach about 30 m in height and is widespread in tropical Africa, locally known in the Central African pharmacopoeia. It is a species widely used in traditional medicine for its therapeutic properties.
Objectives: As part of the valorization of medicinal plants used in the Central African pharmacopoeia, the interest of this work is focused on ethnobotanical investigations, chemical screening and antioxidant activity of *Prosopis africana*.
Methods: Four solvents of different polarities were used (cyclohexane, dichloromethane, acetone and methanol) for extraction. Qualitative analyses were based on staining reactions, followed by quantification by the 96-well plate reader to determine polyphenols, tannins, flavonoids and anthocyanins.
Results: The extraction results showed that the methanol extract has the best yield of 14.45%. Qualitative analyzes revealed the presence of tannins, flavonoids, sterols, triterpenes and saponosides. The polyphenol content was better than the other families of compounds quantified (Table 2). It varies between 42.90 and 247.89 mg of gallic acid equivalent (EqAG) /g. The methanol and acetone extracts have strong antioxidant activity. They have respectively the percentages of inhibition of DPPH the values 98.47±00.70 and 98.55±00.10% (Figure 5).
Principal component analysis (PCA) was performed using the «FactoMineR» and «factoextra» packages of the R software circle of variable correlation.
The best Person (r) correlation coefficient obtained was 0.95 between polyphenols and DPPH inhibition.
Conclusion: The phytochemical study revealed the presence of certain molecules such as polyphenols and alkaloids, which can give *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) its therapeutic properties.

KEYWORDS: *Prosopis africana*, extraction, phytochemical and antioxidant activity.

1 INTRODUCTION GÉNÉRALE

For centuries, traditional medicine has been a source of reliable, acceptable and affordable health care for the people of Africa. Until today. According to the WHO (2022), 80% of the continent's population depends on traditional medicine to meet their basic health needs. Medicinal plants occupy an important place in the pharmacopoeia thanks to their richness in secondary metabolisms.

Plants are reservoirs of a wide variety of secondary metabolites: alkaloids, phenolic compounds and terpenoids Zerargui et al [1].

Pharmacological studies have shown that different extracts of *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) have antibacterial and antioxidant properties Yanda et al [2]. Sasquiterpenes (*Prosoterpene*) flavonoids, alkaloids, phenolic acids were isolated from this plant [3]. Although many studies have been carried out on medicinal flora, very little of the data in the literature on

phytochemical and pharmacological analyses of the Central African Republic are available. Polyoxygenated sterols and triterpenes have selective cytotoxicity and antitumor properties [4].

The interest of this study which concerns the valorization of medicinal plants in order to rationalize their use as phytomedicines or food supplements. This work will consist of phytochemical characterization to determine chemical family groups of pharmacological interest. Then to carry out the biological activities of the extracts obtained.

With regard to the beneficial effects of polyphenols and their derivatives, alkaloids and other natural compounds, our research is oriented towards the class of chemical molecules endowed with biological activities. *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) of the *Fabaceae* family, with the vernacular name Ngbangre (in Banda), was selected from among the medicinal plants used in the Central African pharmacopoeia.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 ETHNOBOTANICAL STUDY AREA AND SAMPLE COLLECTION



Fig. 1. Ethnobotanical study site and sample collection

The town of Ndélé is located 552 km from Bangui and has 10,850 inhabitants. The geographical coordinates of Ndélé 8° 44' 34" North, 20° 53' 28" East with Latitude 8.74287, and Longitude 20.8911. The ethnobotanical surveys carried out, followed by a review of the bibliography, made it possible to select the plant. The leaves of *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) were collected in Ndélé at the city of friendship (Ndah site). The plant (figure 2) was identified at the Center for Studies and Research in Pharmacopoeia and Traditional African Medicine (CERPHAMETA) by Doctor Olivia SEMBOLI. The harvested parts were dried in the open air at the Laboratory of Analysis, Architecture and Natural Substance Reactivity (LAARSN) for two weeks and reduced to powder.



Fig. 2. leaves of *Prosopis africana*

2.2 PHYTOCHEMICAL STUDY

2.2.1 PREPARATION OF EXTRACTS

The method of Worowounga et al [5] then of Keuete Kamdoun et al [6] was used with modification. Four solvents of different polarities were used and in ascending order of polarity. A quantity of 100g of powder from the leaves of *Prosopis africana* was put in 400 mL of cyclohexane, stirred for 4 hours of the time at room temperature. After filtration, the extract is evaporated using a rotavapor at 35 ° C and the residues are taken up with the following solvent.

2.2.2 QUALITATIVE ANALYZES

To search for the major families of secondary metabolism, the classical methods based on tube color reactions were used. The tannins by the FeCl_3 test, the anthocyanins by the ammonia reaction, the saponins by the foam test and the alkaloids were identified by the Mayer tests. On the other hand, for triterpenes and steroids, the Liebermann-Burchard test was used [4].

2.2.3 DOSAGE OF POLYPHENOLS

The method of Worowounga et al [7] was used with modification for the determination of polyphenols. A volume of 20 μL of extract was added to 100 μL of Folin's reagent solution (0.2 N). The mixture is stirred for 30 seconds followed by incubation for 5 minutes in the dark. After incubation, a volume of 80 μL of Na_2CO_3 was added. The mixture is again stirred for 30 seconds with 15 minutes of incubation at room temperature. The absorbance is read at 620 nm. The reference used was gallic acid.

2.2.4 DOSAGE OF CONDENSED TANNINS

The vanillin solution is prepared at 1% in H_2SO_4 (7 M). A volume of 150 μL of this solution is added to 50 μL of extract. After incubation for 15 minutes at 25°C, the absorbance is measured at 500 nm [8]. The results are expressed in mg catechin equivalent/g dry matter (DM) and the catechin is the reference used. Different concentrations between 0 and 1000 $\mu\text{g}/\text{ml}$ prepared from a stock solution of catechin, made it possible to plot the calibration curve.

2.2.5 ANTHOCYANIN ASSAYS

The differential pH spectrophotometric method allows rapid and accurate measurement of total anthocyanins even in the presence of degraded polymerized pigments and other interfering compounds [9]. It is based on the determination of the absorbance of extractive solutions diluted with buffer solutions of pH = 1 and pH = 4.5. Anthocyanins are reversibly transformed under the influence of pH. The structural change associated with the modification of the chromophores determines the different color of the solutions of the anthocyanins according to the pH. The colored form (oxonium) predominates at pH=1 and the colorless form (hemi acetal) at pH=4.5. Two solutions of different pH were prepared. We have prepared two solutions of different pH are prepared. The solution at pH=1 contains KCl (0.2 M) and HCl (0.2 M). That at pH=4.5 is a mixture of CH_3COOH

(0.2 M), CH₃COONa (0.2 M) and H₂O. A volume of 100 µL of extract was added to 100 µL of the pH=1 solution in four wells, the next four wells contain 100 µL of extract and 100 µL of the pH=4.5 solution. The absorbance of the extract is measured at two wavelengths, 450 and 620 nm after incubation for 15 minutes at 25°C [10]. The results are expressed in mg cyanidin-3-glucoside equivalent/g plant material.

2.2.6 DOSAGE OF FLAVONOIDS

The quantification of flavonoids was carried out by a method based on the formation of a very stable complex between aluminum chloride and the oxygen atoms present on carbons 4 and 5 of the flavonoids. The protocol used is based on that described by [10] with some modifications. The solution of AlCl₃ (0.02 g/mL) in methanol was prepared. A volume of 100 µL of this solution is added to 100 µL of extract (3 mg/mL). For the control blank, 100 µL of methanol is added to 100 µL of solvent used to dissolve the extract. The measurement is made after 15 minutes of incubation at room temperature, the absorbance of the extract is measured at 415 nm. An aqueous solution of quercetin was prepared. Daughter solutions prepared from the stock solution at different concentrations between 0 and 1000 µg/ml will allow the calibration curve to be plotted.

2.3 ANTIOXIDANT ACTIVITY

A solution of DPPH (0.35 M) prepared in MeOH is diluted 10 times. From the *Prosopis africana* extract solution (Guill. & Perr.) (3mg/mL), a range of 16/20 dilutions; 1/2 and 1/5 was prepared. In the well, 180 µL of DPPH are added to 20 µL of the diluted solution of *Prosopis africana* extract (Guill. & Perr.). The mixture is subjected to stirring for 30 seconds and followed by incubation for 25 min. The absorbance is estimated at 450nm [10]. Ascorbic acid is used as a reference (0.25 mg/mL). The percentage inhibition is calculated from the following formula:

$$\%Inhibition = [(Ab - Ae) / Ab] \times 100$$

Ab: Absorbance white

Ae: extract absorbance

2.4 STATISTICAL ANALYZES

Principal component analysis (PCA) was performed using the “FactoMineR” and “factoextra” packages of the R software circle of variable correlation.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 RESULT OF ETHNOBOTANICAL SURVEYS

In the Central African Republic the plant is used to treat fever, stomach aches and funeral rites. Edible caterpillars feed on leaves of *Prosopis africana* in the Central African Republic.

3.2 EXTRACTION YIELD

The extraction yield of *Prosopis africana* leaf powders obtained varies between 2.4 and 14.45% (Figure 3). The methanol extract has the best yield of 14.45%. It is observed that the extraction yield evolves proportionally to the polarities of the solvents used.

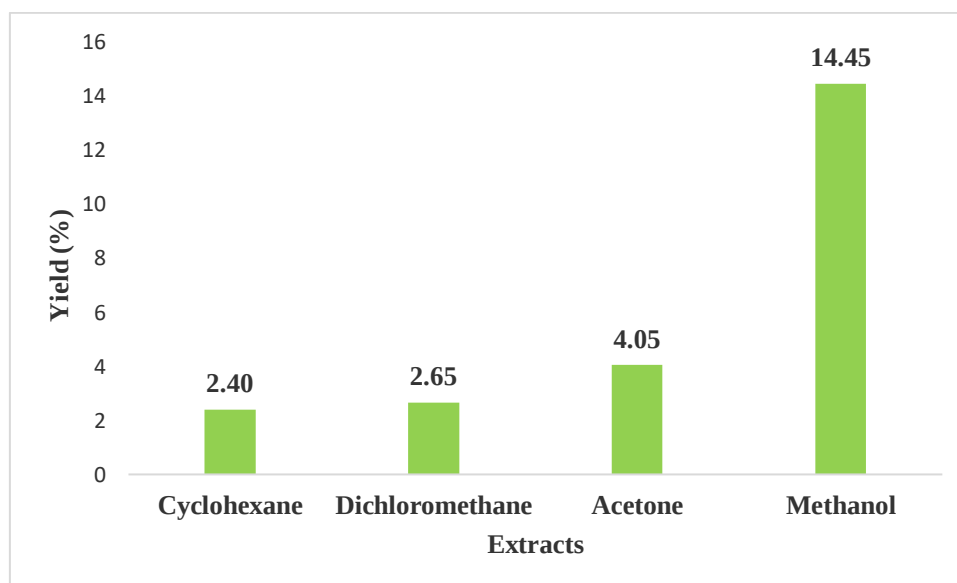


Fig. 3. Yield of *Prosopis africana* extracts.

3.3 QUALITATIVE ANALYSIS

Qualitative analyses carried out on extracts of *Prosopis africana* leaves revealed the presence of secondary metabolisms: tannins, flavonoids, sterols and triterpenes as well as saponifies (foam index which is 48.75). However, we noted the absence of alkaloids and anthocyanins (Table 1).

Table 1. Qualitative analysis of *Prosopis africana* leaf extracts

Plant	Tannins	Flavonoids	Anthocyanins	Sterol and triterpene	Alkaloids	Saponosides	
						Presence	foam index
<i>Prosopis africana</i>	+++	+	-	+	-	++	48.75

The results of the qualitative analyzes that we obtained are in agreement with the work of HAIDARA Mahahmat et al [10]. on the leaves of *Prosopis africana*, which highlighted the presence of tannins, flavonoids, alkaloids, sterols, triterpenes as well as saponoside with foam index 250.

3.4 CHEMICAL COMPOSITION IN POLYPHENOLS, TANNINS, FLAVONOIDS AND ANTHOCYANINS

The quantitative analysis made it possible to have the contents of total polyphenols of the various extracts which vary between 11.73 ± 0.93 and 247.89 ± 18.91 mg of gallic acid equivalent (mg EqAG/g). The methanol extract has the best polyphenol level 247.89 ± 18.91 mg EqAG/g, followed by the acetone extract 182.40 ± 24.31 mg EqAG/g. They are followed by anthocyanins which vary between 3.26 ± 0.175 and 4.92 ± 0.13 mg EqCya/g. We noted however that the flavonoid and tannin contents were very low compared to the polyphenols of the different extracts (Table 2).

Table 2. Content of polyphenols, flavonoids, tannins and total anthocyanins

Extracts	Polyphenols (mg EAG/g)	Flavonoids (mg EQ/g)	Tannins (mg EC3G/g)	Anthocyanins (mg EqCya/g)
Cyclohexane	42.90 ± 0.90	ND	0.08 ± 0.01	3.26 ± 0.175
Dichloromethane	44.47 ± 20.61	ND	0.07 ± 0.00	4.92 ± 0.13
Acetone	182.40 ± 24.31	0.09 ± 0.00	0.14 ± 0.00	ND
Methanol	247.89 ± 18.91	ND	0.14 ± 0.00	ND

3.5 ANTIOXIDANT ACTIVITY

The four extracts of *Prosopis africa* (0.3mg/mL) tested on DPPH are all active. The percentage of inhibition varies between 52.98 and 98.55%. The acetone and methanol extracts similarly inhibited DPPH with the percentages of 98.55 ± 0.10 and $98.47 \pm 0.70\%$ respectively.

Ascorbic acid (3.33ug/mL) was used as reference. Consequently, the four extracts tested contain antioxidant molecules.

The results of work by Lambert Yanda et al [2]. on the antioxidant activity (DPPH) of the methanolic extract of *Prosopis africana* leaves gave $IC_{50}=0.093\text{mg/mL}$. Their results are very close to our results, $IC_{50}=0.02\text{ mg/mL}$ (Tableau 3).

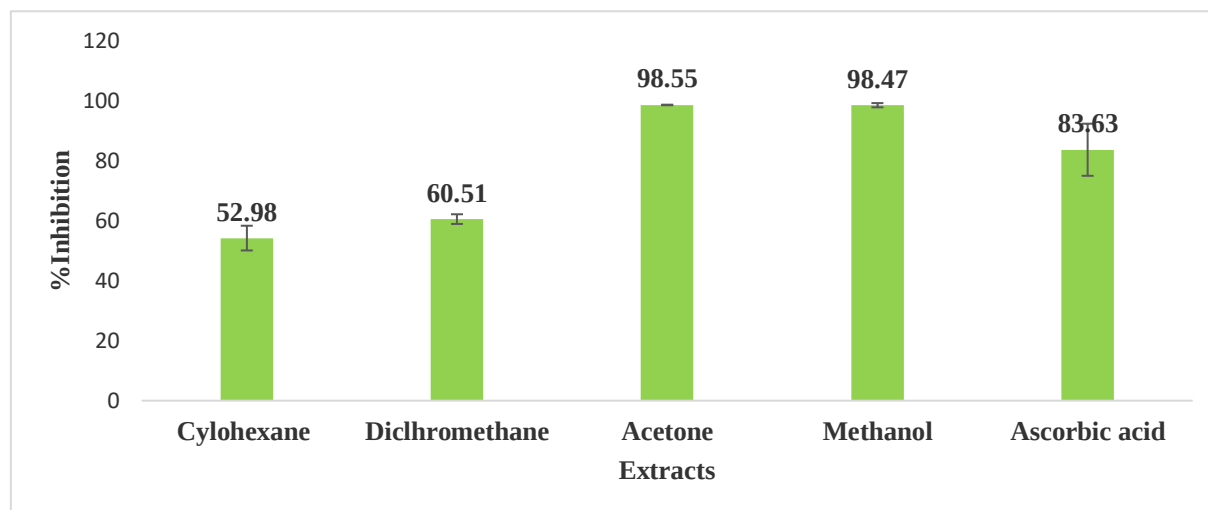


Fig. 4. Antioxidant activity of extracts *Prosopis africana*

PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS

The results of the principal component analysis (PCA) carried out using the "FactoMineR" and "factoextra" software of the R software circle of correlation of variables are in Figure 6. The correlated variables are grouped together. There is a correlation positive between polyphenols and tannins. Variables near the center of the graph are less important for the first components. Principal component analysis (PCA) was performed to understand how TPC, TFC and TTC contribute to the biological activity (anti-DPPH) of plant extracts. Principal components (PC), PC1 and PC2 showed 95.5 and 3.3% of the total data variance respectively.

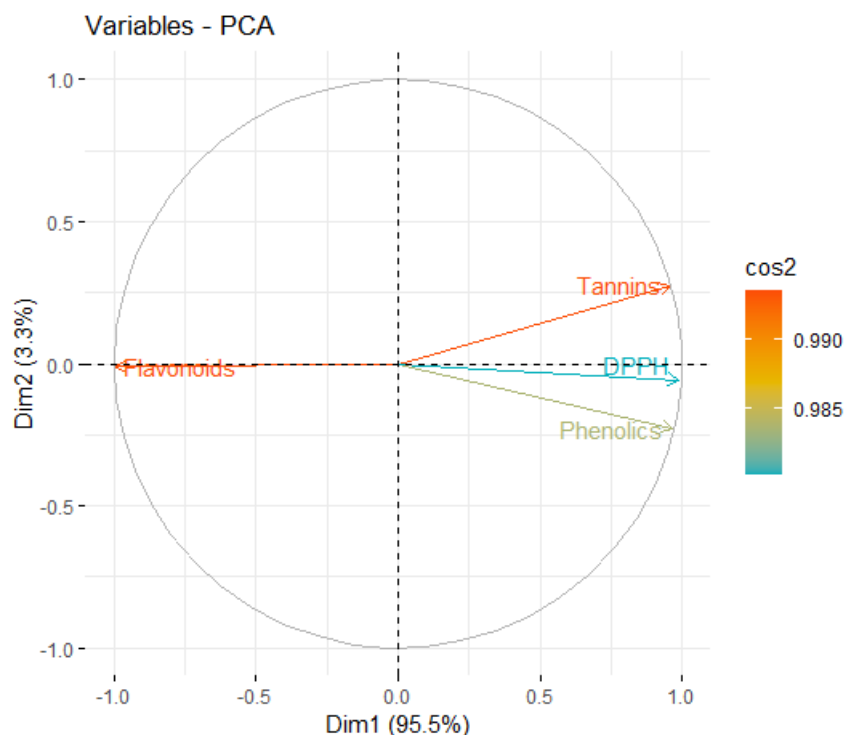


Fig. 5. Analysis of the principal components of "FactoMineR" and "factoextra" packages of antioxidant properties (Total polyphenols; Total flavonoids; Total tannins; DPPH: antioxidant activity) PS.

PEARSON CORRELATION MATRIX

It shows the correlation values (degree of linear relationship between each compensation variable). If both variables tend to increase and decrease at the same time, the value of the correlation is positive. When one variable increases while the other decreases, the value of the correlation is negative (Table 3).

Overall, there was a strong positive correlation between DPPH and polyphenol levels. Polyphenol and tannin contents contributed positively to an increase in potential inhibition against DPPH with Pearson correlation coefficients (r) equal to 0.95 and 0.92 respectively. However, there is a weak negative correlation between flavonoid level and DPPH inhibition with a Pearson (r) value of -0.99 (Table 3).

This indicates that the families of compounds, polyphenols and tannins contributed to the mentioned DPPH inhibition.

Table 3. Pearson correlation matrix (Pearson (n)), $n=12$

	Polyphenols	Flavonoids	Tannins	DPPH
Polyphenols	1.00	-0.95	0.87	0.95
Flavonoids	-0.95	1.00	-0.95	-0.99
Tannins	0.87	-0.95	1.00	0.92
DPPH	0.95	-0.99	0.92	1.00

4 CONCLUSION

The results of the qualitative analyzes of the leaves of *Prosopis africana* powders (Guill. & Perr) revealed the presence of tannins, flavonoids, saponosides, sterols and triterpenes. The quantitative analyzes gave a high rate of polyphenolics than the other families of the compounds quantified. The results of the antioxidant activity of the different extracts of this plant were better compared to the reference used (ascorbic acid).

Overall, there was a strong positive correlation between DPPH and polyphenol levels. Polyphenol and tannin contents contributed positively to an increase in potential inhibition against DPPH with Pearson correlation coefficients (r). However, there is a weak negative correlation between flavonoid level and DPPH inhibition.

In perspective, we plan to carry out additional biological analyzes and activity such as antibacterial activity, to identify bioactive compounds.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank Sallet IDRISS for its participation in the completion of this work.

REFERENCES

- [1] F. Zerargui, S. Boumerfeg, N. Charef, A. Baghiani, M. Djarmouni, S. Khenouf, L. Arrar, M. Abu Zarga, M. Mubarak, «Antioxidant Potentials and Xanthine Oxidase Inhibitory Effect of Two Furanocoumarins Isolated from *Tamus communis* L», Medicinal Chemistry, vol. 11, no. 5, pp. 506-513, 2015.
- [2] Yanda L, Tatsimo SJN, Tamokou JDD, Matsuet-Takongmo G, Meffo-Dongmo SC, Lannang AM, and Sewald N, Antibacterial and Antioxidant Activities of Isolated Compounds from *Prosopis africana* Leaves. International Journal of Analytical Chemistry, 2022: 1-10.
- [3] Raza A, Kayode Muritala S, Muhammad A, Humera J, Priya T, Rimsha I, Show A. A new sesquiterpene (Prosoterpene, 1) and eleven reported compounds (2-12) of several classes, such as flavonoids, alkaloids, phenolic acids, and long-chain alcohols, were isolated from the BuOH extract of *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taub. Natural Product Research, 9, 2022: 1-8.
- [4] Bang Luu B, Ourisson G. Stérols et triterpènes polyoxygénés: une famille de produits à larges spectres d'activités biologiques. Médecine/sciences, 1989, no. 5, pp. 403-407.
- [5] Worowounga X, Rahmani R, Namkona AF, Cazaux S, Syssa-Magalé JL, Matondo H, And Bouajila J. metabolites profiling of *Manilkara maboensis* Aubr'ev bark and Investigation of Biological Activities. International Journal of Analytical Chemistry. 2022: 1-14.
- [6] Keuete Kamdoun E, Fomen Youmbi MB and Tsopmbeng Noumbo GR. Antifungal Potential of Three Plant Extracts in the Control of Some Major Fungi Associated with Cashew Seeds (*Anacardium occidentale* L.) Journal of Experimental Agriculture International. 2022 44 (9): 168-179.
- [7] Worowounga X, Namkona AF, Semboli O, Issa-Madongo M, Koueni-Ouakounda HK, Foto BAE, Syssa-magalé JL. Quantification of Total Phenolics, Flavonoids, Tannins, Anthocyanins and Antioxidant Activities of *Cola urceolata* K. Schum. International Journal of Innovation and Applied Studies. 2022, 36: 670-677.
- [8] Nguerepende OS, Zinga I, Kamba Mebourou E, Semballa S, Worowounga X, Namkona AF, Nguerekossi B, and Robert Ndjouenkeu. Study of the Nutritional Quality and Therapeutic Virtues of Cassava Leaves Infected by the Mosaic Virus and Healthy in Central African Republic. Journal of Experimental Agriculture International. 2022, 44 (10): 150-162.
- [9] Giusti MM and Wrolstad RE. Anthocyanins: characterization and measurement with UV-visible spectroscopy Current protocols in food analytical chemistry. New York: John Wiley & Sons: Unit. 2001.
- [10] A. F. Namkona, O.S.F. Bolevane, F. Moustapha, X. Worowounga, P. Ngaissona, J.N. Koane, JL. Syssa-Magalé, «Biological activities and phytochemical analysis of extracts *Afrotyrax lepidophyllus* Mildbr. Seeds», *The Journal of Phytopharmacology*, vol. 6, no. 2, pp. 102-106, 2017.
- [11] Haidara M, Denou A, Diarra M, Tembely AD, Sanogo R. Etude pharmacognosique de *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taub. et *Tamarindus indica* L., deux plantes utilisées dans la prise en charge de la dysfonction érectile au Mali Revue RAMReS – Série Pharm. Méd. Trad. Afr. 2021, 20 (2): 89-96.

La pensée sociale en Afrique: Entre neutralité et engagement

[Social thinking in Africa: Between neutrality and commitment]

Dotsè Charles-Grégoire Alosse

Maître de Conférences en Philosophie politique, Université de Kara, Togo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The question of the right distance between subject and object has always been crucial for the social sciences. It reveals two aspects: epistemological and ethical. From the epistemological point of view, the concern concerns the objective knowledge that one can produce on objects of which one is a part. From the ethical point of view, the concern concerns the axiological position that can be defended in the study of phenomena involving values on which we ourselves make judgments. Social criticism is based on axiological neutrality as a methodological posture of social science research. This wébérienne requirement is part of the criteria of scientific neutrality and the criteria of scientificity which aims objectivity and excludes subjectivity. By proposing to situate social thinking in the African context, our approach consists, starting from social criticism but taking to witness one of the arenas of its manifestations that are universities and especially those African. The thinkers of the social, within these institutions, produce reactions that are confronted, through social criticism and social commitment, with the institutional pressures of regulation and control of the social particularly in the ranks of African academics who have the merit of asking the social question and enlightening the enlightenment of society in which knowledge and power are equidistant.

KEYWORDS: Africa, social criticism, engagement, neutrality, social sciences.

RESUME: La question de la juste distance entre sujet et objet a toujours été cruciale pour les sciences sociales. Elle laisse voir deux aspects: épistémologique et éthique. Du point de vue épistémologique, la préoccupation concerne la connaissance objective qu'on peut produire sur des objets dont on fait soi-même partie. Du point de vue éthique, la préoccupation porte sur la position axiologique qu'on peut défendre dans l'étude de phénomènes mettant en jeu des valeurs sur lesquelles on porte soi-même des jugements. La critique sociale se base sur la neutralité axiologique en tant que posture méthodologique de la recherche en sciences sociales. Cette exigence wébérienne fait partie des critères de la neutralité scientifique et des critères de la scientificité qui vise l'objectivité et exclu la subjectivité. En se proposant de situer la pensée sociale dans le contexte africain, notre approche consiste, à partir de la critique sociale mais prenant à témoin une des arènes de ses manifestations que sont les universités et notamment celles africaines. Les penseurs du social, au sein de ces institutions, produisent des réactions qui sont aux prises, à travers la critique sociale et l'engagement social, avec les pressions institutionnelles de réglementation et de contrôle du social notamment dans les rangs des universitaires africains qui ont le mérite de poser la question sociale et d'éclairer la lanterne de la société au sein de laquelle savoir et pouvoir sont équidistants.

MOTS-CLEFS: Afrique, critique sociale, engagement, neutralité, sciences sociales.

1 INTRODUCTION

Le pouvoir intellectuel, lorsqu'il n'est plus exercé à des fins épistémologiques mais idéologiques, n'est plus neutre mais engagé. Les rapports, tantôt harmonieux tantôt antagoniques entre les intellectuels et les politiques, entre savoir et pouvoir,

était déjà cardinale dans la philosophie platonicienne. Chez Platon (2016), en effet, les relations entre la pensée et l'action, le philosophe et le roi devaient nécessairement être complémentaires. K. Marx (1976) prône de son côté, et dans le même sens, l'engagement social et politique du philosophe, alors que M. Weber (2003) et R. Aron (1955) concluent quant à eux à l'incompatibilité entre l'impératif politique et les exigences philosophiques. La situation du penseur social en Afrique n'est pas univoque. Avant les indépendances, les études sociales étaient menées dans une logique de colonisation à travers des préjugés et des canons méthodologiques importés. Le contexte de l'émergence de la pensée sociale en Afrique postcoloniale est connu. Après les indépendances, les chercheurs en sciences sociales se sont mis à l'étude des faits sociaux dont les thèmes dominants étaient la liberté politique, l'émancipation culturelle, le développement économique entre autres. Seulement ces études entreprises selon les paradigmes occidentaux qui constituaient les ressources disponibles ont éloigné les sciences sociales africaines de leurs sociétés. Face à l'inefficacité de l'application des modèles scientifiques exogènes dans l'étude des réalités sociales en Afrique, doublée d'une prétendue neutralité axiologique qui détache le penseur de son objet d'étude, on a constaté avec la prise en main de la critique sociale par les africains eux-mêmes, un engagement scientifique dans le but de se rendre utile à sa société mais en comptant également avec les exigences académiques et institutionnelles selon qu'on soit critique ou expert.

Le problème qui se pose est celui de la situation du penseur social africain vis-à-vis des mutations de la réalité sociale. La question est la suivante: comment le penseur social en Afrique, qui est confronté à des problèmes existentiels et au vécu quotidien peut-il être utile à sa société tout en faisant preuve de neutralité axiologique et donc de scientifique ? De cette question fondamentale découlent trois autres interrogations, à savoir: quel rapport y a-t-il entre la neutralité axiologique, la critique sociale et l'engagement social ? Quelle est la situation de l'universitaire face à la critique sociale et à l'expertise sociale ? En quoi consiste l'engagement pour le penseur en sciences sociales ? Notre hypothèse est que le chercheur en sciences sociales qui veut se rendre utile à sa société doit se prémunir de l'emprise du pouvoir politique et approcher objectivement les faits sociaux à partir de la critique sociale.

L'argumentaire procède en trois étapes: primo, nous situerons la pensée sociale entre neutralité axiologique, critique sociale et engagement social; secundo, nous questionnerons l'université africaine à travers la critique sociale et expertise sociale; tertio, nous évaluerons l'engagement des sciences sociales en Afrique.

2 NEUTRALITÉ AXIOLOGIQUE, CRITIQUE SOCIALE ET ENGAGEMENT SOCIAL

La neutralité axiologique interdit la formulation de jugements de valeur dans les résultats de recherche. Elle fait injonction au chercheur ne peut pas fausser ses données, modifier ses résultats de recherche pour accommoder ses propres idéaux normatifs. Le critère proposé par M. Weber (2003) va toutefois beaucoup plus loin. La neutralité axiologique interdit l'enseignement, sur la base de travaux de recherche, des jugements de valeur où le chercheur doit s'en tenir à une description des faits et éviter les jugements évaluatifs. La conséquence de ce principe déontologique qu'est la neutralité axiologique est d'exiger du chercheur qu'il agisse comme s'il était sceptique ou apolitique, distant face à toute thèse normative. Toutefois, la neutralité axiologique ne concerne pas les débats publics, un autre lieu d'expression y compris du professeur. L'exigence de neutralité wébérienne concerne uniquement le domaine académique, en l'occurrence l'enseignement et la recherche. Dans les lieux politiques où les intervenants peuvent exprimer librement leur pensée à un public large, les chercheurs peuvent jouer un rôle important. Ils doivent s'abstenir de toute évaluation normative. « Une science empirique ne saurait enseigner à qui que ce soit ce qu'il doit faire, mais seulement ce qu'il peut et - le cas échéant - ce qu'il veut faire ». (M. Weber, 1992, p. 125).

Située dans le contexte de la recherche scientifique l'injonction de neutralité axiologique est explicitement normative puisqu'elle indique ce qu'il est bien de faire, ce qui doit être fait. Cette injonction impose aux scientifiques de taire et de cacher leurs valeurs et leurs positions personnelles et d'aborder leur travail professionnel (créer, publier et transmettre des connaissances scientifiques) de manière neutre, c'est-à-dire sans privilégier telle ou telle position, tel ou tel angle de penser.

Plus précisément, l'injonction de neutralité axiologique demande aux scientifiques de distinguer deux dimensions dans leur activité cognitive: la dimension objective et la dimension subjective. Elle leur demande ensuite de les séparer dans le processus de la méthode scientifique qui ne considère que la première dimension et demande aux chercheurs de contrôler, pour mieux les exclure de leur travail, les émotions et le corps qui les exprime, les intérêts personnels liés à la position sociale occupée, les expériences liées à l'identité et les engagements politiques ou sociaux.

En effet, la présence incontrôlée d'au moins un de ces éléments dans le processus scientifique pourrait en compromettre la pureté et biaiser, voire déformer, les résultats du travail scientifique en favorisant tels ou tels intérêts ou valeurs. Cette séparation et l'exclusion de la subjectivité sont vues comme la condition de l'accès possible de l'esprit humain à la vérité, c'est-à-dire à la coïncidence entre la science et le réel. Elles sont donc désignées comme des conditions nécessaires de la scientificité des connaissances qui se revendiquent comme scientifiques, à la différence des autres. Ce qui est vrai, c'est que le thème de

la neutralité supposée du savant va désormais s'installer durablement, en particulier dans les sciences sociales. Écoutons É. Durkheim (1989, p. 71) sur la question:

La science commence dès que le savoir, quel qu'il soit, est recherché pour lui-même. Sans doute, le savant sait bien que ses découvertes seront vraisemblablement susceptibles d'être utilisées. Il peut même se faire qu'il dirige de préférence ses recherches sur tel ou tel point parce qu'il pressent qu'elles seront ainsi plus profitables, qu'elles permettront de satisfaire à des besoins urgents. Mais en tant qu'il se livre à l'investigation scientifique, il se désintéresse des conséquences pratiques. Il dit ce qui est; il constate ce que sont les choses, et il s'en tient là. Il ne se préoccupe pas de savoir si les vérités qu'il découvre seront agréables ou déconcertantes, s'il est bon que les rapports qu'il établit restent ce qu'ils sont, ou s'il vaudrait mieux qu'ils fussent autrement. Son rôle est d'exprimer le réel, non de le juger.

Par extension, on peut dire qu'il s'agit de l'acquisition d'une liberté ou d'une libération eu égard aux opinions sociales et politiques. La neutralité étant spontanément impossible, sa recherche a permis de définir une posture méthodologique qui consiste à faire prendre conscience au chercheur en sciences sociales de l'intervention de ses propres valeurs dans son travail scientifique. Dans la psychanalyse freudienne par exemple, l'exigence d'une analyse préalable, dite didactique, a pour but une distanciation du praticien par rapport à ses propres tendances psychologiques pour les empêcher de biaiser son travail.

Aller vers une neutralité dans le domaine des sciences humaines et sociales demande une exigence supplémentaire par rapport aux critères scientifiques classiques. Il faut, en plus, contrer activement les biais par un travail de neutralisation fait par le chercheur sur lui-même, car il interagit fortement avec son objet de recherche. C'est ce que G. Bachelard (2000) appelle « les obstacles épistémologiques ».

Pour être en mesure de faire une analyse critique du social en Afrique, il faut comprendre les forces en présence, les rapports de force, et bien voir ceux qui détiennent tout le pouvoir et toutes les forces pour en tirer profit au détriment du respect du droit, de la justice sociale et de l'environnement. Il faut aussi faire les liens entre toutes les oppressions (de classe, de sexe, de race, etc.) et chercher à s'éloigner de l'endoctrinement du système idéologique qui s'immisce insidieusement dans la conscience collective. La critique sociale défend d'autres mondes possibles, en dehors du dogme du profit à tout prix et de l'individualisme qui tourne à vide au détriment de la sphère sociale. Elle constitue une action essentielle à laquelle tous les citoyens devraient participer afin de maintenir une réflexion collective en perpétuelle évolution dans une recherche de consensus. En soi, la critique sociale ne devrait pas avoir lieu en dehors de la société, mais dans la société pour reconstruire le sens à parler comme S. B. Diagne (2001).

Même si la critique sociale est vitale dans une société démocratique et qu'elle participe à l'engagement social, elle ne constitue pas en soi un engagement social. La critique sociale, lorsqu'elle reste marginale, lorsqu'elle n'offre pas de projet de société ou de modèle social inspirant et tangible pour la population, peut difficilement provoquer un changement social visible et effectif. Plusieurs ont l'impression qu'en critiquant socialement, ils s'engagent socialement de facto, alors que dans les faits, l'engagement social implique bien plus que cela. Il implique un travail militant de fond, sur une longue période, il participe à la mobilisation de la population rendue possible grâce à un travail de sensibilisation, par l'éducation, par la participation à la réflexion et aux actions collectives, et par l'organisation d'un mouvement social.

L'ancrage de la critique sociale est scientifique, historique ou normatif. Ces trois formes ne sont pas mutuellement exclusives. Et il arrive que l'intellectuel soit aussi un activiste et que l'activiste soit un intellectuel: lorsque la critique sociale repose sur des bases scientifiques, celle-ci porte sur ce qui est perçu comme erroné en mettant en relief des observations empiriques ou des recherches structurées révélant des faits indéniables. Les écologistes par exemple appellent à des changements profonds dans le mode de vie et de consommation des êtres humains pour combattre le réchauffement climatique en s'appuyant sur un fort consensus scientifique. La critique sociale s'inspire de l'histoire lorsque le présent est dénoncé parce qu'il rompt avec une continuité ou une fidélité au passé, ou parce qu'il ne correspond pas à une anticipation de l'avenir partagée par un grand nombre. Les mouvements nationalistes ou antinationalistes se structurent autour d'une telle critique du présent. Le cadre de la critique sociale est normatif lorsque celle-ci dénonce ce qui est ou qui est ressenti comme injuste au regard des droits et des libertés reconnus par des déclarations de droits, des chartes, des lois, elles-mêmes résultant de critiques sociales antérieures. C'est ainsi que la lutte contre la pauvreté ou en faveur d'un accès universel à l'éducation et à la santé se structure, évoquant le droit à la vie ou le respect de la dignité humaine. Les libertés d'expression et d'association sont au fondement des appels pour la démocratie ou pour la libération des prisonniers politiques.

On peut faire en même temps de la recherche et de la critique sociale. Est qualifiable de critique une pensée qui établit des liens, des faits de cohérence logique entre des secteurs d'activités qu'on a eu tendance à isoler les uns des autres. Prenons l'exemple de travaux qu'on peut faire sur le rôle des multinationales en Afrique: il est absolument indispensable pour penser

d'une manière serrée les incidences graves qu'a eues la présence de ces multinationales en Afrique, de faire entrer en corrélation des enjeux relatifs tout à la fois aux accointances politiques, à la haute finance, à la mondialisation industrielle, aux politiques économiques, à l'histoire de l'Afrique, à la question des communautés en Afrique, aux rapports sur les affrontements entre belligérants dans divers contrées, à des questions minières entre autres.

On peut envisager une critique sociale sans engagement social. À partir du moment où nous devenons porteurs d'une position, des manifestations concrètes de cette position s'imposent d'elles-mêmes. On sollicite constamment notre opinion, on nous sonde régulièrement, nous sommes amenés, à travers diverses discussions, rencontres, actions, à réaffirmer ces positions. Il est tout naturel d'agir en cohérence avec notre discours. Cependant, si l'engagement social signifie l'implication dans une forme ou une autre de regroupements, de partis, d'associations sociopolitiques, s'il se limite à ces formes, il est possible d'envisager la critique sans l'engagement. Le foisonnement des bénévoles de tous genres en Afrique, les bonnes œuvres de toutes sortes, les fondations entre autres en font foi. Il y a certes engagement, mais la plupart du temps on ne remet pas en question le fonctionnement de la société. On se contente de travailler sur les effets des carences du système plutôt que sur les causes.

Certains affirment que l'engagement social tend à disparaître pendant que d'autres croient en l'émergence de nouvelles formes d'engagement. L'engagement social a toujours existé et, vu que nous sommes capables d'imaginer l'avenir, on ne voit aucune raison pour qu'il cesse. Ce qui, dans les années 1990 s'exprimait à travers des manifestations dans la rue, des groupes de pression ou des partis politiques, passe maintenant davantage par les réseaux sociaux qui sont l'expression de nouvelles formes d'engagement. On s'y exprime on y échange des informations, on y débat, bref on s'y implique. Il reste que, bien que moins répandues qu'elles l'ont déjà été, les vieilles formes d'implication ont toujours leur place. Le processus change, évolue, se transforme, mais l'implication demeure. Des causes comme l'écologie, la paix, les droits de l'homme, trouvent leurs militants en abondance certes, mais il demeure que d'autres, la redistribution équitable de la richesse, la justice sociale, les luttes contre divers potentats qui gouvernent encore quelques pays en Afrique et de par le monde, méritent des pensées critiques appropriées. Ainsi, « plus souvent moralement irritante que matériellement efficace » comme le fait remarquer justement M. Walzer (1995, p. 249), la critique a des limites et suscite des réactions de rejet dans l'espace public, notamment de la part des dominants, le plus souvent objets de la critique.

3 CRITIQUE SOCIALE ET EXPERTISE SOCIALE: LES UNIVERSITÉS AFRICAINES EN QUESTION

Le monde universitaire est tiraillé entre deux grands modèles perceptibles: d'un côté nous avons le modèle de l'expert ou de l'entrepreneur de la pensée comme c'est le cas de nos jours du professeur ou chercheur qui crée son laboratoire, lutte pour les subventions, s'associe parfois à des entreprises privées ou publiques, essaie de conquérir une chaire qui lui permettra d'étendre son aire d'influence afin de pouvoir arrondir ses fins de mois. C'est le modèle d'experts, de conseillers gouvernementaux, syndicaux, de partis et de consultants tous des producteurs tous azimuts de réponses à des questions concrètes. D'un autre côté se trouve le penseur critique qui s'engage dans divers combats d'idées, dans les causes humanitaires et dans le militantisme partisan pour la cause du social. « Ce modèle s'applique aux intellectuels spécifiques au sens où en parlait Foucault, d'intellectuel universel (le « compagnon de route ») à la Sartre ou encore de l'« intellectuel collectif » de Bourdieu qui posent généralement plus de questions qu'ils n'apportent de réponses ». (M. Soulière, K. Gentelet, G. Coman, 2014, p. 300).

Les intellectuels des médias et les intellectuels publics proches des gouvernements viennent du groupe des experts sociaux. Les occasions de donner leur point de vue ou de produire un rapport bien payé ne leur manquent pas. On a vu comment la question de révision constitutionnelle dans le sens de troisième mandat a reçu la bénédiction scientifique de certains universitaires avec des démonstrations magistrales souvent beaucoup à l'avantage du pouvoir politique qui commet l'expertise en reléguant au second plan les principes doctrinaux. Or, M. Weber (2003, p. 103) nous avertissait que « le prophète et le démagogue n'ont pas leur place dans une chaire universitaire. Il est dit au prophète aussi bien qu'au démagogue: "Va dans la rue et parle en public" ce qui veut dire là où l'on peut te critiquer ».

Les universitaires prétendument experts de l'une ou l'autre des questions sociales sont au garde-à-vous en attendant qu'on les invite à donner leurs réponses, lesquelles sont souvent d'autant plus courtes alors que les problèmes sont beaucoup plus complexes. Il y a aussi les connaissances élaborées dans des laboratoires d'expertise sociale dont la principale préoccupation est, dans la majorité des cas, de légitimer l'idéologie dominante ou dans tous les cas, de défendre les intérêts de leurs bailleurs de fonds. On ne peut s'interroger en profondeur sur les modèles qui s'imposent de nos jours aux professeurs et chercheurs des universités que si on examine dans les détails ce que sont devenues les centres de recherche en tant que lieux de production du savoir, comment se fait de nos jours la diffusion de la pensée et des résultats des recherches, et ce qu'est l'université dans nos sociétés.

Sur la question même de l'université, toutes les réformes faites ces dernières années s'inspirent du management de type entrepreneurial et on tend à favoriser une gestion calquée sur les résultats quels que soient les moyens et donc sur la gestion des entreprises privées. Cela se fait parfois au mépris du travail académique et scientifique qui nécessite, au contraire, une large autonomie intellectuelle et une certaine indépendance économique, lesquelles sont les garantes d'une véritable liberté de la pensée.

Or, aussitôt que la mentalité entrepreneuriale s'impose dans les universités, le primat de la rentabilité devient la règle de base qui doit être suivie, avec parfois l'injonction de produire des savoirs qui sont en accord avec les besoins des entreprises ou des gouvernements. Ainsi, dans ce nouveau contexte, on tend à penser que le modèle managérial constitue le modèle le plus approprié pour nos universités. On oublie que l'excellence de quelques établissements d'élite dissimule la dégradation de la situation dans la majorité des campus des universités publiques dont le rôle pourrait être central pour réduire les inégalités sociales.

Dans un tel contexte, il n'était pas étonnant qu'on en vienne à proposer de transformer les modes de gouvernance de l'université, jugés archaïques, afin de rapprocher celle-ci des entreprises privées, de la rendre plus productive et de la mettre vraiment au service du développement de la société. Ce sera donnant-donnant: d'un côté, des fonds privés viendront grossir le nombre de chaires et aider à la construction des bâtiments, etc.; de l'autre, des administrateurs de sociétés privées apporteront leur expertise dans la gouvernance des universités, de préférence dans les conseils d'administration qu'il faudra structurer sur le modèle des conseils d'entreprise. C'est le cas pour les Universités publiques du Togo où les partenaires économiques et sociaux sont légalement représentés dans les Conseils d'Université. L'univers relativement autonome que les universités avaient réussi à construire, au fil des siècles, en échappant aux pouvoirs civil et ecclésiastique, s'est fracturé avec l'entrée de l'esprit de l'entreprise et du privé, en un mot avec la présence du pouvoir économique, dans l'espace même de l'université. Tout cela se fait au nom d'une meilleure articulation de l'université sur la société.

La pratique de sciences sociales profondément articulées sur l'étude des grands défis qui se posent à nos sociétés requière une liberté de penser. Elle met à rude épreuve le sens de responsabilité sociale des universitaires qui cherchent encore un refuge tranquille dans cette tour d'ivoire que l'université a été pendant trop longtemps. La réforme en cours dans la plupart des universités africaines et d'ailleurs à propos de la rentabilité ne doit pas mépriser des conséquences que l'intrusion de critères et de décideurs externes à l'université même ne manquera pas de provoquer.

E. Said (1994) est l'un de ceux qui ont proposé une distinction fine entre les deux figures, à savoir le critique social et l'expert social. Quand il décline les caractéristiques qui définissent l'expert, il le fait essentiellement par rapport à la professionnalisation qui le qualifie. Aujourd'hui, on sait très bien qu'un universitaire doit se faire un courtier de la recherche. L'universitaire est un courtier qui vend des résultats scientifiques à des bailleurs de fonds. Son institution exige de lui que son activité rapporte financièrement. Ce qui pose beaucoup de problèmes du point de vue de la corruption. Le problème de la corruption à l'université doit être abordé comme dans le domaine politique et comme partout où la corruption peut sévir, en ce qu'elle ne touche plus strictement à des enjeux de trafic d'influence, avec son lot d'enveloppes ou de subventions à la recherche selon les secteurs, mais à ce qui vient intimement influencer le chercheur dans la façon qu'il a de définir son métier comme tel.

La corruption agit à un niveau de profondeur et a touché le monde universitaire de face. La corruption envoie à la définition même qu'en donne Aristote dans ses travaux de physique, à savoir qu'il y a corruption quand une chose est tellement transformée qu'on n'en reconnaît plus la nature. L'université est corrompue au sens où elle est devenue méconnaissable en tant qu'entreprise fournissant des résultats de recherche aux acteurs sociaux privilégiés qui ont les moyens de se les payer et, donc, de les orienter, d'en commander en quelque sorte les termes. La recherche n'est donc pas ce lieu, autant que faire se peut, de désintéressement tourné vers des enjeux pertinents en eux-mêmes.

L'expert auquel l'universitaire se confond aujourd'hui dangereusement est celui qui, professionnalisant sa démarche, est tout à fait lié à des institutions forcément empreintes d'idéologies. Par idéologie, on entend le discours qui, encastré dans un ordre existant physiquement dans une histoire, fournit à ce régime son naturalisme, sa justification de tous les instants. Donc, les experts se révèlent le plus souvent des acteurs qui sont professionnellement et donc financièrement tributaires d'institutions avec lesquelles ils doivent se montrer solidaires, solidaires à tout le moins d'un lexique particulier et de logiques convenues. Et ce lexique est précisément celui qui les empêche de penser de manière critique, c'est-à-dire de manière à soulever des interrogations fondamentales. Il ne se démarque pas du sens commun à parler comme M. Walzer (1990). Or,

La possibilité d'une transgression consciente, revendiquée, de la norme établie suggère à la réflexion philosophique l'idée d'un principe intérieur d'orientation de la conduite humaine, d'une loi invisible, qui est susceptible d'entrer en opposition avec elle. La norme établie, explicitement formulée ou codifiée, ne constitue pas l'unique règle capable de guider le comportement des membres d'une société (M. Savadogo, 2008, p. 13).

Un fonctionnement clientéliste inhibe considérablement de l'expertise publique en ce sens qu'elle ne se démarque pas de la route déjà tracée et entretient un langage officiel qui camouffle le plus souvent la réalité. Ainsi, plutôt que de parler de guerre, il faudra par exemple parler de problèmes relatifs à la sécurité humaine; plutôt que de parler de dictature, il faudra parler de mal gouvernance plutôt que de démocratie, on préfère parler de bonne gouvernance. Il faudra également parler de sous-développement plutôt que de pillage et ainsi de suite. Les bailleurs de fonds veillent à la bonne application de ce vocabulaire. Il faudra adopter toute une série de termes pour être admis dans un cercle, qui est un cercle de puissants à l'intérieur duquel l'expertise est reconnue, un cercle qui a le pouvoir de reconnaître l'expertise en même temps qu'il en dépend. Il faudra aussi choisir les moments opportuns pour se donner des allures factices de penseur critique: c'est soudainement quand un dictateur meurt au pouvoir ou est chassé du pouvoir par force que les politologues dénoncent le dictateur qu'il a été, sans jamais toutefois relever les complaisances dont les puissances extérieures faisaient preuve à son égard et continue de faire preuve à l'égard d'autres potentats du genre toujours en poste. Et donc, cette suture malencontreuse entre la fonction de l'expert et un discours pratiquement préétabli et éminemment prévisible condamne, de fait, la pensée sociale à tendance managériale.

Le terme de gouvernance est très intéressant à cet égard. La gouvernance est un terme qui vient du domaine des affaires, qui est passé par la politique via le régime de Margaret Thatcher, pour ensuite arriver à la Banque Mondiale et, par le renfort de subventions, à des cercles universitaires ainsi qu'à des ONG. Il a trouvé sa légitimité grâce à un financement massif car le mot « gouvernance » est éminemment subventionné, mais avec lui, la paix, les droits de l'homme, entre autres. On pourrait remarquer que c'est pour avoir de l'argent ou pour jouir de la reconnaissance des pairs largement déterminée par le conformisme que les experts d'ONG, de plus en plus collaboratrices, et que les universitaires se sont mis à les employer, puisque depuis lors rien n'a changé véritablement dans le contexte africain.

Ce qu'E. Saïd (1994) propose par rapport à ce problème, ce n'est surtout pas de l'amateurisme, mais c'est ce qu'il appelle une « attitude d'amateur ». « Amateur » surtout dans le sens où on s'éprend d'un problème au point de l'aborder selon tous les angles qui nous semblent nécessaires. L'intellectuel dont il parle n'est pas nécessairement attiré pour se prononcer sur toutes les disciplines qu'il mobilise afin d'aborder le sujet qu'il élit, au sens de la reconnaissance institutionnelle, mais cette attitude libre permet néanmoins ce point de vue dégagé sur des ensembles de problèmes, des nœuds de problèmes que l'on ne peut pas saisir d'un point de vue singulier.

Au carrefour des différentes positions critiques soulevées, se situe la logique gestionnaire qui caractérise le paysage universitaire contemporain. L'éducation supérieure est dans un procès d'assujettissement à l'économie du nouveau capitalisme managérial, un indicateur de cela étant les analogies courantes et éloquentes au monde des affaires: les étudiants vus comme une clientèle, les professeurs comme des Coachs accompagnateurs. Cette logique se traduit en une transformation des rapports entre universitaires ainsi qu'en une vision utilitariste de l'éducation.

Chez les étudiants, le rôle privilégié est celui de stratège de leur propre parcours académique comme c'est la règle dans le système Licence-Master-Doctorat (LMD). Il faut exceller si l'on veut avoir une niche dans le paysage universitaire de plus en plus compétitif. Ces dispositions se révèlent de plus en plus comme des impératifs de conduite. Être excellents, certes, mais de quelle excellence s'agit-il et qui la définit ?

Chez les professeurs, les impératifs actuels ne sont pas moins lourds. Il faut bâtir une carrière en se démarquant des collègues, qui sont la plupart du temps envisagés comme étant des adversaires, des compétiteurs, plutôt que comme des collaborateurs. Les seules alliances possibles sont celles qui sont profitables aux parties impliquées, celles qui sont construites selon le discours du gagnant-gagnant. Cela se traduit bien sûr en une course aux subventions, aux publications internationales bien cotées, aux communications dans des colloques internationaux, à l'accès au grade magistral, etc. Il faut dorénavant savoir performer selon les standards dictés par les bailleurs de fonds, qu'ils proviennent du public que du privé. Il faut publier, signer des ententes, organiser des ateliers. Pas pour le plaisir de rendre publiques nos découvertes, mais plutôt pour l'impératif de voir notre nom cité. On vit ainsi dans le royaume de l'évaluation autant par les pairs que par les comités externes.

D'étudiants, professeurs-chercheurs à syndicalistes et militants, les différents parcours d'engagement convergent vers le constat que l'Université actuelle s'engage dans un processus d'instrumentalisation opérationnelle et s'éloigne de sa fonction critique. En découlent des conséquences majeures modifiant notamment le rôle attendu de l'étudiant, la tâche principale du professeur ainsi que le mode de transmission de la connaissance. Aux fondements de ces mutations, c'est la mission même de l'Université qui est compromise. Concrètement, il semble que nous assistons à la fois à une mutation du financement de l'Université et à un profond changement de la mission institutionnelle, à savoir sa fonctionnalisation dans un rapport de réponse adaptative aux besoins du marché.

Une des dimensions nouvelles est sans doute la nouvelle gestion entrepreneuriale de l'Université. D'un côté, cela se traduit par une redéfinition des étudiants en consommateurs, travailleurs et stratèges, bref, en étudiants excellents. D'un autre côté,

la dimension recherche semble empiéter sur le volet enseignement et encadrement de la tâche des professeurs d'université. Plus généralement, la logique marchande tend à moduler la relation de transmission du savoir. La préoccupation centrale dans un modèle gestionnaire de l'éducation supérieure étant l'employabilité, les connaissances à acquérir se doivent d'être utiles, les parcours académiques modulés par les demandes du marché. Le cas échéant, les exigences du marché se conjuguant aux restrictions budgétaires et s'imposent au détriment du développement de la pensée critique.

Face à ces mutations, l'Université ne devrait-elle pas rendre ses lettres de noblesse à la capacité de regarder les choses au-delà des apparences pour retrouver les racines cachées ? En soulevant cette interrogation, on met en lumière les dérives d'une institution qui évacue sa mission féconde: orienter, dans une perspective humaniste, les débats socio-politiques. Le malaise exprimé ici devrait se traduire de manière opératoire par un ensemble d'actions et de propositions théoriques qui contribueraient à renverser les tendances managériales mises en œuvre actuellement par les différentes universités.

L'Université peut garder une mission d'engagement critique et de transmission sociale de la connaissance, et ce, tout en gardant un esprit d'innovation et de dynamisme. Les solutions aux problèmes peuvent émaner des états généraux des universités, de la rédaction de manifestes ou d'articles critiques dans des revues. Ce qui semble cependant faire davantage l'unanimité est le fait que, quelle que soit la voie empruntée par la critique sociale de l'Université, elle doit se faire en tenant compte des propositions des différents acteurs de la communauté universitaire, spécialement les professeurs et les étudiants. Il se pose alors la question de l'engagement puisque le chercheur peut s'engager, enfin, au nom de valeurs universelles que sont le « désintéressement », la « probité », « vérité », selon les termes de P. Bourdieu (2001, p. 33-34).

4 L'ENGAGEMENT DES SCIENCES SOCIALES EN AFRIQUE

L'engagement en sciences sociales est un engagement fondamental et non un engagement militant. Selon M. Savadogo (2012, p. 15), « L'ambition de penser l'engagement conduit la réflexion à redécouvrir la vieille opposition entre théorie et pratique qu'elle surmonte dans une dissociation entre engagement fondamental et engagement militant ». Les sciences sociales, par souci de scientificité, prétendent souvent avoir acquis une neutralité et se démarquent de l'engagement. Mais un regard sur la tradition critique des sciences sociales relativise une telle conception. L'on se rappelle les positions de Comte et Durkheim sur le rôle des sciences sociales. L'esprit positif qui a prévalu dans l'engendrement de la des sciences sociales cautionnait l'engagement de celles-ci à faire sortir « les grandes notions sociales » d'un état flottant et contradictoire afin de « délivrer les sociétés de cette fatale tendance à une imminente dissolution et la conduire directement à une organisation nouvelle ». (A. Comte, 1975, p. 15). Le projet positiviste était inséparable, dans l'optique de Comte et de Durkheim, d'une vision pratique de la connaissance du social. Les sciences sociales ont porté, dès leur émergence dans le contexte occidental, l'impératif du projet utilitariste inhérent à toute intention cognitive destinée, en dépit de la pétition de principe d'une neutralité déclarée, à satisfaire les besoins humains. Pour parler comme É. Durkheim (2002, p. 41) « Écrivains et savants sont des citoyens; il est donc évident qu'ils ont le devoir strict de participer à la vie publique. Reste à savoir sous quelle forme et dans quelle mesure ».

Dans le contexte africain par exemple, les sciences sociales se sont très vite préoccupées par exemple de l'intégration des ethnies au sein des États-nations africains. Elles se sont intéressées aux contours de la gestion de la cohabitation et des conflits entre communautés. La conclusion à laquelle ont abouti les recherches sur cette question a consisté à dire que le respect de la citoyenneté et le maintien des particularismes peuvent favoriser l'assimilation des communautés et leur pleine participation à la vie et aux valeurs universelles de la démocratie. La conséquence que nous tirons de ce bref rappel de la dimension praxique des sciences sociales, c'est que le praticien des sciences sociales, en dépit des exigences relatives à l'objectivité et à la scientificité des productions, ne saurait faire fi des conditions historiques de leur émergence. N. Elias (1993) écrit notamment à propos des chercheurs en sciences sociales:

Leur propre participation, leur engagement, conditionnent par ailleurs leur intelligence des problèmes qu'ils ont à résoudre en leur qualité de scientifiques. Car, si pour comprendre la structure d'une molécule on n'a pas besoin de savoir ce que signifie se ressentir comme l'un de ses atomes, il est indispensable, pour comprendre le mode de fonctionnement des groupes humains, d'avoir accès aussi de l'intérieur à l'expérience que les hommes ont de leur propre groupe et des autres groupes; or on ne peut le savoir sans participation et engagement actifs. (N. Elias, 1993, p. 29).

L'engagement des sciences sociales africaines, dans les multiples et complexes batailles que l'Afrique mène dans une globalisation qui lui est a priori défavorable, est plus qu'une exigence. L'académisme tant vanté, au nom d'une raison scientifique universelle et d'une neutralité axiologique, ne doit pas détourner le chercheur social africain à s'orienter vers une production scientifique qui s'insère dans le combat pour un projet social dont l'ambition est de donner à ce continent un lieu

et une place dans la nouvelle marche du monde. K. Marx (1976, p. 4) écrivait à juste titre que « Les philosophes n'ont fait qu'interpréter diversement le monde, ce qui importe, c'est de le transformer ».

En Afrique, généralement, la recherche scientifique est sous le joug de l'impérialisme occidental. Elle se fait au travers les canons méthodologiques et épistémologiques importés. La recherche scientifique vise un agenda qui ne sert pas directement les intérêts des africains. Elle se fait à travers le prisme des bourses de financement extérieures qui imposent des directives qui répondent à une vision occidentalocentrée du monde. Dans ces conditions, on peut constater aisément que la recherche sociale en Afrique est sous le coup des paradigmes venant d'ailleurs.

La science, à travers ses textes, ses acteurs et ses institutions, est la forme de savoir la plus puissante dans le monde contemporain et la plus valorisée par le système capitaliste: elle inspire les politiques publiques, transforme les modes de production et les modes de vie, les soins de santé, l'accès à l'énergie et à l'information, etc. Elle pourrait donc vraiment contribuer à résoudre les problèmes des pays des Suds, que ce soit en approfondissant la compréhension de ces problèmes ou en générant les innovations sociales et technologiques appropriées. Mais il faudrait pour cela qu'elle s'y intéresse avec au moins autant d'intensité et de moyens financiers qu'elle le fait dans le cas des pays du Nord ou des questions que ces pays trouvent fondamentales. Or l'argent de la science vient principalement des pays du Nord où il finance les centres de recherche et les revues qui publient les résultats obtenus. Malgré ses prétentions, la science est donc loin d'être universelle: elle est localisée dans les pays du Nord, à la fois institutionnellement et par ses thèmes de recherche. Les États du Nord qui la financent espèrent qu'elle répondra à leurs défis, à leurs problèmes et depuis l'avènement de l'économie du savoir, qu'elle les aidera à devenir encore plus riches. Le sort des pays des Suds l'intéresse beaucoup moins. (F. Piron et al. 2016, p. XVI).

Le chercheur africain doit établir un rapport avec la connaissance du social qui suppose l'exigence d'une utilité pratique de ses productions scientifiques pour les sujets africains, engagés dans les combats de toutes sortes et faisant face à des défis multiformes et d'une complexité avérée. Il nous faut rompre avec l'académisme au profit d'un savoir aux incidences bénéfiques pour la société, pour la construction d'une Afrique réconciliée avec ses valeurs cardinales. C'est à ce titre que les sciences sociales africaines se mettraient au service du continent et participeraient à sa véritable refondation. Cette visée passe par la réaffirmation de la primauté de la question du développement à l'ordre du jour dans le discours social et de l'engagement intellectuel, toute chose qui soit un impératif pour que l'Afrique puisse compter parmi les nations et sortir du statut quo du sous-développement. J.-J. Salomon (2006, p. 398) appelle justement les scientifiques à sortir de cette « communauté du déni », à « reconnaître et assumer le fait que la pratique de la recherche scientifique même fondamentale n'est pas une activité neutre dont les valeurs sont extérieures à celle de la cité ».

Le credo de l'engagement vise à montrer que la recherche en sciences sociales ne devrait pas s'exercer dans une pseudo-neutralité au point de sacrifier leur engagement sur le projet de réformes sociales, politiques, économiques, scientifiques et culturelles qu'exige la situation actuelle de l'Afrique dans la mondialisation en cours. Dans la constitution d'un savoir scientifique en Afrique, il ne faudrait pas que les théories élaborées occultent les réalités vécues et l'esprit d'engagement des chercheurs africanistes à trouver des solutions à ces difficultés.

Les sciences sociales africaines ne doivent pas s'enfermer dans une neutralité piégée. Dans la perspective de libérer la créativité scientifique à laquelle convie leur engagement, les recherches africanistes ne peuvent se limiter à la seule restitution du sens des crises et des conflits en Afrique, encore moins se laisser enfermer dans le rappel des blessures subies par l'Afrique (l'esclavage, la colonisation, et après ?). Elles devraient aider à prendre conscience de nos déficiences, nous éclairer sur les voies et moyens les plus indiqués pour sortir l'Afrique du sous-développement. Elles doivent participer à l'émergence d'un leadership africain, pour faire de notre continent un pôle qui participe à la marche du monde et y impulse sa propre vision.

La rupture suppose une refondation de l'ordre épistémologique positiviste occidentaliste pour asseoir un paradigme africaniste destiné à investir théoriquement la question de l'avenir de notre continent et de son développement économique et social. Sous ce rapport, les sciences sociales africanistes ne doivent pas se placer en dehors du combat politique et économique que mènent les populations d'Afrique. Une telle exigence suppose une série de ruptures d'avec les travers de l'africanisme et de toutes les idéologies du dehors et du dedans. La réalisation d'un tel objectif s'inscrit dans le projet épistémologique de J.-M. Éla (1998), c'est-à-dire contribuer à faire éclore ces voies capables de réinstaller l'Afrique au cœur des débats scientifiques de notre temps.

L'engagement des sciences sociales africaines est de mise aujourd'hui. Ces sciences doivent jouer pleinement leur rôle de creuset pour fournir non seulement un éclairage sur les situations-problèmes des sociétés africaines, mais d'en fournir les balises pour leur résolution. Si les penseurs du social en Afrique sont interpellés à assumer des ruptures épistémologiques, à rompre avec le mimétisme scientifique et à s'engager, c'est qu'ils doivent s'inscrire dans une culture de l'intellectualité dont la

fonction première est une critique sans complaisance de notre rapport au monde en prenant à témoin la question du développement (B. Ly, 1989).

Dans cette logique, les sciences sociales participent à sortir l'Afrique du paradoxe du sous-développement: beaucoup de ressources pour peu de revenus. Le sort de l'Afrique est, en effet, paradoxal: ce continent subit une pauvreté endémique dans des pays qui regorgent pourtant de richesses naturelles énormes, inestimables. Les sciences sociales doivent avoir l'ambition de solutionner ce paradoxe en jouant leur partition dans la refondation des modèles existentiels pour ne pas dire des modèles de développement. Pour cela, la nouvelle approche dont il sera question dans le champ des sciences sociales, c'est une approche porteuse de changements et d'espoir: celle d'une réflexion critique toujours en acte qui joue le rôle de catalyseur des penseurs engagés dans l'aventure du progrès et de la libération du continent. Sous ce rapport, les sciences sociales doivent contribuer à baliser la voie, à montrer que l'avenir de l'Afrique ne se dessine pas par une réinvention de l'Afrique au travers du moule politico-idéologique occidental, mais par une réappropriation des Africains des potentialités offertes au prisme des réalités et des valeurs des sociétés africaines.

Il nous faut, à cet effet, inventer notre voie sociale dont il revient aux sciences sociales d'en dessiner les contours, d'analyser de manière critique notre lente et difficile marche vers la dignité et le progrès, de manière à inventer des approches de solutions réalistes. Ce n'est qu'à ce prix que les sciences sociales auront pleinement joué leur rôle dans une époque charnière où le continent africain est, plus que tout autre espace social, confronté à l'équation du processus de la mondialisation et au problème de la multiplicité des temps et rationalités locaux qui y sont insérés. Cette exigence tient au fait que pendant longtemps on a connu dans la recherche africaniste un processus de formalisation où la pensée sur les problèmes sociaux et sur le développement en Afrique a perdu tout le sens critique et prospectif.

Il ne s'agit surtout pas de dénigrer en bloc le travail particulier de chercheurs qui œuvrent dans des disciplines précises, il s'agit au contraire de considérer ce travail sectoriel lorsqu'il est bien fait, qu'il ne respire pas trop les obligations de résultats conformes aux attentes idéologiques d'un régime, pour mettre en relation ces contributions relatives et obtenir un résultat d'ensemble qui, pour advenir, nécessite en soi ce travail de synthèse. Lequel travail se mérite l'épithète critique lorsqu'il s'agit, ce faisant, d'oser confronter des suites de la recherche les termes idéologiques qui visent à justifier un ordre soudainement découvert autrement. Ainsi, les approches pluridisciplinaire et transversale amènent à percevoir des horizons diversifiés plus que lorsqu'on est cantonné à un ordre productiviste de savoir en expert.

Il existe néanmoins sur des apports bien réels d'acteurs qui maintiennent une position d'indépendance dans le champ de l'expertise. C'est donc en dépassant ces frontières qu'on peut arriver à penser d'une manière critique; c'est-à-dire en faisant surgir une pensée susceptible de remettre en cause un ordre dont la stabilité repose sur toutes ces séparations et sur l'impossibilité donc de l'aborder comme tel. Par ailleurs si on n'est pas critique mais expert forcément à la solde d'un pouvoir, fût-ce une organisation dite non gouvernementale, il se produit qu'on agit dans des sphères où la prévisibilité des discours règne, où on maintient sous silence tout problème qui provient de l'ordre politique général dans lequel on évolue. Cette profession de foi est indispensable à leur présence dans le cercle de la gouvernance organisé comme on le sait par les plus puissants.

Dans la mesure où l'économiste s'intéresse strictement aux apports financiers des grandes entreprises présentes en Afrique, que le politiste s'en tient uniquement à la vie professionnelle des politiciens et n'en a seulement que pour les acteurs politiques occupant des fonctions officielles dans les diverses entités d'État, que l'africaniste se penche exclusivement sur les relations entre communautés sur le terrain, dès lors que chaque expert se cantonne aux pourtours tranchés du sous-champ qu'il a à charge d'étudier, on obtient socialement des penseurs qui peuvent très bien fournir des données pertinentes, mais sans toucher à ce qui constitue le nœud d'un problème social spécifique.

La philosophie intervient de façon pertinente lorsqu'elle surmonte ces découpages factices. Elle relève d'une faculté d'établir des liens qui, non seulement ne paraissent pas dans le discours ambiant, mais qui sont presque proscrits. Donc, c'est en faisant ces liens qu'on peut marquer une avancée critique. C'est la même chose quant à la question des paradis fiscaux. Quand on ne pense plus aux paradis fiscaux strictement en fonction d'une approche fiscaliste ou judiciaire, mais qu'on adjoint à ces préoccupations un apport du point de vue de la théorie de la souveraineté politique, du point de vue de la corruption, tout d'un coup, on se met à penser les choses en fonction de points de gravité tout autre grâce à des liens absents quand chacun confine sa pensée à son domaine de prédilection.

5 CONCLUSION

Somme toute, nous avons montré d'abord que la pensée sociale se situe entre la neutralité axiologique, la critique sociale et engagement social; ensuite que les sciences sociales dans les universités africaines se situe entre la critique sociale et expertise sociale; enfin, nous avons évalué l'engagement des sciences sociales en Afrique. Apparentée à une forme

d'objectivité scientifique propre aux sciences sociales, la neutralité axiologique sert à se prémunir contre les préjugés inhérents aux jugements de valeur. Cependant, la neutralité axiologique n'est jamais complètement réalisée. La pensée sociale en Afrique dans la posture de critique sociale fait voir un système qui relève à la fois de la corruption politique, des paradis fiscaux, de la pérennité de l'ordre colonial, de relations incestueuses entre le savant et le politique. Les intellectuels critiques mettent en relation de tels secteurs tandis que les experts vont précisément séparer ces champs par toutes sortes de barricades mentales qui se prétendent disciplinaires ou théoriques, alors qu'elles restent très souvent idéologiques. Bien des savants ont été tentés puis dévoyés par la politique. Bien des penseurs ont souillé leur nom en se compromettant avec des idéologies peu orthodoxes. Mais il en existe d'autres qui, forts d'une éthique inébranlable et d'une sagesse inaltérable, ont su éclairer leurs sociétés et orienter leurs politiques vers le bien commun et la justice. L'engagement de l'intellectuel en politique n'est donc pas, par définition même, un acte de trahison ou une entreprise vouée à l'échec mais un engagement privé qui peut le lier quant à sa liberté réelle de dire le droit aux côtés des faits.

REFERENCES

- [1] ARON Raymond, 1955, *L'Opium des intellectuels*, Paris, Calmann-Lévy.
- [2] BACHELARD Gaston, 1967, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin.
- [3] BOURDIEU Pierre, 2001, *Contre-feux 2*, Paris, Raisons d'agir Éditions.
- [4] BOURDIEU Pierre, 2002, *Interventions, 1961-2001. Science sociale et action politique*, Paris, Agone.
- [5] BRIERE Laurence, LIEUTENANT-GOSSELIN MéliSSa, PIRON Florence (dir.), 2019, *Et si la recherche scientifique ne pouvait pas être neutre ?* Québec, Éditions sciences et bien commun.
- [6] COMTE Auguste, 1975, *Cours de philosophie positive*, Paris, Hermann.
- [7] DIAGNE Souleymane Bachir, 2001, *Reconstruire le sens. Textes et enjeux de perspectives africaines*, Dakar, Éditions CODESRIA.
- [8] DURKHEIM Émile, 1989, *Éducation et sociologie*, Paris, PUF.
- [9] DURKHEIM Émile, 2002, *L'individualisme et les intellectuels*, Paris, Éditions Mille et une nuits.
- [10] ELIAS Norbert 1993, *Engagement et distanciation. Contributions à la sociologie de la connaissance*, Paris, Éditions Fayard.
- [11] ELLA Jean-Marc, 2007, *L'Afrique à l'ère du savoir: science, société et pouvoir*, Paris, L'Harmattan.
- [12] LY Boubakar, 1989, *Problèmes épistémologiques et méthodologiques des sciences sociales en Afrique*, Dakar, UNESCO - CODESRIA.
- [13] MARX Karl, 1976, *Idéologie allemande*, Éditions sociales.
- [14] MBEMBE Achille, 2000, *De la postcolonie. Essai sur l'imagination politique dans l'Afrique contemporaine*, Paris Karthala.
- [15] PLATON, 2016, *La République*, Paris, Flammarion.
- [16] SAÏD Edward, 1994, *Des intellectuels et du pouvoir*, Paris, Le Seuil.
- [17] SALOMON Jean-Jacques, 2006, *Les Scientifiques : entre pouvoir et savoir*, Paris, Albin Michel.
- [18] SAVADOGO Mahamadé, 2008, *Pour une éthique de l'engagement*, Namur, Presses de l'Université de Namur.
- [19] SAVADOGO Mahamadé, 2012, *Penser l'engagement*, Paris, L'Harmattan.
- [20] SOULIERE Marguerite, GENTELET Karine, COMAN Gabriela, 2014, *Visages contemporains de la critique sociale. Réflexions croisées sur la résistance quotidienne*, Éditions de l'ACSALF.
- [21] WALZER Michael, 1990, *Critique et sens commun. Essai sur la critique sociale et son interprétation*, Paris, La Découverte.
- [22] WALZER Michael, 1995, *La critique sociale au XXe siècle*. Paris, Métailié.
- [23] WEBER Max, 1992. *Essais sur la théorie de la science*, Paris, Presses Pocket, Agora.
- [24] WEBER Max, 2017, *Le Savant et le Politique*, trad. de C. Colliot-Thélène, Paris, La Découverte.
- [25] PIRON Florence, DIOUF Antonin Benoît, MADIBA Marie Sophie Dibounje et al. Lire, « Le libre accès vu d'Afrique francophone subsaharienne », *Revue française des sciences de l'information et de la communication* [En ligne], 11 | 2017, mis en ligne le 01 juillet 2017, consulté le 26 septembre 2021.

L'assainissement des réseaux électriques basse tension de la ville de Kolwezi: Moteur de stabilité de l'énergie électrique basse tension dans la ville de Kolwezi

[Rehabilitation of low-voltage electrical networks in the city of Kolwezi: Low-voltage electrical energy stability engine in the city of Kolwezi]

Daniel Kasongo Monga Muswa and Jean De Dieu Kadiata

Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kolwezi, Section Electricité industrielle, RD Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: If there's one area where rigor and caution are essential, it's electrical installation.

Electrical installations age. On the one hand, of course, because all materials age, depending on how they are used. On the other hand, the uses to which electricity is put have developed considerably, and many old installations were not designed for these multiple and different uses.

Today, there are several dwellings (houses, stores, kiosks), and some houses have been demolished to make way for large low-cost buildings or even hotels on the same plots of land once occupied by a single house. This increases the current demand on a mother cable originally designed for a single house.

In addition to this situation, the exodus from the province of Lualaba, and in particular the town of Kolwezi, is currently registering a veritable explosion in its working population.

This situation is becoming even more acute in the town of Kolwezi, where the demand for electrical energy has grown exponentially.

Today, not only are we witnessing power cuts, but also recurrent fires in homes and even in electrical installations, a source of tension caused by electrical fires.

To remedy this situation, two hypotheses have been put forward:

The first is to rehabilitate the low-voltage power grid, and the second is to increase the power available to Kolwezi's low-voltage grid (construction of new power injection points).

Both hypotheses required first determining the current energy demand of the city of Kolwezi, which today has risen from 7MW to 25MW, and inventorying all the plots where the installed electrical power has been drastically increased.

The conclusion is that both hypotheses have been retained to finally achieve stability in the supply of electrical energy.

KEYWORDS: Clean-up of electricity networks, stability of electricity supply.

RESUME: S'il est un domaine où la rigueur et la prudence s'imposent c'est bien celui de l'installation électrique.

Les installations électriques vieillissent. Naturellement d'une part car tous les matériaux vieillissent, en fonction de leur utilisation et d'autre part les usages de l'électricité se sont beaucoup développés et nombre d'installations anciennes n'ont pas été conçues pour ces multiples et différents usages.

En effet on retrouve aujourd'hui plusieurs habitations (maisons, boutiques kiosques) et certaines maisons sont détruites au profit des grandes bâtisses de bons marchés voire des hôtels dans les mêmes parcelles jadis occupées par une et une seule maison; ce qui accroît l'appel de courant pour un câble mère au départ dimensionné pour une seule maison.

À côté de cette situation, il faut signaler l'exode que connaît actuellement la province du Lualaba, et singulièrement la ville de Kolwezi, qui, à ce jour, enregistre une véritable explosion de sa population active.

Cette situation devient accentuée dans la ville de Kolwezi dans laquelle la demande en énergie électrique a pris une allure exponentielle.

Aujourd'hui on assiste non pas seulement aux délestages électriques mais aussi aux incendies récurrents des maisons d'habitation voire des installations électriques source de tension causée par les feux d'origine électriques.

Pour remédier à cette situation deux hypothèses ont été avancées:

La première est celle qui prône l'assainissement du réseau électrique basse tension et la deuxième est celle qui voudrait l'augmentation de la puissance disponible pour le réseau basse tension de la ville de Kolwezi. (Construction de nouveaux points d'injection d'énergies électrique).

Les deux hypothèses ont nécessité d'abord la détermination de la demande actuelle de l'Energie de la ville de Kolwezi, aujourd'hui qui est passée de 7MW à 25MW et l'inventaire de toutes les parcelles où la puissance électrique installée a été drastique augmentée.

La conclusion est les deux hypothèses a été retenues pour enfin arriver à la stabilité de la fourniture de l'énergie électrique.

MOTS-CLEFS: Assainissement des réseaux électriques, stabilité de l'Energie électrique.

1 INTRODUCTION

La province du Lualaba figure parmi les 26 provinces que compte notre pays, la République Démocratique du Congo. Elle doit son existence à la loi N° 15/04 du 28 février 2015 déterminant les modalités d'installation des nouvelles provinces. Elle a une superficie de 121 308 kilomètres carrés, soit 5,2 % de la superficie du territoire national, ce qui lui confère le huitième rang de par son étendue par rapport aux autres provinces de la R.D.C.

Par définition, l'assainissement est une démarche visant à améliorer la situation sanitaire globale de l'environnement dans ses différents composants. Il comprend la collecte, le traitement et l'évacuation des déchets liquides, des déchets solides et des excréments.

En ce qui nous concerne, l'assainissement électrique va consister à un processus de mise à niveau des installations électriques. La plupart d'installations électriques de nos villes datant de l'époque coloniale sont sujettes à des incidents d'origine électriques souvent catastrophiques. Alors, on observe chez les privés, la volonté de refaire les installations électriques de leur maison d'habitation, mais souvent cela n'est pas envisageable car la compréhension des dispositions prévues suppose des connaissances que le consommateur moyen ne possède pas. De plus le coût d'une telle entreprise est absolument prohibitif pour le commun de mortel puisque dans la majorité des cas elle sous-entend la dépose complète de l'installation (ce qui nécessite la coupure de l'alimentation par la société nationale d'électricité (SNEL) et son remplacement par un matériel et des lignes conformes.

2 LA SITUATION DES INSTALLATIONS DOMESTIQUES ACTUELLES

Les anciennes installations domestiques voire publiques sont devenues obsolètes et sujettes à des apparitions de feux souvent d'origine non détectées mais qui en réalité, ces feux sont dans la plupart des cas d'origine électrique. Les installations électriques des maisons d'habitations construites à l'époque coloniale ne résistent plus aux appels de courant important que ces maisons sont censées consommées aujourd'hui.

Les appareils électroménagers se sont multipliés, leur puissance a augmenté et souvent les installations ne permettent plus de les alimenter correctement: les fils de section trop faible chauffent et vieillissent prématurément, les circuits et les dispositifs de protection associés ne sont plus adaptés aux besoins.

Et, du fait de la multiplication des appareils d'utilisation (*micro-ondes, cuisinières, plaques chauffantes, machines à laver, congélateurs, frigo, chargeurs divers, informatique, vidéo...*) le nombre de socles de prise de courant est très souvent insuffisant en particulier dans les cuisines et les séjours voire dans toute la maison.

Si à tout cela s'ajoute l'absence des éléments de sécurité indispensables que sont la prise de terre, le réseau de terre et les dispositifs différentiels associés, on comprendra pourquoi, même si elles respectaient les règles de sécurité de leur époque (par exemple non-accessibilité d'un matériel électrique par une personne dans une baignoire), les installations électriques anciennes deviennent aujourd'hui dangereuses.

Ainsi, plus votre logement est ancien, plus le risque est grand que votre installation électrique soit vétuste et donc dangereuse. Dans 96 % des cas, les installations électriques à risque se trouvent dans les logements construits avant 1974. Près de 7,3 millions de logements construits avant cette date ne répondent pas aux règles de sécurité.

Une installation électrique défectueuse représente un risque important d'électrisation voire d'électrocution et cause de nombreux départs de feu.

Les anomalies à l'origine des accidents électriques se situent principalement dans la cuisine (30 %), la chambre (24 %), la salle de séjour (14 %) et la salle de bains (10 %).

Et mêmes les installations électriques dans des nouvelles maisons deviennent encore plus dangereuses du fait de non-respect de nouvelles normes en la matière.

3 LA NECESSITE D'UN ASSAINISSEMENT ELECTRIQUE

Aujourd'hui la plupart des logements construits dans les cités non urbanisées (cités périphériques) sont non conformes aux règles de sécurité électriques et donc sont susceptibles d'être à l'origine d'incidents qui peuvent avoir de graves conséquences. Aussi, dans le cadre de la mise en sécurité des installations électriques des bâtiments d'habitation existants, les professionnels et le public se posent des questions sur les prescriptions techniques minimales à observer pour assurer la sécurité des personnes et des biens.

- Les maisons d'habitation construites il y a 40 ans sont sujettes au risque d'incendie permanent car leurs installations électriques ont largement dépassé leur durée de vie. (Câbles au papier imprégné, connexions devenues moins étanches...) (*)
- Certaines nouvelles installations électriques dans des nouvelles maisons d'habitation présentent un danger permanent d'incendie suite au non-respect des normes strictes d'installations et surtout au manque d'une structure certifiée de contrôle de toute nouvelle installation électrique domestique. (cas d'incendie d'une maison survenu au quartier joli site en 2019)
- Qu'est-ce qu'on peut proposer à la société nationale d'électricité (SNEL) pour mettre à niveau ses installations électriques basse tension en vue de juguler le phénomène de délestage dans notre ville de Kolwezi ?
- Que doit faire le propriétaire de bonne foi qui désire mettre l'installation électrique de sa maison ancienne en sécurité ? A qui s'adresser ? Existe-t-il des structures appropriées ?
- Que devons-nous proposer pour limiter le phénomène d'incendies des maisons d'habitations souvent attribuées à l'origine électrique ?
- Quel rôle peut jouer la société nationale d'électricité (SNEL) dans la communauté face à ce phénomène ?
- D'une manière générale, l'assainissement est une démarche visant à améliorer la situation sanitaire globale de l'environnement en supprimant toute cause d'insalubrité

D'emblée, pour aborder la problématique d'assainissement des installations électriques basse tension, nous devons proposer ce processus ci-dessous:

1. Purifier:

- Rendre propre l'énergie électrique à consommer (en identifiant les différents consommateurs: résistifs, selfiques ou capacitifs);
- La lutte quotidienne contre les incendies d'origine électrique;
- Purifier l'atmosphère souvent électrisée dans nos maisons d'habitations;
- Services publics en charge d'énergie et la société nationale d'électricité au chevet de la cité. (en éliminant par exemple tous ces cobras, anacondas (câbles en moyenne tension posés le long des avenues devant les parcelles d'habitation.

2. Evacuer

- Faire interdire les consommateurs pollueurs de l'énergie électrique;
- Faire disparaître les éléments dangereux susceptibles de provoquer les incendies d'origine électrique;
- Faire disparaître des points chauds;
- Renforcer par-dessus tout l'isolement

La plupart des installations électriques basse tension (câbles souterrains, câbles aériens, isolateurs, équipements divers intérieurs des sous-stations) de la société nationale d'électricité sont vieilles, parfois elles sont responsables d'accidents mortels voire des incendies dévastateurs (cas d'accident mortel dû aux équipements en 2017 à BINAZA et 2019 à la cité Mutoshi, le plus spectaculaire celui du complexe scolaire LYCEE MWANGWA)

Certaines sous-stations basse tension communément appelée << cabines >> logent encore des équipements datant du Congo Belge, ces équipements constituent un danger permanent de consommation abusive de l'énergie car ils ne peuvent ni réguler ni limiter la consommation excessive de l'énergie électrique, ce qui entraîne des coupures intempestives non pas de l'unique consommateur responsable de la consommation excessive mais de tout un quartier voire de toute la ville.

L'Apparition du phénomène de délestage du fait que les réseaux électriques basse tension (mise à part le problème de déficit énergétique dû à la prolifération des industries minières surtout au Sud du Grand Katanga) n'ayant pas été assainie depuis quarante ans.

4 EVALUATION DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES DOMESTIQUES DE LA VILLE DE KOLWEZI

METHODOLOGIE SUIVIE

Nous nous sommes référés au plan cadastral de la ville de KOLWEZI, plan recueilli au service d'habitat. La ville de Kolwezi étant devenue très vaste, nous avons fait l'inventaire des maisons par quartier, par avenue et ce depuis 1995 jusqu'à ce jour, seulement pour le centre-ville, délimitée par les avenues MADUDA à Nord, l'avenue KANANGA 2 au Sud, l'avenue des MANGUIERS au Sud-Ouest, la cité GCM à l'Ouest et l'avenue LUSANGA au Nord.

Nous avons fait l'inventaire des maisons par quartier, par avenue.

Dans notre première démarche, nous avons recherché les maisons non encore réhabilitées, les maisons détruites et remplacées par des nouvelles constructions, des maisons réhabilitées non assainies électriquement, des maisons réhabilitées et assainies électriquement, des maisons brûlées par incendies d'origine supposée électrique, Les nouvelles maisons (nouvellement construites).

Dans notre deuxième démarche, nous avons fait un éventaire des cas des maisons brûlées par de feux d'origine supposée électrique bien qu'étant soit non encore réhabilitée, déjà réhabilitée électriquement soit détruite et reconstruite et réhabilitée électriquement.

Voici le condensé de cet inventaire dans les tableaux ci-dessous.

1. Les maisons non encore réhabilitées: 1657
2. Les maisons détruites et remplacées par des nouvelles constructions: 125
3. Les maisons réhabilitées non assainies électriquement: 667
4. Les maisons réhabilitées et assainies électriquement: 245
5. Les maisons brûlées par incendies d'origine supposée électrique: 568
6. Les nouvelles maisons (nouvellement construites): 459

L'analyse de ces résultats, nous conduit aux observations suivantes:

1. Le risque d'incendie d'origine électrique est encore fortement prévisible
2. L'occurrence des incendies est encore à redouter car les maisons de type ancien sont encore très nombreuses dans cette partie de la ville.
3. Le nombre des maisons réhabilitées et assainies électriquement est petit, ce fait montre que la population ne s'est pas encore imprégnée de la législation électrique en vigueur.
4. La société de régulation de l'électricité supposée encadrer les installateurs ne jouent pas sérieusement son rôle.
5. Les nouvelles constructions sont aussi nombreuses, ceci conduit à constater que la consommation en énergie électrique a aussi augmenté.

Ainsi, la mise en sécurité d'une installation électrique consiste à respecter les dispositions minimales de sécurité (énumérées ci-dessous); et la mise en conformité permet de rendre une installation conforme à la norme NF C 15-100 en vigueur comme exiger dans un logement neuf ou comme cette norme étrangère est mal connue au pays, nous pouvons dire que l'installation électrique soit conforme aux exigences de la société nationale d'électricité en la matière. Elle peut nécessiter la dépose complète de l'installation existante afin d'implanter des matériels plus performants conformes aux usages électriques actuels. Ainsi, il faudra enlever un par un, dans toutes les pièces de l'habitation, les prises, les interrupteurs, les fils,

les disjoncteurs et autres fusibles. Autrement dit l'assainissement électrique sous-tend la réfection complète de toute l'installation électrique.

Ainsi le processus d'assainissement électrique pour les installations domestiques basse tension peut être proposé comme suit:

- Faire évaluer, par un professionnel certifié par la société nationale d'électricité (SNEL) le niveau de sécurité de l'installation (ici nous ouvrons une parenthèse en disant que c'est ici que j'invite les jeunes diplômés à saisir cette opportunité à créer cette structure que la SNEL peut certifier);
- Faire réaliser les travaux de remise à niveau sécuritaire par des électriciens professionnels certifiés par la société nationale d'électricité (SNEL)
- Pour les nouvelles installations électriques des nouveaux bâtiments d'habitation (maison, Hotels, bon marché, et autres), la société nationale d'électricité (SNEL) devrait imposer la mise en œuvre des dispositions réglementaires en matière des installations électriques neuves.
- La nécessité de construire de nouveaux points d'injection d'énergie électrique (postes électriques) devient de plus en plus importante et urgente.
- Tous les feeders électriques qui quadrillent la ville en souterrain devraient être également remplacés
- Les câbles aériens desservant les différents départs des quartiers devraient aussi totalement être remplacés.

Nous constatons que tout ce travail va engager un coût assez conséquent, le plus important serait celui relatif au remplacement des feeders et des câbles aériens de la ville tout en entière.

5 CONCLUSION

L'assainissement des réseaux électriques basse tension devient aujourd'hui la voie obligée pour la stabilité de l'énergie électrique dans la ville de Kolwezi voire dans les villes urbaines de notre pays.

Cette stabilité devient possible pour deux facteurs primordiaux, celui de l'assainissement des installations et celui de la construction de nouveaux points d'injection d'énergie électrique.

REFERENCES

- [1] Valentin Crastan, Les réseaux d'énergies électrique 1, Lavoisier, 2006.
- [2] Eric.F & Philippe, R., Qualités des réseaux électriques et efficacité énergétique, Dunod, Paris, 2017.
- [3] G.H. MARCHAL, Transport et distribution de l'énergie électrique presse universitaire de Bruxelles, 1968.
- [4] Fawcett, *Water & Sanitation for Developing Countries*, Lectures Notes, Université de Southampton, 2005.
- [5] F. ARIATI, A. GERMOND, J-J MORF, PONCELET, H.B. PUTTGEN, Analyse de réseaux d'énergie électrique, Publ, EPFL, 142,1974.
- [6] Norme NF C15-100/A5 (juin 2015): Installations électriques basse tension.
- [7] Sandrine BORTOLOTTI, Jean-Yves BOURMAUD, Marjorie COSSON, Hervé LAFFAYE, Date de publication: 10 avr. 2020.
- [8] Alain DOULET, Réseaux de distribution, techniques de l'ingénieur, 12.07.2006.

Factors Related to Sanitation at Padang Great Market, West Sumatra

Aria Gusti, Nadhifah Salsabila, and Luthfil Hadi Anshari

Faculty of Public Health, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: There are 3 markets with good sanitation in Padang City and 5 with passable sanitation; the rest of the markets in Padang City did not meet the requirements, one of which was Padang Great Market. This is the largest central market in Padang City, but it still does not meet the requirements. This study aims to determine factors related to Padang Great Market Sanitation in 2023. Methods. The research used a quantitative approach cross-sectional design in January-April 2023 at Padang Great Market, using a questionnaire of 104 respondents. The sampling technique used proportional random sampling. Data processing using univariate analysis and bivariate analysis using a chi-square test with a degree of confidence of 95% ($\alpha = 0.05$). Results. Univariate analysis showed 47.1% of sanitation was not good, 68.3% of traders traded full-time, 49% had fewer roles, and 40.4% of sanitation workers still lacked support. Bivariate analysis showed that there was a significant relationship ($p < 0.05$) between the duration of trading time ($p = 0.000$), the role of traders ($p = 0.000$), support of cleaners ($p = 0.000$), and Padang Great Market Sanitation. Conclusion. Duration of trading time, traders' role, and cleaning staff support are related to Padang Great Market sanitation. Efforts to overcome this include educating traders and training cleaners about good market sanitation.

KEYWORDS: Sanitation, market, traders, janitors.

1 INTRODUCTION

Market environmental sanitation that is not managed properly will affect public health [1]. We must maintain environmental sanitation in markets because markets are public places where all diseases can spread, especially those related to food, drink, water and water [2]. Indonesia has 448 traditional markets, and based on the 2017 Permenkes there is 10.94% that meet market sanitation requirements, and 89.06% do not meet market sanitation requirements. One market that does not meet sanitation requirements is the city of Padang [3].

In the results of initial observations made at Padang Great Market, researchers found problems with damaged public facilities, scattered garbage, and improper sewerage channels. Furthermore, there is no separation between wet and dry waste by traders, sewers for wastewater in chicken and fish stalls that are not closed, and lots of garbage that causes unpleasant odors that can annoy buyers and traders. This can disturb the comfort of buyers and traders, damage the aesthetics of the market, and can become a hotbed of disease or a breeding ground for disease vectors.

The initial observation also found that the duration of trading time was 9 traders, or 30%, trading temporarily and 21 traders, or 70%, trading full time. With more traders trading full time, it is believed that this causes poor market sanitary conditions due to the large amount of waste generated and increased market density. Furthermore, the problems were found in the role of traders, only 3 traders were found to play a role in market sanitation, and 27 of them had less role in implementing market sanitation to create a healthy market. If many traders don't play a role in implementing sanitation, the Padang Great Market auto market will not be able to meet the sanitation requirements according to standards. And also found problems in the support of cleaning staff. At Padang Great Market, only 4 out of 30 respondents interviewed during the initial observation stated that there was support from the cleaning staff. At the same time, the remaining 26 said there was a lack of support from the cleaning staff at Padang Great Market. So it was determined that the support of the cleaning staff was a factor affecting market sanitation because if there were less or even no support from the cleaning staff, then the implementation of market

sanitation at Padang Great Market would not run well automatically. This study aims to determine the factors related to sanitation in Padang Great Market.

2 METHOD

This research uses a type of quantitative research using a cross-sectional design. The dependent variable in this study is market sanitation, and the independent variables are the duration of trading time, the role of traders, and the support of cleaners. The research was conducted at Padang Great Market from January to April 2023, with a total population of 1768 with a sample of 104 traders. Determination of the number of samples using the Slovin formula with a proportional random sampling technique. The data sources used are data from direct observations and interviews in the field, data from the Padang City Trade Office, data from Padang Great Market management, and previous research. The data analysis used was univariate and bivariate analysis using the chi-square test with a 95% degree of confidence.

3 RESULT

The characteristics of the respondents based on Table 1 show that more than half of the respondents were female (66.3%), and the age range of the respondents were mostly adults (26-45 years), namely 50%. Furthermore, respondents with the last level of education were in high school (44.2%) more than those with educational levels who did not finish elementary school, graduated from elementary school, junior high school, high school, and university.

Table 1. Characteristics of Respondent

Characteristics	Category	Amount	%
Gender	Male	35	33,7
	Female	69	66,3
Age	Young (17-25 years)	16	15,4
	Adult (26-45 years)	52	50
	Old (>45 years)	36	34,6
Level of Education	Not completed in primary school	4	3,8
	Graduated from elementary school	16	15,4
	Graduated from junior high school	35	33,7
	Graduated from senior high school	46	44,2
	Graduated from university	3	2,9
Trade Type	Vegetable food	25	24
	Animal food	35	33,6
	Staple	27	26
	Electronic goods	1	12,5
	Stationery	3	1
	Clothes	13	2,9

The descriptive statistical analysis results in Table 2 show that another 47.1% are not good enough for sanitary market conditions. 68.3% of traders entered full-time trading, 49% were less involved, and 40.4% of respondents stated that they lacked the support of cleaners.

Table 2. Market Sanitation, Trade Time Duration, Role of Traders, and Janitor's Support

Variable	Category	Amount	%
Market Sanitation	Not good	49	47,1
	Good	55	52,9
Trading Time Duration	Full time	71	68,3
	Part time	33	31,7
Trader's Role	Less role	51	49
	Role	53	51
Janitor Support	Not very supportive	62	59,6
	Support	42	40,4

The results of the chi square analysis contained in table 3 explain that there is a significant relationship ($p < 0.05$) between the duration of trading time, the role of traders, the support of cleaners and market sanitation. Statistical test results obtained the duration of trading time ($p = 0.000$) with a POR value of 6.911 (95% CI= 2.531- 18.870), the role of the trader ($p = 0.000$) with a POR value of 7.385 (95% CI= 3.098- 17.600), cleaning staff support ($p = 0.000$) with a POR value of 13.317 (95% CI= 5.074- 34.949).

Table 3. Relationship of Trade Time Duration, Role of Traders, Janitor's Support and Market Sanitation

Variable	Market Sanitation				Total		p-value
	Not Good		Good				
	n	%	n	%	n	%	
Trading Time Duration							0,020
Full time	43	60,6	28	39,4	71	100	
Part time	6	18,2	27	81,8	33	100	
Trader's Role							0,012
Less role	36	70,6	15	29,4	51	100	
Role	63	34,5	40	75,5	53	100	
Janitor's Support							0,001
Not very supportive	34	81,0	8	19,0	42	100	
Support	15	24,2	47	75,8	62	100	

4 DISCUSSION

4.1 MARKET SANITATION

The results showed that 47.1% entered into poor sanitation. The results of this study are in line with data from the Padang City Trade Office, namely regarding market sanitation in Padang City, which states that Padang Great Market is still a market that does not meet market sanitation requirements based on Permenkes Number 17 of 2020 concerning Guidelines for Organizing Healthy Markets [4].

Efforts that can be made next are that UPT Padang Great Market can provide table assistance, increase the number of TPS, add 9 toilets at Padang Great Market, be even better at providing clean water, routinely carry out disease-transmitting animal control, recruit markets security officers, organize markets so that the parking area, make regulations regarding the provisions regarding the cleanliness of the market building and provide understanding to cleaning staff so that they always maintain the cleanliness of the market building, either by making announcements using loudspeakers or using leaflets distributed to all parts of the market.

4.2 RELATIONSHIP OF TRADING TIME DURATION WITH MARKET SANITATION

Based on the research results and bivariate analysis, it shows that there is a significant relationship between the duration of trading time and the sanitation of Padang Great Market in 2023. The results of the bivariate analysis were obtained: the market sanitation was unfavorable, and conditions more respondents with full-time trading duration (60.6%) compared to

respondents who traded temporarily (18.2%). Based on statistical tests obtained p value = 0.000 ($p < 0.05$), this shows a relationship between trading time duration and market sanitation. The POR value was 6,911, meaning that respondents who traded full-time had a risk of 6,911 making the market's sanitary conditions unfavorable.

In line with Bahri's research (2014) concerning the relationship between the duration of trading time and the sanitation of the Bina Usaha Market, which stated that there was a significant relationship between the duration of trading time and the sanitation conditions of the Business Development market in Ujong Kalak Gampong, Johan Pahlawan District, West Aceh Regency in 2014 [2]. Same with the research at Padang Great Market, that trading time duration has a significant relationship with Padang Great Market sanitation.

Therefore, UPT Padang Great Market should provide market regulations if traders must always ensure that the conditions of their trading area are always clean, so even though more traders choose to trade all day long, the cleanliness of the market environment is maintained. And also, the market manager should provide the same distance between one trader and another so that when the majority of traders choose to trade all day every day, the market will not look too crowded, and the cleanliness of the market environment can be maintained, and the air in the market will not be stuffy because visitors can freely enter and exit the market.

4.3 THE RELATIONSHIP BETWEEN THE ROLE OF TRADERS AND MARKET SANITATION

Based on the research results and bivariate analysis, it shows that there is a significant relationship between the role of traders and Padang Great Market sanitation in 2023. From the results of the bivariate analysis, that is, from the unfavorable market sanitation conditions, more respondents don't play a role (70.6%) compared to respondents who have a role (24.5%). Based on statistical tests, it was obtained that p value = 0.000 ($p < 0.05$). This indicates a relationship between the role of traders and market sanitation. The POR value was 7,385, meaning that respondents who did not play a role had 7,385 times the risk of making market sanitation conditions unfavorable.

At Padang Great Market, the lack of the role of traders in market sanitation is due to the behavior and awareness itself of the importance of cleanliness in the market environment, both cleanliness inside the stall/trading area and cleanliness outside the stall/trading area. Therefore, to realize good market sanitation at Padang Great Market, which complies with the Minister of Health Number 17 of 2020 requirements, it is recommended that all traders participate in maintaining the cleanliness of the market to create a clean and comfortable market atmosphere. Market traders must be able to play a minimum role by picking up trash around their respective trading locations. They are willing to change their trading locations to make the market neat and orderly. UPT Padang Great Market should give strict sanctions to traders who violate market sanitation regulations. This sanction can be in the form of a fine.

4.4 RELATIONSHIP BETWEEN OFFICER SUPPORT AND MARKET SANITATION

Based on the research results and bivariate analysis conducted, it showed that there was a significant relationship between the support of cleaning staff and Padang Great Market sanitation in 2023. From the bivariate analysis results, namely that market sanitation conditions were not good, more respondents stated that they lacked support from cleaners (81%) compared to the support of cleaning staff (24.2%). Based on test statistics obtained p value = 0.000 ($p < 0.05$), this shows a relationship between the support of cleaning workers and market sanitation. The POR value was 13,317, meaning that if there were a lack of support from the cleaning staff, there would be a risk of 13,317 making the market's sanitation conditions unfavorable.

This is in line with Armi's research (2016) concerning the relationship between the behavior of cleaning staff and environmental cleanliness, which states that there is a significant relationship between the behavior of cleaning workers and the health and cleanliness of the environment in Central Java [5]. Similar to research at Padang Great Market, that support from cleaning staff has a significant relationship with Padang Great Market sanitation.

Therefore, the efforts that can be made are for cleaning staff to be able to carry out their obligations to the fullest and foremost traders who do not comply with market hygiene regulations. And for UPT Padang Great Market, it should be even more assertive for the cleaning staff to carry out their duties properly, such as warning them if they make a mistake. If necessary, the cleaning staff at the market will have additional members to carry out their duties and obtain good results. even more optimal.

5 CONCLUSION

Based on the results of the study, it was concluded that more than half of the market and market stalls were categorized as poor sanitation, traders traded at Padang Great Market full-time/all day, traders played a role in implementing market sanitation, respondents stated that there was support from the cleaning staff.

There is a significant relationship between the duration of trading time and the sanitation of Padang Great Market. Namely, respondents who trade full-time have a risk of 6,911 times, making the market's sanitary conditions unfavorable. There is a significant relationship between the role of traders and Padang Great Market sanitation, namely respondents who do not play a role have a risk of 7,385 times, making market sanitation conditions unfavorable. There is a significant relationship between the support of janitors and Padang Great Market sanitation. That is, a lack of support from janitors will have a risk of 13,317 times, making market sanitation conditions unfavorable.

ACKNOWLEDGMENT

Our thanks go to all those who have helped this research. Particularly to Head of Padang Great Market Technical Implementation Unit and Staff.

REFERENCES

- [1] Donsu J. Nursing Research Methodology. Jakarta: pustaka baru press; 2019.
- [2] Bahri S. Factors Affecting Business Development Market Sanitation in Gampong Ujong Kalak, Johan Pahlawan District, West Aceh Regency. Meulaboh: PSIKM FKM Universitas Teuku Umar; 2014.
- [3] Khairi M. Analysis of the Waste Management System and Sanitation Infrastructure Facilities at Paya Ilang Market, Bebesen District, Central Aceh Regency in 2018. Medan: PSIKM FKM Institut Kesehatan Helvetia; 2018.
- [4] Padang City Trade Office. Market Sanitation in Padang City. Padang: Padang City Trade Office; 2022.
- [5] Armi H. The relationship between the behavior of janitors and the environmental health of the city of Central Java. Jakarta: PSKL Skripsi Universitas Trisakti; 2016.
- [6] Putri, N. Overview of Market Sanitation Conditions at the Kusamba Public Market, Dawan District, Klungkung Regency in 2018. Denpasar: PSKL Politeknik Kesehatan Kemenkes; 2018.
- [7] Amiruddin, W.A. Trading in Swalyana with Achievement Quality. Jakarta: PSH; 2007.
- [8] Jaya, D. The Relationship Between Traders' Attitudes Towards Environmental Cleanliness and Participation in Keeping the Market Environment Clean. Jakarta: PSIS FIS Universitas Negri; 2016.
- [9] Arnita, S. Government Performance on Traditional Market Cleanliness Management in Pasar Baru Bangko City, Merangin Regency. Jambi: PSKL FS Universitas Islam Negeri Sulthan Thaha Saifuddin Jambi; 2020.
- [10] Purbaningrum M. Traders' Behavior in Efforts to Improve Health in Pasar Pakem, Sleman, Yogyakarta. Yogyakarta: PSPD FK Universitas Islam Indonesia; 2012.
- [11] Jhonmes. Sanitary Situation. Jakarta: EGC; 2005.

