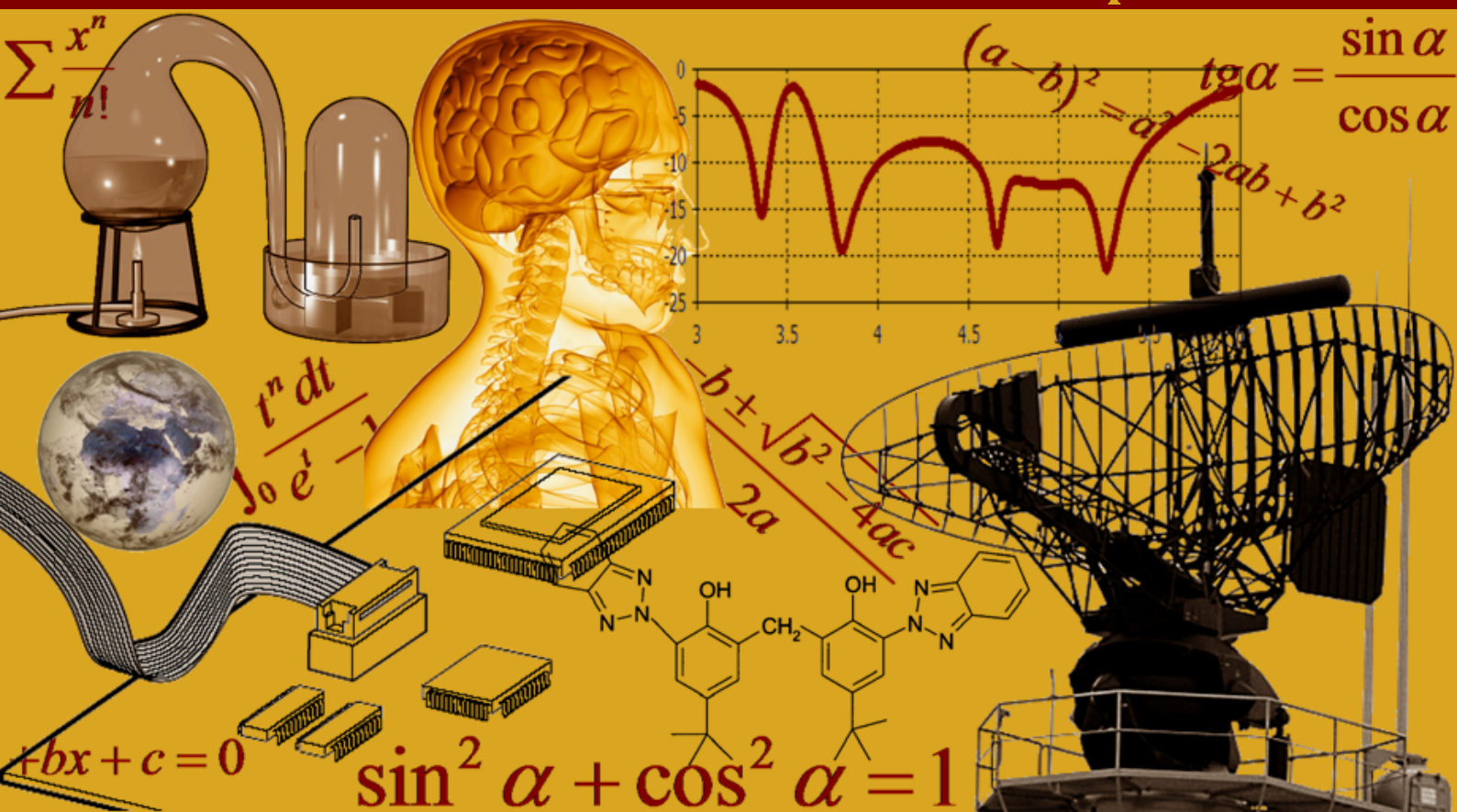


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 68 N. 2 September 2023



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

International Journal of Innovation and Scientific Research (ISSN: 2351-8014) is an open access, specialized, peer-reviewed, and interdisciplinary journal that focuses on research, development and application within the fields of innovation, engineering, science and technology. Published four times per year in English, French, Spanish and Arabic, it tries to give its contribution for enhancement of research studies.

All research articles, review articles, short communications and technical notes are sent for blind peer review, with a very fast and without delay review procedure (within approximately two weeks of submission) thanks to the joint efforts of Editorial Board and Advisory Board. The acceptance rate of the journal is 75%.

Contributions must be original, not previously or simultaneously published elsewhere. 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

K. Messaoudi, Hochschule für Bankwirtschaft, Germany
Sundar Balasubramanian, Medical University of South Carolina, USA
Ujwal Patil, University of New Orleans, USA
Avdhoot Walunj, National Institute of Technology Karnataka, India
Rehan Jamil, Yunnan Normal University, China
Sankaranarayanan Seetharaman, National University of Singapore, Singapore
Fairouz Benahmed, University of Connecticut Health Center, USA
Achmad Choerudin, ST.,SE.,MM., Academy Technology of Adhi Unggul Bhirawa, Indonesia
Mohammad Ali Shariati, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Iran
Md Ramim Tanver Rahman, Jiangnan University, China
Rasha Khalil Al-Saad, Veterinary Medicine College, Iraq
Neil L. Egloso, Palompon Institute of Technology, Philippines
Sanjay Sharma, Roorkee Engineering & Management Technology Institute, India
Ahmed Nabile Emam, National Research Center (NRC), Egypt
Md. Arif Hossain Jewel, Rural Development Academy, Bangladesh
N. Thangadurai, Jayalakshmi Institute of Technology, India
Urmila Shrawankar, G H Rasoni College of Engineering, India
Goutam Banerjee, Visva-Bharati University, India
Santosh Kumar Mishra, S. N. D. T. Women's University, India
Anupam Kumar, Ashoka Institute of Technology & Management, India

Table of Contents

Utilisation de la technologie 5G en République Démocratique du Congo <i>Vutu Ngoma Jeancy, Meni Babakidi Narcisse, and Kinyoka Kabalumuna God'El</i>	230-235
Fondamentaux kantiens d'une organisation politique <i>Jean Rodrigue Bateganyi</i>	236-241
Management des risques biologiques et chimiques au laboratoire d'anatomie pathologique du CHU Ibn Rochd de Casablanca <i>Mohamed Belcaid, Oussama Aazzane, Abderahman Mellouki, Fatima Zahra Bakhtaoui, Saida Stitou, Abdeljalil Rezzaki, and Mehdi Karkouri</i>	242-253
L'Afrique dans la géopolitique mondiale: De la coopération traditionnelle nord-sud aux nouvelles alliances stratégiques <i>Dotsè Charles-Grégoire Alosse and YAFORGMAN N'Dibaguein</i>	254-263
Courbe des débits classés un outil pour caractériser la sévérité et la saisonnalité d'étiage: Cas du bassin versant de la Tassaout Amont du Barrage Moulay Youssef (1978-2016), Maroc <i>Mohamed Chakir and Mohamed El Ghachi</i>	264-271
Aesthetic Experience and its Relationship with Symbolic Connotations in Printmaking Design <i>Manal Abdu Ahmed Al Suyud</i>	272-280
Essai préliminaire de caractérisation phénotypique et zootechnique des caprins abattus à l'abattoir de Port-Bouët pour la boucherie dans la ville d'Abidjan <i>Yapo Akaffou, Moussa Komara, Bi Irie Van Dexter Youan, and Komissiri Dagnogo</i>	281-289
Etude d'une microliaison à courant continu: Contribution à la réalisation d'une maquette didactique <i>KADIATA MUTEBA Jean De Dieu, KABULO MUTAMBA Timothée, and TSHAMBULA MJI FOTA Grégoire</i>	290-305
Caractéristiques morphopédologiques et physicochimiques du bas de versant de la Marahoué au centre ouest de la Côte d'Ivoire <i>F. Bouadou Oï Bouadou, Konan K. Firmin, KOUADIO Konan-Kan Hippolyte, Ndoumi Franck Maurel, Tano Adjoua Germaine, and Ettien Jean Baptiste</i>	306-316
Problématique des cyberattaques dans les réseaux électriques: Cas des entreprises d'énergie électrique au Togo <i>Abasse Kpegouni, Eyouléki Tchévi Gnadi Palanga, and Adekunlé Akim Salami</i>	317-327

Utilisation de la technologie 5G en République Démocratique du Congo

[Use of 5G technology in the Democratic Republic of the Congo]

Vutu Ngoma Jeancy¹, Meni Babakidi Narcisse², and Kinyoka Kabalumuna God'El¹

¹Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences, Département de Physique et Sciences Appliquées, Kinshasa, RD Congo

²Institut Supérieur de Techniques Appliquées, Kinshasa, 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: Advances in communication and data transmission are significantly improving the use of online applications and communication with wireless devices, achieving real-time interaction with remote devices, in this environment, 5G technology allows a very great technological advance in communication means; the study aimed to find out the level of knowledge that local Internet service providers and mobile operators have of this technology, as well as the degree of its implementation and use. 5G technology represents a set of improvements over current 3G and 4G communication technologies, such as greater bandwidth, low latency, short delays, low energy consumption, enabling the implementation of smart cities, home automation and business automation, significantly improving mobile and fixed communication, all of which, combined with the use of optical fiber, will completely change the way we use the internet as a means of communication.

KEYWORDS: communication, wireless, infrastructure, radiofrequency, remote, technology.

RESUME: Les progrès en matière de communication et de transmission de données permettent d'améliorer considérablement l'utilisation des applications en ligne et la communication avec les appareils sans fil, en obtenant une interaction en temps réel avec les appareils distants, dans cet environnement, la technologie 5G permet une très grande avancée technologique dans les moyens de communication; l'étude visait à connaître le niveau de connaissance que les fournisseurs d'accès à Internet et les opérateurs mobiles locaux ont de cette technologie, ainsi que le degré de mise en œuvre et d'utilisation de celle-ci. La technologie 5G représente un ensemble d'améliorations par rapport aux technologies de communication 3G et 4G actuelles, telles qu'une plus grande largeur de bande, une faible latence, des délais courts, une faible consommation d'énergie, permettant la mise en œuvre de villes intelligentes, la domotique et l'automatisation des entreprises, améliorant de manière significative la communication mobile et fixe, tout cela, associé à l'utilisation de la fibre optique, changera complètement la manière dont nous utilisons l'internet comme moyen de communication.

MOTS-CLEFS: communication, sans fil, infrastructure, radiofréquence, à distance, technologie.

1 INTRODUCTION

De nos jours, la technologie appliquée aux télécommunications progresse et s'étend à grande échelle, couvrant différents secteurs et marchés sur son passage. Lorsqu'une nouvelle technologie est générée dans un pays, les premières à adopter ce changement sont les entreprises de télécommunications, en particulier les entreprises de téléphonie cellulaire. Les opérateurs se concentrent sur l'amélioration de leurs services et l'extension de la couverture dans l'intention d'accroître leur clientèle, en offrant à cette dernière le plus grand nombre d'avantages que la technologie acquise peut lui procurer.

La cinquième génération de technologies mobiles (5G) devrait permettre de connecter les personnes, les objets, les données, les applications, les systèmes de transport et les villes dans des environnements de communication en réseau intelligents. Elle devrait permettre de transporter de grandes quantités de données beaucoup plus rapidement, de connecter de manière fiable un très grand nombre d'appareils et de traiter de très grands volumes de données avec un délai minimal.

Bien que la mise en œuvre et la portée de l'utilisation de la 5G présentent des défis, ces nouvelles fonctionnalités et ces nouveaux services nécessitent une nouvelle façon de mettre en œuvre des services mobiles avancés, ainsi que de nouvelles approches pour faire fonctionner ensemble les technologies 5G dans les environnements industriels par le biais de communications de machine à machine, de l'internet des objets (IoT) ou avec des véhicules connectés.

En République Démocratique du Congo, la communication par le biais d'appareils mobiles s'est généralisée, et l'utilisation de l'internet dans les foyers, les entreprises et les institutions est une nécessité, faisant du service internet un service de base, qui est requis en tout lieu et pratiquement tout le temps. Pour répondre à ces besoins, l'évolution de la technologie offre aujourd'hui la possibilité d'adopter la technologie 5G. Pour mettre en œuvre cette nouvelle technologie, il est nécessaire d'apporter des changements à l'infrastructure qui permettent de réalimenter les signaux et d'obtenir une couverture pratiquement totale dans n'importe quel espace, ce qui nécessite un plus grand nombre d'antennes installées plus près des utilisateurs. Cette nouvelle infrastructure, associée à la mise en œuvre de la technologie 5G, permettra de faire un grand bond en avant en termes de vitesse de navigation, puisque dans des conditions idéales, il sera possible d'atteindre une vitesse 10 fois supérieure à celle que permet la technologie 4G.

2 CONCEPTS DE BASES SUR LES RESEAUX 5G

Les réseaux de cinquième génération (5G) sont actuellement en cours de développement. Par rapport à la technologie 4G LTE actuelle, la 5G vise à atteindre une vitesse élevée (1 Gbps), une faible consommation d'énergie et une faible latence (1 ms ou moins), pour l'IoT de masse, l'internet tactile et la robotique [1].

2.1 QU'EST-CE QUE LA TECHNOLOGIE 5G (ET QU'EST-CE QUI NE L'EST PAS) ET QUELLE EST LA DIFFÉRENCE ENTRE 4G/LTE ET 5G ?

Le réseau sans fil de la prochaine (cinquième) génération en République Démocratique du Congo permettra d'aller au-delà de l'internet mobile et d'atteindre l'IoT (internet des objets) à grande échelle d'ici le début de 2024. La principale évolution par rapport à la 4G et à la 4,5G (LTE avancée) d'aujourd'hui réside dans le fait qu'au-delà des améliorations du débit de données, les nouveaux cas d'utilisation de l'IoT et des communications critiques nécessiteront de nouveaux types de performances améliorées. Par exemple, la "faible latence" est ce qui permet une interactivité en temps réel pour les services utilisant le nuage: c'est la clé du succès des véhicules autonomes, par exemple. En outre, la faible consommation d'énergie est le facteur qui permettra aux objets connectés de fonctionner pendant des mois ou des années, sans assistance humaine [2], [3].

Contrairement aux services IoT actuels qui compromettent les performances pour tirer le meilleur parti des technologies sans fil actuelles (3G, 4G, WiFi, Bluetooth, Zigbee, etc.), les réseaux 5G sont conçus pour offrir le niveau de performance nécessaire à l'IoT de masse. Ils permettront un monde connecté perçu comme totalement omniprésent.

En termes de vitesse, l'évolution des services de données depuis le réseau 3,5G est spectaculaire, comme le montre le schéma ci-dessous:

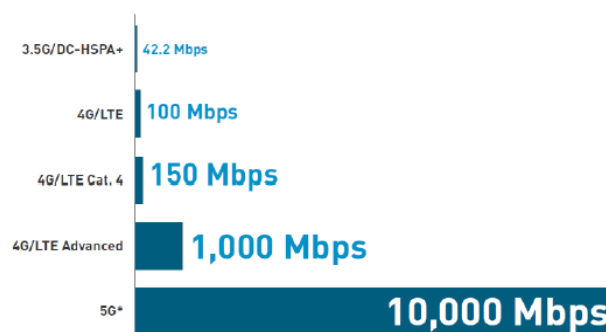


Fig. 1. Vitesse d'évolution des services [2]

2.2 RÉSEAUX VIRTUELS (5G SLICING) ADAPTÉS À CHAQUE CAS D'UTILISATION

La technologie 5G sera en mesure de répondre à tous les besoins de communication entre un réseau local (LAN) de faible puissance, tel qu'un réseau domestique, et un réseau étendu (WAN), avec des paramètres de latence et de vitesse appropriés. Aujourd'hui, ce besoin est satisfait par l'agrégation d'une grande variété de réseaux de communication (WiFi, Z-Wave, LoRa, 3G, 4G, etc.). Le réseau 5G est conçu pour permettre des configurations simples de réseaux virtuels afin de mieux aligner les coûts du réseau sur les besoins des applications. Cette nouvelle approche permettra aux opérateurs de réseaux mobiles 5G de conquérir une plus grande part du marché de l'IoT, car ils seront en mesure d'offrir des solutions rentables pour les applications à faible bande passante et à faible consommation d'énergie [4], [5].

2.3 IMPLICATIONS DU RÉSEAU 5G POUR LES OPÉRATEURS DE TÉLÉPHONIE MOBILE

La technologie 5G est une technologie cellulaire à large bande et un réseau de réseaux. L'expérience et les connaissances des opérateurs de réseaux mobiles en matière de construction et d'exploitation de réseaux seront déterminantes pour le succès de la technologie 5G.

Au-delà de la fourniture de services de réseau, les opérateurs de réseaux mobiles seront en mesure de développer et d'exploiter de nouveaux services IoT.

La mise en œuvre des réseaux 5G, tout en maintenant les réseaux 3G et 4G opérationnels, devrait poser un nouveau défi aux opérateurs de réseaux mobiles en ce qui concerne la capacité du spectre de fréquences (en particulier si l'énorme volume attendu dans l'IoT se produit). Les opérateurs de réseaux mobiles devront exploiter de nouvelles fréquences dans la gamme des 6-300 GHz, ce qui impliquera des investissements massifs dans l'infrastructure de réseau.

Pour atteindre l'objectif d'une latence de 1 ms, les réseaux 5G exigent que la connectivité avec la station de base utilise des fibres optiques. En termes d'économies, les réseaux 5G devraient être en mesure de prendre en charge des réseaux virtuels, tels que les réseaux à faible consommation et à faible performance (LPLT) pour l'IoT à faible coût.

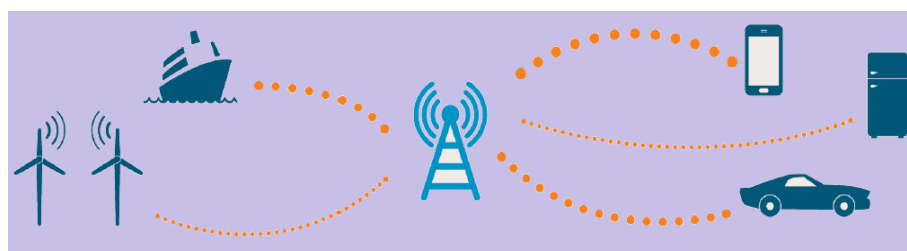


Fig. 2. Exemple de connexion IoT [6].

2.4 SPECTRE POUR 5G

Le déploiement des réseaux 5G nécessitera une plus grande largeur de bande spectrale que les réseaux 4G, compte tenu de leurs exigences élevées en matière de capacité, ce qui exacerbera le besoin de spectre [7]. C'est pourquoi l'industrie déploie des efforts concertés pour harmoniser le spectre de la 5G. L'UIT-R coordonne l'harmonisation internationale du spectre supplémentaire pour le développement des systèmes mobiles 5G. Le secteur de la normalisation des télécommunications de l'UIT (UIT-T) joue un rôle crucial dans l'élaboration de normes pour les technologies et les architectures des éléments câblés des systèmes 5G.

3 METHODOLOGIE

Les informations obtenues soutiennent le développement des objectifs proposés. En premier lieu, la sélection du sujet à présenter, le sujet choisi est d'une grande importance dans le domaine de la technologie et des télécommunications puisqu'il signifie un grand changement pour le mode de vie des populations où il est développé, cette analyse crée les bases pour des études ultérieures impliquant l'adoption de nouvelles technologies de télécommunication.

La principale source d'information pour cette étude est le site web de la Commission nationale des télécommunications, ainsi que des consultations avec les principaux fournisseurs de téléphonie mobile en République Démocratique du Congo (Huawei et Vodacom).

L'interprétation et l'analyse des données obtenues ont été effectuées d'un point de vue technique et social, afin de mettre l'accent sur la relation étroite entre l'infrastructure de distribution des services, la demande de nouveaux services ou exigences mobiles et la distribution des fréquences de transmission de données. Les informations présentées ne sont pas obtenues de manière simple, elles sont partiellement trouvées dans diverses sources scientifiques, mais ne sont pas présentées d'une manière facile à interpréter pour le besoin qui existe dans notre pays.

4 RESULTATS ET ANALYSE

4.1 PLAN D'ACTION POUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA TECHNOLOGIE 5G EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

Dans la figure 3, les grandes lignes de ce plan d'action ont été élaborées, en tenant compte des étapes générales les plus importantes de ce développement, et il a été exécuté sur la base des statistiques de couverture nationale fournies par la Société Congolaise de Postes et Télécommunications.



Fig. 3. Schéma général du plan d'action.

4.1.1 RECHERCHE

Dans un premier temps, un plan de recherche complet est nécessaire pour rassembler les informations requises pour cette mise en œuvre, telles que l'analyse du spectre radioélectrique, l'attribution des fréquences et la disponibilité des fréquences à exploiter, ces dernières devant être attribuées à la Société Congolaise de Postes et Télécommunications (SCPT) en collaboration avec les investisseurs qui souhaitent exécuter ce plan de développement.

4.1.2 PROMOTION

Cette étape se concentre sur les activités générales organisées par la Société Congolaise de Postes et Télécommunications (SCPT) pour promouvoir l'utilisation de la technologie 5G et les incitations que l'État peut offrir aux opérateurs nationaux pour développer l'utilisation et la commercialisation de la technologie 5G.

4.1.3 PLANIFICATION

Cette étape se concentre sur les activités de planification générale afin de proposer des stratégies pour l'utilisation de la technologie 5G et l'amélioration de l'infrastructure de télécommunications actuelles.

4.2 RÉSULTATS DES BÉNÉFICES BASÉS SUR LES GRANDES LIGNES DU PLAN D'ACTION POUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA TECHNOLOGIE 5G EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

Comme indiqué dans la section 4.1 relative à l'analyse du plan d'action, la technologie à l'étude présentera des avantages à court terme pour notre pays sur certains points, notamment les suivants:

- Diversité des produits et des services.
- Croissance des réseaux actuels.
- Amélioration du mode de vie.
- Amélioration de la compétitivité du pays par rapport aux autres.
- Améliorations technologiques pour les villes surpeuplées.

4.2.1 DIVERSITÉ DES PRODUITS ET DES SERVICES

Il s'agit de l'un des avantages les plus tangibles pour les utilisateurs finaux, puisque le développement de cette technologie permet d'offrir un certain nombre de services avec l'IoT, ce qui augmenterait la compétitivité entre les fournisseurs, ce qui pourrait réduire les coûts d'obtention des services et créer de meilleurs plans qui s'adaptent à tous les budgets. Cela stimulerait

davantage le marché des télécommunications au Honduras, car actuellement seuls 30 % des abonnés ont un plan de service post-payé et 70 % ont un plan de service pré-payé.

4.2.2 CROISSANCE DES RÉSEAUX EXISTANTS

L'IoT augmente la demande de services et la croissance de l'infrastructure de réseau, car la technologie 5G elle-même nécessite une connexion à haut débit avec une faible latence et des bandes passantes plus élevées que celles existantes, ce qui oblige les fournisseurs de services à distribuer les cellules nécessaires à la couverture dans tous les coins du pays, car la technologie accepte également tous les types d'appareils au sein de son réseau qui ont les protocoles 5G nécessaires.

4.2.3 AMÉLIORATION DU MODE DE VIE

L'amélioration du haut débit, qui permet un meilleur accès aux réseaux d'information, ainsi que l'amélioration de la qualité des vidéoconférences de groupe, la commande à distance en temps réel d'appareils ou de machines, les véhicules autonomes. Dans le domaine des soins de santé, on mentionne la nouvelle modalité de consultation appelée "télémédecine", la récupération et les thérapies physiques à distance grâce à l'AR, les chirurgies de précision et même la chirurgie à distance. Les hôpitaux peuvent également créer des réseaux de capteurs massifs pour surveiller les patients ou les médecins peuvent prescrire des pilules intelligentes pour suivre l'observance et les assureurs peuvent même surveiller les abonnés pour déterminer les traitements et les processus appropriés. Les écosystèmes connectés, qui faciliteront un traitement plus rapide et plus complexe des données, permettront le contrôle des infrastructures critiques, une meilleure gestion de l'espace, le contrôle des émissions polluantes, ainsi que la gestion à distance des activités dans des environnements à risque.

4.2.4 AMÉLIORATION DE LA COMPÉTITIVITÉ DU PAYS PAR RAPPORT AUX AUTRES PAYS

Comme on peut le voir précédemment, l'industrie de la communication est en constante augmentation, car il y a de plus en plus d'appareils qui nécessitent un accès au réseau pour communiquer (demande), ce qui améliore la compétitivité du pays par rapport aux autres, car une nouvelle technologie attire de nouveaux investisseurs qui veulent développer des activités dans la nouvelle économie numérique.

4.2.5 AMÉLIORATIONS TECHNOLOGIQUES POUR LES VILLES TRÈS FRÉQUENTÉES

Les avantages d'un canal qui non seulement transmet les données plus rapidement, mais supporte également beaucoup plus de données sur le même canal, permettront à de nombreuses villes de commencer à devenir des villes intelligentes.

Par exemple, il sera possible d'améliorer le système de circulation grâce à des algorithmes connectés au réseau qui contrôlent les feux de circulation dans les endroits les plus fréquentés d'une manière plus rapide et plus intelligente.

Nous pourrions avoir un système de surveillance plus avancé qui est également connecté au réseau, les voitures ayant la capacité de se connecter au réseau pourraient recevoir des informations pour tracer un itinéraire beaucoup plus efficace, nous pourrions avoir un système de collecte des ordures qui est non seulement autonome mais aussi plus intelligent.

D'autre part, tout cela sera également possible grâce à la collaboration avec l'intelligence artificielle, car l'IA sera l'un des piliers du réseau 5G et des villes intelligentes.

5 CONCLUSION

En guise de conclusion, La technologie 5G est une réalité au niveau mondial, mais elle est loin d'être applicable au niveau local. Elle nécessite un investissement important à la fois dans la technologie et dans l'infrastructure. Il faut considérer que le réseau actuel en République Démocratique du Congo répond aux besoins et aux demandes des utilisateurs, c'est pourquoi il n'y a pas encore eu de demande de la part des abonnés pour passer de la technologie actuelle à la 5G. Comme recommandation, une extension de cette recherche est envisagée, dirigée vers les opérateurs téléphoniques, parce qu'ils sont les principales références en matière de progrès technologique en termes de télécommunications, afin de savoir quels sont les progrès ou les limites de ceux-ci pour la mise en œuvre du réseau 5G en République Démocratique du Congo. À l'heure actuelle, nous pouvons profiter de la technologie 4G qui, dans de nombreuses parties des provinces, offre de bonnes performances lors de la communication ou de l'utilisation de services de messagerie, de la navigation sur Internet, des réseaux sociaux et plus encore.

ACKNOWLEDGMENTS

Nous avons l'obligation de nous acquitter d'un agréable devoir, celui de remercier toutes les personnes, qui ont contribué de loin ou de près à la rédaction de cet article.

REFERENCES

- [1] Salhane, Ilham, and Mounir Rifi. «*La technologie 5G pour les objets connectés.*» Colloque sur les Objets et systèmes Connectés-COC'2021. 2021.
- [2] Schaeken Willemaers, Jean-Pierre. «L'intelligence artificielle et l'énergie: Facteurs d'accomplissement et de réalisation des mutations sociétales.» *L'intelligence artificielle et l'énergie* (2023): 1-180.
- [3] Drif, Youssouf. Le «network slicing» dans les réseaux 5G: intégration d'un lien satellite avec continuité de service. Diss. 2022.
- [4] Abbassi, Younes, and Habib Benlahmer. «*Un aperçu sur la sécurité de l'internet des objets (IOT).*» Colloque sur les Objets et systèmes Connectés-COC'2021. 2021.
- [5] Tian, Chenjing, et al. «5G in healthcare: Matching game-empowered intelligent medical network slicing.» *Alexandria Engineering Journal* 77 (2023): 95-107.
- [6] Alqahtani, Abdulrahman Saad, et al. «*Effective spectrum sensing using cognitive radios in 5G and wireless body area networks.*» *Computers and Electrical Engineering* 105 (2023): 108493.
- [7] Umba Mombo Edouard and Meni Babakidi Narcisse, «*Impact of the 5G mobile network compared to the third and fourth generation,*» *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 37, no. 1, pp. 167–170, August 2022.

Fondamentaux kantien d'une organisation politique

[Kantian fundamentals of a political organization]

Jean Rodrigue Bateganyi

Doctorant en Philosophie, Université de Kisangani, 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: Kant is convinced of the possibility of a peaceful coexistence between individuals and people. In case freedom rises to be judicial, its formalism presumes three a priori conditions to each political organization. They are freedom, equality and independence. Those three a priori conditions highlight the rationality of the reports among people who are determined to live together of the good of all. It's because they are rational that they are submitted to that venture. It's because they need the same thing that they are engaged in the achievement of the common purposes through the rule called contract. The later facilitates a peaceful life and wise to be between individuals and peoples.

KEYWORDS: Freedom, Equality, Peace and social contract.

RESUME: Kant est convaincu de la possibilité d'une coexistence pacifique entre les personnes et les peuples. Dans la mesure où la liberté s'élève à l'être juridique, son formalisme suppose trois conditions a priori à toute organisation politique. Il s'agit de la liberté, de l'égalité et de l'indépendance. Ces trois a priori viennent souligner la rationalité des rapports entre les peuples qui se déterminent à un vivre ensemble pour l'intérêt de tous. C'est parce qu'ils sont rationnels qu'ils se soumettent à cette entreprise. Parce qu'ils veulent la même chose, ils se s'engagent à l'accomplissement des objectifs communs par la règle appelée contrat. Celui-ci facilite une vie paisible et sensée entre les personnes et les peuples.

MOTS-CLEFS: Liberté, égalité, paix, contrat social.

1 INTRODUCTION

La coexistence dans les sociétés actuelles mérite d'être analysée en ce qu'elle devait favoriser l'émergence d'une société étatique ou mondiale où il fait beau vivre. Les phénomènes sociaux actuels à l'échelle mondiale démontrent que le vivre-ensemble est encore loin d'être effectif. Au fait, à quoi servent les différentes organisations politiques si elles ne peuvent pas résoudre les différents problèmes de notre monde aujourd'hui ? Celui-ci est secoué par des guerres parfois entre les membres de ces organisations, des violences meurtrières, un monde de misère, d'exploitation des faibles, de la recherche exagérée du gain, des affamés, des morts, de racialisation, de division du monde en bloc, de paupérisation ? Les atrocités et les difficultés que prétendent résoudre ces organisations subsistent et restent d'actualité. C'est ainsi qu'il nous semble plausible de revenir aux conditions de possibilité d'une organisation politique dans contexte kantien. Ces conditions sont: la liberté, l'égalité, l'indépendance et le contrat social comme conséquence positive de ces conditions. Les hommes sont capables de construire un monde paisible et radieux grâce à ces conditions parce qu'ils sont raisonnables et qu'ils sont capables de déterminer et de rechercher eux-mêmes leur vrai bien.

2 LA LIBERTÉ

Grâce à la liberté, chacun est responsable de ses actes. L'homme, en tant qu'être sensible suivant l'expérience montre une faculté de choisir non seulement conforme à la loi, mais encore contraire à celle-là, ce n'est point par-là que sa liberté comme être intelligible peut être défini, c'est que des phénomènes ne peuvent rendre compréhensible aucun objet suprasensible et que la liberté ne peut jamais consister en ce que le sujet puisse accomplir un choix contraire à sa raison, même si l'expérience prouve trop souvent qu'il en est ainsi (ce dont nous ne pouvons toutefois comprendre la possibilité). Le principe de la liberté qualifie l'homme. La liberté est l'essence du droit.

L'exigence rationnelle juridique fondamentale que doit respecter toute société est la liberté. La liberté est source de tout droit (KANT E, 1994, 101). Selon *Théorie et pratique*, la liberté consiste dans le principe suivant: « personne ne peut me contraindre à être heureux à sa manière. » Chacun peut chercher le bonheur à sa manière à la condition que cette recherche s'accorde avec la liberté des autres. Un gouvernement qui agit pour le bonheur de son peuple agit comme un père envers ses enfants. Or le gouvernement paternel est despotique puisqu'il traite les sujets comme des enfants mineurs. La liberté consiste à n'obéir à aucune autre loi que celle à laquelle chacun a donné son accord.

« Si un certain usage de la liberté est en lui-même un obstacle à la liberté se déployant selon des lois universelles (autrement dit est injuste), la contrainte qui est opposée à cet usage, entant qu'entrave apportée à ce qui fait obstacle à la liberté, s'accorde avec la liberté se déployant selon les lois universelles, autrement dit est juste; en conséquence, une faculté de contraindre celui qui porte préjudice est immédiatement associée un droit d'après le principe de contradiction. » (CISHUGI CIHEBE A, 2009, 39).

Pour lever toute équivoque, faisons remarquer d'abord que cette faculté de contraindre envisagée par Kant n'est pas fondée sur la force, mais sur le contrat social. Nous sommes dans la logique de la force du droit et non du droit de la force. Le citoyen obéit à la loi, non pas par peur de la punition (sinon il serait alors mû par la passion ou par l'instinct de conservation propre à tout être vivant), mais parce qu'il reconnaît dans la loi les exigences de la raison pure pratique. Ne pas obéir à la loi est une régression au stade animal et même sauvage. Ensuite, cette faculté de contraindre associée au droit ne peut se comprendre que dans le cadre du droit au sens strict. Par droit au sens strict (*jus strictum*), il faut entendre 'la possibilité d'une contrainte générale réciproque s'accordant avec la liberté de chacun selon les lois universelles' (CISHUGI CIHEBE A, 2009, 39).

Kant croit à la liberté. (L'opposition logique entre liberté et déterminisme conduit à plusieurs tentatives de conciliation. Parmi lesquelles les considérations de Sartre et de Engels. Pour Sartre, la liberté est éclairée par le déterminisme. Lire à ce sujet SARTRE J.-P., 1943, 538-539).

Qu'on prenne un acte volontaire, par exemple un mensonge pernicieux, par lequel un homme introduit un certain désordre dans la société, dont on recherche d'abord les raisons déterminantes, qui lui ont donné naissance, pour juger ensuite comment il peut lui être imputé avec toutes ses conséquences. Sous le premier point de vue, on pénètre le caractère empirique de cet homme jusque dans ses sources, que l'on recherche dans la mauvaise éducation, dans les mauvaises fréquentations, en partie aussi dans la méchanceté d'un naturel insensible à la honte, qu'on attribue en partie à la légèreté et à l'inconsidération, sans négliger les circonstances tout à fait occasionnelles qui les ont pu influencer. Dans tout cela, on procède comme on le fait, en général, dans la recherche de la série des causes déterminantes d'un effet naturel donné. Or, bien que l'on croie que l'action soit déterminée par-là, on n'en blâme pas moins l'auteur et cela, non pas à cause de son mauvais naturel, non pas à cause des circonstances qui ont influé sur lui, et non pas même à cause de sa conduite passée; car on suppose qu'on peut laisser tout à ait de côté ce qu'a été cette conduite et regarder la série écoulee des conditions comme non avenue, et cette action comme entièrement inconditionnée par rapport à l'état antérieur, comme si l'auteur commençait absolument avec elle une série de conséquences.

Ce blâme se fonde sur une loi de la raison où l'on regarde celle-ci comme une cause qui a pu et a dû déterminer autrement la conduite de l'homme, indépendamment de toutes les conditions empiriques nommées. Et on n'envisage pas la causalité de la raison; pour ainsi dire, simplement comme concomitante, mais au contraire, comme complète en soi, quand bien les mobiles sensibles ne seraient pas du tout en sa faveur et qu'ils lui seraient tout à fait contraires; l'action est attribuée au caractère intelligible de l'auteur: il est entièrement coupable à l'instant où il ment; par conséquent, malgré toutes les conditions empiriques de l'action, la raison était pleinement libre et cet acte doit être attribué entièrement à sa négligence. (KANT E, 1997, 467).

Pour Rousseau, la liberté est un bien sacré qui ne saurait être sacrifié. Mais il substitue la liberté naturelle une liberté politique qui s'exprime par voix de la volonté générale, celle du peuple compris comme un seul corps. La liberté est inaliénable et sans condition. (Rappelons que pour Aristote, l'esclavage est conforme à l'ordre naturel. Pour lui, en effet, « la nature tend assurément aussi à faire des corps d'esclaves différents de ceux des hommes libres, accordant aux uns la vigueur requise pour

les gros travaux, et donnant aux autres la station droite et les rendant impropres aux besognes de ce genre, mais utilement adaptés à la vie de citoyen (qui se partage elle-même entre les occupations de la guerre et celles de la paix. ARISTOTE, 1990, 39). Il suffirait de faire de la liberté une propriété possédée par l'individu pour trouver un biais justifiant l'esclavage, et toute autre atteinte à la dignité. Car, ce qui m'appartient, je peux le vendre, c'est-à-dire l'aliéner: en échange de la vie sauve (esclavage de guerre), ou bien d'une survie matérielle (le servage en échange d'une terre).

3 L'ÉGALITÉ

L'égalité de tous devant la loi accorde à cette dernière la souveraineté et relègue le souverain au rang de ministre de la loi. Le principe de l'égalité exprime la nécessité de l'égale soumission de chacun à la loi. Kant s'appuie sur ce principe pour rejeter la légitimité juridique d'une noblesse héréditaire occupant des offices, ce qui ferait passer le rang avant le mérite. Cette égalité générale des hommes dans un Etat, en tant que sujets de celui-ci, coexiste parfaitement avec la plus grande inégalité dans l'importance et le degré de ce qu'ils possèdent.

L'Etat n'a pas à prendre en compte le bonheur des citoyens, d'où une distinction entre public et privé, du politique et du non politique (économique). Ceci conduit aussi à une séparation de l'Etat de toute église. L'Etat doit garantir la liberté de culte, n'a pas non plus à se mêler des réformes religieuses. L'Etat sera de même non interventionniste en matière économique.

4 L'INDÉPENDANCE DE TOUS

L'indépendance de tous assurée par la possibilité accordée à tous de participer à l'élaboration des lois auxquelles on promet de se soumettre renforce le pouvoir du peuple et son autonomie. (CISHUGI CIHEBE A, 2009, 38-39). Le principe de l'indépendance est encore appelé principe de la citoyenneté. Les membres de l'Etat sont citoyens donc co-législateurs. C'est là qu'il y a un problème.

Selon Kant, en ce qui concerne la législation même, tous ceux qui sont libres et égaux sous des lois publiques déjà existantes, ne doivent pas toutefois être regardés comme égaux quant au droit de faire ces lois. Autrement dit, tous les sujets ne sont pas nécessairement citoyens ou plutôt il y a lieu de distinguer les citoyens actifs (ceux co-législateurs) des citoyens passifs (ceux soumis à des lois dont ils ne sont pas à l'origine). Le critère de distinction est l'indépendance: si tous les hommes doivent jouir de la liberté et de l'égalité, ils ne sont pourtant pas tous indépendants et par là aptes à la condition juridique dans son achèvement. L'indépendance repose sur des qualités naturelles (n'être ni femme ni enfant) mais aussi sur des qualités positives (être son propre maître). Celui qui fait les lois doit être indépendant. Le problème est que Kant exprime l'indépendance à partir de conditions économiques: est indépendante celui qui pourvoit par lui-même à son entretien, celui qui est propriétaire. Celui qui n'a pas à s'aliéner lui-même pour gagner sa vie (KOUADIO C 2016).

De ces affirmations il appert que le respect de ces conditions implique un lien unissant les peuples et les personnes qui poursuivent les mêmes objectifs d'un vivre ensemble pacifique. Ce lien est dit contrat social.

5 DU CONTRAT SOCIAL

Le contrat social est une fiction théorique inventée par les juristes et philosophes du droit naturel (Grotius, Hobbes, Locke, Rousseau,...) pour définir la légitimité d'une organisation politique ou Etat. Il s'agit de savoir à quelles conditions des hommes parce que libres et raisonnables accepteraient d'obéir à un pouvoir étatique si l'on supposait qu'ils se réunissaient pour créer cet Etat. C'est en effet ce contrat qui fonde la souveraineté du peuple, du reste inaliénable chez Rousseau pour qui la volonté générale est le fondement des lois.

Jean Jacques Rousseau se rend compte que, l'homme est né libre et partout il est dans les fers. Mais d'où vient cette servitude générale ? Certes, de l'histoire des sociétés humaines qui n'est rien d'autre que le développement des inégalités parmi les hommes et des injustices au cœur des Etats. Si les autres penseurs du droit naturel passent directement de la fiction d'un état de nature à la fiction fondatrice d'un contrat social, Rousseau au contraire ne procède pas ainsi. Il passe en trois temps: l'état de nature, l'histoire des inégalités, la fondation d'un régime réellement républicain par le contrat social.

Le contrat social est aussi appelé contrat originaire. Il est l'acte constitutif de la volonté législative, l'acte fondant toute légalité, acte qui se présente comme loi fondamentale, la loi de la loi. Cette loi ne peut naître que de la volonté générale, unie du peuple. Le contrat social est l'opérateur du passage de l'état de nature à l'état civil. Il est l'acte constitutif d'un peuple c'est-à-dire d'une volonté unifiée. Il est ce qui unifie la multiplicité et lui donne un être commun. Il est l'acte qui institue l'Etat. Il procède tout entier de la liberté, éliminant du droit public tout autre principe déterminant, tout particulièrement le bonheur.

Comme Rousseau, Kant pense que le contrat transforme la liberté. Pour Rousseau, le contrat métamorphose la liberté naturelle en liberté civile et doit permettre à l'homme de se poser comme liberté morale. Chez Kant, de même, le contrat est l'acte par lequel la liberté se soumet à la loi et devient ainsi liberté vraie, en tant que liberté juridique. L'homme, dans l'Etat, ne sacrifie pas sa liberté, mais il a complètement dépouillé la liberté sauvage et sans loi pour retrouver intacte dans une dépendance légitime c'est-à-dire dans un état juridique, sa liberté en général, puisque cette dépendance émane de sa propre volonté législatrice.

De fait, la vie sociale s'accommode difficilement des tensions et des conflits qui opposent les individus et les groupes. Mais une société homogène et harmonieuse est-elle à la fois possible et souhaitable. Ce problème a été soulevé lors des premiers débats de la philosophie politique.

Aristote reprochait à Platon d'avoir voulu donner à la cité dont il forme le projet dans la *République* le plus haut degré possible d'unité, en lui fixant notamment pour loi la communauté des femmes et des biens. « Il est manifeste, écrit Aristote dans la *Politique*, que si elle s'avance trop sur la voie de l'unité, une cité n'en sera plus une, car la cité a dans sa nature d'être une certaine sorte de multiplicité, et si elle devient trop une, de cité elle retourne à l'état de famille, et de famille à celui d'individu. » (ARISTOTE, 1990,139).

Montesquieu, au 18^e siècle, recourt à une métaphore musicale pour exprimer une idée voisine: le désaccord entre les composantes de la société n'est pas néfaste; il concourt au bien général comme des dissonances, dans la musique, concourent à l'accord total. La prise en compte de la diversité sociale peut aller plus loin. Ainsi, Kant voit dans le conflit lui-même un facteur précieux de progrès. La concurrence dans le domaine économique, l'émulation dans le domaine culturel et scientifique, la rivalité politique, voilà autant de stimulants pour la société, mais à condition que ces conflits puissent se déployer dans un cadre pacifique.

Selon Kant, il y a deux penchants humains: s'associer et rechercher son intérêt privé. D'où l'insociable sociabilité des hommes, c'est-à-dire leur inclination à entrer en société, inclination qui est cependant doublée d'une répulsion générale à le faire, menaçant constamment de désagréger cette société. L'homme a un penchant à s'associer, car dans un tel état, il se sent plus qu'homme par le développement de ses dispositions naturelles. Mais il manifeste aussi une grande propension à se détacher (s'isoler) car il trouve en même temps en lui le caractère d'insociabilité qui le pousse à vouloir tout diriger dans son sens, et, de ce fait, il s'attend à rencontrer des résistances de tous côtés, de même qu'il se sait de lui-même enclin à résister aux autres. C'est cette résistance qui éveille toutes les forces de l'homme, le porte à surmonter son inclination à la paresse, et sous l'impulsion de l'ambition, de l'instinct de domination et de cupidité, à se frayer une place parmi ses compagnons qu'il supporte de mauvais gré, mais dont il ne peut se passer. (KANT E, 1990, 74-75).

La recherche égoïste des intérêts privés stimule et développe les dispositions naturelles de l'homme. L'homme a besoin de maître pour imposer l'autorité de la loi. L'homme, selon Kant, est un animal qui a besoin d'un maître pour l'élever de l'animal égoïste à l'universalité. Car, il abuse de sa liberté à l'égard de ses semblables; et, quoique créature raisonnable, il souhaite une loi qui limite la liberté de tous, son penchant animal à l'égoïsme l'incite toutefois à se réserver. Dès lors, l'établissement d'une justice représente une tâche difficile, car le maître a lui-même besoin d'un maître. Mais où le trouver ? Nulle part ailleurs que dans l'espèce humaine.

Quelle serait alors la fonction de l'appareil régulateur des tensions ? Dans bon nombre de sociétés traditionnelles, le rôle des chefs est d'empêcher les conflits d'apparaître, car une fois qu'ils ont surgi, ces sociétés fragiles sont incapables de les endiguer. Ces sociétés n'ont pu survivre qu'à deux conditions: la première est que l'indépendance de l'individu au sein de la société soit minimale afin de réduire les risques de tensions sociales. La seconde que ceux qui détiennent le pouvoir (c'est-à-dire le conseil des sages, les chefs coutumiers) jouent un rôle dissuasif et pacificateur en amont des conflits par le jeu de la palabre, la ritualisation des affrontements, etc. Quand les sociétés ont atteint un certain degré de complexité, les conflits ne peuvent plus être désamorçés. La société, sous peine d'être déchirée par la violence, doit donc se donner un instrument qui permette leur règlement pacifique.

La conception de l'Etat, telle qu'elle est théorisée au 17^e siècle par Hobbes notamment, correspond à cette fonction d'arbitrage. Elle suppose que les individus acceptent de s'en remettre à l'Etat, à ses tribunaux et à ses lois pour régler les différends qui peuvent les opposer. On donne parfois à l'Etat ainsi conçu le nom d'Etat 'gendarme'. Si cette résolution est prise librement par tous, on peut la comparer à un contrat. Ce contrat social rend légitime l'autorité de l'Etat sur les individus parce qu'il les engage tous de la même façon, et qu'eux-mêmes en tirent tous le même bénéfice. (HOBBS Th, 1982, 150-154 et SPINOZA B 1665, 329).

« A la naissance de la *Théorie pure du droit* se pose une question: à quelles conditions peut-on concevoir la coexistence pacifique d'hommes libres et indépendants ? Est-il possible à l'homme de se passer de sa liberté naturelle à suivre son inclination pour les intérêts égoïstes et particuliers, pour se laisser par la lumière de la raison, et poursuivre ainsi l'intérêt

général ? Cette suspension de la liberté naturelle que l'homme possède en partage avec les animaux en faveur d'une liberté civile, n'est possible qu'à condition de choisir de se laisser éclairer par la raison pure pratique. C'est à cette condition que l'homme, enfin libéré de toute nécessité existentielle ou naturelle, prend le risque de se prendre en charge grâce à un système juridique qui repose sur la raison. Ainsi, le droit se pose comme ce qui marque la frontière entre l'humanité civilisée et l'humanité sauvage. Malheureusement, le trafic entre les deux reste fluide. L'installation dans l'état civil n'est jamais définitive.» (CISHUGI CIHEBE A, 2009, 37).

La paix que vise Kant, dans la *Doctrine du droit*, est une paix publique. C'est celle recherchée par tous les philosophes du contrat. Cependant, au lieu de se placer dans la logique sécuritaire comme l'a fait Hobbes, Kant se place dans la logique éthique. En effet, la logique sécuritaire prône l'instauration d'un pouvoir public fort pour assurer la paix et la sécurité des citoyens. Le contrat social, conçu par Hobbes, suppose un pacte d'association entre citoyens et leur soumission totale au souverain qui est au-dessus du peuple. Ainsi le droit de Hobbes ne semble pas répondre aux exigences de la raison mais plutôt aux exigences vitales et sentimentales. Dans cette perspective, il vaut mieux subir la tyrannie d'un seul que l'anarchie de l'état de nature et la violence de la multitude. (Cf. CISHUGI CIHEBE A, 2009, 38)

Dans la logique éthique kantienne, une telle paix n'est ni humaine ni souhaitable. Cette forteresse hobbesienne où règne l'ordre public est bâtie sur le cimetière de la liberté des citoyens et de l'égalité de tous devant la loi. En effet, pour Kant, la paix est la finalité du droit et ce dernier est une exigence morale rationnelle et non passionnelle. Selon le principe universel du droit toute action est juste qui peut faire coexister la liberté de l'arbitre de chacun avec l'arbitre de tout autre selon une loi universelle ou dont la maxime permet cette coexistence.

6 CONCLUSION

Les contractualistes ont justement trouvé que l'homme recherche sa pleine réalisation dans la rencontre avec les autres. A l'état sauvage, il n'est pas encore accompli. Il lui faut pour être lui-même entrer en commerce avec les autres. C'est le sens de toute organisation politique. Pour réaliser le souhait d'une société harmonieuse, l'organisation politique doit se construire sur base de la liberté de chacun des contractants parce que son action est fonction de son autonomie. En effet, lui seul sait rechercher le bien qui lui convient et peut trouver les moyens pour y parvenir. Aussi les contractants doivent être de véritables partenaires. Ne peuvent contracter que des sujets se reconnaissant égaux et poursuivant des objectifs communs.

REFERENCES

- [1] Cf. KANT E., 1994, *Fondements de la métaphysique des mœurs II, Doctrine du droit, Doctrine de la vertu*, trad. A. Renaut, Paris, Flammarion, p. 101.
- [2] KANT E., cité par CISHUGI CIHEBE A., 2009, *La paix par le droit. La rationalité comme principe du pacifisme juridique kantien*, Kinshasa, L'Harmattan RDC, p.39.
- [3] Ibidem.
- [4] L'opposition logique entre liberté et déterminisme conduit à plusieurs tentatives de conciliation. Parmi lesquelles les considérations de Sartre et de Engels. Pour Sartre, la liberté est éclairée par le déterminisme. Lire à ce sujet SARTRE J.-P., 1943, *L'Être et le Néant*, Paris, Gallimard, coll. Tel, pp.538-539.
- [5] KANT E., 1997, *Critique de la Raison pure* (1781), trad. A. Tremesaygues et B. Pacaud, coll. Quadrige, 5^e éd., Paris, PUF, p.467.
- [6] Notons que pour Aristote, l'esclavage est conforme à l'ordre naturel. Pour lui, en effet, « la nature tend assurément aussi à faire des corps d'esclaves différents de ceux des hommes libres, accordant aux uns la vigueur requise pour les gros travaux, et donnant aux autres la station droite et les rendant impropres aux besognes de ce genre, mais utilement adaptés à la vie de citoyen (qui se partage elle-même entre les occupations de la guerre et celles de la paix. ARISTOTE, *La Politique*, Livre I, chap. V, trad. J. Tricot, Paris, J. Vrin, p. 39.
- [7] Cf. CISHUGI CIHEBE A., 2009, *La paix par le droit. La rationalité comme principe du pacifisme juridique kantien*, Kinshasa, L'Harmattan RDC, pp.38-39.
- [8] KOUADIO C., « Kant et la politique » sur <http://sos.philosophie.free.fr/kantpol.htm> mise à jour le 22 janvier 2016, consulté le 25 mai 2017.
- [9] Lire à ce propos KOUADIO C., « Kant et la politique » sur <http://sos.philosophie.free.fr/kantpol.htm> mise à jour le 22 janvier 2016.
- [10] ARISTOTE, 1990, *Les Politiques II*, 2, 1261a17-a20, trad. P. Pellegrin, Paris, Garnier-Flammarion, p.139.
- [11] Cf. KANT E., 1990, *Idée d'une histoire universelle* (1784), trad. Stéphanie Piobetta, Paris, Garnier-Flammarion, pp. 74-75. La philosophie kantienne de l'histoire est la marche de l'humanité vers même ce qu'il y a d'insociable dans l'homme pour

une plus grande sociabilité et que la liberté achève en donnant son sens moral à ce plan caché de la nature. Cf. LACROIX J., 1998¹⁸, *Kant et le kantisme*, Paris, PUF, coll. Que sais-je ? p.114.

- [12] Cf. HOBBS T., 1982, *Le Citoyen* (1642), trad. Samuel Sobrière, Paris, Garnier-Flammarion, pp.150-151. Baruch Spinoza revient sur la fonction de l'Etat de conserver sans dommage pour autrui, son droit naturel d'exister et d'agir. Lire à ce sujet SPINOZA B., *Traité théologico-politique* (1665), trad. Ch. Appuhn, Paris, Garnier-Flammarion, p. 329.
- [13] CISHUGI CIHEBE A., 2009, *La paix par le droit. La rationalité comme principe du pacifisme juridique kantien*, Kinshasa, L'Harmattan RDC, p.36. Pour Cishugi, la régression du civil au sauvage peut revêtir la forme éthique ou juridique. Elle est éthique quand le désaccord entre l'action extérieure du sujet et son intention est flagrant. Ce sauvage pêche contre la moralité. Elle est juridique quand le désaccord s'observe entre l'action extérieure et la loi prescrite. Ce sauvage s'écarte alors de la légalité. p. 37.
- [14] *Idem*, note 66, p.38.

Management des risques biologiques et chimiques au laboratoire d'anatomie pathologique du CHU Ibn Rochd de Casablanca

[Management of biological and chemical risks in the pathological anatomy laboratory of the Ibn Rochd University Hospital in Casablanca]

Mohamed Belcaid¹⁻², Oussama Aazzane¹⁻², Abderahman Mellouki², Fatima Zahra Bakhtaoui², Saida Stitou², Abdeljalil Rezzaki², and Mehdi Karkouri¹⁻²

¹Laboratoire de Pathologie Cellulaire et Moléculaire, Faculté de médecine et de pharmacie de Casablanca, Université Hassan II de Casablanca, Morocco

²Laboratoire d'Anatomie Pathologique, CHU Ibn Rochd de Casablanca, 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: *Introduction:* The Pathological Anatomy laboratory presents risks related to the handling of potentially contaminated surgical, biopsy or cytological samples, as well as the use of dangerous chemicals. The objective of our study is to evaluate the biological and chemical risks incurred by the staff of the PCR laboratory of the Ibn Rochd university hospital center (CHU) in Casablanca and to recommend prevention and protection measures against these risks.

Methods: We conducted a descriptive cross-sectional study over a period of six months, involving all laboratory staff. Our study is based on the use of detailed questionnaires, interviews and observations of working conditions.

Results: The evaluation revealed several failures: insufficient training of staff in matters of hygiene and safety in the workplace, medical monitoring is not systematically respected, accidents linked to exposure to biological liquids and products chemicals are relatively common, a lack of maintenance of collective protective equipment such as extractor hoods, a lack of protective glasses and compliant respiratory masks, inappropriate storage of dangerous chemicals, lack of display of certain instructions safety and insufficient compliance with waste disposal requirements.

Conclusion: It is imperative to put in place an action plan aimed at preventing and protecting laboratory personnel against these risks.

KEYWORDS: Biological risks, chemical risks, health, safety, personnel.

RESUME: *Introduction :* Le laboratoire d'Anatomie Pathologique présente des risques liés à la manipulation d'échantillons chirurgicaux, de biopsies ou cytologiques potentiellement contaminés, ainsi qu'à l'utilisation de produits chimiques dangereux. L'objectif de notre étude est d'évaluer les risques biologiques et chimiques encourus par le personnel du laboratoire d'ACP du centre hospitalier universitaire (CHU) Ibn Rochd de Casablanca et de recommander des mesures de prévention et de protection contre ces risques.

Méthodes: Nous avons mené une étude transversale descriptive sur une période de six mois, impliquant tout le personnel du laboratoire. Notre étude repose sur l'utilisation de questionnaires détaillés, d'entretiens et d'observations des conditions de travail.

Résultats: L'évaluation a révélé plusieurs défaillances: une formation insuffisante du personnel en matière d'hygiène et de sécurité sur le lieu de travail, suivi médical n'est pas systématiquement respecté, des accidents liés à l'exposition à des liquides biologiques et des produits chimiques sont relativement courants, un manque d'entretien des équipements de protection collective tels que les hottes aspirantes, un déficit en termes de lunettes de protection et de masques respiratoires conformes,

un stockage inapproprié des produits chimiques dangereux, absence d'affichage de certaines consignes de sécurité et un respect insuffisant des exigences en matière d'élimination des déchets.

Conclusion: Il est impératif de mettre en place un plan d'action visant à prévenir et à protéger le personnel du laboratoire contre ces risques.

MOTS-CLEFS: Risques biologiques, risques chimiques, santé, sécurité, personnel.

1 INTRODUCTION

Il est indéniable que toute activité humaine, implique un certain degré de risque, qui peut se matérialiser à tout moment, quelle que soit la nature de l'activité ou le lieu où elle se déroule. Le risque permet d'évaluer la probabilité de l'existence d'un danger pouvant conduire à un évènement grave [1]. Ainsi, exercer dans un laboratoire d'Anatomie et de Cytologie Pathologique (ACP) expose en effet à des risques variés à chaque étape de la prise en charge des prélèvements -tissulaires ou cytologiques- avec notamment l'exposition à des risques biologiques ou chimiques.

Au sein d'un laboratoire d'ACP, la sécurité biologique est une préoccupation majeure. Le personnel du laboratoire doit prendre des mesures de préventions et de protections pour éviter toute exposition aux micro-organismes potentiellement pathogènes. Les risques de contamination sont particulièrement élevés lors de la manipulation de tissus frais ou de liquides biologiques, qui peuvent contenir des agents infectieux. Tout échantillon non traité correctement présente un risque potentiel d'infection, qui doit être géré avec précaution. La figure 1 ci-dessous illustre les différents risques biologiques présents dans un laboratoire d'ACP [2, 3].

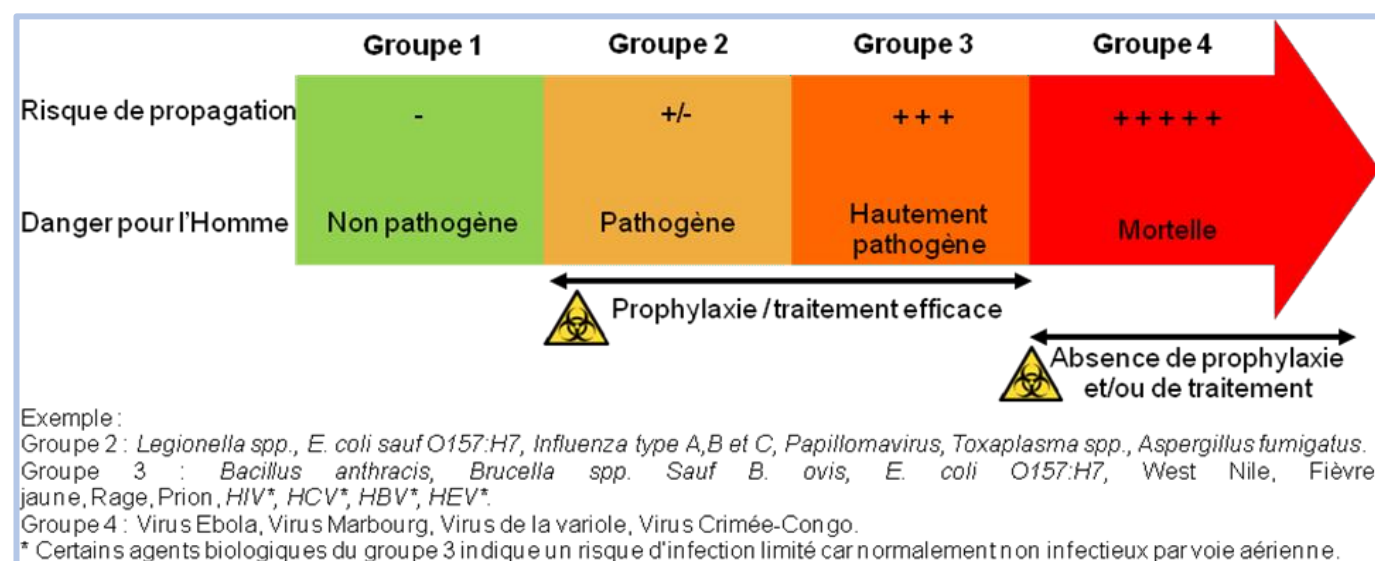


Fig. 1. Classification des microorganismes [3]

Dans le domaine de l'anatomopathologie, l'utilisation de substances chimiques peut présenter un risque potentiel pour la santé et la sécurité du personnel. Des produits tels que le formaldéhyde, le xylène, le toluène, le substrat chromogène (DAB) et le méthanol sont couramment utilisés dans ces techniques et nécessitent une attention particulière en matière de gestion des risques. En effet, la réglementation et les normes en vigueur imposent des exigences strictes en matière de maîtrise de ces risques pour garantir la sécurité et la santé du personnel [4, 5, 6]. Par conséquent, il est essentiel que les mesures de prévention et de protection soient mises en place et respectées afin de réduire au minimum les risques pour les personnes impliquées dans ces activités.

L'objectif de notre étude est d'évaluer les risques biologiques et chimiques encourus par le personnel du laboratoire d'ACP du centre hospitalier universitaire (CHU) Ibn Rochd de Casablanca et de recommander des mesures de prévention et de protection contre ces risques.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 MÉTHODOLOGIE

Notre laboratoire a introduit l'approche processus dans la gestion des risques biologiques et chimiques afin de garantir la sécurité et la santé du personnel et de ses clients. Cette approche implique plusieurs étapes clés à savoir:

- Décrire l'enchaînement des activités sous forme de processus.
- Identifier les processus nécessaires au système de management.
- Définir leurs interactions.
- Mettre en place des dispositions de maîtrise et de surveillance [7].

Les étapes du processus de management des risques biologiques et chimiques sont comme suit (**Fig. 2**):

- Etablir le contexte.
- Identification des risques aux différents postes du laboratoire.
- Analyse du risque
- Evaluation du risque.
- Faire des recommandations et élaborer un plan d'action pour la maîtrise et la prévention [8].

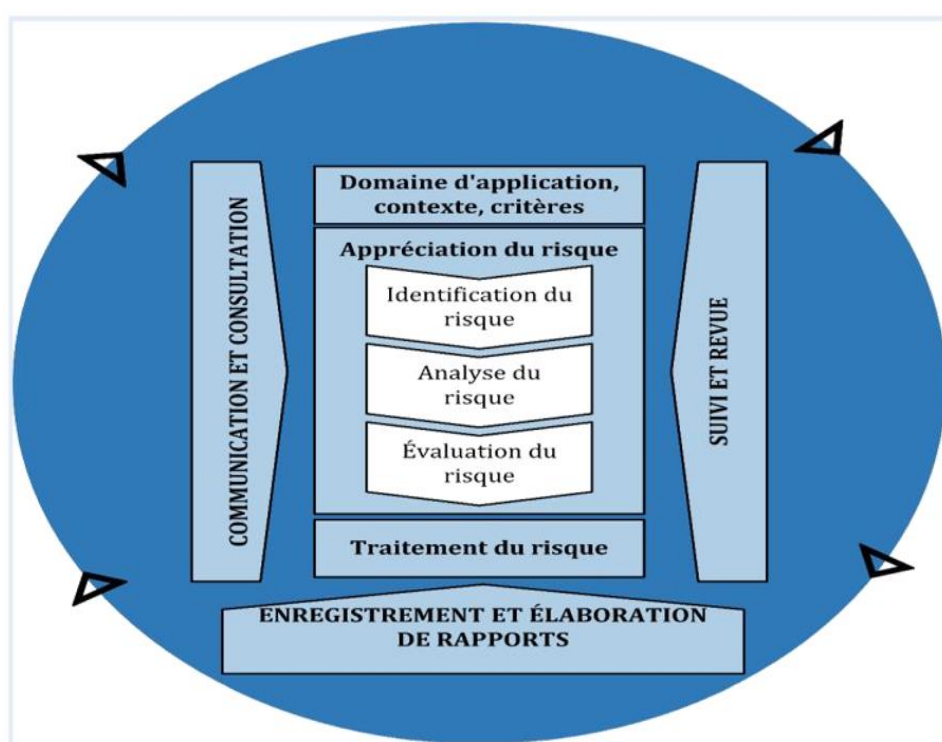


Fig. 2. Le processus du management des risques (8).

CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Nous avons mené une étude transversale descriptive sur une période de six mois au sein du laboratoire d'anatomie pathologique du CHU Ibn Rochd de Casablanca.

Les activités de notre laboratoire couvrent quatre missions principales qui sont les suivantes:

- Mission de soins (diagnostic).
- Mission de santé publique (rôle de service public, appui aux établissements de santé).
- Mission de formation et de recherche (formation et recherche scientifiques).
- Mission économique et managériale (achat produit, gestion de production, et direction).

MÉTHODES D'IDENTIFICATION DES RISQUES

Les conditions de travail du personnel ont été évalués à l'aide d'une grille d'observation et également d'un questionnaire composé de questions fermes et ouvertes distribué aux personnels (soit 40 formulaires).

MÉTHODE D'ANALYSE ET D'ÉVALUATION DES RISQUES

Dans le cadre de l'analyse de l'évaluation des risques, il est essentiel de mesurer la fréquence des risques identifiés et de les classer en fonction de leur gravité. Cette démarche est primordiale pour mettre en place des actions correctives adaptées (Fig. 3).

Pour cela, la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets, de leur Criticité) a été retenue. Cette approche permet d'évaluer la criticité des risques en se basant sur la fréquence et la gravité de leurs effets.

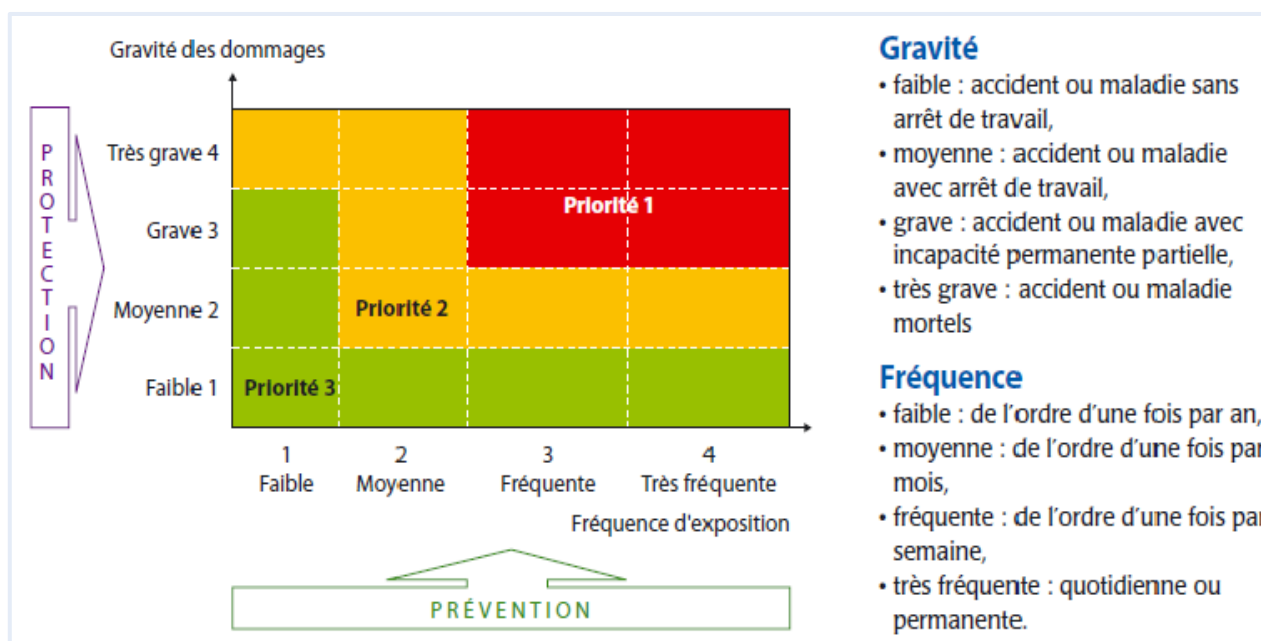


Fig. 3. Hiérarchisation des risques [9].

CLASSEMENT DES RISQUES

Les risques ont été classés en 4 niveaux de priorité, en fonction du niveau de gravité et du niveau de fréquence (Fig. 3).

- [1 à 3]: Priorité 3: Mesures correctives non prioritaires, suggestions d'amélioration.
- [4 à 8]: Priorité 2: Mesures correctives moyennement prioritaires.
- [9 à 16]: Priorité 1: Mesures correctives prioritaire.

Actions correctives: Un ensemble d'actions préventives et correctives ont été proposé au décours de notre investigation.

3 RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

3.1 BILAN D'ACTIVITÉ DU LABORATOIRE D'ACP

RESSOURCES HUMAINES

Notre laboratoire est constitué de 52 membres, dont 6 enseignants universitaires et 22 résidents, ainsi que 20 membres du personnel technique et 4 adjoints techniques.

PRÉLÈVEMENTS REÇUS EN MOYENNE PAR MOIS DURANT L'ANNÉE 2022

La moyenne des échantillons mensuels reçus durant l'année 2022 étaient de 518 pièces opératoires, 975 biopsies et 194 prélèvements cytologiques.

PRINCIPAUX ACTES RÉALISÉS EN MOYENNE PAR MOIS DURANT L'ANNÉE 2022

Le bilan d'activité mensuel de l'année 2022 a révélé que nous avons traité en moyenne de 50 demandes d'examen extemporané, 2498 demandes d'immunohistochimie, 260 demandes d'Immunofluorescence, 220 demandes de Coloration spéciale et 55 demandes de Biologie moléculaire 55.

LES RAPPORTS ANATOMOPATHOLOGIQUES ANNUELS

Dans notre laboratoire, le nombre de rapports anatomopathologiques établi chaque année, atteignant jusqu'à 42 000 comptes rendus.

QUANTITÉS ANNUELLES DE DÉCHETS SOLIDES ET LIQUIDES GÉNÉRÉS PAR LE LABORATOIRE EN 2022

Le laboratoire a généré différentes quantités mensuelles de déchets solides et liquides en 2022. Selon les données collectées, nous avons constaté que les déchets ménagers ont atteint un poids total de 7483,45 kilogrammes, tandis que les déchets à risque ont quant à eux atteint une masse de 2267,4 kilogrammes. En ce qui concerne les déchets liquides, leur volume total s'élevait à 2307,2 litres.

3.2 ELABORATION DU PROCESSUS MANAGEMENT DES RISQUES BIOLOGIQUES ET CHIMIQUES

Dans le cadre de l'élaboration d'un processus de management des risques biologiques et chimiques, une analyse complète a été menée pour identifier tous les éléments nécessaires. Parmi ceux-ci figuraient les objectifs, les ressources disponibles, les données d'entrée requises, les activités à effectuer, les données de sortie attendues et les indicateurs de suivi du processus comme illustré dans le **tableau I**.

Tableau 1. Processus du management des risques chimiques et biologiques.

Objectifs du processus	Ressources
-Assurer au personnel les formations relatives à l'hygiène, la santé, sécurité au travail. -Instaurer la culture santé et sécurité au Laboratoire. -Identifier, maîtriser et anticiper les situations aux pratiques jugées dangereuses. - Améliorer la sécurité au niveau de chaque poste de travail. -Analyser efficacement tous les accidents et incidents survenus pour prévenir leur réapparition. -Garantir l'hygiène des locaux; maîtrisé le niveau de la contamination biologique et chimique. -Contrôle microbiologique et physico-chimique de l'environnement ('air et espace).	<u>Mains d'œuvres</u>: Direction CHU, personnel du service, hygiénistes et agents. <u>Milieux</u>: locaux et postes de travail du Laboratoire, environnement. <u>Méthodes</u>: -Identification et évaluation des risques. -Procédure de Maitrise des risques biologiques et chimiques. -Bonnes pratiques d'analyse anatomo-pathologiques. -Tri et traitement des déchets solides et liquides (Procédures de gestion des déchets). <u>Matière</u>: Le matériel, le personnel du Labo, les clients externes et l'environnement. <u>Matériel</u>: Equipements de protection individuels (EPI) et équipements de protection collectifs (EPC), détergent, désinfectants, matériel de nettoyage, poubelles et conteneurs.
Données d'entrée	Activités du processus
-Analyse de risque biologique et chimique. -Exigences normatives et réglementaires de sécurité des clients internes et externes. -Equipements de prévention et de protection individuelle et collective.	-Formation sensibilisation. -Maitrise des risques biologiques et chimiques. -Mise en place des consignes d'hygiène et de sécurité relatives aux personnels, matériels et locaux. -Hygiène des locaux. -Gestion des déchets solides et liquides.

Données de sortie	Indicateur du processus
-Risques chimiques et biologiques maîtrisés. -Locaux et équipements propres et bien entretenus. -Environnement du travail sain. -Traitement adéquat des déchets.	-Nombre de séances de formation sur la santé et la sécurité au travail. -Acquisition du matériel de protection individuelle et collective. -Suivi de la mise à jour de l'évaluation de risque. -Suivi des actions correctives. -Taux de conformité de l'analyse microbiologique et physico-chimique du milieu interne du laboratoire.

CHU: Centre Hospitalier Universitaire; EPC: Equipements de Protection Collectifs; EPI: Equipements de Protection Individuels.

4 RÉSULTATS DES QUESTIONNAIRES

Sur les 40 questionnaires distribués, 33 ont été collectés, ce qui représente un taux de réponse de 82 %.

4.1 CARACTÉRISTIQUES DES RÉPONDANTS

RÉPARTITION DU PERSONNEL EN FONCTION DE L'ÂGE ET DU SEXE

L'âge moyenne des répondants inclus dans l'étude avaient en moyenne 37 ans, avec une fourchette d'âge allant de 25 à 61 ans. Parmi eux, 64% étaient âgés entre 25 et 35 ans. En ce qui concerne la répartition par sexe, les femmes étaient majoritaires, représentant 79% de l'ensemble du personnel, donnant une sex-ratio de 0,26 (**Fig. 4, A**).

RÉPARTITION DU PERSONNEL SELON LA FONCTION

Le personnel du laboratoire se répartissait différemment entre les médecins pathologistes et les techniciens et biologistes du laboratoire, selon les données présentées dans la **Figure 4B**. Les médecins pathologistes constituaient 42% du personnel, tandis que les techniciens et les biologistes du laboratoire représentaient la majorité avec 52% de l'effectif total.

RÉPARTITION DU PERSONNEL EN FONCTION DE L'ANCIENNETÉ PROFESSIONNELLE

La majorité du personnel enquêté ont une ancienneté dans le laboratoire supérieure à 5 ans soit 51% du personnel; et 27% ont une ancienneté supérieure à 15 ans (**Fig. 4, C**).

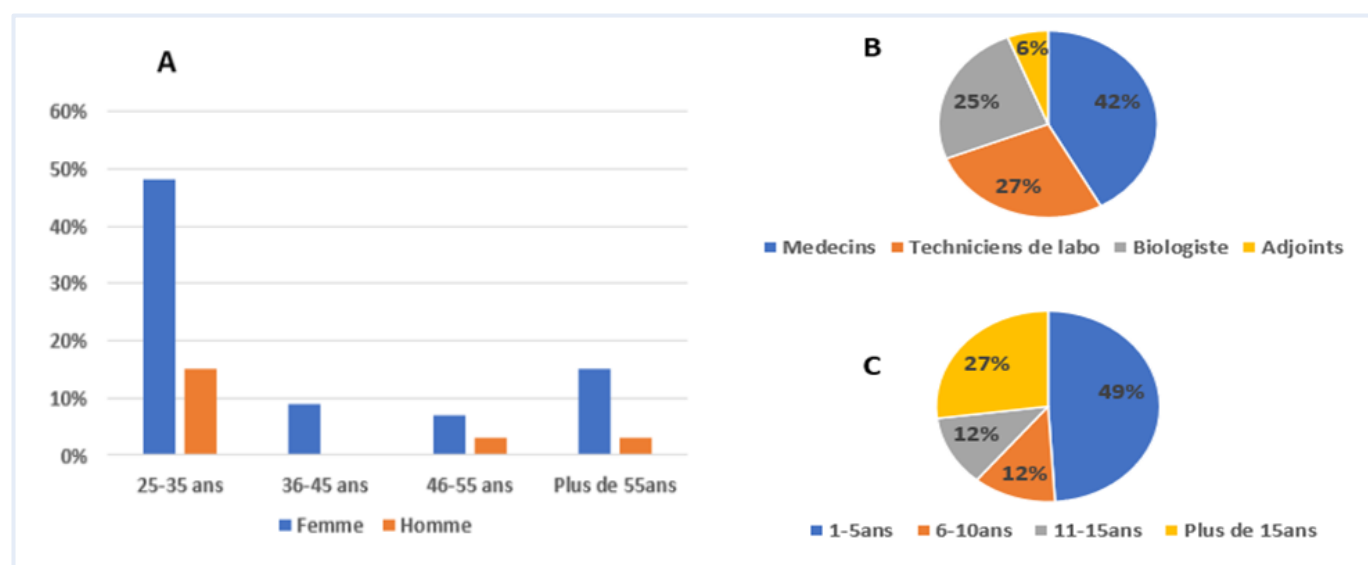


Fig. 4. Caractéristiques du personnel selon l'âge et le sexe (A), la fonction (B) ainsi que l'ancienneté professionnelle (C)

4.2 EVALUATION DES RISQUES BIOLOGIQUES ET CHIMIQUES

EVALUATION DU RISQUE BIOLOGIQUE PAR ITEM D'ÉVALUATION

Formations sur le risque biologique

Selon les résultats obtenus, 44% du personnel ont affirmé ne pas avoir suivi de formation relative aux risques biologiques, tandis que les 56% restants ont indiqué en avoir reçu une formation.

Equipement de protection individuelle (EPI) contre le risque biologique

La majorité du personnel (75%) a déclaré être équipé de gants et de masques pour se protéger contre les risques d'infection.

Hygiène des mains

Selon les informations recueillies, nous avons constaté que 80% du personnel ont signalé la présence d'eau et de savon pour se laver les mains. Cependant, en ce qui concerne le respect du protocole de lavage des mains après chaque manipulation, les chiffres montrent une disparité de 70% contre 30%.

Nettoyage et désinfection

Selon les résultats obtenus, 70% du personnel interrogé ont rapporté que la surface des paillasses sont nettoyés et désinfectés à la fin de chaque manipulation.

Tri et séparation des déchets

Selon les résultats obtenus, 70% du personnel ont affirmé que la séparation des déchets ordinaires, des déchets à risque est respectée.

Conditionnement des déchets

Selon les données collectées, 74% ont déclaré la disponibilité des conteneurs pour déchets tranchants et des sacs spécifiques pour le tri et l'élimination des déchets contaminés et non contaminés à chaque poste de travail.

Risques d'expositions au sang et aux projections biologiques (AES)

La majorité du personnel interrogés (73%) ont déclaré être blessés au moins une fois dans leur carrière.

Existence de procédures à suivre en cas d'AES

Plus de la moitié des répondants (52%) ont rapporté qu'ils ignorent la procédure à suivre en cas d'AES, tandis que 26 % ont affirmé avoir une connaissance de la procédure et 22 % ont avoué n'avoir aucune idée sur le sujet.

Les résultats de l'évaluation du Risque biologique par item d'évaluation sont illustrés dans **la figure 5**.

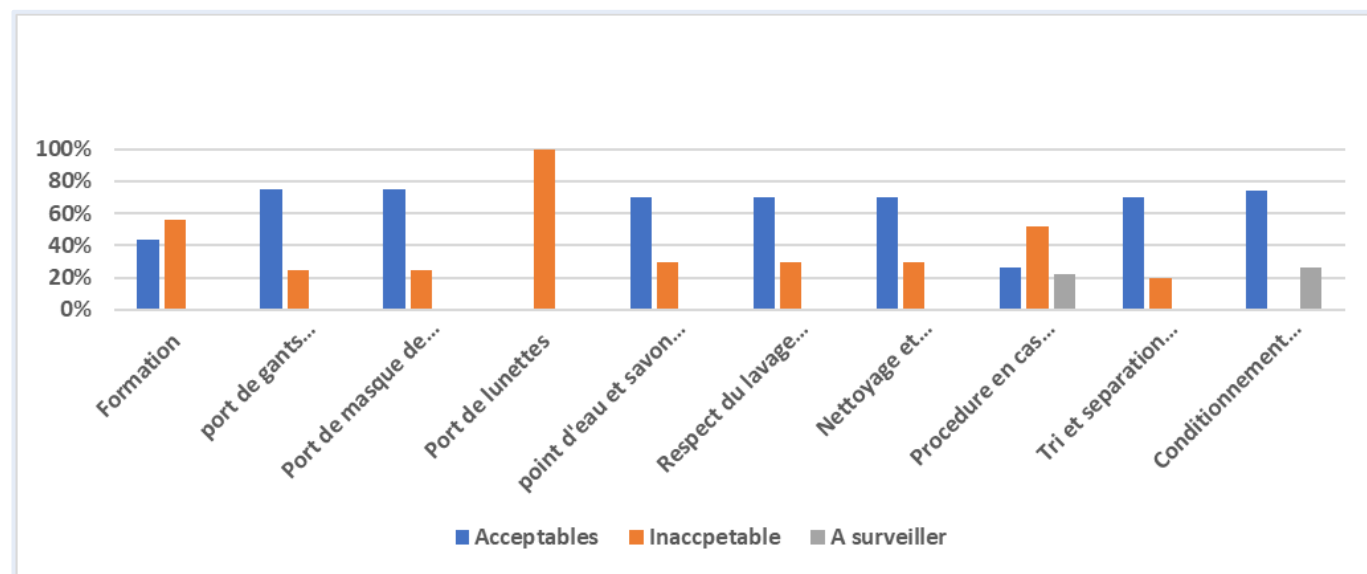


Fig. 5. Résultats des réponses liées aux risques biologiques.

EVALUATION DU RISQUE CHIMIQUE PAR ITEM D'ÉVALUATION

Formation sur le risque chimique

Selon les résultats obtenus, 85% du personnel interrogés affirment l'absence de formations sur les risques chimiques et les règles de sécurité à observer.

Gants adéquats

La majorité du personnel (70%) interrogé déclarent qu'ils portent les gants adéquats lors de la manipulation des produits chimiques dangereux en revanche 30% disent qu'ils portent des gants non conformes.

Masque adapté

Plus de la moitié (54 %) du personnel enquêté déclarent qu'ils n'utilisent pas des masques de protection adéquats lors de la manipulation des produits chimiques. Alors que, 20% disent qu'ils utilisent des masques conformes et 26% du personnel sans réponse.

Port de lunettes

La totalité (100%) du personnel ne portent pas des lunettes de protection lors de la manipulation des produits chimiques dangereux.

Inventaire des produits chimiques utilisés

Après la collecte des données, il ressort que la majorité du personnel, soit 75%, effectuent régulièrement l'inventaire des produits chimiques. Cependant, une minorité de 15% affirme ne pas effectuer cette tâche, tandis que 10% n'ont pas été en mesure de donner une réponse claire à ce sujet.

Stockage des produits sécurisé

Selon les résultats obtenus, plus de la moitié du personnel soit 56% a déclaré que des armoires de sécurité étaient disponibles pour stocker ces produits. Cependant, un pourcentage considérable de 34% a signalé qu'il n'y avait pas d'armoires

de sécurité appropriées sur le lieu de travail. Il est préoccupant que 10% des personnes interrogées n'aient pas pu fournir de réponse claire sur cette question critique de sécurité.

Procédures sur les règles de sécurité

Plus de la moitié du personnel, soit 52%, était conscient de l'existence de procédures réglementaires en la matière. Cependant, il y a encore un pourcentage significatif de 35% qui affirment que ces procédures sont absentes. En outre, 13% des personnes interrogées ont indiqué ne pas être en mesure de fournir une réponse claire à ce sujet.

Reconditionnement des produits chimiques

La majorité du personnel interrogé, soit 75%, a confirmé qu'ils effectuent des opérations de reconditionnement sur certains produits chimiques. En revanche, un quart des personnes interrogées n'ont pas répondu à cette question.

Hotte aspirante

D'après les résultats d'une enquête menée auprès du personnel travaillant sous les hottes, il ressort que 75% d'entre eux jugent que l'aspiration des produits volatils (tels que la formole et le toluène) est insuffisante.

Suivi médical et CAT en cas d'exposition aux produits chimiques dangereux

La majorité du personnel (soit 72 %) ont signalé l'absence de procédures claires en cas d'exposition à des produits dangereux et toxiques sur leur lieu de travail.

Eliminations conforme des produits chimiques inutilisés

Selon les résultats de notre enquête interne, 70% des répondants ont affirmé que les produits chimiques non utilisés sont traités en accord avec les réglementations environnementales par une entreprise spécialisée en la matière.

Les résultats de l'évaluation du Risque chimique par item d'évaluation sont représentés dans la figure 6.

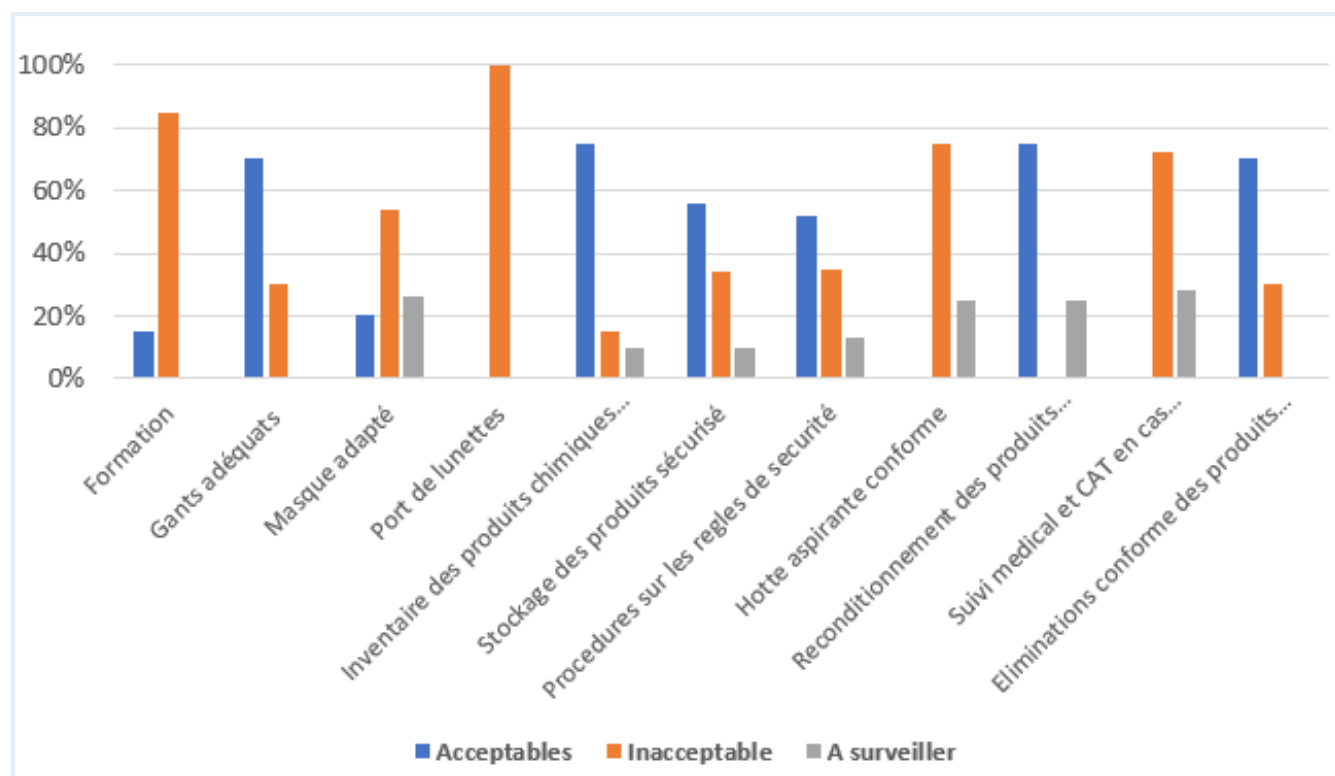


Fig. 6. Résultats des réponses liées aux risques chimiques

En outre, il ressort des constats et des suggestions exprimés par les enquêtés, que les points à améliorer concernant la santé et la sécurité du personnel du laboratoires sont:

- Besoin en formation sur la gestion des risques.
- Suivi médical du personnel n'est pas systématique.
- Transport des flacons de prélèvements sans EPI.
- Réception des pièces opératoires dans des flacons non adaptés.
- Manipulation des pièces opératoires fraîches et des produits chimiques dangereux, parfois sans EPI adéquat.
- Hottes à aspiration insuffisantes.
- Surcharge de travail oblige parfois à ne pas préparer les pièces sous la hotte.
- Une seule table de macroscopie insuffisante vu la demande élevée d'examens.
- Poubelles d'évacuation des déchets non adaptées.
- Nettoyage et désinfection irréguliers des surfaces et des tables de travail.
- Signalisation interne spécifique aux risques insuffisants.
- Dilution et reconditionnements du formol se fait d'une manière manuelle.
- Absence de contrôle bactériologiques et chimique du milieu de travail.
- Produits chimiques liquides déversés parfois directement dans les égouts.

5 ANALYSE ET CLASSEMENT DES RISQUES IDENTIFIÉS

Après avoir identifié les risques biologiques et chimiques auxquels sont exposés le personnel du laboratoire, nous avons procédé à l'analyse et à la classification de ces risques en utilisant la méthode AMDEC.

Les résultats de ce classement seraient utilisés pour élaborer un programme d'actions corrective ciblant les principaux risques biologiques et chimique (**Tableau II**).

Tableau 2. *Classement des risques biologiques et chimiques identifiés au laboratoire*

Risques identifiés	Fréquence	Gravité	Criticité	Action prioritaire
Protection individuelle limitée au port de la blouse et de gants à usage unique et des masques non adapté	3	4	12	Priorité 1
Manipulation des pièces fraîches et du liquide cytologiques	4	4	16	Priorité 1
Manipulation des produits chimiques dangereux	4	4	16	Priorité 1
Exposition aux produits chimiques dangereux	3	4	12	Priorité 1
Hotte d'aspiration insuffisante	3	3	9	Priorité 1
Accident d'exposition au sang et au produits biologiques	3	3	9	Priorité 1
Elimination hygiénique des déchets solides et liquides	2	3	6	Priorité 2
Nettoyage/désinfection des paillasse et des locaux insuffisantes	2	3	6	Priorité 2
Insuffisance en information et formation à l'hygiène et à la sécurité du personnel	3	1	3	Priorité 3
Défaut d'affichage des consignes de sécurité	3	1	3	Priorité 3

6 DISCUSSION

Le laboratoire a établi une cartographie de processus qui incorpore celui du management des risques biologiques et chimiques, vu que la réalisation des activités dans le cadre de l'approche processus, est une manière d'améliorer l'organisation et le fonctionnement des actions de prévention et de protection de la sécurité et la santé du personnel au travail [10, 11, 12].

Pour ce qui est des résultats des questionnaires de cette étude, le niveau d'ancienneté au poste à risque rajouté à la surcharge de travail augmente davantage le risque d'exposition aux risques professionnels.

Les observations ont permis de constater que parfois les mesures de protection étaient insuffisantes pour certains personnels du laboratoire, notamment par rapport au port de lunettes de protection, de masques adéquats et de gants conformes, lorsqu'il s'agit de manipuler les prélèvements tissulaires ou cytologiques à l'état frais et les produits chimiques

nocifs. Selon la littérature, un port obligatoire des EPI (Blouse et surblouse, gants conformes, lunettes de protection ou visière, masque adéquat), les mesures d'hygiène efficaces et une ventilation appropriées des postes de travail et des locaux est une obligation pour la sécurité et la santé au travail [13].

Notre enquête a révélé que près de la moitié du personnel interrogé n'a pas reçu de programme de formation sur les risques biologiques infectieux, tandis que la majorité n'a pas été formée sur les risques chimiques. Pour cette raison, il est impératif d'élaborer une stratégie de formation solide qui accorde une attention particulière à cette question. Cette stratégie devrait viser à sensibiliser le personnel aux enjeux liés à la santé et à la sécurité au travail, en particulier dans les postes où les risques sont les plus élevés.

Dans notre contexte de la sécurité en milieu professionnel, il est important de noter que le suivi médical en matière de santé au travail n'est pas régulier. En effet, la déclaration des accidents professionnels, tels que les accidents exposant au sang et aux projections biologiques (AES) qui surviennent dans les laboratoires, n'est pas systématique, malgré la fréquence élevée de ces incidents. Des études antérieures menées en Suisse, comme celle menée par Frietzsch et al., ont révélé que près de 82,8 % des pathologistes avaient subi au moins une blessure au cours de leur carrière, ce qui correspond aux résultats obtenus dans notre propre étude [14]. Les AES sont particulièrement fréquents lorsque les bonnes pratiques de laboratoire ne sont pas respectées, mettant ainsi en danger la santé du personnel en raison du risque de contamination infectieuses [15, 16].

Les risques chimiques sont encore plus redoutables dans les laboratoires d'anatomie pathologique, notamment l'exposition au formaldéhyde, une substance très volatile, qui a été classé comme produit cancérigène par le CIRC en 2004 [17]. Le personnel est souvent confronté au formol et à d'autres produits. La majorité du personnel dans notre investigation ont déclaré qu'ils travaillaient sous des hottes d'aspiration ayant des défaillances techniques. Nous avons constaté également une demande élevée des examens donc il est nécessaire d'installer un deuxième poste de macroscopie avec une hotte d'aspiration conforme.

La conformité par rapport au port de gants, de masques et de lunettes est peu satisfaisante. Le personnel a rapporté l'absence totale de lunettes de protection à leur disposition. Donc les actions correctives, pour garantir la sécurité du personnel par rapport aux substances dangereuses, passe notamment par la manipulation de ces produits sous des hottes d'aspiration efficaces et l'utilisation d'équipements de protection individuel et collectif.

En ce qui concerne la signalisation et l'affichage des consignes de sécurité, les observations ont démontré une insuffisance d'affichage de consignes de sécurité, alors que Apatsido et al (2018) [18] a affirmé le rôle capital de la signalisation dans un laboratoire. En effet la manipulation des différents types de produits doit être effectuée en prenant toutes les précautions nécessaires pour garantir la sécurité du personnel et de l'environnement. Les produits et les réactifs doivent être identifiés, étiquetés et stockés d'une manière adéquate en tenant compte des bonnes pratiques du laboratoire. En plus de l'affichage des pictogrammes, le personnel doit respecter les Fiches de Données de Sécurité (FDS) qui contiennent: des informations sur les propriétés physiques, chimiques dangereuses de la substance ou du mélange, des instructions pour leur manipulation, leur élimination et leur transport, des mesures de premiers secours, de lutte contre l'incendie et de contrôle de l'exposition ainsi que des informations sur leur toxicité et leur écotoxicité [19]. Il est aussi essentiel que le personnel de laboratoire soient correctement formés et informés sur les risques des produits qu'il utilise afin d'éviter tout risque potentiel au milieu de travail.

Pour ce qui est du suivi médical, selon l'INRS il est nécessaire de mettre en place un suivi médical (clinique et biologique) pour un dépistage précoce des effets sur la santé et l'évaluation des interactions santé/travail [20].

En ce qui concerne la gestion de l'élimination des déchets, la majorité du personnel ont déclaré une gestion adéquate de l'évacuation des déchets à risque biologique et chimique. Le respect des mesures d'hygiène depuis la génération des déchets jusqu'à l'élimination finale permet de garantir la sécurité de tous les intervenants, ainsi que de l'environnement [21, 22, 23].

En lumière des résultats précédant, nous avons proposé des actions de prévention et de protection des risques biologiques et chimiques axés sur les recommandations suivantes:

- Nécessité de porter des EPI (gants spécifiques, masques adaptés et lunettes) lors de manipulation de prélèvements à risques infectieux et aux produits chimiques dangereux.
- Disponibilité d'équipements de protection collective.
- Bonnes pratiques de manipulation des produits biologiques et chimiques dangereux en respectant les exigences normatives et réglementaires.
- Affichage des protocoles et des consignes de sécurité et respect des consignes des FDS (fiches de données de sécurité) des produits chimiques.
- Formation et information du personnel sur l'hygiène et la sécurité au poste de travail.
- Suivi médicale du personnel.

- Matériel de premier secours à disposition et prise en charge rapide en cas d'exposition aux AES et aux produits chimiques dangereux.
- Nettoyage et désinfection de surfaces par l'eau de javel après chaque manipulation de pièces fraîches ou liquide biologique susceptibles de contenir des agents pathogènes et désinfection aérienne périodiques des locaux (réception, macroscopie, cytologie...) elle doit être conduite en dehors des heures de travail.
- Respect des exigences réglementaires et normatives en matière d'élimination des déchets par poste de travail.

7 CONCLUSION

L'évaluation des risques biologiques et chimiques est un aspect crucial de la sécurité dans un laboratoire d'ACP. Cependant, il est important de comprendre que cette évaluation ne doit pas être considérée comme une fin en soi. En effet, il est essentiel que l'évaluation des risques soit suivie d'actions concrètes visant à prévenir et à protéger le personnel du laboratoire contre ces risques.

REFERENCES

- [1] Margossian N. (2011). Risques professionnels: Caractéristiques - Réglementation – Prévention. Collection Technique et ingénierie - Environnement et sécurité. 3eme édition. Edition DUNOD. Paris. 438 pages.
- [2] L'association Française d'Assurance Qualité en Anatomie et Cytologie Pathologiques (AFAQAP) 2013.
- [3] Décret 2-12-431, 2013 fixant les conditions d'utilisation des substances ou préparations susceptibles de porter atteinte à la santé des salariés ou de compromettre leur sécurité.
- [4] Loi n° 65-99 relative au code du travail.
- [5] Norme ISO 45001 relative à la santé et à la sécurité au travail.
- [6] Norme ISO 15189 spécifie les exigences concernant la qualité et la compétence des laboratoires médicaux.
- [7] ISO 9001, 2008; Vaute et Grevêche, 2015.
- [8] Norme ISO 31000: 2018 spécifie les lignes directrices sur la gestion des risques auxquels sont confrontés les organismes.
- [9] Source: BERNARD, Grynfolgel prévention des risques infectieux dans le laboratoire d'analyse de biologie médicale. Volume XV – N 6 – Décembre 2007, page 418.
- [10] ISO 9000: 2015- Système de management de la qualité.
- [11] ISO 9001: 2015- Système de management de la qualité.
- [12] Arrêté du ministère de la santé n° 2598-10 relatif au GBEA.
- [13] Touche S., Leprince A., Abiteboul D. (2000). Maîtrise des risques infectieux en laboratoires de microbiologie. Dossier médico-technique. 91 TC 89. INRS.2020.
- [14] Fritzsche FR, Ramach C, Soldini D, Caduff R, Tinguely M, Cassoly E, et al. Occupation al health risks of pathologists — results from a nationwide online questionnaire in Switzerland. BMC Public Health 2012. 12: 1054, <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2458-12-1054>.
- [15] Tarantola A. Les risques infectieux après accident exposant au sang ou aux liquides biologiques. Hygienes 2003.
- [16] Laaraqui et al., Bilan des connaissances, attitudes et pratiques sur l'exposition professionnelle au sang dans les structures de soins, au Maroc. Médecine et maladies infectieuses 38. 2008.
- [17] Institut national de recherche et de sécurité. Le point des connaissances sur le formaldéhyde. ED 5032. Paris: INRS. 2008.
- [18] Apatsidou M. et al. Safe use of chemicals by professional users and health care specialists. Biomédical Reports (8). 2018.
- [19] Institut national de recherche et de sécurité. Fiches de données de sécurité: INRS. 2022.
- [20] INRS, évaluation et prévention des risques chimiques 2023.
- [21] Loi 28-00 relative à la gestion des déchets et à leur élimination.
- [22] Décret 2-09-139 relatif à la gestion des déchets médicaux et pharmaceutiques. 2009.
- [23] Décret 2-07-235 portant classification des déchets et fixant la liste des déchets dangereux.

L'Afrique dans la géopolitique mondiale: De la coopération traditionnelle nord-sud aux nouvelles alliances stratégiques

[Africa in global geopolitics: From traditional north-south cooperation to new strategic alliances]

ALOSSE Dotsè Charles-Grégoire¹ and YAFORGMAN N'Dibaguein²

¹Maître de Conférences en Philosophie politique, Université de Kara, Togo

²Doctorant en Philosophie politique, Université de Lomé, 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: Cooperation is the action of participating in a common work, the collaboration between actors, especially States, for a common goal. It is a policy of understanding and cultural, economic or scientific exchanges between States, and especially in the context of international relations of development aid to less developed nations from developed countries. North-South cooperation, which is the most traditional type of cooperation, occurs when a developed country provides economic or other support to a less developed country, particularly in the context of development programmes. This cooperation is valued differently because of its effectiveness. Often marked by hegemonic considerations, North-South cooperation has a lead in the wing in the current geopolitical context where, in Africa, new players are emerging. These partners loosen financial constraints and conditionalities, but they also increase the risks of debt reduction and weak coordination of development policies. It is necessary to distinguish between the geopolitical stakes of the multipolar world and the new actors of cooperation in Africa in order to explore the perspectives that open to Africa in its cooperation with the world powers. The aim is to empower Africa with regard to predatory cooperation which, instead of emancipating it, plunges it further into dependence. Africa must define its priorities in all forms of cooperation, whether traditional or new.

KEYWORDS: Africa, cooperation, development, geopolitics, partnership.

RESUME: La coopération est l'action de participer à une œuvre commune, la collaboration entre des acteurs, notamment des États, pour un but commun. Il s'agit d'une politique d'entente et d'échanges culturels, économiques ou scientifiques entre États, et spécialement dans le cadre des relations internationales de l'aide au développement aux nations moins développées de la part des pays développés. La coopération Nord-Sud, qui est le type de coopération le plus traditionnel, intervient lorsqu'un pays développé soutient économiquement ou sous une autre forme, un pays moins développé, notamment dans le cadre des programmes de développement. Cette coopération est différemment appréciée de par son efficacité. Souvent empreinte de considérations hégémoniques, la coopération Nord-Sud a du plomb dans l'aile dans le contexte géopolitique actuel où, en Afrique, de nouveaux acteurs émergent. Ces partenaires desserrent la contrainte financière et les conditionnalités, mais ils accroissent aussi les risques de ré-endettement et de faiblesse de la coordination des politiques de développement. Il convient de distinguer les enjeux géopolitiques du monde multipolaire puis les nouveaux acteurs de la coopération en Afrique afin d'explorer les perspectives qui s'ouvrent à l'Afrique dans sa coopération avec les puissances mondiales. L'objectif visé est d'autonomiser l'Afrique vis-à-vis des coopérations prédatrices qui, au lieu de l'émanciper, la plonge davantage dans la dépendance. L'Afrique doit définir ses priorités dans toutes les formes de coopérations qu'elles soient traditionnelles ou nouvelles.

MOTS-CLEFS: Afrique, coopération, développement, géopolitique, partenariat.

1 INTRODUCTION

La coopération est la collaboration entre des États souverains. Elle consiste en une politique d'entente et d'échanges culturels, économiques ou scientifiques entre États, et spécialement dans le cadre des relations internationales de l'aide au développement aux nations moins développées de la part des pays développés. Le terme coopération désigne, proprement, un acte réalisé en commun accord par deux ou plusieurs personnes ou institutions. Les acteurs se fixent ensemble un même objectif qu'ils envisagent d'atteindre en combinant leurs ressources selon certaines règles prédéfinies. La coopération Nord-Sud qui est le type de coopération le plus traditionnel, intervient lorsqu'un pays développé soutient économiquement ou sous une autre forme, un pays moins nanti dans le cadre des programmes de développement. Cette coopération est différemment appréciée de par son efficacité. Souvent empreinte de considérations hégémoniques dans une visée néocoloniale, la coopération Nord-Sud a des difficultés de survie dans le contexte géopolitique actuel où de nouveaux acteurs de la coopération émergent en Afrique. Ces partenaires desserrent la contrainte financière et les conditionnalités, mais accroissent aussi les risques de ré-endettement et de faiblesse de la coordination des politiques d'aide. Le problème qui se pose est celui de la nature de la coopération Nord-Sud dans le contexte de l'émergence des nouveaux enjeux et de nouveaux acteurs. La question principale est la suivante: comment redéfinir la coopération Nord-Sud face à la prédation des pays du Nord et à l'insatisfaction des pays du Sud, obligés de nouer de nouvelles alliances sentées plus efficaces ? Plus spécifiquement, comment apprécie-t-on la coopération traditionnelle entre le Nord et le Sud ? L'émergence des nouveaux partenariats ne remet-elle pas en question les anciennes pratiques coopératives entre le Nord et le Sud tout en appelant au réalisme politique de la part des pays du Sud afin de ne pas reproduire les anciennes erreurs avec les puissances occidentales ?

Notre hypothèse principale est qu'une nouvelle alliance efficace entre le Nord et le Sud passerait par le renforcement des liens entre les pays du Sud afin d'ils constituent une zone d'influence face aux anciennes et nouvelles puissances. Nous avançons en hypothèses secondaires, en premier lieu que la coopération traditionnelle Nord-Sud est tachée de dominations du Sud par le Nord. En second lieu, l'émergence de nouveaux partenariats dans les pays du Sud semble remettre en cause les pratiques traditionnelles Nord-Sud et ouvrir un horizon nouvel pour le développement du Sud s'ils définissent clairement leurs priorités afin de ne plus tomber dans les erreurs commises avec les anciennes puissances occidentales.

L'objectif de cette analyse est de distinguer les nouveaux enjeux géopolitiques de l'Afrique dans un monde multipolaire, puis les nouveaux acteurs de la coopération en Afrique afin d'explorer les perspectives qui s'ouvrent à l'Afrique dans sa coopération avec le monde. Notre travail procède en deux temps: partant en premier lieu de l'Afrique dans la coopération traditionnelle Nord-Sud, nous montrons, en second lieu, les nouveaux enjeux géopolitiques de la coopération Nord-Sud pour ouvrir les nouvelles perspectives pour l'Afrique dans une géopolitique mondiale dynamique.

2 L'AFRIQUE DANS LA COOPÉRATION TRADITIONNELLE NORD-SUD

Le monde, jusqu'à l'époque des Lumières, a été dominé par l'Europe, le Vieux continent, l'unique centre des décisions qui forme le monde unipolaire. Après les deux guerres mondiales, le pouvoir va être partagé entre deux superpuissances: les États Unis et l'URSS: c'est le monde bipolaire. À partir de 1990, l'effondrement de l'URSS fait le triomphe du monde occidental mais aussi fait monter en puissance plusieurs pays: c'est le monde multipolaire. La multipolarité du monde ne signifie pas que tous les pays ont le même statut. Il y a une nouvelle fracture, la division du monde en deux hémisphères planétaires: les pays du Nord et les pays du Sud.

2.1 LA DIVISION DU MONDE EN DEUX HÉMISPÈRES PLANÉTAIRES

Le terme pays du Nord est utilisé pour désigner l'ensemble des pays développés. Depuis A. Smith (1991) pour qui le développement signifie le progrès matériel, ce terme a longtemps exprimé la seule croissance économique mesurée, par exemple par le produit intérieur brut. Sans vouloir mettre en débat cette perception réductrice de la notion de développement, les pays du Nord se caractérisent, en général, par la richesse de leur économie, l'accès à des technologies avancées, avec des systèmes politiques stables et une espérance de vie élevée. Nommer encore le centre dans le contexte de la mondialisation, ces pays « constituent des États, les nations et les communautés de nations qui contrôlent l'ordre mondial établi à leur profit et au profit des catégories économiques dominantes. Leur pouvoir de contrôle (...) réside dans la puissance économique, technologique, politico-diplomatiques ou militaires qu'ils ont acquis » (Y. Akakpo 2016, p. 45).

Aux antipodes de ces pays dits du Nord, se trouve « les pays du Sud ». Quant au terme « pays du Sud », il est utilisé dans les années 1980 pour désigner l'ensemble des pays considérés comme moins développés économiquement et plus appauvris caractérisés par un Indice de Développement Humain (IDH) et un Produit Intérieur Brut (PIB) par habitant faibles. Il succède aux termes « Pays sous-développés », « Pays en développement », « Tiers-monde » sans varier de contenu d'identification. La

dénomination « Sud » vient du fait que ces pays se situent majoritairement dans la partie sud des continents émergés ou encore au sud de l'équateur. Le Sud regroupe principalement les pays de l'Amérique latine, d'Asie et d'Afrique. Aujourd'hui le terme utilisé subtilement pour désigner ces pays est les « Pays les Moins Avancés » (PMA).

La conscience aigüe d'appartenir à un même monde, de partager une même humanité et de l'inégale répartition naturelle des richesses sur la terre justifie l'idée de coopération. La coopération entre les pays du Nord et les pays du Sud paraît être fondée sur cette conscience. Si cette coopération peut prendre des formes multiples ou est multisectorielle (politiques, économiques, socio-culturelles et techniques), elle met nécessairement en jeu la participation à un projet commun, la capacité de collaborer pour la réalisation de ce projet, le souci de l'objectif et l'intérêt général dans la négociation. Bref, l'entente et l'échange enrichissant entre les États du Sud et du Nord. Cette coopération est d'autant plus nécessaire, car la mondialisation ne nous laisse pas le choix de ne pas coopérer. Avec elle, les États ont plus d'intérêt à coopérer qu'à s'isoler.

L'histoire a progressivement réduit l'option pour l'isolement. P. Veléry (1931, p. 21) a bien fait de nous dire dans le *Regard sur le monde actuel* que l'époque moderne est celle du monde fini. C'est le temps du monde fini dans la mesure où toute la terre habitable est partagée entre les nations. Si l'option pour la relation s'impose dans le monde fini, coopérer devient un impératif logique. Comme le souligne L. Lourme (2014, p. 17)

Nous n'avons plus le choix de la relation, les ennemis les plus éloignés ne sont pas coupés de nous, et la multiplication des points de contacts fait qu'il devient de plus en plus délicat d'anticiper sur ce que sera l'avenir. Tout le caractère inédit de notre période vient donc de ce changement qui ne doit pas être compris sous un angle seulement optimiste: la relation entre les peuples ou les nations est contrainte par la finitude du monde-tous sont condamnés à entrer en relation

Nous vivons le temps mondial, un temps de relation, un temps de coopération. Ce temps présente le monde comme un espace globalisé de rencontre et de solidarité. Mais la rencontre entre les pays du Nord et les pays du Sud ne date pas d'aujourd'hui. Comment apprécier la rencontre coopérative traditionnelle entre le Nord et le Sud ? Cette coopération a-t-elle été l'expression d'un projet commun ou l'échange enrichissant entre les États du Sud et du Nord ? Quel est le statut de l'Afrique dans cette forme de coopération ?

En effet, les relations qui lient ces deux hémisphères planétaires sont non moins nécessaires mais empruntées d'humiliations et de dominations au travers notamment de l'ordonnancement politique, économique, socio-culturel et technique qui amène le Sud à « subir le monde ». Selon de Y. Akakpo (2016, p. 31)

Subir le monde, c'est être toujours en retard d'un monde au moins. Ce qui fait que subir le monde, c'est être dans les marges du monde, être dans la position marginale dans laquelle la division internationale confine les sociétés fragiles, de plus en plus fragilisées. Une société ne se trouve dans les marges du monde puisant que parce que, toujours en retard d'un monde au moins, elle est incapable de se donner des repères, d'influencer la logique et le rythme du monde (...) elle joue un simple rôle d'accompagnateurs dans la logique et le rythme du monde.

La base solide qui peut nous donner une image du rapport de l'Afrique avec le monde est l'histoire de sa rencontre avec l'Occident. Autrement dit, la géopolitique de l'Afrique est indissociable de l'histoire de son intégration asymétrique dans la mondialisation, la première mondialisation et de la colonisation à l'époque moderne.

En effet, l'Afrique, sans aucun doute, a payé un lourd tribut dans sa rencontre avec l'Occident à travers l'esclavage, la traite négrière, le génocide, la colonisation et le néocolonialisme qui, d'une manière ou d'une autre, l'on rendu incapable de se donner des repères, d'influencer la logique et le rythme du monde. Déjà avec l'esclavage et la traite négrière « sans être encore une propriété du système international » mais « un simple effet d'acteur » (conquistadores, colons, missionnaires, compagnies marchandes), il y a la négation de l'humanité de « l'Autre » qui reflète donc une forme d'humiliation définie par B. Badie (2014, p. 76) comme « toute prescription autoritaire (...) d'un statut inférieur à celui souhaité et non conforme aux normes énoncées ». Et même dans la géopolitique internationale, selon cet auteur, l'humiliation est devenue une pathologie qui touche des États dans leur valeur cardinale qu'est leur souveraineté, ou des acteurs individuels ou des collectifs non étatiques dans leur « dignité », leur « honneur ». À l'international, cette humiliation s'est faite traditionnellement par le rabaissement choquant des vaincus de la guerre (B. Badie, 2014, p. 78); par le déni d'égalité avec la non-application des mêmes règles et droits à l'autre; par la pratique d'une « diplomatie d'exclusion » (B. Badie, 2014, p. 88) visant à écarter l'autre de la gestion des affaires du monde ou l'amenant à subir le monde; et enfin par stigmatisation de l'autre (B. Badie, 2014, p. 91).

Dans cette rencontre, prêter attention aux aspects politiques, économiques, socioculturels et techniques nous permet d'apprécier la nature moins coopérative de la relation Nord-Sud. Sur les aspects politiques en premier lieu, les relations Nord-

Sud sont essentiellement marquées par l'impérialisme doctrinal de la part de l'Occident. En effet la décolonisation, loin d'avoir fourni aux sociétés du tiers monde ou pays du Sud le moyen de trouver une organisation qui corresponde à leurs traditions, a même fortement accentué la domination par l'importation des catégories du fonctionnement de sociétés occidentales: leur droit, leur modèle de développement, leur forme de démocratie représentative, à en croire (B. Badie, 1998). Mais, selon cet auteur, l'échec de la greffe explique de multiples traumatismes sociaux et facteurs de désordre dans les relations internationales et dans les pays du Sud.

Ce qui nous paraît nécessaire à souligner est l'intervention des puissances occidentales dans la validation de ces coups d'État. Cette influence fait de la gouvernance dans les États du Sud un jeu politique pipé d'avance ou l'Occident n'est pas un coopérateur mais un manipulateur par l'intermédiaire de certaines élites locales. À titre illustratif, les bailleurs de fonds occidentaux sont responsabilisés:

Dans le maintien des pouvoirs autoritaires en Afrique: soutien apporté par la France à des régimes corrompus et dictatoriaux (Gabon, Cameroun, Togo...), alliance des États-Unis avec des mouvements et des dirigeants qui manient l'arme ethnique (Nigéria), double langage du Royaume-Uni alimentant frustration et injustices (Zimbabwe), manœuvres déstabilisatrices des firmes transnationales (Côte-d'Ivoire, Congo Brazzaville, Nigéria...) L'ingérence politique au mépris des droits de l'homme constitue malheureusement une réalité. Les opinions publiques du Nord restent à mobiliser sur ces politiques menées en leur nom dans la plus grande opacité, voire la plus grande indifférence (A-C. Robert, 2004, p. 49-50).

2.2 L'HÉGÉMONIE OCCIDENTALE EN AFRIQUE À TRAVERS LA COOPÉRATION NORD-SUD

L'hégémonie est un concept polysémique. Il est régulièrement mobilisée dans des perspectives théoriques diverses et employée dans le contexte politique, militaire, économique ou culturel. Pour se faire une idée de la notion, les dictionnaires classiques mettent l'accent sur le concept de la domination qui est considérée comme un élément clé. L'hégémonie demeure généralement éminemment liée à l'idée de domination. Dans le cadre géopolitique, la prédominance politique et culturelle d'un pays sur les autres fait son hégémonisme. C'est ce qui apparaît dans la volonté des grandes puissances européenne à établir un contrôle sur l'Afrique, l'Asie et l'Amérique latine.

Ainsi, c'est sans aucun doute la volonté de ces États du Nord de dominer politiquement et économiquement le continent qui justifie la bousculade des grandes puissances en Afrique. Les interférences sont multiples, mais c'est surtout au nom de la démocratie et du développement. On pourrait juste se demander en quoi l'installation des bases militaires dans les pays du Sud sont est un facteur de démocratie et de développement pour ces dernier ? En quoi le soutien apporté à une dictature est un facteur de démocratie et du développement ? Disons avec M. Tshiyembe (2000) que les formes institutionnelles léguées par les anciennes puissances coloniales à leurs anciennes colonies constituent les sources, pas seulement des conflits armés, mais des dysfonctionnements des États africains.

Outre la domination doctrinale, il y a lieu de mentionner la prépondérance diplomatique et la prédominance dans les négociations internationales. Il n'est pas contestable que le paysage mondial s'est transformé sous l'impact des révolutions technologiques et de la mondialisation, en particulier avec l'expansion du commerce international et la fin de la coupure du monde en deux blocs antagonistes. Mais l'ONU, cette organisation créée après la Deuxième guerre mondiale afin de garantir la paix dans le monde et coordonner les actions économiques et sociales, n'a pas suffisamment rempli son rôle. La prédominance des pays Nord est visible dans la composition de son Conseil de sécurité. Quatre (4) pays du Nord sur cinq (5) du conseil de sécurité de l'ONU détiennent le droit de veto.

Cette prédominance des pays occidentaux laisse moins de voix aux pays du Sud dans les négociations internationales. En janvier 2003 à Porto Alegre, par exemple, au cours d'une rencontre d'altermondialistes, un jeune malien s'est plaint de la marginalisation de l'Afrique dans un mouvement qui se veut par essence démocratique. Il s'est aussitôt attiré les foudres d'un leader d'une organisation vouée à la défense du Sud: « Vous les Africains, vous n'avez rien à dire, vous n'êtes ici que grâce à la générosité de la France ! » (A-C. Robert, 2004, p. 10-11).

La spécificité de l'Afrique réside dans le fait qu'elle n'a jamais vraiment eu droit à la parole et que l'occident, plus qu'ailleurs, s'est acharné à faire taire ceux qui y pensaient différemment et voulaient suivre une autre voie (...) L'Occident s'est cru autorisé à faire usage de toutes les méthodes pour imposer sa vision du monde et pour piller l'Afrique de ses nombreuses richesses (A-C. Robert, 2004, p. 20-21).

Économiquement parlant, les relations Nord-Sud n'ont pas été véritablement celles d'un souci humanitaire pour l'autre. La notion qui a embourbé l'Afrique dans la servitude est le développement: coopérations pour le développement, aide au

développement, initiation des institutions humanitaires par les occidentaux pour réaliser le développement en Afrique etc. L'idée principale dans l'imaginaire de l'africain était qu'un jour son économie rattraperait le niveau de l'économie des pays développés.

L'Afrique étant à la merci de l'Occident, les politiques de développement sont pensées et conceptualisées de l'extérieur pour elle. Ces politiques ont plongé les économies africaines dans un trou noir. Au nombre des litanies des concepts inopérants pour le développement de l'Afrique, ces concepts des institutions internationales et les gouvernements occidentaux en complicité avec certaines élites locales, se trouvent: le Programme d'Ajustement Structurel (PAS), le Nouveau Partenariat pour le Développement de l'Afrique (NEPAD), les Objectifs du Développement (OD), les Objectif du Développement Durable (ODD), croissance tout court ou croissance inclusive, ect.

Le NEPAD par exemple était en réalité présenté comme une vision et un cadre stratégique de développement pour l'Afrique du XXI^e siècle. Ses objectifs étaient de réduire la pauvreté, de promouvoir la croissance économique, le développement durable et d'intégrer l'Afrique dans l'économie mondiale. Avec ces beaux objectifs, partout en Afrique, on ne pouvait que célébrer ce programme. Mais qu'est devenu le NEPAD ? Quel bilan a été fait de ce qui était pris comme le messie africain pour le XXI^e siècle ? Le XXI^e siècle africain serait-il déjà passé ? Sans détour, (K. Mana et M. Kabuayi, 2018, p. 102) font remarquer que « quand on les analyse d'une manière lucide, tous ces concepts et qualificatifs servent à endormir les élites africaines afin de faire perdurer la domination occidentale sur le continent noir ».

Nous ne pouvons pas perdre de vue la question de l'aide au développement quand il est question de la relation Nord-Sud. Sous prétexte de contribuer au développement économique des pays du Sud, les pays du Nord octroient une aide variée. Sans être désintéressé, la majorité de l'aide fournie aux pays du Tiers-monde est une aide liée. Durant plus de cinquante ans, « les pays riches ont transférés plus de mille milliards de dollars sous forme d'aide au développement » (D. Moyo, 2009, p. 23) mais cela n'a pas amélioré le sort des Africains. Au contraire, l'aide a rendu plus pauvres les pauvres et a ralenti la croissance. L'Afrique a vu ses conditions de vie empirer considérablement. L'aide par essence devrait amener les Africains à ne plus avoir besoin d'aide. Mais elle a rendu plutôt le continent plus dépendant de l'Occident. C'est une aide qui n'a pas aidé et donc une aide fatale » qui laisse le continent dans un endettement écrasant. Par-là, la prétendue coopération pour le développement a perdu sa vocation première qui est de lutter contre la pauvreté pour devenir une lutte contre les pauvres: « il y a eu beaucoup de désenchantements et de déceptions (...) les peuples des pays dit sous-développés en ont subi les conséquences les plus graves, puisqu'ils enregistrent les effets de paupérisation réelle » (J. Ki-Zerbo, 2003, p. 166).

La machine utilisée par l'Occident pour continuer sa domination du Sud est le néolibéralisme avec la politique de l'économie de marché. La politique néolibérale qui est devenue la nouvelle rationalité du monde après la chute du communisme remonte au « consensus de Washington » présenté par l'économiste américain John Williamson à la fin des années 1980 comme l'unique chemin de la croissance et du développement est le pilier des grandes actions pour le développement. Il désigne un accord tacite des institutions internationales comme, le Fonds Monétaire International (FMI) dont la mission d'origine est la stabilisation de l'économie mondiale et la Banque mondiale (BM) dont la mission d'origine est de s'occuper des questions structurelles. Le consensus de Washington marque l'Accord signé avec le soutien du Trésor américain, pour accorder des aides financières aux pays en développement en difficulté économique pour leur développement.

Le concept de compétitivité que le néolibéralisme renferme conduit à une sorte de darwinisme économique et social où seuls les plus adaptés survivront. Et l'Afrique dans cette mouvance encore une fois, dans ce domaine est très mal lotie et est mondialisée. Sa faiblesse interne l'expose aux influences de toutes sortes. Elle est soumise ou assujettie à la logique de l'expansion du capitalisme mondialisé, elle est connectée au « système-monde pour simplement le faire fonctionner » (Y. Akakpo, 2016, p. 44). La libéralisation à laquelle l'Afrique a été invitée est sacrificielle. C'est l'habit neuf de l'occidentalisation, un médicament qui tue. Le néolibéralisme en vogue est la forme moderne du colonialisme. Il n'est profitable qu'à des pays à forte productivité. L'Afrique, continent à faible production avec une économie de survie et essentiellement rudimentaire, s'est retrouvée avec l'envahissement des firmes étrangères, la détérioration continue des termes de l'échange. « La globalisation libérale contemporaine, censée se répandre au nom des libertés et du bien-être partagé, prolonge en pratique une domination historique: les règles du jeu sont fixées et imposées par les occidentaux, au travers les institutions multilatérales telles que l'OMC, le FMI ou la Banque mondiale » (A-C. Robert, 2004, p. 29).

Les aspects socioculturels des rapports Nord-Sud sont marqués par la diffusion de la civilisation occidentale dans le Sud au travers d'un système éducatif du Colon qui contribue à la dévalorisation psychologique de toutes productions venant du Sud. C'est une forme de mimétisme dévastateur que les pays du Nord développent chez les pays du Sud. La promotion de « la psycho-socio-anthropologie de la servilité désarticule les potentialités sociales d'innovations techniques. Or la technique et la science sont établies dans la modernité comme de principaux instruments de décision et de contrôle de tout espace social. Elles sont même une catégorie de la propagation ou de l'activisme du néolibéralisme pour les pays du Nord. S'il convient de retenir qu'aucune société ne peut se passer de la science et de la technique, il est nécessaire de préciser que dans les relations

Nord-Sud, son pouvoir détenu par l'Occident a servi à assujettir ou à inhiber les pays du Sud: « les vrais acteurs de la distribution de la carte économique, politique, culturelle du monde contemporain sont (...) les sociétés qui ont choisi de s'organiser pour être les principales responsables des progrès les plus spectaculaires dans les sciences et les technologies » (Y. Akakpo, 2016, p. 33).

En effet, Pour favoriser le développement par la technologie dans le Sud, les pays du Nord procèdent aux transferts des technologies (le transfert des infrastructures en aménageant les pays du Sud, le transfert de la production en mettant en valeur les matières premières, le transfert de développement industriel ou commercial). Certes l'idée d'autonomisation de la technologie dans les pays du Sud est bonne, mais la procédure manque de cohérence. « La raison en est que, tout en étant dans leur milieu d'accueil, elles en sont, en réalité, déconnectées. Elles sont plus précisément déconnectées des mécanismes de production économiques et de reproduction sociale du milieu d'accueil » (Y. Akakpo, 2016, p. 25).

On peut convenir, dans l'esprit des idées avancées, que les diverses formes de réaction du Nord à l'égard du Sud sont tachées de domination politiques, économiques, socioculturelles, technologiques. Les relations extérieures de l'Afrique sont dominées par l'aide au développement, des investissements centrés sur l'exploitation des ressources naturelles, des interventions militaires et humanitaires. Mais la géopolitique contemporaine présente de nouveaux enjeux et l'Afrique fait face à de nouveaux partenaires. Quelles sont les nouveaux enjeux géopolitiques du monde ? L'émergence des nouveaux partenariats remettent-ils en question les nouvelles pratiques de la coopération Nord-Sud ?

3 L'AFRIQUE FACES AUX NOUVEAUX ENJEUX GÉOPOLITIQUES

Étant donné qu'« aucune puissance n'est née grande puissance », à en croire (T. Gomart, 2020, p. 119), l'Occident n'est plus seul au monde. Avec la fin de la bipolarité, la géopolitique mondiale est bouleversée. La puissance occidentale s'étioule et perd son monopole de domination en raison de l'émergence de nouvelles puissances: Brésil, Russie, Inde, Chine, Afrique du Sud (BRICS). Ces pays émergents défient de plus en plus les États-Unis et l'Occident.

3.1 LES BRICS ET L'ÉMERGENCE D'UN BLOC ALTERNATIF

Le groupe des BRICS est composé de cinq pays en développement à forte croissance. Novembre 2001 marque l'apparition, pour la première fois, de l'acronyme « BRIC » dans une note des analystes de Goldman Sachs (A. Arkhangelskaya, 2013). Cette note prédisait que, à l'horizon 2050, ces économies dépasseraient celles des pays les plus riches que l'humanité connaît. En décembre 2010, l'Afrique du Sud rejoint cette enceinte et les BRICS deviennent les « BRICS ». Répartis sur trois continents, chacun d'entre eux exerce une influence dans sa région et, plus généralement, à l'échelle mondiale et

Le fait qu'ils possèdent un grand nombre de ressources naturelles essentielles pour l'économie mondiale leur confère un avantage. Deux grands traits les rapprochent: ce sont des pays en développement dont l'économie et l'influence gagnent en importance et ils s'efforcent tous de trouver un accord plus équitable et plus ouvert sur la gouvernance mondiale dans laquelle ils entendent bien jouer, avec d'autres, un rôle de premier plan (A. Arkhangelskaya, 2013, p. 66).

Cette nouvelle étape de la géopolitique internationale se déroule aussi à l'ombre de la puissance. D'ailleurs, « toute réflexion sur les relations internationales fait intervenir la notion de puissance » (B. Badie et M.-C. Smouts, 1999, p. 140). Mais le sens qu'il faut avoir de cette émergence aussi est que la géopolitique internationale dans le monde ne présente aucune puissance comme éternelle. La puissance n'est jamais un acquis définitif qui reposerait sur des ressources immuables pour un État ou un groupe d'États.

En effet, dans une perspective substantialiste, la puissance est assimilée à une ressource qu'un acteur peut construire et accumuler. Pour M. Weber (1971), la puissance ou le pouvoir est la chance de faire triompher, au sein d'une relation sociale, sa propre volonté, même contre des résistances. Dans cette logique, elle se reconnaît dans la capacité d'un acteur à imposer à un autre ce qu'il n'aurait pas fait autrement et elle est marquée par les questions de *high politics* ou de sécurité militaire. R. Dahl (1971) s'aligne quand il souligne que c'est l'exercice d'un pouvoir de A sur B pour obtenir de B une action que ce dernier n'aurait pas effectuée autrement. Pour les deux auteurs, la puissance ou le pouvoir représente l'utilisation d'une ressource pour peser sur le comportement d'un tiers ou encore une capacité d'agir directement ou indirectement pour changer l'ordre des choses.

Pour R. Aron (1962, p. 58), le désir de puissance qui anime tous les États s'entend comme « la capacité d'une unité politique d'imposer sa volonté aux autres unités ». Tout comme le pense S. Sur (2017, p. 230), c'est la « capacité de faire; capacité de faire faire; capacité d'empêcher de faire; capacité de refuser de faire ». Ainsi, la puissance est une capacité découlant d'une

intentionnalité dans un cadre social donné (M.-C. Smouts, 1980). B. Badie et M.-C. Smouts (1999, p. 143) vont plus loin que cette appréhension classique de la puissance pour l'adosser à « la capacité de contrôler les règles du jeu dans un ou plusieurs domaines clés de la compétition internationale ». Une forme très douce qui procure à son détenteur non seulement la capacité de contrôler le jeu, mais de déterminer les jeux centraux de la concurrence internationale. Cette capacité qu'un État développe une réelle influence sur les autres en les amenant à agir selon son propre intérêt. Elle influence les résultats de telle façon que la préférence de l'État en question ait préséance sur les préférences des autres États. De façon synthétique, c'est la « capacité d'agir et, dans des situation sociales données, d'avoir un effet sur autrui permettent d'atteindre l'objectif fixé » (F. Munier, 2021, p. 10).

Cette capacité est liée à certaines réalités développées par les États au plan interne. Mais ces réalités ont évoluées dans l'histoire: du *Hard power* au *Soft power*. Si le premier, dans l'approche traditionnelle est attaché aux rapports de force qui use de méthodes radicales telles que la coercition et se base seulement sur le quantitatif comme le PNB, la superficie du territoire national, la présence et la qualité des richesses naturelles, le poids démographique, les moyens industriels, technologiques, commerciaux et surtout militaires qui permettent plus facilement la comparaison et la hiérarchisation de la puissance; le second est qualitative, immatérielle, symbolique; il « repose sur des ressources plus immatérielles, qualitatives et diffuses comme la culture, les valeurs, l'idéologie, les institutions » (J. Nye, 2013, p.19), qui conditionnent la capacité à influencer, séduire, persuader, attirer les autres acteurs afin de les voir prendre des décisions conciliables avec leurs propres intérêts. En 2003, J. Nye invitait l'Amérique pour plus d'efficacité en guerre en combinant le *Hard Power* et le *Soft Power* en vue d'établir des stratégies de *smart power*, de « puissance intelligente ».

C'est dans la perspective du *Hard Power* qu'on peut comprendre aujourd'hui pourquoi la Chine, les États-Unis, l'Inde et la Corée du nord ont les armées les plus nombreuses; d'autres États font des dépenses militaires les plus importantes (États-Unis, la Chine, la France, le Royaume-Uni et la Russie); et d'autres sont devenus les principaux exportateurs d'armements (la Russie, les États-Unis, la Chine, la France et le Royaume-Uni); et certains, « par ordre hiérarchique décroissant » sont « les puissances nucléaires: les États-Unis, la Russie, la France, le Royaume-Uni, la Chine, le Pakistan, l'Inde, Israël et la Corée du nord » (B. Badie, 2018, p. 121). Visiblement aucun État africain, « toujours les mêmes » puissances principales et les États-Unis trônent au sommet des nations les plus militarisées avec l'obsession d'hyperpuissance, le désir de puissance affirmé, la volonté de rester le « gendarme du monde » et le « poumon économique de la mondialisation libérale » selon C.-P. David (2020).

Grâce à la maîtrise de ses inventions (la boussole, la poudre à canon et l'imprimerie) l'Europe a acquis une impressionnante puissance qui lui a permis de dominer l'Afrique depuis le XV^e siècle jusqu'à nos jours. Mais sise sous silence dans l'histoire durant deux siècles, la Chine représente aujourd'hui une puissance planétaire et menace pour les États-Unis et l'Europe grâce à la modernisation de son armée, la solidification de son économie, la croissance de son budget de défense et son rattrapage technologique solide qui renforce son ambition de la conquête de la première place mondiale, l'occupation des territoires dont l'Occident et les États-Unis avaient la mainmise et l'imposition graduelle de sa conception du monde. Avec (K. Mana, F. M. Kabuayi, 2018, p. 107) nous lisons:

Une nouvelle période s'ouvre: l'ère de l'émergence de la Chine comme puissance économique mondiale ». La Chine est aujourd'hui productrice d'ordre du jour, des mécanismes et d'idées, plutôt qu'un passager clandestin des systèmes internationaux menés par les États-Unis (tel que OMC) et elle invite même l'Asie l'Afrique et l'Europe à profiter de son avance rapide.

Or depuis Thucydide (460-395 av. J-C), l'on sait que l'émergence d'une puissance se fait souvent au détriment d'une puissance établie et mène au conflit. Ainsi, l'émergence de la Chine inquiète les anciennes puissances: la France vit un sentiment de déclassement; les États-Unis sont en quête d'avenir pour leur puissance; l'Europe, un continent en besoin de renouvellement de puissance (G. Delamotte et C. Tellenne, 2021, p. 339)

Autrefois humiliée par l'Inde et le Japon, l'émergence de la Chine se présente comme un réveil qui fait trembler le monde et les puissances anciennement connues. Sa politique d'influence internationale, la contestation de l'hégémonie du dollar américain, le déploiement de politiques d'internationalisation des entreprises nationales et une stratégie d'influence des médias étrangers sont autant de signes révélateurs. Par ailleurs, la Chine a créé la Banque asiatique d'investissement pour les infrastructures (BAII) afin de concurrencer le FMI et la Banque Mondiale. Cette banque multilatérale sur le modèle de la Banque mondiale vise aussi à contrer l'entreprise américaine sur les Banques asiatiques de développement. En 2013, la Chine a lancé son projet de « Nouvelles routes de la Soie », sous le slogan « une ceinture, une route ». En faisant revivre cette route qui relie la Chine au Proche-Orient, à l'Afrique et à l'Europe en passant par l'Asie centrale. Par ce projet, il s'affirme comme une puissance régionale dominante en réduisant le poids du Japon et des États-Unis.

Le projet de « Nouvelles routes de la Soie » a pour visée la promotion de la prospérité économique des pays riverains ainsi que la coopération économique régionale, l'intensification des échanges et l'inspiration mutuelle entre différentes civilisations, afin de favoriser le développement pacifique mondial. L'Afrique reste fascinée dans ce partenariat avec la Chine pour réaliser sa volonté de développement que les stratégies de l'Occident, le FMI et la Banque Mondiale ont étouffé. Elle reste pour autant importante pour la Chine dans son projet, car la relance de l'économie mondiale nécessite l'investissement massif dans les pays du Sud où les infrastructures sont en mauvais état. L'Afrique est fascinée et reste admirative face à la Chine. Elle est fascinée par l'émergence de la Chine qui autrefois était aussi dominée et sous-développée. Comment a-t-elle vaincu le sous-développement et parvenu à devenir une puissance mondiale dans le respect de sa propre culture, de ses repères spirituels et de ses signalisations imaginaires malgré la ferme volonté occidentale de dominer le monde ?

Dans tous les cas, la Chine a opéré un miracle en construisant une impressionnante destinée face à l'Occident et propose des possibilités aux pays pauvres de s'enrichir. Les pays du Sud restent admiratifs face à la performance économique, financière, technologique et commerciale de la Chine qui ne s'est pas faite grâce au FMI ou à la Banque Mondiale ni soumis aux fourches caudines des ajustements structurels. L'Afrique peut aussi être fascinée sur le plan politique en matière de gestion de l'État. Par son émergence non tachée de démocratie occidentale, elle détruit le dogme de l'universalité de la démocratie occidentale comme voie universelle du salut pour l'administration et la gestion des nations.

3.2 L'AFRIQUE FACE AUX NOUVELLES ALLIANCES STRATÉGIQUES

L'influence de la Chine en Afrique croît plus vite que celle de la France et de l'Amérique aujourd'hui. « Les sociétés chinoises s'implantent massivement sur le continent africain grâce à un soutien plus ou moins direct du gouvernement de leur pays. À l'image d'autres pays qui favorisent le couple entreprises-nation, la Chine excelle tout particulièrement dans ce domaine » (D. Elzein, 2014, p. 78). En effet,

D'un bout à l'autre du continent, les jugements favorables à la Chine (...) l'emportent sur les critiques dans la proportion d'au moins deux contre un presque partout. En Côte d'Ivoire et au Mali plus de neuf personnes sur dix apprécient favorablement la Chine, et les opinions positives dominent sur les négatives au Sénégal et au Kenya, où 81 % des gens voient la Chine d'un bon œil. Les trois quarts des personnes interrogées au Ghana et au Nigéria approuvent son action comme le font deux tiers d'éthiopiens. En Ouganda, deux fois plus de gens pensent du bien de la Chine (D. Moyo, 2009, p. 175).

La coopération Chine-Afrique vise la construction d'infrastructures et l'industrialisation. Mais l'entrée de la Chine en Afrique ne laisse pas disparaître les anciennes puissances comme la France et les États-Unis. Et cette entrée laisse entrevoir le risque de conflit entre les puissances et l'embarras de choix dans lequel l'Afrique est jetée sans oublier l'expérience faite avec les anciennes puissances. Si la Chine vient avec la bonne volonté de faire sortir l'Afrique du sous-développement, l'Occident avec la machine du FMI, la Banque Mondiale n'avait pas non plus un autre message que celui du développement à partir de la fin du XX^e siècle: renforcement de la sécurité et soutien aux opérations de maintien de la paix; renforcement d'infrastructures durables; la protection de l'environnement et la gestion des ressources naturelles; l'augmentation de la production agricole; que de bonnes intentions quand on sait que les chemins de l'enfer sont pavés de bonnes intentions !

Quant à la Russie, elle est une puissance revendiquée et ré-émergente. Elle resurgit dans les relations internationales et elle a développé son armement pour rivaliser la puissance américaine. Autrefois humilié après la deuxième guerre mondiale, la Russie revient en force sur la scène internationale pour revendiquer sa place: « nous avons un immense droit moral, celui de défendre nos positions de manière fondamentale et durable. Parce que c'est précisément notre pays qui a subi le gros de l'offensive Nazi (...) et a offert la liberté aux peuples du monde entier » précise Vladimir Poutine, cité par T. Gomart, 2020, p. 100). La Russie par la recentralisation des pouvoirs, le développement de son image de puissance de haute technologie autonome, le rôle de médiation incontournable pour de nombreux dirigeants de la région se positionne comme une puissance. Le pays bénéficie d'importantes ressources minières et énergétiques qui lui ont permis de devenir l'un des principaux exportateurs mondiaux et de devenir un acteur influent à l'échelle internationale. Sa puissance économique s'accompagne d'une influence politique.

Avec l'Afrique, elle a une relation de longue date. Mais depuis peu, le retour de Moscou sur la scène internationale suscite un intérêt croissant. Surtout son réengagement sur le continent africain avec ses défis sécuritaires et politiques. Ses relations et coopérations ont connu un nouveau tournant:

Elles ont récemment pris un tour nouveau, avec plusieurs initiatives bilatérales et la montée en puissance du forum multilatéral des BRICS où la Russie est très active. L'héritage de la période soviétique dans la politique

étrangère du pays en général et vis-à-vis de l'Afrique en particulier est un aspect majeur à considérer pour comprendre ces relations (...) les intérêts commerciaux et les échanges se sont renforcés (A. Arkhangelskaya, 2013, p. 61).

En 2023, le Kremlin dévoile ses objectifs politiques et sécuritaires dans le monde, notamment en Afrique où il renforce son empreinte. Il est pour lui question d'abord de « se réaffirmer en tant que puissance mondiale en défiant directement l'hégémonie américaine et l'OTAN par la projection de puissance et l'exercice d'influence à l'étranger »; ensuite de « solliciter et exercer un soutien diplomatique et politique mutuel de la part des nations africaines et avec elle dans les organismes multilatéraux et internationaux, notamment les Nations Unies »; et enfin d'« accroître les échanges commerciaux et faciliter les investissements et les activités commerciales russes, notamment dans les industries extractives et militaires » (S. Daly, 2023, p. 2).

Les recettes russes semblent marcher et les rapports semblent être défavorables aux anciennes puissances. Il est fort remarquable de constater que le Russie a établi des relations diplomatiques avec presque tous les pays africains: elle a ouvert 40 ambassades sur le continent, a également des représentants au sein de l'Union africaine (UA) des communautés économiques régionales et la Communauté de développement de l'Afrique australe (SADC), la Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO), l'Autorité intergouvernementale pour le développement (IGAD) et la Communauté de l'Afrique de l'Est (CAE).

Dans le climat actuel d'insécurité et d'instabilité liée au terrorisme en Afrique, la Russie se positionne au premier rang comme un partenaire fiable contrairement à la France qui n'a pas répondu aux attentes avec ses opérations militaires. La France est elle-même confondu à l'ennemi dans la politique internationale qui se présente comme « désignation de l'ami-ennemi » à la schmittienne. La Russie soutient efficacement et avec succès le développement des opérations de maintien de la paix avec des accords de coopération militaro-technique, des transferts d'armes et de munitions, la formation et le soutien au combat. Selon le rapport de S. Daly, 2023, p. 8-10), sur la « Stratégie de sécurité et activités de la Russie en Afrique », par exemple,

Au Mali (...) la Russie a capitalisé sur le ressentiment anti-français pour se positionner comme un partenaire de sécurité préférable pour la junte militaire au pouvoir réduisant ainsi l'influence de la France pour faire pression sur le pays afin qu'il retrouve un régime démocratique après les coups d'État d'août 2020 et de mai 2021. Outre sa solde campagne de désinformation pour discréditer les efforts de la France en matière de lutte contre le terrorisme, la Russie a livré des armes et envoyé des formateurs militaires (S. Daly, 2023, p. 3).

Il convient de retenir de ce qui précède que dans les tournants de la globalisation et de la géopolitique internationale, l'Afrique reste au cœur des préoccupations et un terrain fertile. Elle est le continent de multiples affrontements. Dans son souhait de ne pas être spectateur de l'évolution du monde, elle choisit de nouveaux partenaires de coopération, dont la Chine et la Russie, pour émerger. Derrière les deux puissances, se rangent également l'Inde, le Japon, la Turquie et le Moyen-Orient. Ces nouveaux partenariats justifient-ils le retour au réalisme politique de la part des pays du Sud ou reproduisent-ils les anciennes erreurs avec les puissances occidentales ?

Quelles sont les motivations réelles des nouveaux partenaires en Afrique ? En quoi les nouveaux partenaires des pays du Sud sont-ils différents des anciens ? Les pays du Sud devraient-ils aller à l'aveuglette face aux promesses de la Chine et de la Russie ? Si les nouveaux partenaires ont ce que l'Afrique désire, l'Afrique n'a-t-elle pas ce dont ils ont besoin ? En vertu de quoi veiller sur l'Afrique doit relever de la responsabilité de la Chine ou de la Russie ? Pour ne pas reproduire les mêmes erreurs, l'exigence n'est-elle pas celle d'une coopération vraie, responsable et heureuse ? Autant de questions qui ont leur raison d'être face à la fascination et l'admiration que les nouveaux partenaires laissent voir en image dans les pays du Sud mais aussi signe de nouvelle conscience.

La présence des nouveaux partenaires doit amener à la prudence et à la vigilance les États Africains au risque de tomber à nouveaux dans les erreurs commises avec les puissances occidentales. Car, les meilleures dispositions du monde peuvent aboutir à des bilans catastrophiques. La Chine ou la Russie peuvent se servir de l'Afrique comme un tremplin pour progresser irrésistiblement vers la conquête du monde si l'Afrique ne sait pas s'y prendre.

4 CONCLUSION

Le regard sur la coopération traditionnelle Nord-Sud dans le contexte de l'émergence des nouveaux enjeux et de la demande de nouveaux acteurs nous a conduit à présenter la nature de la coopération traditionnelle Nord-Sud et à les dépasser à partir des nouveaux enjeux géopolitiques qui appellent de nouveaux partenaires et de nouvelles alliances politiques et

stratégiques afin de penser les perspectives pour l'Afrique dans la géopolitique mondiale. Il convient de retenir après tout ce détour que les anciennes puissances ordonnatrices du monde comme la France, la Grande-Bretagne et les États-Unis d'Amérique, ont davantage rendu les pays du Sud dépendants. Le monde multipolaire a laissé émerger de nouvelles puissances dont les principales sont la Chine et la Russie qui affluent en Afrique et deviennent pour ainsi dire de nouveaux partenaires sur le plan politique, sécuritaire, économique et technologique. Sans aucun doute, ces nouveaux partenaires fascinant à travers leurs projets de reconstruction du Sud en général et de l'Afrique en particulier semblent pouvoir renverser la dynamique des anciens maîtres du monde. Mais cet envahissement du continent par les nouveaux maîtres doit être abordé avec beaucoup de prudence et de stratégie pour ne pas tomber dans la domination de la compétition-coopération du couple Eurasie. L'urgence pour nous est que l'Afrique devrait contribuer à réinventer le monde, à construire une nouvelle vision du monde pour donner un nouvel ordre de coopération planétaire en renforçant la solidité de l'être-ensemble en partant tout d'abord de la coopération Sud-Sud avant de tendre vers la coopération Nord-Sud. Car « dans les puissances qui s'imposent comme dans celles qui émergent, il n'y a rien de sorcier ni rien de magique. Il n'y a rien que l'Afrique ne puisse ni maîtriser ni dominer » (K. Mana et S. Gasanganirwa, 2016, p. 30). Il faudrait suffirait que l'Afrique refuse, compte sur elle-même, avant de co-définir un nouvel ordre mondial.

REFERENCES

- [1] AKAKPO Yaovi. 2016, *Science et reconnaissance*, Paris, Présence Africaine.
- [2] ARKHANGELSKAYA Alexandra, 2013, « Le retour de Moscou en Afrique subsaharienne ? Entre héritage soviétique, multilatéralisme et activisme politique », *Afrique contemporaine*, vol. 4, n° 248, p. 61-74.
- [3] BADIE Bertrand, 1998, *L'État importé*, Paris, Fayard.
- [4] BADIE Bertrand, 2014, *Le temps des humiliés : pathologie des relations internationales*, Paris, Odile Jacob.
- [5] BADIE Bertrand et Marie-claude SMOUTS, 1992, *Le retournement du monde, sociologie de la scène internationale*, Paris, Presses de la Fondation nationale des sciences politiques.
- [6] DALY Sarah, 2023, « Stratégie de sécurité et activités de la Russie en Afrique », *Atlantic Council*, Africa Center, Février, p. 6-8.
- [7] DELAMOTTE Guibourg, TELLENNE Cédric, 2021, *Géopolitique et géoéconomie du monde contemporain. Puissance et conflits*, Paris, La Découverte.
- [8] ELZEIN Derek, 2014, « L'Afrique face aux nouvelles ambitions de la Russie », *Géoéconomie*, vol. 4, n°71, p. 77-88.
- [9] GOMART Thomas, 2020, *L'affolement du monde. 10 enjeux géopolitiques*, Paris, Tallandier.
- [10] LOURME Louis, 2014, *Le nouvel âge de la citoyenneté mondiale*, Paris, PUF.
- [11] MANA Kâ, GASANGANIRWA Solange, 2016, *Les vrais enjeux de la renaissance africaine*, Goma, Pole Institute.
- [12] MANA Kâ, 2013, *Pour l'économie du bonheur partagé, construire une société heureuse*, Kinshasa, Cerdaf.
- [13] MANA Kâ, Freddy KABUAYI, 2018, *L'Afrique et l'ordre néolibéral planétaire. Un horizon critique pour le nouvel homme congolais*, Paris, Éditions universitaires européennes.
- [14] KI-ZERBO Joseph, 2003, *À quand l'Afrique ?*, Lausanne, Éditions d'en Bas.
- [15] LATOUCHE Serge, 1998, *L'autre Afrique. Entre don et marché*, Paris, Albin-Michel.
- [16] MOYO Dambisa, 2009, *L'aide fatale. Les ravages d'une aide inutile et de nouvelles solutions pour l'Afrique*, Paris, JC Lattès.
- [17] ROBERT Anne-Cécile, 2004, *L'Afrique au secours de l'Occident*, Paris, Les Éditions Ouvrières.
- [18] TSHIYEMBE Mwayila, 2000, *État multinational et démocratie africaine : sociologie de la renaissance politique*, Paris, L'Harmattan.

Courbe des débits classés un outil pour caractériser la sévérité et la saisonnalité d'étiage: Cas du bassin versant de la Tassaout Amont du Barrage Moulay Youssef (1978-2016), Maroc

[Classified flow curve, a tool to characterize the severity and seasonality of low water levels: Case of the Tassaout watershed upstream of the Moulay Youssef Dam (1978-2016), Morocco]

Mohamed Chakir and Mohamed El Ghachi

Laboratoire Dynamique des Paysages, Risques et Patrimoines, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Université Sultan Moulay Slimane, Béni Mellal, 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 Tassaout watershed (upstream Moulay Youssef dam) belongs to a semi-arid climatic context, characterized by limited precipitation. In addition to the scarcity and uneven distribution of water resources, under the shadow of current climate change, the region is subject to increasing demand for water resources. Low water is a seasonal event that can recur every year. Annual variations in precipitation can impact the severity of low water. This article attempts to contribute to the study of the severity and seasonality of low water levels based on the water deficit recorded during these periods. For this, we used the SPA (Sequent Peak Algorithm) method based on the amount of water deficit. The threshold for the appearance of low water was determined from the Q75 indicator extracted from the classified flow curve based on the daily flow data measured at the two stations; of Ait Tamlil and Tamsemt, which covers the period from 1978 to 2016.

KEYWORDS: tassaout watershed, low water, classified flow curve, threshold, severity, water deficit.

RESUME: Le bassin versant de la Tassaout (en amont barrage Moulay Youssef) appartenant à un contexte climatique semi-aride, caractérisé par des précipitations limitées. En plus de la rareté et de la répartition inégale des ressources en eau, sous l'ombre des changements climatiques actuels, la région est soumise à une demande croissante en ressources en eau. L'étiage est un événement saisonnier qui peut se reproduire chaque année. Les variations annuelles des précipitations peuvent impacter sur la sévérité de l'étiage. Cet article tente de contribuer à l'étude de la sévérité et de la saisonnalité des étiages à partir du déficit hydrique enregistré durant ces périodes. Pour cela, nous avons utilisé la méthode SPA (Sequent Peak Algorithm) basée sur la quantité de déficit hydrique. Le seuil d'apparition d'étiage a été déterminé à partir de l'indicateur Q₇₅ extrait de la courbe des débits classés basées sur les données de débit journalier mesurées au niveau des deux stations; d'Ait Tamlil et Tamsemt, qui couvre la période de 1978 à 2016.

MOTS-CLEFS: bassin versant de tassaout, étiage, courbe des débits classés, seuil, sévérité, déficit hydrique.

1 INTRODUCTION

Les études hydrologiques revêtent aujourd'hui une grande importance, surtout compte tenu de l'augmentation spectaculaire des densités de population dans le monde, et les chercheurs s'intéressent aux raisons pouvant découler de l'exacerbation et de l'optimisation de la sécheresse, ainsi qu'aux effets des sécheresses. Le processus d'évaluation holistique

des risques hydrologiques est très difficile [1]. La sécheresse fait partie des catastrophes hydrologiques à long terme car il s'agit d'un déséquilibre naturel que l'homme subit ou contribue à aggraver [2]. Ainsi, le rôle de l'activité et de la pression humaines dans l'augmentation de la sensibilité du phénomène ne peut être ignoré [3]. Par conséquent, l'analyse de l'événement de l'étiage est directement liée au problème de pénurie d'eau, car l'ampleur est grave lorsque la rareté des ressources en eau affecte la capacité à répondre aux besoins humains. Compte tenu de la rareté des ressources en eau dans les zones à climats semi-arides, nous souhaitons utiliser cet article pour comprendre les mécanismes et les processus qui sont le premier maillon d'un système de gestion d'un bassin versant, appartenant au Haut Atlas Central, qui est considéré comme un modèle de gestion de l'eau.

Le bassin de la Tassaout (en amont du barrage M. Youssef) est caractérisé par un important dynamisme anthropique, qui a mené un développement des activités agricoles, à une large étendue des périmètres irrigués, et à un important réseau hydro-agricole à travers lequel l'eau d'irrigation est acheminée et distribuée aux zones agricoles. Considérant que l'étude du ruissellement est une problématique principalement liée aux facteurs climatiques et humains du bassin versant, qui entraînent des variations complexes dans le temps et dans l'espace, nous avons essayé d'aborder la problématique dans son contexte géographique, pour mieux contextualiser le travail. Le bassin d'étude nous offre un bon environnement pour comprendre le comportement hydrologique, car le risque connu auquel nous pouvons nous attendre est un risque plus contrôlé qui peut être contenu, et mieux géré [4]. Par conséquent, avant d'aborder les impératifs d'une gestion rationnelle des ressources en eau, une étude approfondie et spécifique des différentes caractéristiques naturelles et une analyse minutieuse des données hydro-climatiques s'imposent.

2 CONTEXTE GÉNÉRAL DE L'ÉTUDE

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le bassin versant de la Tassaout (en amont du Barrage Moulay Youssef) fait partie des montagnes du Haut Atlas central et se situe au sud-est du bassin d'Oum El Rabia. Il occupe une superficie de 1307 Km². Il prend naissance à une altitude de 3978 m et s'écoule du nord-est au nord-ouest. La rive droite est caractérisée par des affluents relativement courts et peu nombreux, souvent temporaires, les affluents les plus importants se trouvent sur la rive gauche.

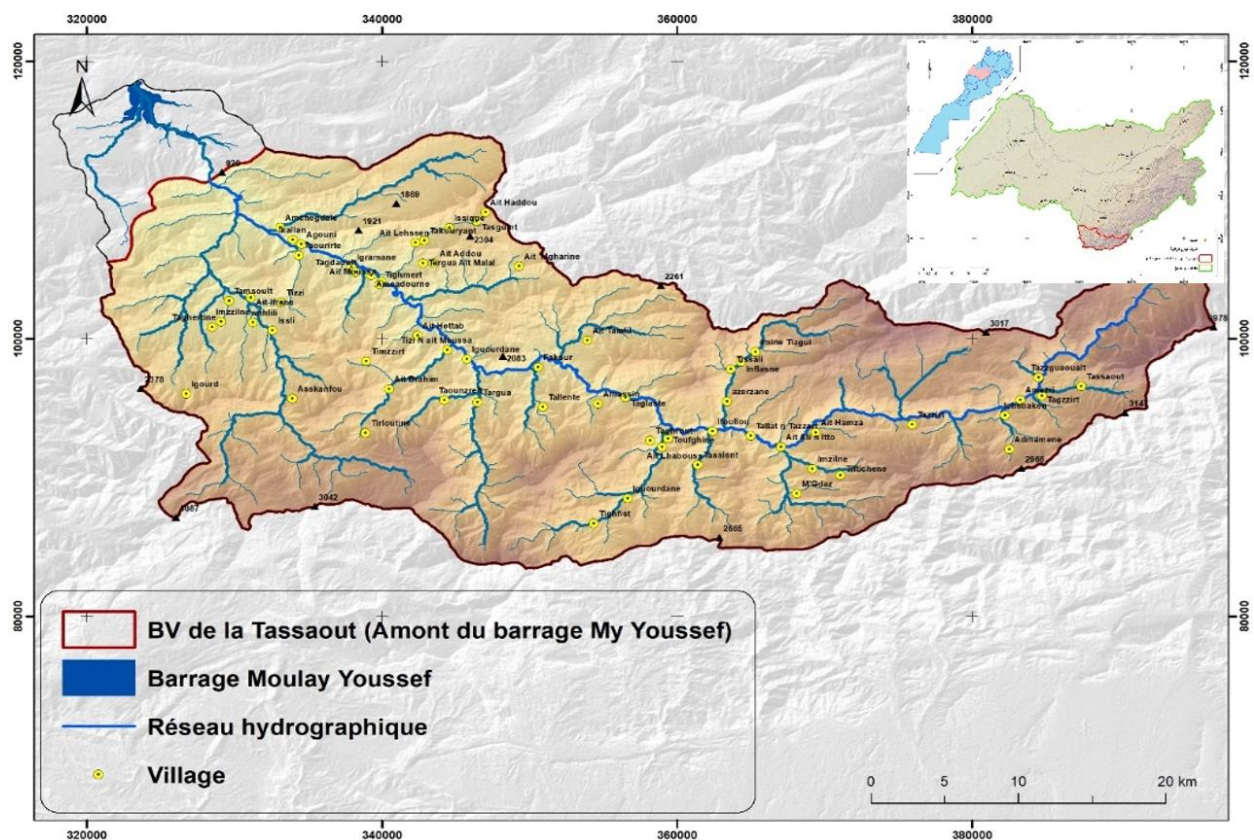


Fig. 1. Localisation nationale et régionale du bassin de la Tassaout (barrage Alia Moulay Youssef)

Le substratum géologique est principalement composé de grès, de dolomie et de calcaire perméables appartenant aux séries sédimentaires du Trias et du Lias en amont du bassin, et de schistes et argiles imperméable appartenant à la série sédimentaire du Trias en aval du bassin [5]. La zone d'étude est riche en formations calcaires karstiques qui offrent des sources dispersées, jouant un rôle important dans l'alimentation des cours d'eau, l'approvisionnement en eau potable et l'irrigation.

Les formations hydrogéologiques très perméables du bassin de l'Oued Tasaout (amont du barrage Moulay Youssef) sont constituées de formations quaternaires récentes sous forme d'alluvions et de roches carbonatées, souvent caractérisées par des fissures, qui peuvent, dans la plupart des cas, donner des formes karstiques superficielles et souterraines. Concernant les formations peu perméables se constituent de marnes et de calcaires du Lias Moyenne, de grès du Lias supérieur, de conglomérats et de marnes et de grès du Cénomanién inférieur [6]. Cette classe représente 56% de la superficie totale du bassin versant. Les formations imperméables sont généralement associées aux affleur

ements de basaltes doléritiques du Trias inférieur, aux formations schisteuses Cambro-Ordoviciennes et aux formations argileuses (Stéphano Trias). Cette classe représente 13% de la superficie totale du bassin versant.

CONTEXTE HYDRO-CLIMATIQUE

La pluviométrie annuelle moyenne à la station de Tamsmat était de 514 mm pour la période (1976-2016). Cette chronique a été caractérisée par une grande variabilité avec des périodes humides et sèches successives. Le coefficient de variation moyen (CV) a été estimé à 0,31, indiquant que ce bassin reçoit généralement des précipitations modérées.

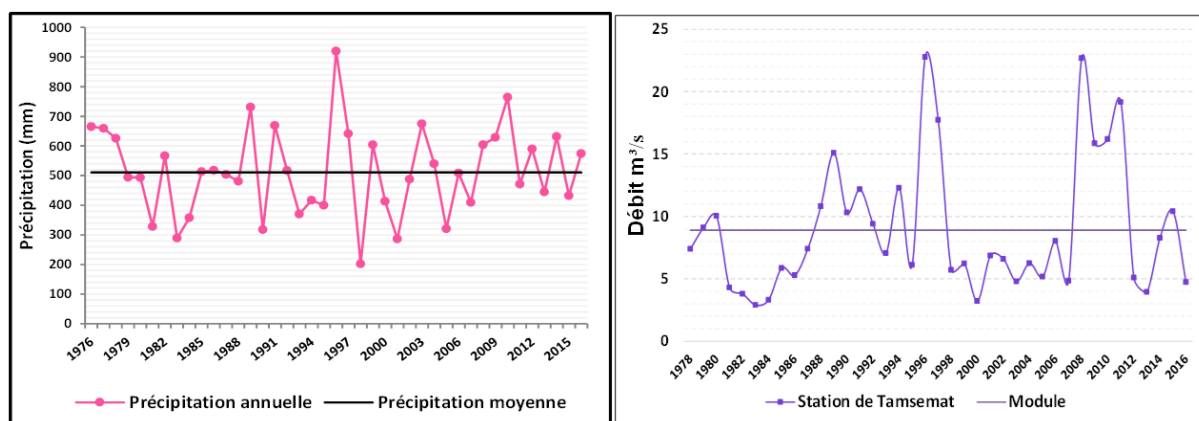


Fig. 2. Évolution annuelle de la précipitation et du débit à la station de Tamsmat (1976-2016)

On note une variabilité importante de débit d'une année à l'autre. Le module était de 8,9 m³/s à la station d'étude sur la chronique (1978-2016). Seuls 15 ans dépassent le module, en revanche 24 sont des années « en déficit hydrique ».

Pour étudier l'hétérogénéité temporelle de l'écoulement, l'indice centré réduite de NICHOLSON et la méthode de HANNING ont été retenus, pour mettre en évidence les tendances hydrologiques et de distinguer les périodes déficitaires et excédentaires. Les changements de régimes hydrologiques conduisant à des tendances excédentaires et déficitaires sont étayés par des études statistiques permettant de détecter des points de basculement ou des points de rupture [7]. Ces tests de transition permettent d'identifier les années charnières du changement climatique et d'améliorer les indicateurs de l'eau. Cette hétérogénéité des rendements annuels se caractérise par une continuité des périodes humides et sèches de durées variables. L'indice centré réduite de NICHOLSON a été produit sur quatre périodes. Il s'agit de deux périodes sèches (1978-1987) et (1999-2006), et de deux périodes humides s'étendant le long de (1988-1998) et (2007-2016). Cet indicateur montre qu'il y a eu un important déficit de débit sur la période 1978-1987. Des valeurs maximales ont été atteintes en 1983 et 1984 respectivement, à la station de Tamsemt et d'Ait Tamlil.

2.2 PROBLÉMATIQUE

La rareté des ressources en eau est considérée comme l'un des phénomènes hydrologiques extrêmes causés par le manque de précipitations pendant une période prolongée. L'aggravation de ce phénomène met en péril l'équilibre naturel en réduisant le niveau du débit et en prolongeant la période d'étiage. Jusqu'à une courte période, les enjeux liés au problème d'étiage

affectaient principalement les activités anthropiques, notamment l'approvisionnement en eau potable, l'irrigation, la production d'énergie et les activités touristiques. Cependant, les aspects environnementaux doivent également être pris en compte dans les plans de gestion des ressources en eau. Certains systèmes d'alerte d'étiage sont principalement développés dans certains pays d'Europe et d'Amérique du Nord, notamment ceux à climat méditerranéen et océanique. Ces systèmes d'alerte reposent sur des seuils au-delà desquels l'utilisation des ressources en eau est restreinte.

Au niveau national, nous n'avons pas trouvé de définition précise de l'étiage au sens statistique. Ainsi, ce choix est laissé aux responsables du bassin pour tenir compte du contexte local et des spécificités de la zone (en fonction de l'abondance des ressources en eau et des différents usages).

La problématique principale se reflète dans la réponse à la question suivante:

Étant donné le manque de références et d'études liées aux aspects statistiques de l'étiage au Maroc, est-il possible de déterminer les niveaux d'étiage dans la zone d'étude sous des conditions climatiques semi-arides ?

3 MÉTHODOLOGIE

3.1 DÉFICIT DE VOLUME DE DÉBITS JOURNALIERS SUR LA BASE DU FILTRE SPA

L'étiage peut être déterminé et analysé en termes de durée et/ou de déficit hydrique et défini comme des événements au-dessous d'un seuil Q_0 [8]. L'algorithme SPA (Sequent Peak Algorithm) a été développé à l'origine pour dimensionner le volume du réservoir [9], mais il a également été utilisé pour calculer une gamme de déficits de débit journaliers par rapport à un seuil donné.

Les informations extraites de chaque événement sont précisées comme la date de début (t_0) et de fin (t_f) de l'événement, la durée de l'événement ($d = t_f - t_0$) ou encore le déficit de volume V écoulé pour le seuil, c'est à dire la somme de la différence entre le seuil et le débit observé.

Considérant que q_t est le débit journalier et que q_0 est le seuil extrait de la courbe des débits classés, alors la détermination du volume déficitaire en appliquant la méthode de l'algorithme SPA se fait selon la formule suivante:

$$S_t = \begin{cases} S_{t-1} + q_0 - q_t, & \text{positif} \\ 0, & \text{négatif} \end{cases}$$

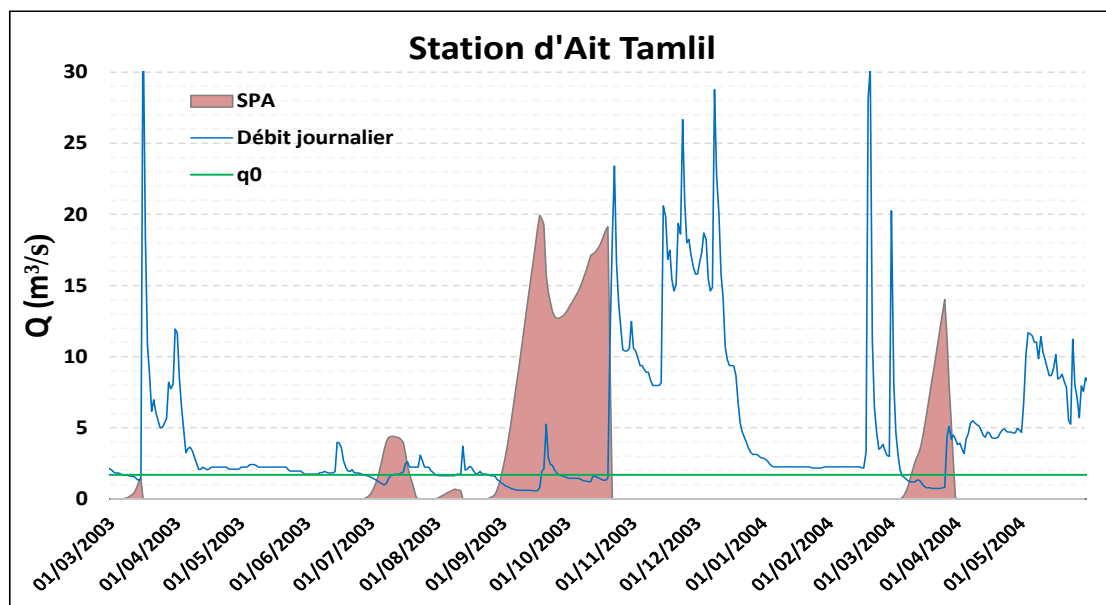


Fig. 3. Exemple de l'algorithme SPA appliqué au débit journalier dans la station Ait Tamllil (2003-2004)

La décrue de débit représente un événement naturel extrême et est généralement causée par un manque prolongé de précipitations. Par conséquent, les étiages ne peuvent pas être considérés comme absolus, mais semblent être liés à des «seuils» qui peuvent varier en fonction du contexte géographique et des caractéristiques naturelles du bassin [10]. La notion

de sévérité (ou d'amplitude) décrit le seuil de débit minimal atteint par le cours d'eau en période d'étiage [11], mais peut aussi faire référence à des aspects liés à la durée de déficit hydrique qui représente la perte de volume et la saisonnalité à des périodes spécifiques et détermine la période de l'année où la pénurie d'eau se produit [12].

4 RÉSULTATS

4.1 IDENTIFIER LES PÉRIODES DÉFICITAIRES À L'AIDE D'INDICES D'ÉTIAGE ISSUS DE LA COURBE DES DÉBITS CLASSÉS

Pour extraire les périodes de déficit hydrique à l'aide de la méthode SPA, nous considérerons les indices d'étiage résultants de la courbe des débits classés comme seuil q_0 . Cette méthode a donné les résultats illustrés dans la figure (6).

L'intervalle nul du filtre correspond à un débit soutenu. À l'inverse, les événements d'étiage correspondent à des valeurs positives dans l'algorithme SPA. Le principal avantage de cette méthode est que l'histogramme reflète la sévérité du déficit hydrique, les valeurs les plus élevées correspondant aux périodes d'étiage les plus sévères.

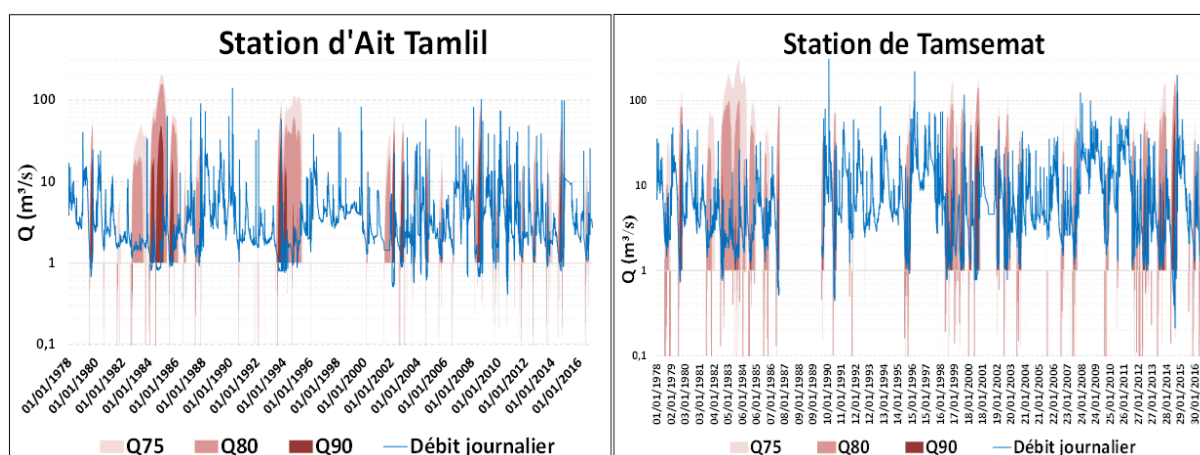


Fig. 4. Déficit hydrique cumulé à l'aide de l'algorithme SPA et les indices issus de la courbe des débits classés de 75, 80 et 90%

Dans un premier temps, nous avons proposé 75, 80 et 90 % comme seuils q_0 extraits de la courbe des débits classés, puis 50, 60 et 70 % comme seuils supérieurs. Aux seuils Q90 et Q80, le débit était très faible, et des épisodes de déficit courts à modérés se sont produits. Ces épisodes sont circonscrits à des années spécifiques dites de sécheresses sévères dans les deux bassins d'étude, ils traduisent ainsi une pénurie d'eau très marquée. Des périodes plus longues de déficit se sont produites en augmentant le seuil aux débits non dépassés 75%. Les événements les plus importants se sont produits en 1983, 1984 et 1985, qui sont des années caractérisées par une sécheresse climatique et hydrologique sévère.

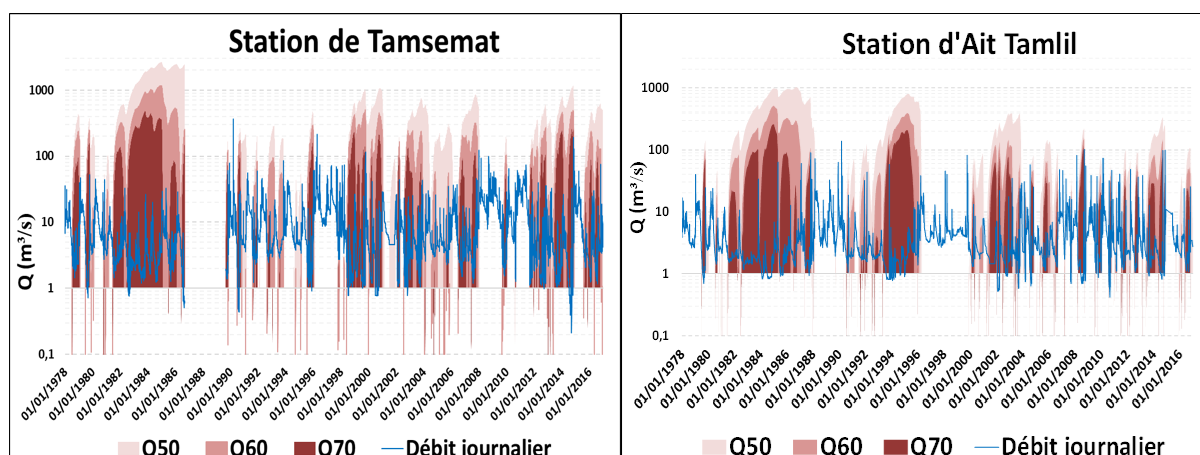


Fig. 5. Le déficit hydrique cumulé selon la procédure « Sequent Peak Algorithm » avec les indices issus de la courbe des débits classés de 50, 60 et 70 %.

En appliquant le filtre SPA à la période d'enquête (1978-2016) sur la base des indices Q50, Q60, Q70, plusieurs périodes déficitaires se sont produites, notamment la période (1982- 1988) dans le sous-bassin d'Ait Tamliil. Entre 1999 et 2016, à l'exception de 2009, 2010 et 2011, le bassin versant de la Tassaout (en amont du barrage M. Youssef) a également connu un déficit hydrique marqué (selon les critères retenus). Ce choix a posé le problème d'étudier des phases qui ne reflètent pas les événements de d'étiage, ainsi le choix d'un seuil plus élevé a entraîné plusieurs années de déficits attribués au phénomène de sécheresse hydrologique selon la classification proposée par [13]. En revanche, des indices très bas peuvent mettre en évidence des étiages très sévères, mais seulement pour une durée limitée.

4.2 LA SAISONNALITÉ DES PÉRIODES DE DÉFICIT HYDRIQUE

Parmi les caractéristiques qui distinguent l'événement de l'étiage, il y a sa saisonnalité, selon différentes définitions des chercheurs [4], [12], [14] – [17].

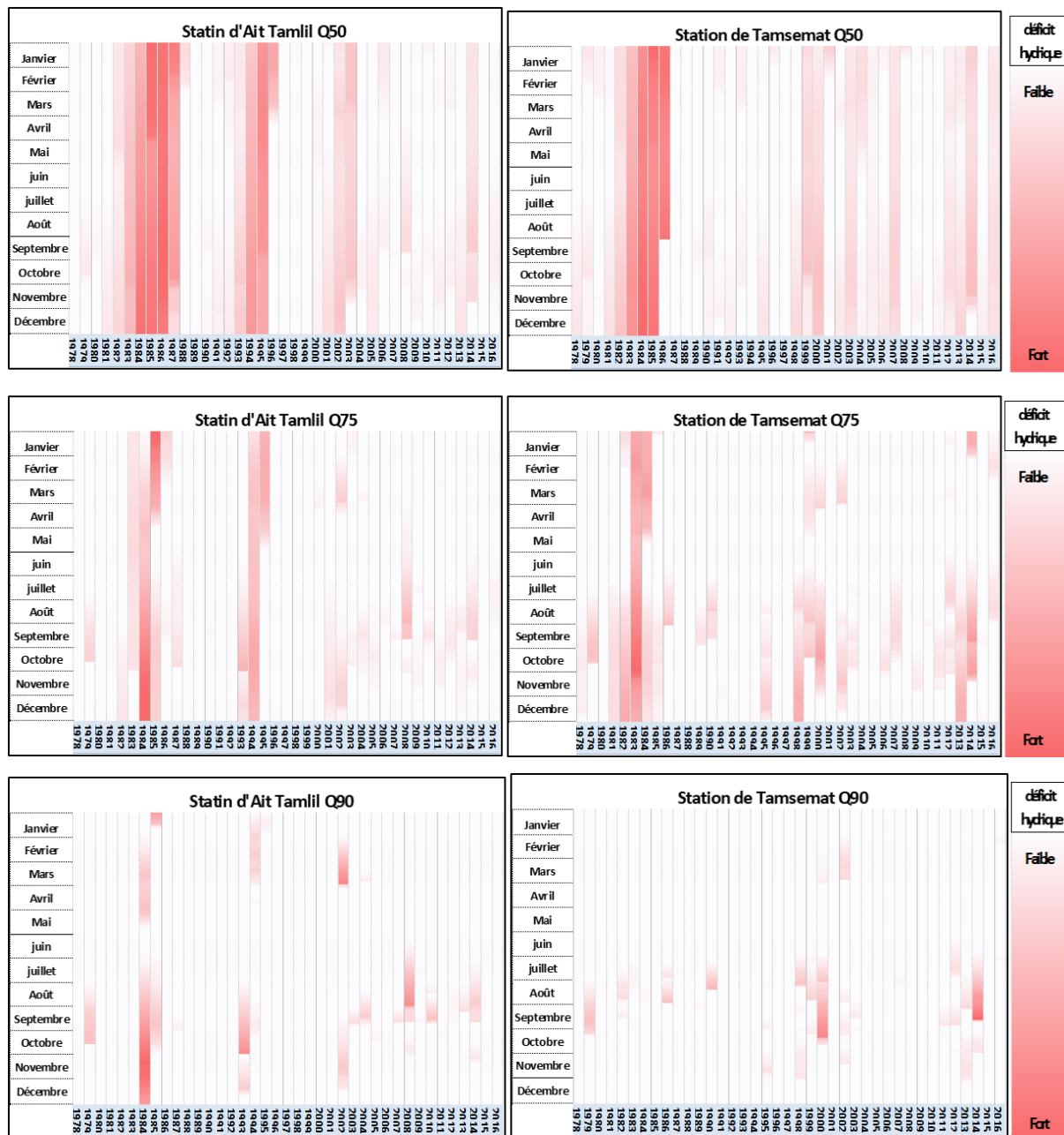


Fig. 6. Saisonnalité des périodes de déficit hydrique selon les indices issus de la courbe des débits classés

Les résultats de la saisonnalité du déficit hydrique révèlent un ensemble d'informations sur la répartition temporelle et spatiale des débits d'étiage:

- La plupart des épisodes de déficit hydrique surviennent pendant les périodes de basses eaux, en particulier la période de juillet à septembre.
- Les épisodes de déficit hydrique dans le sous-bassin d'Ait Tamlil sont caractérisés par des périodes prolongées. En revanche, le bassin versant de Tassaout (Amont du barrage M. Youssef) est caractérisé par des périodes plus courtes mais un déficit hydrique remarquable.
- Les indices issus de la courbe des débits classés à 50% révèlent des épisodes de déficit hydrique durant plusieurs années, notamment la période entre 1982 et 1986 et les années 1994 et 1995.
- Les indices Q75 et Q90 dérivés de la courbe des débits classés, révèlent de courtes périodes de déficit hydrique, sauf en 1983, 1984 et 1994 qui ont été caractérisées par une sécheresse hydrologique sévère.

Le choix des indices d'apparition d'étiage doit tenir compte d'une sorte d'équilibre. Un seuil plus élevé (Q50) ne reflète pas précisément cet événement d'étiage, mais plutôt un événement hydrologique non extrême. En revanche, un indice très bas (Q90) permet d'identifier les épisodes d'étiage les plus sévères, ce qui conduit à étudier des événements moins fréquents.

5 DISCUSSION

Les événements d'étiage peuvent être déterminés et analysés à l'aide de seuil de débit, qui est utilisé pour identifier le déficit et sa durée. L'analyse des situations d'étiage basée sur un seuil de débit présente de nombreux avantages, dont le plus important est la prise en compte de la durée des événements hydrologiques, inversement à d'autres indicateurs qui limitent l'étiage dans un contexte temporel qui peut être identique quelles que soit l'année [15]. Plusieurs auteurs, s'intéressant aux volumes déficitaires [18] utilisent des seuils correspondant généralement aux indices issus de la courbe des débits classés entre 70–95 %. On peut également citer les travaux de [19] qui ont analysé la durée et le volume de déficit hydrique selon trois seuils différents; 50, 70 et 90 %. Ils ont également constaté que l'occurrence de sécheresses sur plusieurs années plutôt que sur d'autres années était également une caractéristique importante dans le choix d'un seuil approprié, et que ce choix dépend du type de déficit hydrique à l'étude plutôt que d'un choix aléatoire. Dans le contexte continental, le Nouveau-Brunswick (Canada) a été mis en évidence dans une étude sur l'étiage par [20] en adoptant l'indice Q90, en dessous duquel des périodes de déficit ont été extraites. Ils ont souligné que la justification de l'application de cet indice est basée sur des caractéristiques hydrologiques et économiques.

L'étude d'étiage dans le bassin versant d'étude, basée sur les indices issus de la courbe des débits classés (DC), a révélé des périodes de déficit hydrique qui s'étendent sur plusieurs mois au cours de certaines années (1983 dans le bassin de Tassaout en amont du barrage M. Youssef et 1984 dans le sous-bassin d'Ait Tamlil). Sur la base des seuils extraits de DC, on a constaté que le nombre total de jours de chaque année variait d'une année à l'autre et entre l'amont et l'aval du bassin, car l'extraction des débits non dépassés 90% (Q90) est inférieure à 72 % des années de la chronique. Lorsque les seuils sont fixés à 80 % à 50 %, le pourcentage d'années en dessous desquels variait de 83 % à 97 % dans le bassin versant de Tassaout (en amont du barrage M. Youssef).

Les résultats ont montré que le bassin de la Tassaout (en amont du barrage M. Youssef) connaît des périodes d'étiage d'une sévérité remarquable lors d'événements particulièrement extrêmes. L'étiage s'est fréquenté pendant de nombreuses années (plus de 70%), cela est dû à des facteurs climatiques affectant le régime hydrologique des bassins versants. L'occurrence de l'étiage à l'échelle spatiale diffère entre l'amont et l'aval, cela est principalement dû aux caractéristiques physiques du bassin. Les jours d'étiage surviennent plus fréquemment en amont (sous-bassin d'Ait Tamlil) qu'en aval. Cela s'explique par des étiages fréquents pendant la période hivernale, caractérisée par des accumulations de neige qui retiennent de grandes quantités d'eau.

6 CONCLUSION

Pour déterminer l'état de la situation hydrologique du bassin de la Tassaout (en amont du barrage M. Youssef), le choix du débit d'entrée à étiage a été fixé à Q75. Le travail que nous avons réalisé en termes de définition de seuils pour le bassin versant d'étude est encore un simple essai basé sur une analyse statistique.

Les étiages peuvent être déterminés en fonction de seuils choisis exprimant la sévérité de la situation hydrologique. Ainsi, le choix du seuil a permis d'enregistrer un étiage dans certaines années et pas d'autres. Certaines années ont été marquées

par plusieurs périodes. L'analyse de la sévérité des étiages a révélé deux périodes très déficitaires de durée et de volumes très importants. Il s'agit de la période (1982-1986) et de la période (1993-1995).

La détermination de seuils d'apparition d'étiage permet d'améliorer la gestion de la ressource en eau en période des basses eaux, notamment en amont des barrages, et d'offrir une vision claire aux gestionnaires du secteur de l'eau, en impliquant de les lier à des mesures proactives pour éviter les crises ou y surmonter en cas de survenance, et aussi d'adopter des éléments et des solutions stratégiques, pour atténuer les risques liés à la sécheresse et au déficit hydrique en rationalisant la gestion et en trouvant des facteurs d'influence, et assurer la résilience humaine face aux aléas et aux catastrophes climatiques pour une gestion prédictive et préventive.

REFERENCES

- [1] Q. A. Raml et A. S. Arzek, « Evaluating the qualitative characteristics of groundwater and its suitability for human use in the Kirkuk district », *J. Educ. Sci. Stud.*, vol. 2, n° 11, 2018, Consulté le: 18 juin 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.iasj.net/iasj/article/179349>.
- [2] J.-P. Larue et A. Giret, « L'assèchement de cours d'eau dans le bassin de la Maine entre 1989 et 1992 », *Noréis Environ. Aménage. Société*, n° 192, Art. n° 192, sept. 2004, doi: 10.4000/noréis.944.
- [3] J. Corbonnois et J. Humbert, « Ressources et gestion de l'eau dans le Nord-Est de la France », in *L'eau dans les régions françaises, d'un extrême à l'autre*, J.P. Bravard, SEDES, 2000, p. 219-249.
- [4] M. Chakir, « Étude statistique des étiages et des tarissements dans le bassin versant de l'oued de Tassaout (Amont du Barrage de Moulay Youssef): Détermination, extraction, modélisation et problématique de la gestion (1978-2020) (Haut Atlas - Maroc) », Thèse de doctorat de 3ème cycle, Université Sultan Moulay Slimane, FLSHBM, Maroc, 2022.
- [5] G. Couvreur, *Essai sur l'évolution morphologique de haut atlas calcaire – Maroc*, Edition du Service Géologique du Maroc. in Notes et Mémoires du Service Géologique. 1988.
- [6] G. Castany, *Principes et méthodes de l'hydrogéologie*. DUNOD. PARIS, 1982. Consulté le: 17 juin 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://side.developpement-durable.gouv.fr/ACCIDR/doc/SYRACUSE/78711/principes-et-methodes-de-l-hydrogeologie>.
- [7] S. BOUKRIM, LAHRACH, N. SADKAOU, et A. CHAOUNI, « Impact des changements climatiques sur l'hydrologie du bassin versant de l'Ouergha (Rif-Maroc) », *Rev. Sci. Tech. LJEE*, n° 19, p. 42-55, 2011.
- [8] V. Yevjevich, « An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts. VUJICA YEVJEVICH: Fort Collins, Colorado State University, 1967, 19 p. (Hydrology paper no. 23) », *J. Hydrol.*, vol. 7, p. 353-353, janv. 1969, doi: 10.1016/0022-1694(69)90110-3.
- [9] L. Tallaksen et H. A. J. van Lanen, *Hydrological drought. Processes and estimation methods for streamflow and groundwater*. Elsevier, 2004. Consulté le: 19 juin 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://research.wur.nl/en/publications/hydrological-drought-processes-and-estimation-methods-for-streamf>.
- [10] I. Giuntoli et B. Renard, « Identification des impacts hydrologiques du changement climatique : vers un réseau de référence pour la surveillance des étiages », ONEMA-Irstea, Rapport, 2010.
- [11] F. Garcia, « Amélioration d'une modélisation hydrologique régionalisée pour estimer les statistiques d'étiage », Thèse de doctorat de 3ème cycle, Irstea UPMC Paris VI, Paris, 2016.
- [12] C. Catalogne, « Amélioration des méthodes de prédétermination des débits de référence d'étiage en sites peu ou pas jaugés », Thèse de Doctorat, Université de Grenoble, 2012. Consulté le: 17 juin 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://theses.hal.science/tel-01547922>.
- [13] J. A. Dracup, K. S. Lee, et E. G. Paulson Jr., « On the definition of droughts », *Water Resour. Res.*, vol. 16, n° 2, p. 297-302, 1980, doi: 10.1029/WR016i002p00297.
- [14] G. Laaha et G. Blöschl, « A comparison of low flow regionalisation methods -catchment grouping », *J. Hydrol.*, vol. 323, n° 1-4, p. 193-214, 2006.
- [15] C. Lang, « Etiages et tarissements : vers quelles modélisations ? L'approche conceptuelle et l'analyse statistique en réponse à la diversité spatiale des écoulements en étiage des cours d'eau de l'Est français », Thèse, Université de Metz, France, 2007.
- [16] M. F. Roche, *Dictionnaire français d'hydrologie de surface avec équivalents en anglais, espagnol, allemand*. Paris ; New York: Dunod, 1986.
- [17] V. U. Smakhtin, « Low flow hydrology: a review », *J. Hydrol.*, vol. 240, n° 3, p. 147-186, janv. 2001, doi: 10.1016/S0022-1694(00)00340-1.
- [18] A. K. Fleig, L. M. Tallaksen, H. Hisdal, et S. Demuth, « A global evaluation of streamflow drought characteristics », *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 10, n° 4, p. 535-552, juill. 2006, doi: 10.5194/hess-10-535-2006.
- [19] L. M. Tallaksen, H. Madsen, et B. Clausen, « On the definition and modelling of streamflow drought duration and deficit volume », *Hydrol. Sci. J.*, vol. 42, n° 1, p. 15-33, 1997.
- [20] N. El-Jabi, F. Ashkar, et M. Issa, « Application stochastique du phénomène d'étiage », *Can. J. Civ. Eng.*, vol. 24, p. 191-200, févr. 2011, doi: 10.1139/cjce-24-2-191.

الخبرة الجمالية وعلاقتها بالدلالات الرمزية في التصميم الطباعي الفني

[Aesthetic Experience and its Relationship with Symbolic Connotations in Printmaking Design]

منال عبده أحمد السيود

أستاذ مساعد بقسم الرسم والفنون، تخصص الطباعة والصبغة، كلية التصميم والفنون بجامعة جدة، المملكة العربية السعودية

Manal Abdu Ahmed Al Suyud

Assistant Professor in the Department of Painting and Arts, specializing in printing and dyeing, College of Designs and Arts,
University of Jeddah, Kingdom of Saudi Arabia

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 research discussed the concept of aesthetic experience and the opinions of philosophers about it. It focused on the philosopher John Dewey's concept in its interpretation, and the relationship of aesthetic experience in the artist's creation of symbolic connotations in artistic printmaking. «The research problem was summarized in the following question: What is the relationship of aesthetic experience in the innovation of symbolic connotations in printmaking design?

This research aims to identify the concept of aesthetic experience and the problem of opinions about it, as well as identifying what symbolic connotations are. It also aims to reveal how aesthetic experience is related in the creation of symbolic connotations in printmaking design. The research hypothesized that aesthetic experience might contribute to the creation of symbolic connotations in printmaking design.

The most important results were summarized in the importance of the ordinary experiences that the individual goes through, which are consistently associated with the aesthetic experience. and that aesthetic experience has an important role in creating symbolic connotations in printmaking design. The study also found that all kinds of symbols are rich sources for the artist through which he expresses the outcome of his experiences in creative printmaking designs and that the artistic expression using symbols emphasizes John Dewey's philosophy of the arts, which says that art does not depend on simulation.

The research recommends focusing on studies in the field of aesthetic experience and its importance for the creative artist and the recipient connoisseur of art, concentrating on the development and refinement of the aesthetic sense of the emerging generation, and focusing on gaining aesthetic experience to perceive the manifestations of beauty in the surrounding environment and other experiences in it. The research also recommends paying attention to studies related to symbolic connotations because of their role in developing innovation for the artist in the implementation of printmaking design.

KEYWORDS: Aesthetic experience, symbolic connotations, printmaking design, printmaking artwork, perception, significance, innovation.

ملخص: تناول البحث مفهوم الخبرة الجمالية وآراء الفلاسفة حولها، وركز على مفهوم الفيلسوف جون ديوي في تفسيرها، وعلاقة الخبرة الجمالية في ابتكار الفنان للدلالات الرمزية في التصميم الطباعي الفني، وقد تلخصت مشكلة البحث في التساؤل التالي: ما هي علاقة الخبرة الجمالية في ابتكار الدلالات الرمزية في التصميم الطباعي الفني؟
يهدف هذا البحث إلى التعرف على مفهوم الخبرة الجمالية وإشكالية الآراء حولها، وكذلك التعرف على ماهية الدلالات الرمزية، كما يهدف إلى الكشف عن علاقة الخبرة الجمالية في ابتكار الدلالات الرمزية في التصميم الطباعي الفني، وكان فرض البحث أن الخبرة الجمالية قد تساهم في ابتكار الدلالات الرمزية في التصميم الطباعي الفني.

تلخصت أهم النتائج في أهمية الخبرات العادية التي يمر بها الفرد والتي ترتبط باتساق مع الخبرة الجمالية، وأن للخبرة الجمالية دور هام في ابتكار الدلالات الرمزية في التصميم الطباعي الفني، كما توصلت الدراسة إلى أن الرموز بأنواعها تعد مصدراً خصباً للفنان يعبر من خلالها عن حصيلة خبراته في تصميمات طباعية إبداعية، وأن التعبير الفني باستخدام الرموز يؤكد على فلسفة جون ديوي للفنون والتي ترى أن الفن لا يعتمد على المحاكاة. ويوصي البحث بالتركيز على الدراسات في مجال الخبرة الجمالية وأهميتها للفنان المبدع وللمتلقي المتذوق للفن، والاهتمام بتنمية وصقل الحس الجمالي لدى الجيل الناشئ والتركيز على اكتساب الخبرة الجمالية لإدراك مظاهر الجمال في البيئة المحيطة وسائر الخبرات فيها، كما يوصي البحث بالاهتمام بالدراسات المتعلقة بالدلالات الرمزية لما لها من دور في تنمية الابتكار لدى الفنان.

كلمات دلالية: الخبرة الجمالية، الدلالات الرمزية، التصميم الطباعي الفني، العمل الفني الطباعي، الإدراك، المدلول، الابتكار.

خطة البحث:

المقدمة:

يشكل الاهتمام بفلسفة الجمال والدراسات الجمالية محوراً هاماً من محاور التفكير، فالإبداع والابتكار الفني من أهم الظواهر الاجتماعية لحضارة أمة ما ومؤشراً على رقيها، وهو لا يقل أهمية عن العلم؛ فالعلم يسعى للكشف عن البيئة الخارجية المحيطة بالفرد بينما الإبداع والابتكار الفني يكشف البيئة الداخلية ومكونات الفنان، ومن خلال هذا التفاعل تنمو الحضارات وتتقدم. ويعد مفهوم الخبرة الجمالية من المفاهيم الجمالية التي اعتنى به العلماء والفلاسفة والنقاد، وعملوا على إيجاد تفسيرات متعددة لفهم الصلة بين الخبرة الجمالية والإبداع والابتكار الفني وإيجاد الفرق بينها وبين سائر الخبرات العادية التي يمر بها الفرد من خلال تفاعله مع بيئته المحيطة به بكل ما تتضمنه من معطيات.

وتعد الدلالات الرمزية بأنواعها من أهم موضوعات التعبير في التصميم الطباعي الفني التي تتطلب وجود الخبرة الجمالية لدى الفنان ليتمكن من ابتكار الرموز التي تعبر عن مضمون الأعمال الطباعية الفنية، فالرموز تعد أداة أساسية للتفاهم والاتصال بين الناس بمختلف فئاتهم، فهي تساهم في إيصال الفكر الفلسفي والمضمون التعبيري للمتلقى.

وفي هذه الدراسة سيتم البحث في مفهوم الخبرة الجمالية والآراء حولها، وعلاقتها في قدرة الفنان على ابتكار الدلالات الرمزية في التصميم الطباعي الفني.

مشكلة البحث:

تتلخص مشكلة البحث في التساؤل التالي:

ما هي علاقة الخبرة الجمالية في ابتكار الدلالات الرمزية في التصميم الطباعي الفني؟

أهداف البحث:

- 1- التعرف على مفهوم الخبرة الجمالية وإشكالية الآراء حولها.
- 2- التعرف على ماهية الدلالات الرمزية.
- 3- الكشف عن علاقة الخبرة الجمالية في ابتكار الدلالات الرمزية في التصميم الطباعي الفني.

فرض البحث:

تساهم الخبرة الجمالية في ابتكار الدلالات الرمزية في التصميم الطباعي الفني.

أهمية البحث:

- 1- إثارة الاهتمام بأهمية مفهوم الخبرة الجمالية ودورها في إبداع الفنان.
- 2- إلقاء الضوء على الدلالات الرمزية وأهميتها في مختلف المجالات.
- 3- التركيز على دراسة المجالات التي تساهم في تنمية الابتكار في التصميم الطباعي الفني.

حدود البحث:

حدود موضوعية: مفهوم الخبرة الجمالية-الدلالات الرمزية في التصميم الطباعي الفني.

منهجية البحث:

يتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي.

المحور الأول: مفهوم الخبرة الجمالية وأبعادها الفلسفية:

مفهوم الخبرة الجمالية من المفاهيم الفلسفية التي تباينت حوله تفسيرات العديد من الفلاسفة، والفيلسوف (كانط) قدم تفسيراً نقدياً يقوم على تحديد معايير وشروط قبلية للحكم على الجمال، وفسرها (كولنجود) و(سوزان لانجر) بأنها تعبيراً عن الانفعال، وبراها (سانتيانا) أنها لذة من نوع خاص (توفيق، 1992م، 9)، ويعد الفيلسوف الأمريكي (جون ديوي) من أهم الفلاسفة الذين تناولوا هذا المفهوم في كتابه (الفن خبرة) الذي ربط من خلاله الفن بالتجربة والخبرات مبيناً علاقة الفن بالواقع وارتباطه بجوانب الحياة الإنسانية، يرى ديوي أن الخبرة تعني:

"المواقف التي يعيشها الفرد مع الآخرين؛ فيتأثر بها ويؤثر فيها ويتعلم نتائج هذه المواقف، فتصبح هذه النتائج جزءاً من سلوكه سواءً كانت مهارات أو معلومات أو اتجاهات" (عفيفي، 1970م، 170).

والخبرة الجمالية هي أحد أنواع الخبرات المتعددة التي يمر بها الفرد، وبراها ديوي أنها أعلى درجات الخبرة في الرقي والاتساق، والخبرات بجميع أنواعها مترابطة من منطلق الصلة القوية بين الفن وممارسات الحياة اليومية بخبراتها المعتادة، فالفن ينبثق من الظروف الاجتماعية وأنظمتها، وللرجوع إلى أسسه ينبغي دراسة الخبرات العادية التي لا تتسم بأي طابع جمالي، مع التأكيد على ضرورة أن تكون كل خبرة وسيلة لتنظيم الخبرة التالية لها وإعادة بناءها (بشيوة، 2013م، 91).

الخبرة الجمالية عند جون ديوي:

يوضح ديوي أن الخبرة الجمالية هي التي تضيف على الأفعال والأحاسيس والأفكار المفككة الوحدة والاتساق، لأن كل خبرة عقلية أو عمل يقوم به الفرد جانب جمالي يعود للفرد نفسه والنظام الذي يسير عليه (يوسف، 1975م، 35)، والخبرة الجمالية ينبغي أن تكون قمة الخبرة المشتركة في أعلى صورة من صور التعبير، فمن خلالها يتوصل الأفراد إلى تعاطف وتفاهم متبادل أكثر مما يصلون إليه بأية طريقة أخرى (بشيوة، 2013م، 92).

معايير الخبرة الجمالية:

1-التحول: كل خبرة جمالية جديدة يكتسبها الفرد تعدل وتطور ما سبقها من خبرات، وبالتالي فهي ليست ثابتة بل تتحول وتتغير تبعاً لطبيعة العلاقات والظروف التي تشكلها.

2-الاستمرارية: لا تنتهي الخبرة الجمالية طالما كان الفرد في تفاعل مستمر مع بيئته المحيطة به، وذلك يؤكد مبدأ التحول والتطور السابق، مكونة بذلك سلسلة مترابطة من الخبرات (Childs, 1986, 111-110).

3-التكامل: تتطلب الخبرة الجمالية استجابة متكاملة من الفرد، أي معاشته للخبرة من كافة الجوانب (حسية-جسمية-عقلية-نفسية) وغيرها، وذلك لأن الخبرة تتضمن جميع الجوانب الإنسانية مجتمعة التي ينبغي أن يمر بها الفرد في ممارسته للخبرة حتى يحقق الهدف المنشود منها (بدران وآخرون، ب.ت، 170)، ويؤدي ذلك إلى التكيف بين دوافع ومطالب الفرد من ناحية، وبين ظروف بيئته من ناحية أخرى (Red Fern, 1986, 45).

4-التفاعل: إن الخبرة الجمالية لا تحدث داخل مكونات الفرد فحسب، بل تؤثر في سلوكه واتجاهاته ومشاعره، وبذلك فإن أثر الخبرة يتبلور في صورة جديدة ليتفاعل مع البيئة من أجل الخروج بخبرات أخرى جديدة تتفاعل بدورها وهكذا (بدران وآخرون، ب.ت، 170).

لا ينظر ديوي إلى الفن كما يراه افلاطون على أنه محاكاة للمحاكاة بمعنى أن الفن يحاكي الطبيعة، فبالرغم من أن ديوي يربط الفن بالواقع وما فيه من خبرات متعددة غير أنه يرى بأنه ليس مجرد محاكاة له، بل أن الفن هو العمل الفعلي التجريبي الذي يحاول أن يكشف عن مكامن المتناقضات بين الفرد والمجتمع والبيئة المحيطة به، وعلى هذا الأساس يعمل الفنان بفعل مراكم تجريبي دائم على كشف هذه المشاكل التي هي متناقضات مستمرة بين الإنسان والمجتمع والبيئة فالفنان يحقق بفضل الخبرة الناتجة عن التجريب حلولاً لهذه المشاكل (حيدر، ب.ت، 45).

المحور الثاني: مفهوم الدلالات الرمزية وأهميتها

تعد الرموز حقيقة اجتماعية ذات أهمية في عملية تفاعل واتصال الأفراد وكذلك في عملية التكيف والتعايش، والمجتمع هو من يصوغ هذه الرموز لتصبح ذات معانٍ اجتماعية وسلوكية، ويرى هيربرت ميد في الرمز الوسيلة التي يستطيع الأفراد أن يتواصلوا من خلالها (عبد الحميد، 2000م، 60).

تعريف الدلالات الرمزية:

-الدلالة (Signification): بفتح الدال أو كسرهما-مشتقة من الفعل (دَلَّل) والدليل هو ما يستدل به (أبو هنطش، 2000م)، والدلالة تلزم للعلم بالشيء العلم بشيء آخر، لذا فهي تتضمن (الدال) (signifier) وهو الشكل المادي، و(المدلول) (signified) وهو المفهوم أو المضمون الذي يدل عليه الشكل المادي (ناصر، 2011م، 71).

-الرمز (Symbol): "هو كل ما يحل محل شيء آخر للدلالة عليه ليس بالمطابقة التامة وإنما بالإيحاء أو بوجود علاقة عرضية أو متعارف عليها، وعادة ما يكون الرمز شيئاً ملموساً يحل محل المجرد" (سيرنج، 1992م، 5-6).

كما تعرف الرموز بأنها: "مجموعة من الإشارات المصطنعة يستخدمها الناس فيما بينهم لتسهيل عملية التواصل وهي سمة خاصة في الإنسان وتشمل عند جورج هيربرت ميد اللغة، وعند بلومر المعاني، وعند جوفمان الانطباعات والصور الذهنية" (مريزق، 2008م، 91).

ويمكن تلخيص الرمزية بأنها: "إدراك أن شيئاً ما يحل محل آخر"

بحيث تكون العلاقة بين الشئين علاقة الخاص بالعام، أو علاقة المحسوس بالمجرد، باعتبار أن الرمز شيء له وجود حقيقي مشخص إلا أنه يرمز إلى فكرة أو معنى محدد (سيرنج، 1992م، 5-6).

وتعود بداية ظهور الرموز الى عصور ما قبل التاريخ، فقد اهتمدى الإنسان الى الرمز بالفطرة منذ القدم، فخلع على الأشكال صفة التجريد ليتوصل الى المعاني الكامنة للأشكال مستوحياً هذه الرموز من الظواهر الطبيعية والبيئية المحيطة به (ياسين، 2006م، 43).

الفرق بين الرمز (Symbol) والعلامة (SIGNES):

يميز العلماء بين الرمز والعلامة أو الإشارة؛ بأن العلامة أبسط بكثير من الرمز، فهي ليس لها الا دلالة واحدة لا تقبل التنويع ولا تختلف من شخص لآخر ما دام المجتمع اتفق على دلالتها، كالمصباح في الطريق باللون الأحمر والتي تعارف عليها أنها تشير إلى معنى (قف) وليس إلى معنى آخر (سيرنج، 1992م، 6)، أما الرمز فهو مضمون فكري تعبيرى أو إحاء شكلي مبسط يدرك سمعياً أو بصرياً، ذو دلالات وأهداف موجهة مباشرة أو غير مباشرة، يتعلق بمختلف نواحي الحياة الاجتماعية والسياسية والاقتصادية والدينية (ترويل، ب.ت، 245).

مثال: تعد الحمامة التي ترمز الى السلام من أشهر الرموز المتداولة عالمياً، وهي مقتبسة من الصورة الذهنية لقصة سيدنا نوح عليه السلام، عندما انطلقت الحمامة من السفينة أثناء انتهاء الطوفان وعادت وهي تحمل في منقارها غصن صغير ليدلهم على اقترابهم من اليابسة، فكانت هذه الصورة تمثل الأمان والطمأنينة وأصبحت دلالة رمزية على السلام، فيمثل (الدال) هنا: الحمامة والغصن، أما (المدلول): السلام، واعتمد هذا الرمز لأول مرة بواسطة الفنان بابلو بيكاسو (Pablo Picasso) عندما صممه كشعار لمؤتمر السلام العالمي في باريس عام 1949م (اللباد، 1994م، 27).



(شكل 1) حمامة السلام لبابلو بيكاسو

أنواع الرموز ودلالاتها: يمكن تصنيف الرموز الأساسية كالتالي:

- رموز دينية.
- رموز سياسية.
- رموز اجتماعية.
- رموز فلكية. (ياسين، 2006م، 55)

ويرى هيجل أن الرمز يكتسب دلالاته الاصطلاحية في المجتمع الذي ينتمي إليه هذا الرمز، بينما قد لا يكتسب نفس هذه الدلالة في مجتمعات أو حضارات أخرى، فالإنسان المعاصر حين يتأمل الأشكال الفنية والرموز للحضارات القديمة كحضارة الهند ومصر فإنه لا يتمكن من إدراك دلالاتها مالم يبحث عما وراء هذه الدلالات، فهي بحد ذاتها لا تعني له شيئاً (غانم، 2005م، 33).

الرمزية في الفن: أكد العديد من الفلاسفة والمفكرين على رمزية الفن؛ ففلسفة الفن عند (سوزان لانجر) تقوم على أن الفن رمز وأن العمل الفني عبارة عن صورة رمزية ونسق رمزي ابتكره كائن قادر على التعبير عن مكوناته في مجال أوسع من مجال اللغة الكلامية (الصباغ، 1999م، 199)، وفسرت الفن بأنه "إبداع لأشكال قابلة للإدراك الحسي بحيث تعبر عن الوجدان البشري والحياة الاجتماعية"، والأشكال لا تكون معبرة الا من خلال الرمز، وبذلك يصبح الفن رمزاً للتعبير الوجداني (Langer, 1962, 82)، ويرى (هيجل) أن الرمز يمثل البداية التاريخية والفكرية للفن، والتطور الداخلي له عبر الصراع بين المضمون والشكل الغير متطابق مع ذلك المضمون (غانم، 2005م، 39).

الرمزية في التصميم الطباعي: يعد التصميم من أهم العناصر في العمل الفني المطبوع، من خلاله تتحقق القيم الفنية والجمالية للعمل الفني، وتعرف (الغماس) التصميم الطباعي بأنه: "التنظيم للعناصر المرئية وتنفيذه بإحدى التقنيات الطباعية المتنوعة التقليدية أو الحديثة أو من خلال الدمج بينهم، للوصول إلى عمل فني طباعي يحقق قيمة وظيفية نفعية وتعبيرية جمالية" (الغماس، 2020م، 54)، ويساهم استخدام الرموز بأنواعها ودلالاتها المتعددة في التصميم الطباعي إلى تحقيق القيمة الوظيفية الدلالية الرمزية من خلال الأشكال والرموز المباشرة والغير مباشرة، التي تتناول المجتمع من جوانب متعددة، اقتصادية وسياسية وفكرية ودينية ونفسية وتاريخية، فيتمكن من خلالها الفنان على إيصال المضمون الفلسفي والفكري والتعبيري للمتلقى، مما يعزز اتصال المتلقي وتفاعله مع العمل الطباعي الفني.

المحور الثالث: دور الخبرة الجمالية في ابتكار الدلالات الرمزية في التصميم الطباعي الفني:

من خلال الدراسة السابقة للدلالات الرمزية وماهيتها تتضح أهمية الرموز في العمل الفني، فمما سبق ذكره أن العديد من الفلاسفة رأوا أن الفن هو رمز مبدع يرتبط بالواقع ويتجاوزه ويسمو عنه، ولكي يتمكن الفنان من استخلاص الرموز والمدلولات من عالمه الواقعي فإن ذلك يتطلب منه العديد من أنواع الخبرات المترابطة ومن ضمنها الخبرة الجمالية، وكما ذكر جون ديوي أن الفن يلخص ثقافة المجتمع المتوارثة عبر الأجيال بما تتضمنه من عادات وتقاليد وخبرات، ويعبر كذلك عن

التفاعل المستمر بين الفرد ومقتضيات بيئته المحيطة به بما فيها من مواقف إيجابية وسلبية وانفعالات، وهذا يتطلب من الفنان المبدع أن التأمل في هذه الخبرات مجتمعة لكي يتمكن من تحويلها الى دلالات ورموز في عمله الفني يعبر بها عن مضمون ما اكتسبه من خبرات.

يقول جون ديوي: "إن للفنان المفكر لحظته الجمالية التي لا تظل فيها أفكاره مجرد أفكار بل تستحيل الى معاني أو دلالات مندمجة في صميم الموضوعات، ويحقق فكره من خلال الوسائط التي يتناولها في عمله الفني" (ديوي، 1962م، 30)، ويمكن تلخيص علاقة الخبرة الجمالية في ابتكار الدلالات الرمزية في التصميم الطباعي الفني كالتالي:

1- الخبرة الجمالية والإدراك:

-الحسي: يؤكد فينكس أن الخبرة الجمالية تقوم على جميع مكونات الإدراك الحسي للإنسان، وسائر المواد المادية التي تثير حواسه ومن الممكن أن تكون مادة لتصميم موضوعه الجمالي (فينكس، 1965م، 658)، وذكر (كانط) أن مفاهيم الخبرة تكتمل عند إعطاء ما ندرك رموزاً تربط بينها وبين ما تمثله (عطية، 1996م، 53)، ويرى ديوي ارتباط الإدراك الحسي بالخبرة الجمالية حيث أن استجابات الإنسان الناضج تجاه كل ما يثير سمعه وبصره ولمسه وتذوقه تكون عميقة لا سطحية، فتفاعله مع ما يسمعه من أصوات وموسيقى وما يحيط به من كائنات تنمي خبرته وتمكنه من استلهاهم دلالاتها الرمزية التي تعبر عن مضمونها.

-العقلي: أكد جون ديوي على أن الخبرة الجمالية تجعل الفرد قادراً من الناحية العقلية على إعطاء الخبرة معنى، ويربط بين النواحي الجمالية والفكرية والأخلاقية في الخبرة، فالإدراك العقلي لا ينمو إلا بالتكامل، كما يرى أن للعقل دور هام في إنتاج الأعمال الفنية لأنه يؤدي إلى القدرة على استخدام الفنان للدلالات في عمله الفني (ديوي، 1962م، 70) ونستنتج من ذلك أهمية اكتساب الفنان للخبرات المستمدة من مختلف المجالات العلمية فهو لديه القدرة على تحويلها وإعادة صياغتها في قالب جمالي والتعبير عنها في التصميم الطباعي الفني بما تتضمنه من دلالات رمزية، كما أن الحضارة ومعرفة مقدار التقدم فيها يكسب الفنان خبرات هامة تساهم في قدرته على التعبير بالرموز، حيث أن الإدراك لكل ما تحتويه الحضارة من نتاج مادي وفكري؛ كالنقوش والأواني والأسلحة والرقصات والقصص الشعبية والطقوس الدينية وشتى مظاهر الحياة الاجتماعية القيمة والحديثة، جميعها تشكل خبرات فنية وخلاقة تعد مصدراً يستلهم منه الفنان رموزه ليصل إلى أعلى مستوى من الإبداع في أعماله الفنية.

2- الخبرة الجمالية والابتكار:

تأتي مرحلة الابتكار بعد مرحلة الإدراك وفيها يبدأ الفنان بتجميع ما أدركه من خلال خبراته في صياغات جمالية، فالفنان لا يستطيع أن يبتكر تصميمه الفني ما لم يكتسب الخبرات اللازمة للعملية الابتكارية، واستخدام الفنان للرموز في التصميم الطباعي الفني يعد ابتكاراً كما ذكر هيجل، فالعلاقة بين (الدال) و(المدلول) بالرغم من اختلافهما في الشكل إنما تعود إلى خبرة الفنان وإدراكه لهذه العلاقة التي تربط بين شكل الرمز ومضمونه الذي يود أن يعبر عنه.

أمثلة للتصميمات الطباعية الفنية في الأعمال الطباعية المعاصرة:

أولاً- عمل طباعي فني من تنفيذ الباحثة بتقنية الطباعة الرقمية وتقنية الواقع المعزز:



(شكل 2) عمل طباعي فني من أعمال الباحثة د. منال السيود



(أ) (ب)



(ج) (د)

(شكل 3: أ-ب-ج-د) يوضح مراحل الفيديو المتحرك المصاحب للعمل الفني باستخدام الباركود

تناول العمل الطباعي الفني مشروع نيوم (Neom) الذي يعد أحد أهم مشاريع رؤية المملكة لعام 2030م، وتضمن التصميم الطباعي الفني دلالات رمزية للدلالة على دور مشروع نيوم في تحقيق الشراكات الفكرية والسياسية والاقتصادية مع دول العالم، عبر استغلال موقع المملكة الاستراتيجي والذي يعد نقطة التقاء ثلاث قارات، مما ينعكس على الفرد السعودي ويحقق له مبدأ الانفتاح على الآخر وتقريب الفكر والسياسة، مع المحافظة على الهوية والاعتدال.

استخدمت الباحثة في التصميم العنصر البشري للدلالة على الفرد السعودي بلباسه التقليدي وبيئته الصحراوية، وكيف أنه استطاع من خلالها أن يسعى وبوأكب التطور ليمتد على المستوى العالمي من خلال مشروع نيوم، كما استخدمت خرائط قارات العالم (آسيا- أفريقيا_ أوروبا) للدلالة على استغلال الموقع الاستراتيجي للمملكة كونها نقطة التقاء القارات الثلاث وملتقى لأهم طرق التجارة العالمية التي بدورها تعزز القوة الاقتصادية للمملكة، كذلك استخدمت الباحثة شعار نيوم بعدة صياغات تشكيلية حيث تم دمجها مع المفردات الزخرفية المستوحاة من تراث المملكة، للدلالة على هوية الفرد السعودي القائم على المشروع الذي سيتيح له الانفتاح على ثقافات متنوعة مع احتفاظه بهويته ومبادئ الاعتدال، كما ترمز حركة انتشار المفردات الزخرفية التي تنبثق من منتصف العمل الفني إلى إمكانية مساهمة المشروع في نشر ثقافة المملكة إلى أنحاء العالم، مما يدل على مدى خبرة الباحثة بالخلفية الثقافية والاقتصادية للمملكة، وبواقع الأهداف التي تركز عليها رؤية 2030م، وإدراك مواطن الجمال في هذه الخبرات المتسقة، وبالتالي تحويلها إلى صياغات تشكيلية وجمالية من خلال التصميم الطباعي الفني.

ثانياً-عمل طباعي فني من تنفيذ الفنانة د.آمال الغماس بتقنية الطباعة الرقمية، وتقنية الطباعة بالشاشة الحريية باستخدام الأحبار الذكية:



(شكل 4) عمل طباعي فني للفنانة د. آمال الغماس (الغماس، 2020م،

تناول العمل الطباعي الفني مشروع منطقة القدية الذي يعد أحد أهم مشاريع رؤية المملكة لعام 2030م، وتضمن التصميم الطباعي الفني دلالات رمزية للدلالة على الهدف الرئيسي من المشروع وهو أهمية ما سيحققه المشروع من تلبية للاحتياجات الترفيهية والثقافية والاجتماعية لأفراد المجتمع السعودي واستثمار قطاع السياحة المحلية والدولية.

استخدمت الفنانة مقولة ولي العهد الأمير محمد بن سلمان: "همة السعوديين مثل جبل طويق لن تنكسر حتى يتساوى مع الأرض"، للدلالة على همة وقوة شباب الشعب السعودي وطموحه، كما استخدمت رموز الأشخاص وصعودهم على السلالم لتدل على إصرار أفراد الشعب السعودي على التقدم والتطور إلى أعلى المستويات، كما أن الخطوط التجريدية بألوانها الزاهية في رمز شعار مشروع القدية والمستوحى من سلسلة جبال طويق التي تتميز بها المنطقة، تدل على قدرات أبناء وبنات المملكة بمختلف أعمارهم وإمكاناتهم وهواياتهم المختلفة وطاقاتهم المتجددة، وهو (المدلول) الذي هدفت الفنانة إلى التوصل إليه من خلال خبرتها بالرموز التي تتميز بها المنطقة، وبأهداف المشروع ورؤية المملكة الطموحة من خلاله.

ثالثاً- عمل طباعي فني من تنفيذ الفنانة د.خديجة نور الدين بتقنية الحفر بالليزر (Laser Engraving):



(شكل 5) عمل طباعي فني للفنانة د.خديجة نور الدين (نور الدين، 2022م)

تناول العمل الطباعي الفني مفهوم المثل الشعبي المأثور في جنوب منطقة نجد: "حَزَّكَ قَدَمٌ، يَبْدِي نَجْمٌ"، والذي يعني: حَزَّكَ قَدَمُكَ يظهر لك غنيمة وارتفاع، وتضمن التصميم الطباعي الفني دلالات رمزية للدلالة على معنى المثل الذي يُضرب في الحث على الحركة لطلب الرزق، من خلال الربط بين الماضي والحاضر.

استخدمت الفنانة صورة لولي العهد الأمير محمد بن سلمان، للدلالة على ما حققه من تطور وتقدم للمملكة خلال فترة وجيزة، كما استخدمت رموز متعددة لأهم المشاريع التي تسعى رؤية 2030م لتحقيقها مثل: توسعة الحرمين الشريفين- بوابة الدرعية- القدية- نيوم- البحر الأحمر- أمالا- مبادرة السعودية الخضراء- ومشروع تطوير العلا، وغيرها من المشاريع، للدلالة على عظم الطموح الذي ظهر ولمع من خلاله الأمير محمد بن سلمان كالنجم في السماء، والتأكيد على تكامل الخبرات لدى الفنانة في الإمام بمعنى المثل الشعبي والإنجازات المرتبطة برؤية 2030م، مما ساهم في تحويلها إلى صياغات تشكيلية وجمالية مبتكرة في التصميم الطباعي الفني.

النتائج والتوصيات:

أولاً: النتائج: من خلال الدراسة توصلت الباحثة إلى النتائج التالية:

- 1- يؤكد البحث على أهمية الخبرات العادية التي يمر بها الفرد والتي ترتبط باتساق مع الخبرة الجمالية.
- 2- للخبرة الجمالية دور هام في ابتكار الدلالات الرمزية في التصميم الطباعي الفني.
- 3- تعد الرموز بأنواعها (دينية-سياسية-اجتماعية...) مصدراً خصباً للفنان يعبر من خلالها عن حصيلة خبراته في تصميمات طباعية فنية إبداعية.
- 4- التعبير الفني باستخدام الرموز يؤكد على فلسفة جون ديوي للفنون والتي ترى أن الفن لا يعتمد على المحاكاة.

ثانياً: التوصيات: من خلال الدراسة توصي الدارسة بالتوصيات التالية:

- 1- التركيز على الدراسات في مجال الخبرة الجمالية وأهميتها للفنان المبدع وللمتلقي المتذوق للفن.
- 2- الإهتمام بتنمية وصل الحس الجمالي لدى الجيل الناشئ والتركيز على اكتساب الخبرة الجمالية لإدراك مظاهر الجمال في البيئة المحيطة وسائر الخبرات فيها.
- 3- الإهتمام بالدراسات المتعلقة بالدلالات الرمزية لما لها من دور في تنمية الابتكار لدى الفنان في تنفيذ التصميم الطباعي الفني.

المراجع العربية

- اللباد، محي الدين (1994م) لغة بدون كلمات-العلامة. الإشارة. الرمز، دار الشروق، القاهرة، الطبعة الأولى
- بدران، شبل وآخرون (بدون تاريخ) الأصول الفلسفية للتربية، مطبعة الجمهورية، الإسكندرية.
- بشيوة، كريمة (2013م) أعلام الفن في الفكر الغربي المعاصر، المجلة الجامعة، عدد 15، مجلد 3، جامعة طرابلس.
- ديوي، جون (1962م) الفن خيرة، ترجمة: زكريا إبراهيم، دار النهضة العربية، القاهرة.
- سيرنج، فيليب (1992م) الرموز (في الفن-الحياة-اللغة)، ترجمة: عبد الهادي عباس، ط1، دار دمشق.
- عفيفي، محمد الهادي (1970م) في أصول التربية، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة.
- مريزق، هشام يعقوب (2008م) المدخل لعلم الاجتماع، دار الراية، ط1، الأردن.
- أبو هنطش، إبراهيم (2000م) مبادئ التصميم، ط3، دار البركة للنشر، عمان.
- الصباغ، رمضان (1999م) الفن-نشأته ومعناه، مجلة كلية الآداب بسوهاج، عدد 22، الجزء الأول.
- الغماس، آمال عبد الرحمن (2020م) التصميم الطباعي الفني الذي بين الشكل والوظيفة، رسالة دكتوراة، جامعة جدة، المملكة العربية السعودية.
- ترويل، مارجريت (بدون تاريخ) أصول التصميم في الفن الأفريقي، ترجمة: مجدي زيد، دار الكاتب العربي للطباعة والنشر، القاهرة.
- توفيق، سعيد (1992م) الخبرة الجمالية-دراسة في فلسفة الجمال الظاهرية، المؤسسة الجامعية للنشر، بيروت.
- حيدر، نجم (بدون تاريخ) علم الجمال آفاقه وتطوره، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، ط2، جامعة بغداد.
- عبد الحميد، محمد (2000م) نظريات الإعلام واتجاهات التأثير، عالم الكتب، القاهرة، الطبعة الأولى.
- عطية، محسن (1996م) الفن وعالم الرمز، ط2، دار المعارف، مصر.
- غانم، رمضان (2005م) جماليات الفنون وفلسفة تاريخ الفن عند هيجل.
- ناصر، عبد الجبار (2011م) ثقافة الصورة في وسائل الإعلام، الدار المصرية واللبنانية للنشر، القاهرة.
- نور الدين، خديجة محمد محمود (2022م) إحياء الأمثال الشعبية السعودية من خلال توظيف تقنيات الطباعة والوسائط المتعددة على الجداريات، رسالة دكتوراة، جامعة جدة، المملكة العربية السعودية.
- ياسين، عبد الناصر (2006م) الرمزية الدينية في الزخرفة الإسلامية، ط1، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة.
- يوسف، عنايات (1975م) مفهوم الخبرة الجمالية عند الفلاسفة وعلماء الجمال، مجلة التربية، عدد 26.

REFERENCES

- [1] Childs, John, 1986, American pragmatism and education. New York, Holt Rinehart.
- [2] Red Fern, 1986, Questions in Aesthetic Education, London: Allen and Unwin .
- [3] Langer,S (1962) Proulemsong Art, John Hopkinms press, Baltimore.

Essai préliminaire de caractérisation phénotypique et zootechnique des caprins abattus à l'abattoir de Port-Bouët pour la boucherie dans la ville d'Abidjan

[Preliminary essay of phenotypic and zootechnical characterisation of the caprine breed slaughtered at the Port-Bouët slaughterhouse for butchery in Abidjan city]

Yapo Akaffou¹⁻²⁻³, Moussa Komara¹⁻²⁻³, Bi Irie Van Dexter Youan¹⁻²⁻³, and Komissiri Dagnogo⁴

¹Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Biologie et Cytologie Animale, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

³Pôle de Recherche Production Animale, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

⁴Direction des Abattoirs et de l'Hygiène Alimentaire du District Autonome d'Abidjan, 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 aim of this study was the determination of phenotypic and zootechnical characteristics of the caprine breed slaughtered for butchery in Abidjan city. Thus, a study was done on 120 caprine at the Port-Bouët slaughterhouse in the city of Abidjan. Then, the breed, coat colour, age, presence or not of horns, goatee and pendants, as well as the measurements, height at the withers and thoracic perimeter were determined. Descriptive statistics of these variables were produced. Followed by a Chi square test for qualitative variables. Furthermore, an ANOVA was performed for the quantitative variables. The results show that caprine Sahelian breed (94.17%) are more slaughtered than those of the Djallonké breed (5.83%). Coat colours commonly encountered are black-brown and black-piebald (28.57%) for Djallonké breed and brown-piebald (50.44%) for the Sahelian breed. Caprine breed over four years old age (73.33%) are more slaughtered than others. The tallest caprine on legs are from Sahelian breed (78.67 cm), males (80.98 cm) and those from 3 to 4 years old age (78.18 cm). The thoracic perimeter was 75.34 cm in caprine of the Sahelian breed, 77.54 cm for males and 76.35 cm for caprine breed of 3 to 4 years old age. The height at the withers and the thoracic perimeter are influenced by breed or sex ($p < 0.05$). In conclusion, the caprine breed slaughtered at the Port-Bouët slaughterhouse showed various breeds, sex, coat colors and ages.

KEYWORDS: Caprine breed, Characterisation, Phenotype, Height at the withers, Abidjan city.

RESUME: L'objectif de cette étude était la détermination des caractéristiques phénotypiques et zootechniques des caprins abattus pour la boucherie dans la ville d'Abidjan. Pour cela, une étude a été réalisée sur 120 caprins à l'abattoir de Port-Bouët dans la ville d'Abidjan. Ainsi, les caractéristiques race, couleur de la robe, âge, présence ou non de cornes, de barbiche et de pendeloques, ainsi que les mensurations hauteur au garrot et périmètre thoracique ont été déterminés. Une statistique descriptive de ces variables a été réalisée. Suivie d'un test de Khi 2 pour les variables qualitatives. Ensuite, une ANOVA a été réalisée pour les variables quantitatives. Les résultats montrent que les caprins de race Sahélienne (94,17%) sont plus abattus que ceux de race Djallonké (5,83%). Les couleurs de la robe couramment rencontrées sont le brun-noir et le pie-noir (28,57%) pour les caprins de race Djallonké et le pie-brun (50,44%) pour la race Sahélienne. Les caprins de plus de quatre ans (73,33%) sont plus abattus. Les caprins les plus hauts sur pattes sont les caprins de race Sahélienne (78,67 cm), les mâles (80,98 cm) et ceux de 3 à 4 ans (78,18 cm). Le périmètre thoracique a été de 75,34 cm chez les caprins de race Sahélienne, 77,54 cm pour les mâles et 76,35 cm pour les caprins de 3 à 4 ans. La hauteur au garrot et le périmètre thoracique sont influencés par la race ou

le sexe ($p < 0,05$). En conclusion, les caprins abattus à l'abattoir de Port-Bouët sont de races, sexes, couleurs de robe et âges variés.

MOTS-CLEFS: Caprins, Caractérisation, Phénotype, Hauteur au garrot, Ville d'Abidjan.

1 INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire et plus précisément dans la ville d'Abidjan, la viande des ruminants fait partie des aliments les plus consommés par les populations. En effet, selon une étude du Ministère ivoirien des Ressources Animales et Halieutiques, la consommation de viande a atteint 295 566 tonnes à la fin de l'année 2019 [1]. En plus de cela, la production des petits ruminants (ovins et caprins) a connu une forte évolution, allant de 15 495 tonnes équivalent carcasse en 2014 à 23 789 tonnes équivalent carcasse en 2019 [1]. Le cheptel ovin/caprin a également connu une augmentation passant de 3 104 148 à 5 091 443 têtes de 2014 à 2019 [1]. Cependant, malgré cette évolution, la Côte d'Ivoire reste toujours dépendante de l'extérieur, car selon [2] et [3], du bétail vif est importé de pays sahéliens tels que le Burkina Faso et le Mali vers les grandes villes comme Abidjan.

Ainsi, la ville d'Abidjan avec sa population estimée en 2021 à 5 616 633 habitants selon le dernier recensement général de la population réalisé en 2021 par le Ministère ivoirien en charge du Plan pourrait constituer un marché important pour la boucherie. Toutefois, il n'y a pas dans la littérature de données scientifiques sur les caprins abattus à l'abattoir principal de Port-Bouët pour la boucherie dans la ville d'Abidjan.

Pourtant, plusieurs études ont été menées sur la caractérisation morphologique, phénotypique et zootechnique de caprins. C'est le cas des travaux de [4], [5] ainsi que ceux de [6] réalisés respectivement dans l'Ouest, le Sud-Est et le Nord-Est algérien. Aussi, d'autres études ont été effectuées par [7] au Burkina Faso, [8], [9] et [10] au Bénin et enfin par [11] au Niger. Néanmoins, ces études n'ont pas été réalisées dans des abattoirs.

C'est pourquoi cette étude a été réalisée sur la caractérisation phénotypique et zootechnique des caprins abattus à l'abattoir de Port-Bouët pour la boucherie dans la ville d'Abidjan. Ce sont notamment les races, les sexes, les couleurs de la robe et les âges des caprins qui sont les phénotypes déterminés. En outre, ce sont la hauteur au garrot et le périmètre thoracique qui sont les paramètres zootechniques déterminés.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude a été réalisée du 4 au 21 avril 2023 sur 120 caprins à l'abattoir de Port-Bouët à Abidjan en Côte d'Ivoire. Durant l'étude, deux (2) séances ont été réalisées par semaine le mardi et le vendredi. Chaque séance se déroulait de 4h à 7h du matin. Pendant chaque séance, 20 caprins ont été utilisés et ces séances se sont déroulées en deux principales phases. Lors de la première phase dite d'observation individuelle et directe avant l'abattage, un ensemble de caractères phénotypiques ont été déterminés. Ceux-ci ont concerné la race, le sexe, la couleur de la robe, la présence ou non de cornes, la présence ou non de barbiche et la présence ou non de pendeloques. Ensuite, des mensurations ont été faites. Ainsi, deux (2) mensurations ont été effectuées à l'aide d'un ruban zoométrique de marque ANImeter®, mesurant 250 cm de longueur. Il s'est agi de mesurer le périmètre thoracique et la hauteur au garrot de chaque caprin. La deuxième phase qui a eu lieu après l'abattage a quant à elle consisté en la détermination de l'âge à partir de l'examen des dents (nombre d'incisives inférieures) du caprin selon la méthode décrite par [12].

Après chaque séance, les données recueillies de chaque caprin ont été enregistrées dans une même feuille du logiciel Excel version 2021. À la fin de l'étude, des analyses descriptives des variables ont été effectuées avec le logiciel Excel version 2021.

En outre, le logiciel R, version 4.2.3 a été utilisé pour les analyses statistiques. En effet, un test de Khi 2 a été effectué pour les variables qualitatives (couleur de la robe, présence ou non de cornes, présence ou non de barbiche, présence ou non de pendeloques). Une analyse de la variance (ANOVA) à plusieurs facteurs a ensuite été effectuée afin de déterminer les effets de la race, du sexe, de l'âge et les interactions éventuelles sur la hauteur au garrot et le périmètre thoracique. Ensuite, des analyses de la variance à un facteur (ANOVA 1) avec comparaison multiple des moyennes ont été faites pour chaque facteur et variable (hauteur au garrot et périmètre thoracique). Enfin, un test de corrélation de Pearson a été réalisé entre le périmètre thoracique et la hauteur au garrot de caprins abattus pour chacune des races rencontrées.

3 RÉSULTATS

3.1 EFFECTIFS ET PROPORTIONS DES RACES CAPRINES ABATTUES À L'ABATTOIR DE PORT-BOUËT

Le tableau 1 présente les effectifs et les proportions des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët pour la boucherie dans la ville d'Abidjan.

Tableau 1. *Effectifs et proportions des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët*

Races	Effectifs	Proportions (%)
Djallonké	7	5,83
Sahélien	113	94,17

3.2 PROPORTIONS DE COULEURS DE LA ROBE DES CAPRINS ABATTUS À L'ABATTOIR DE PORT-BOUËT SELON LES RACES

Le tableau 2 présente les couleurs de la robe retrouvées chez les caprins abattus à l'abattoir de Port-Bouët pour la boucherie dans la ville d'Abidjan ainsi que leurs proportions en fonction des races.

Tableau 2. *Proportions de couleurs de la robe des caprins abattus à l'abattoir de Port-Bouët selon les races*

Couleurs de robe	Proportions (%)		Significativité
	Djallonké	Sahélien	
Blanc	0	9,73	**
Blanc-brun	14,29	4,42	*
Blanc-brun-noir	14,29	0	***
Brun-noir	28,57	0,88	***
Brun-pie	14,29	20,35	NS
Noir-pie	0	1,77	NS
Pie-brun	0	50,44	***
Pie-noir	28,57	12,39	*

*** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; NS: Non significatif

3.3 EFFECTIFS ET PROPORTIONS PAR ÂGE DES CAPRINS ABATTUS À L'ABATTOIR DE PORT-BOUËT

Le tableau 3 présente les effectifs et les proportions par âge des caprins abattus à l'abattoir de Port-Bouët pour la boucherie dans la ville d'Abidjan.

Tableau 3. *Effectifs et proportions par âge des caprins abattus à l'abattoir de Port-Bouët*

Âges	< 1 an	1-2 ans	2-3 ans	3-4 ans	≥ 4 ans
Effectifs	4	5	6	17	88
Proportions (%)	3,33	4,17	5	14,17	73,33

3.4 PROPORTIONS DES RACES CAPRINES ABATTUES À L'ABATTOIR DE PORT-BOUËT PORTANT DES CORNES OU NON

Le tableau 4 présente les proportions des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët portant des cornes ou non en intra-race.

Tableau 4. Proportions des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët portant des cornes ou non en intra-race

	Proportions (%)		p-value
	Présence de cornes	Absence de cornes	
Djallonké	85,71 ^a	14,29 ^b	9,19.10 ⁻¹³
Sahélien	97,35 ^a	2,65 ^b	< 2,2.10 ⁻¹⁶

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs sur la même ligne

Le tableau 5 présente les proportions des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët portant des cornes ou non en inter-races.

Tableau 5. Proportions des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët portant des cornes ou non en inter-races

	Proportions (%)		p-value
	Djallonké	Sahélien	
Présence de cornes	85,71 ^a	97,35 ^a	0,3896
Absence de cornes	14,29 ^a	2,65 ^b	0,0046

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs sur la même ligne

3.5 PROPORTIONS DES RACES CAPRINES ABATTUES POSSÉDANT UNE BARBICHE OU NON

Le tableau 6 présente les proportions des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët portant une barbiche ou non en intra-race.

Tableau 6. Proportions des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët portant une barbiche ou non en intra-race

	Proportions (%)		p-value
	Présence de barbiche	Absence de barbiche	
Djallonké	14,29 ^b	85,71 ^a	9,198.10 ⁻¹³
Sahélien	51,33 ^a	48,67 ^a	0,7902

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs sur la même ligne

Le tableau 7 présente les proportions des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët portant une barbiche ou non en inter-races.

Tableau 7. Proportions des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët portant une barbiche ou non en inter-races

	Proportions (%)		p-value
	Djallonké	Sahélien	
Présence de barbiche	14,29 ^b	51,33 ^a	4,82.10 ⁻⁶
Absence de barbiche	85,71 ^a	48,67 ^b	0,001397

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs sur la même ligne

3.6 PROPORTIONS DES RACES CAPRINES ABATTUES PRÉSENTANT DES PENDELOQUES OU NON

Le tableau 8 présente les proportions des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët présentant des pendeloques ou non en intra-race.

Tableau 8. Proportions des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët portant des pendeloques ou non en intra-race

	Proportions (%)		p-value
	Présence de pendeloques	Absence de pendeloques	
Djallonké	14,29 ^b	85,71 ^a	9,19.10 ⁻¹³
Sahélien	56,64 ^a	43,36 ^a	0,18

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs sur la même ligne

Le tableau 9 présente les proportions des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët présentant des pendeloques ou non en inter-races.

Tableau 9. Proportions des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët portant des pendeloques ou non en inter-races

	Proportions (%)		p-value
	Djallonké	Sahélien	
Présence de pendeloques	14,29 ^b	56,64 ^a	4,943.10 ⁻⁰⁷
Absence de pendeloques	85,71 ^a	43,36 ^b	1,932.10 ⁻⁴

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs sur la même ligne

3.7 EFFET DE LA RACE, DU SEXE ET DE L'ÂGE DES RACES CAPRINES ABATTUES À L'ABATTOIR DE PORT-BOUËT SUR LA HAUTEUR AU GARROT

Aucune interaction n'a été observée entre les facteurs race – sexe, race – âge et sexe – âge concernant la hauteur au garrot des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët.

Le tableau 10 présente l'effet de la race des caprins abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur la hauteur au garrot. Les analyses statistiques ont ainsi révélé un effet significatif des races caprines sur la hauteur au garrot.

Tableau 10. Effet de la race de caprins abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur la hauteur au garrot

Races caprines	Hauteur au garrot (cm)	p-value
Djallonké	55,57 ^b ± 3,59	< 2.10 ⁻¹⁶
Sahélien	78,67 ^a ± 6,18	

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs de la même colonne

Le tableau 11 présente l'effet du sexe des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët sur la hauteur au garrot. Les analyses statistiques ont également révélé un effet significatif du sexe des races caprines abattues sur la hauteur au garrot.

Tableau 11. Effet du sexe de caprins de race Djallonké et de race Sahélienne abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur la hauteur au garrot

Sexes	Hauteur au garrot (cm)	p-value
Mâle	80,98 ^a ± 5,80	8,04.10 ⁻¹²
Femelle	71,43 ^b ± 7,94	

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs de la même colonne

Le tableau 12 présente l'effet de l'âge des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët sur la hauteur au garrot. Les analyses statistiques n'ont pas révélé d'effet de l'âge des races caprines abattues sur la hauteur au garrot.

Tableau 12. Effet de l'âge de caprins de race Djallonké et de race Sahélienne abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur la hauteur au garrot

Âges (an)	Hauteur au garrot (cm)	p-value
< 1	76,5 ^a ± 3,87	0,96
1-2	75,2 ^a ± 3,49	
2-3	77 ^a ± 7,64	
3-4	78,18 ^a ± 6,29	
≥ 4	77,34 ^a ± 8,86	

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs de la même colonne

3.8 EFFET DE LA RACE, DU SEXE ET DE L'ÂGE DE CAPRINS ABATTUS À L'ABATTOIR DE PORT-BOUËT SUR LE PÉRIMÈTRE THORACIQUE

Aucune interaction n'a été observée entre les facteurs race – sexe, race – âge et sexe – âge concernant le périmètre thoracique des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët.

Le tableau 13 présente l'effet de la race des caprins abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur le périmètre thoracique. Les analyses statistiques ont ainsi révélé qu'il y a un effet significatif des races caprines sur le périmètre thoracique.

Tableau 13. Effet de la race de caprins abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur le périmètre thoracique

Races caprines	Périmètre thoracique (cm)	p-value
Djallonké	69,71 ^a ± 3,73	0,03
Sahélienne	75,34 ^a ± 6,74	

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs de la même colonne

Le tableau 14 présente l'effet du sexe des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët sur le périmètre thoracique. Les analyses statistiques ont cependant montré qu'il existe un effet significatif du sexe des races caprines abattues sur la hauteur au garrot.

Tableau 14. Effet du sexe de caprins de race Djallonké et de race Sahélienne abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur le périmètre thoracique

Sexes	Périmètre thoracique (cm)	p-value
Mâle	77,54 ^a ± 6,71	3,3.10 ⁻⁸
Femelle	70,95 ^b ± 4,37	

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs de la même colonne

Le tableau 15 présente l'effet de l'âge des races caprines abattues à l'abattoir de Port-Bouët sur le périmètre thoracique. Les analyses statistiques ont révélé qu'il n'y a aucun effet de l'âge des races caprines abattues sur le périmètre thoracique.

Tableau 15. Effet de l'âge des caprins de race Djallonké et de race Sahélienne abattus à l'abattoir de Port-Bouët sur le périmètre thoracique

Sexes	Périmètre thoracique (cm)	p-value
< 1	73,5 ^a ± 4,12	0,49
1-2	70,4 ^a ± 1,67	
2-3	74 ^a ± 7,04	
3-4	76,35 ^a ± 5,71	
≥ 4	75,15 ^a ± 7,10	

^a et ^b indiquent une différence significative entre les valeurs de la même colonne

3.9 CORRÉLATION ENTRE LA HAUTEUR AU GARROT ET LE PÉRIMÈTRE THORACIQUE DES CAPRINS ABATTUS

Le tableau 16 présente le coefficient de corrélation entre la hauteur au garrot et le périmètre thoracique des races caprines abattues.

Tableau 16. *Corrélation entre la hauteur au garrot entre et le périmètre thoracique des races caprines abattues*

Races	Hauteur au garrot	Périmètre thoracique	p-value
	Coefficient de corrélation		
Djallonké	0,51		0,241
Sahélien	0,78		< 2,2.10 ⁻¹⁶

4 DISCUSSION

Un total de 120 caprins a été utilisé lors de cette étude. Il a été observé que la majorité des caprins abattus à l'abattoir de Port-Bouët est constituée par ceux de la race Sahélienne (94,17%). La minorité étant donc composée par des caprins de race Djallonké (5,83%). Ce qui suggère que l'abattoir de Port-Bouët est plus approvisionné en caprins provenant l'extérieur. Ce résultat est donc en accord avec les travaux de [2] et [3] qui ont souligné la dépendance de la Côte d'Ivoire vis-à-vis de pays sahéliens en ce qui concerne l'approvisionnement en bétail vif.

Lors de cette étude, huit (8) couleurs de robe ont été observées au total. Selon [13], la couleur du pelage est une expression phénotypique importante pour l'identification de la race et son caractère distinctif. Au niveau des caprins de race Djallonké, le brun-noir et le pie-noir ont été les plus rencontrés (28,57%) suivis par le blanc-brun, le blanc-brun-noir ou brun-pie avec 14,29% chacun. Cependant, aucun caprin de race Djallonké blanc, noir-pie et pie-brun n'a été observé. De plus, la diversité au niveau des couleurs de la robe chez les caprins de race Djallonké pourrait s'expliquer par le fait que celle-ci n'ait pas encore été purifiée par la sélection comme le relève [10]. Cette diversité de la couleur a également été relevée chez les caprins de Lubumbashi en République Démocratique du Congo, qui sont majoritairement de couleur noire [14].

Chez les caprins de race Sahélienne abattus, une diversité quant à la couleur de robe a été également observée. En effet, la robe pie-brun est la plus répandue (50,44%) suivie de la robe brun-pie (20,35%). Aucun caprin avec une robe blanc-brun-noir n'a été observé tandis que le brun-noir a été le moins fréquent avec 0,88% précédé par les couleurs noir-pie (1,77%), blanc-brun (4,42%), blanc (9,73%) et pie-noir (12,39%). Ces résultats sont ainsi en accord avec les travaux de [15] qui soutient que la couleur de la robe des caprins de race Sahélienne est variable.

Pendant cette étude portant sur les caprins abattus à l'abattoir de Port-Bouët pour la boucherie dans la ville d'Abidjan, cinq (5) classes d'âges ont été observées allant de moins d'un an à plus de quatre (4) ans. Ainsi, il a été déterminé que les caprins les plus abattus sont des animaux de plus de 4 ans (73,33%). Suivis par ceux de 3 à 4 ans (14,17%). Ensuite viennent les caprins de 2 à 3 ans (5%), de 1 à 2 ans (4,17%) et ceux de moins d'un an avec seulement 3,33% de notre échantillon. En effet, le fait que la grande majorité des caprins abattus ait plus de 4 ans pourrait s'expliquer par le fait que ce soit des animaux en fin de production ou qui ne sont plus aptes à la reproduction. De plus, la mise à l'abattage de caprins de moins d'un an est peut-être due à la forte demande en protéines animales de la population.

Concernant les cornes, les résultats montrent une présence de cornes chez la majorité des caprins de race Djallonké abattus (85,71%). De même, au niveau des caprins de race Sahélienne, les animaux possédant des cornes sont plus nombreux (97,35%). Ceci étant, une présence de cornes est au moins révélée dans chaque race. Ces résultats corroborent donc ceux de [7] soulignant la présence de cornes chez toutes les espèces caprines, mais, à des fréquences variables. De plus, il a été rapporté par [16] que la présence des cornes est un indice de meilleures performances reproductives comparativement aux boucs sans cornes.

Les résultats montrent une présence de barbiche au niveau des deux races de caprins. Chez les caprins de race Djallonké, seulement 14,29% possèdent une barbiche. La grande majorité (85,71%) n'en possédant pas. Par contre, 51,33% des caprins de la race Sahélienne portent une barbiche. Ces résultats sont donc différents de ceux de [17] qui ont déterminé que 44,2% des caprins de race Sahélienne portaient une barbiche. Par contre, la présence de barbiche observée chez les deux races est en accord avec les résultats de [7] qui ont mis en évidence la présence de barbiche chez les caprins en général.

En ce qui concerne la présence ou non de pendeloques, les résultats montrent que les celles-ci sont majoritairement absentes chez les caprins de race Djallonké (85,71%) contre 14,29% de présence. Ce qui n'est pas le cas chez les caprins de race Sahélienne où elle est présente à 56,64%. Ces résultats sont donc similaires à ceux de [17] qui ont observé un pourcentage de

52,3% de présence de pendeloques. Ces résultats sont également en accord avec ceux de [18] qui a rapporté que la présence d'appendices est fréquente chez les caprins de race Sahélienne.

D'une façon générale, la hauteur au garrot des caprins de race Sahélienne (78,67 cm) est supérieure à celle des caprins de race Djallonké qui a été de 55,57 cm. Ces résultats sont donc différents de ceux de [19] et [20] qui ont obtenu respectivement 45,12 et 44,17 cm chez des caprins de race Djallonké au Burkina Faso et au Bénin. De plus, les mâles ont une hauteur au garrot plus grande (80,98 cm) que celle des femelles (77,54 cm). L'étude de l'effet a cependant révélé un effet de la race ($p < 2.10^{-16}$) et du sexe ($p = 8,04.10^{-12}$) sur la hauteur au garrot. En revanche, l'âge n'a montré aucun effet sur la hauteur au garrot ($p = 0,96$).

Le périmètre thoracique des caprins de race Sahélienne (75,34 cm) est supérieur à celui des caprins de race Djallonké (69,71 cm). Ce résultat est ainsi différent de celui de [19] qui a relevé 57,99 cm sur des caprins de race Djallonké. De plus, les mâles ont un périmètre thoracique plus élevé (77,54 cm) que celui des femelles (70,95 cm).

L'étude de l'effet a ainsi révélé un effet de la race ($p = 0,03$) et du sexe ($p = 3,3.10^{-8}$) sur le périmètre thoracique. Par contre, l'âge n'a montré aucun effet sur le périmètre thoracique ($p = 0,49$).

Enfin, les résultats n'ont pas montré de corrélation ($p = 0,24$) entre le périmètre thoracique et la hauteur au garrot des caprins de race Djallonké abattus pour la boucherie dans la ville d'Abidjan. Concernant les caprins de race Sahélienne, les résultats ont montré une forte corrélation positive entre le périmètre thoracique et la hauteur au garrot, avec un coefficient de corrélation égal à 0,78 ainsi qu'une p-value inférieure à $2,2.10^{-16}$. Cette p-value indiquant donc une corrélation significative. Ce qui suggère que plus le caprin de race Sahélienne est haut sur pattes, plus le périmètre thoracique est grand.

5 CONCLUSION

La caractérisation phénotypique et zootechnique des caprins abattus à l'abattoir de Port-Bouët a permis de dresser un portrait précis de cette population. En effet, les animaux de race Sahélienne sont majoritairement abattus par rapport aux caprins de race Djallonké. Tous les caprins abattus ont cependant des couleurs de robes, des âges ainsi que des caractéristiques zootechniques variés. Ainsi, il convient de répéter l'étude afin de confirmer ou infirmer ces résultats.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Messieurs ANOH Bilé Marcel, GBO Arnaud Éric, KOFFI Mian Richard et l'ensemble des équipes d'inspection de l'abattoir de Port-Bouët, pour leur aide lors de la phase de terrain. Les auteurs remercient également Monsieur Moussa KOMARA (PhD, MSc) pour le financement de cette étude.

REFERENCES

- [1] MIRAH, Politique Nationale de Développement de l'Élevage, de la Pêche et de l'Aquaculture (PONADEPA 2022-2026), Ministère des Ressources Animales et Halieutiques, Côte d'Ivoire, 178p, 2022.
- [2] K. V. Bakayoko, Revue des filières bétail/viande & lait et des politiques qui les influencent en Côte d'Ivoire, FAO - Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 136p, 2016.
- [3] M. Bamba, Filières de production animale en Côte d'Ivoire : Dynamiques et projets de développement. Rapport de stage, École Nationale des Services Vétérinaires, France, 56p, 2019.
- [4] F. Z. Addouche and S. Maireche, Caractérisation phénotypique, typologie de l'élevage caprin à l'ouest Algérien. Mémoire de Master Académique, Université de Tissemsilt, Algérie, 147p, 2021.
- [5] M. Aissaoui, K. Deghnouche, H. Bedjaoui and H. H. Boukhalfa, «Caractérisation morphologique des caprins d'une région aride du Sud-Est de l'Algérie», *Revue de Médecine Vétérinaire*, vol. 170, no. 7, pp. 149-163, 2019.
- [6] S. Sahi, F. Afri-Bouzebda, Z. Bouzebda and A. Djaout, «Étude des mensurations corporelles de caprins dans le Nord-Est algérien», *Livestock Research for Rural Development*, vol. 30, no. 8, pp. 1-12, 2018.
- [7] A. Traoré, H. H. Tamboura, A. Kaboré, N. Yaméogo, B. Bayala and I. Zaré, «Caractérisation morphologique des petits ruminants (ovins et caprins) de race locale »Mossi« au Burkina Faso». *Animal Genetic Resources Information*, vol. 39, pp. 39-50, 2006.
- [8] A. Mama, Caractérisation phénotypique et zootechnique de la chèvre naine dans les départements du Borgou et de l'Atacora (Bénin), Mémoire de Licence Professionnelle, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 60p, 2011.
- [9] W. M. Anato, Caractérisation morphométrique et zootechnique de la chèvre naine dans le Département du Borgou au nord-est du Bénin. Mémoire de Master Professionnel, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 85p, 2017.

- [10] G. Anagonouvi, Caractérisation phénotypes des chèvres Alpine, naine et leurs produits de croisement au Sud du Bénin. Rapport de fin de formation, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 46p, 2018.
- [11] H. Marichatou, B. Karimou, M. Issa, M. Chaïbou, M. Banoin, A. Yénikoye, D. I. Falke and A. Ayatunde, «Caractérisation morphologique de la chèvre rousse du Niger». *Animal Genetic Resources*, vol. 51, pp. 89-97, 2012.
- [12] D. Hamito, Estimation of weight and age of sheep and goats, Technical Bulletin, Ethiopia Sheep and Goat Productivity Improvement Program (ESGPIP), Ethiopie, no. 23, 23p, 2009.
- [13] M. O. Ozoje, and O. A. Kadri, «Effects of coat colour and wattle genes on body measurement traits in the West African Dwarf sheep», *Tropical Agriculture*, vol. 78, pp. 118-122, 2001.
- [14] I. A. Ngona, J.M. Beduin, A. B. F. K. Maté and C. Hanzen, «Étude descriptive des caractéristiques morphométriques et génitales de la chèvre de Lubumbashi en République démocratique du Congo». *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, vol. 65, no. 3-4, pp. 75-79, 2012.
- [15] M. A. Chamchadine, Comportement alimentaire et performances laitières des chèvres sahéliennes sur parcours naturel. Thèse de Doctorat Vétérinaire, École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar, Sénégal, 102p, 1994.
- [16] R. Kridli, M. Tabbaa, R. Sawalha and M. Amasheh, «Comparative study of scrotal circumference and semen characteristics of Mountain Black goat and its crossbred with Damascus goat as affected by different factors», *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 18-25, 2005.
- [17] M. Mani, H. Marichatou, M. Issa, I. Chaïbou, A. Sow, M. Chaïbou and J. G. Sawadogo, «Caractéristiques phénotypiques de la chèvre du sahel au Niger par analyse des indices de primarité et des paramètres qualitatifs». *Animal Genetic Resources*, vol. 54, pp. 11-19, 2014.
- [18] F. M. Mbaïndigatoloum, Essai d'un protocole d'insémination artificielle chez les chèvres sahéliennes en milieu réel : Résultats préliminaires. Mémoire de DEA, École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar, Sénégal, 41p, 2003.
- [19] B. Akounda, D. Ouédraogo, A. Soudré, P. A. Burger, B. D. Rosen, C. P. Van Tassell and J. Sölkner, «Morphometric Characterization of Local Goat Breeds in Two Agroecological Zones of Burkina Faso, West Africa», *Animals*, vol. 13, no. 12, pp. 1931, 2023.
- [20] O. G. Kouato, V. P. Houndonougbo, B. Orounladji, M. A. Chabi Adjobo, R. Glele Kakaï and C. A. A. Chrysostome, «Comparative analysis of quantitative phenotypic parameters of Djallonke and hybrid (Djallonke × Sahelian) goats in Benin», *Journal of Animal & Plant Sciences*, vol. 47, no. 2, pp. 8472-8483, 2021.

Etude d'une microliaison à courant continu: Contribution à la réalisation d'une maquette didactique

[Study of a DC micro-link: Contribution to the creation of a didactic model]

KADIATA MUTEBA Jean De Dieu¹, KABULO MUTAMBA Timothée², and TSHAMBULA MIJI FOTA Grégoire³

¹Ingénieur en Techniques Appliquées, option électrotechnique, Assistant à l'Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kolwezi, RD Congo

²Ingénieur en Techniques Appliquées, option électrotechnique, Assistant à l'Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kolwezi, RD Congo

³Ingénieur en Techniques Appliquées, option électrotechnique, Assistant à l'Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kolwezi, 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: In this article, we present an electrical engineering project that is instructive and complex because it calls on several electrical engineering disciplines, namely: electrical engineering, power electronics, harmonic pollution, filtering, etc. This is a presentation of the study of a DC micro-link carried out as part of a graduate thesis in electrical engineering at the Higher Institute of Applied Techniques of Kolwezi (ISTA/KOLWEZI). The subject is sufficiently ambitious to illustrate a large number of electrical engineering disciplines and to allow an interesting theoretical study. The detailed study of the assembly is presented in this document, together with its overall diagram.

KEYWORDS: Teaching model, DC link, power electronics, static converter, harmonics, harmonic filter.

RESUME: Nous présentons dans cet article un projet d'électrotechnique dont la particularité est d'être instructif et complexe car faisant appel à plusieurs disciplines du génie électrique à savoir: électrotechnique, électronique des puissances, pollution harmonique, filtrage, etc.

Il s'agit ici de la présentation de l'étude d'une microliaison à courant continu réalisée dans le cadre d'un travail de fin d'études de deuxième cycle en génie électrique à l'Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kolwezi. Ce sujet est suffisamment ambitieux pour pouvoir illustrer un nombre important de discipline du génie électrique et permettre une étude théorique intéressante.

L'étude détaillée du montage est présentée dans ce document ainsi que son schéma global.

MOTS-CLEFS: Maquette didactique, liaison à courant continu, électronique de puissance, convertisseur statique, harmoniques, filtre harmonique.

1 INTRODUCTION

L'électronique de puissance est une branche de l'électrotechnique en perpétuelle évolution et offre un grand champ d'application dans la conversion statique de l'énergie électrique; elle trouve ses applications les plus diverses dans plusieurs

domaines de la vie tels que: l'électrolyse, le traitement galvanique des surfaces, les liaisons à courant continu, la charge des batteries d'accumulateurs, les alimentations de secours, etc.

Devant cette multiplicité d'applications, le technicien chargé de la conduite, de l'entretien et de la maintenance des équipements de l'électronique de puissance, devra disposer d'une bonne assise théorique et pratique dans ce domaine. C'est-à-dire il doit posséder une bonne base en électronique de puissance et en électrotechnique, des méthodes de travail et un savoir-faire sur ces équipements. Ce qui nécessite pour les institutions chargées de la formation technique et scientifique de disposer du matériel didactique adéquat pour la formation pratique de leurs apprenants (techniciens, ingénieurs, professionnels,...). C'est pourquoi ayant constaté que certaines institutions d'enseignement supérieur et universitaire en République Démocratique du Congo disposent insuffisamment ou pas du tout du matériel didactique nécessaire à la formation des apprenants en électronique de puissance, alors que l'acquisition des compétences dans ce domaine nécessite la réalisation de quelques heures de manipulations de laboratoire sur un matériel didactique approprié, il a été initié au sein de l'ISTA/Kolwezi, l'étude d'une microliaison à courant continu qui, une fois concrétisée, pourra servir de matériel didactique en électronique de puissance.

Il s'agit de dimensionner un système d'électronique de puissance qui sera constitué de deux stations de conversions, l'une fonctionnant en redresseur triphasé tout thyristors, l'autre en onduleur non autonome triphasé, et qui présentera le moins de pollution harmonique possible.

2 PRESENTATION DU SYSTEME ETUDIE-DONNEES DE BASE

2.1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Le système étudié est très complexe car il comprend deux stations de conversion, l'une fonctionnant en redresseur et l'autre en onduleur.

Chaque station de conversion est constituée:

- D'un transformateur à trois enroulements triphasés;
- De deux ponts redresseurs triphasés à thyristors (PD3 et S3);
- De deux déclencheurs de thyristors;
- D'un filtre harmonique;
- Des fils conducteurs;
- Des appareillages de commande, de protection, de contrôle et de mesure;
- Des bobines de lissage.

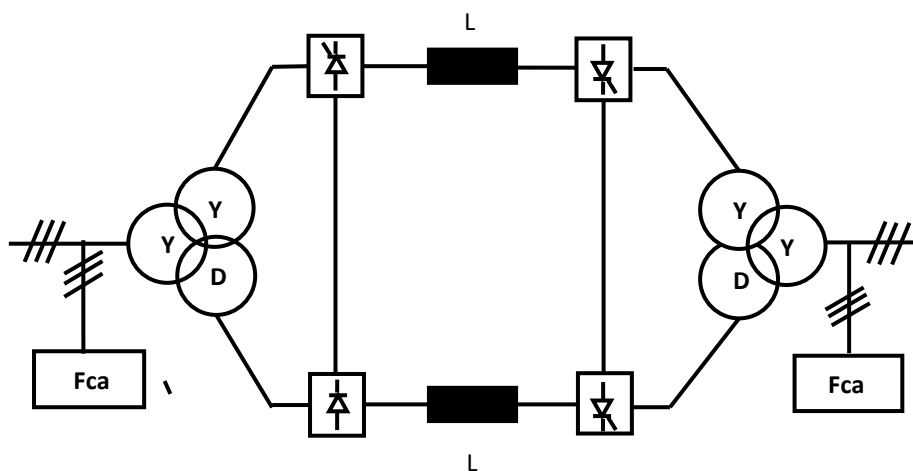


Fig. 1. Schéma de principe d'une liaison à courant continu

2.2 SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN CONVERTISSEUR

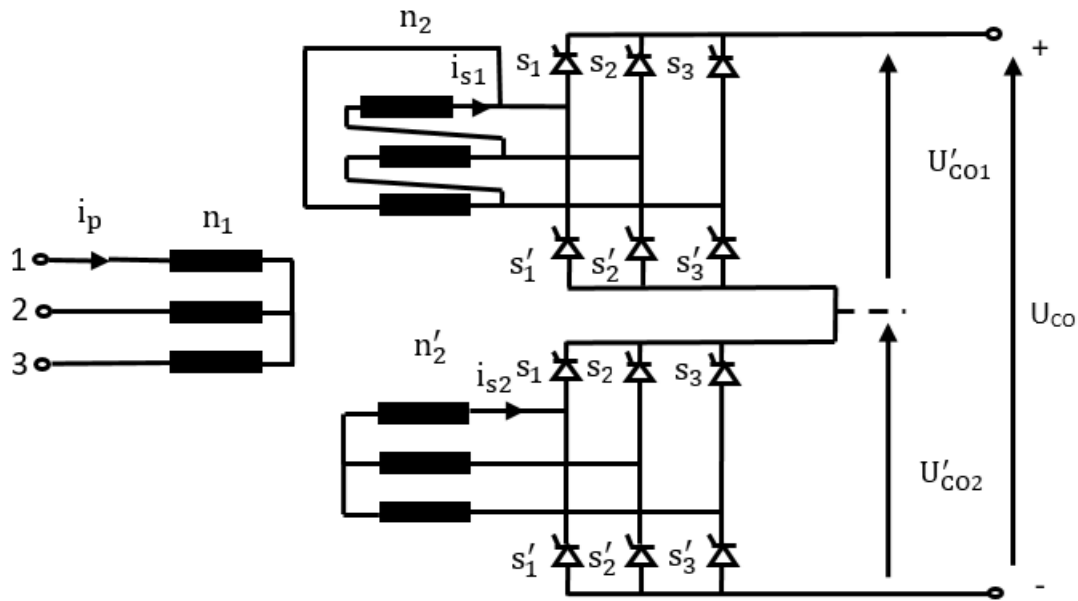


Fig. 2. Schéma de principe d'un convertisseur

2.3 DONNÉES DE BASE-CAHIER DES CHARGES

L'objet de cette étude consiste à dimensionner une micro-liaison à courant continu qui comprendra deux stations de conversion présentant les caractéristiques suivantes:

2.3.1 STATION REDRESSEUR

- Alimentation: triphasée 380V, 50Hz.
- Sortie: continue >200 V, 10 A;
- Puissance >2000 W;
- Chute de tension et ondulations réduites de la tension continue par groupement en série des convertisseurs PD3 et S3, filtrage F_{cc} et lissage.
- Harmoniques réduites dans le réseau primaire par filtrage F_{ca} et groupement en série d'un PD3 et un S3.

2.3.2 STATION ONDULEUR

- Alimentation: continue 200 V, 10 A
- Sortie triphasée: 380 V, 50 Hz
- Puissance 2000 W aux pertes près;
- Chute de tension et harmoniques réduites par groupement en série des convertisseurs PD3 et S3, par filtrage.

L'induction maximale admise dans les transformateurs est de 1,2 Teslas dans les noyaux et les culasses.

3 DIMENSIONNEMENT ET CHOIX DES ELEMENTS DU SYSTEME

3.1 LA STATION REDRESSEUR

Le calcul consiste à déterminer les éléments d'un montage qui, à partir d'un réseau alternatif de tension et de fréquence déterminées, doit fournir un courant continu I_c sous une tension continue U_c (coté redresseur) ou à partir d'un réseau continu de tension U_c et de courant I_c doit fournir une tension alternative à une fréquence donnée.

Le dimensionnement se fait donc par étapes:

3.1.1 CHOIX DU MONTAGE DU CONVERTISSEUR

Le montage est choisi en fonction des données de base spécifiées dans le cahier des charges. Il s'agit de dimensionner deux convertisseurs commandés constitués chacun d'un groupement en série d'un montage PD3 et d'un montage S3. L'un des montages doit fonctionner en redresseur et l'autre en onduleur. Le montage onduleur doit absorber côté continu un courant nominal de 10A sous une tension continue nominale de 200V. Sa puissance est donc de 2kW.

On aura donc pour toute l'installation: 24 thyristors et 2 transformateurs dodécaphasés.

3.1.2 ETUDE DES TENSIONS

3.1.2.1 TENSION DE SORTIE À VIDE DE LA STATION REDRESSEUSE.

La puissance doit être transportée sous une tension de 200V. C'est la tension qu'on doit avoir aux bornes d'entrée de la station onduleur en charge.

- La chute de tension idéalement admise dans la liaison à courant est de 1%.
- La tension redressée aux bornes de la station émettrice (redresseur) a pour valeur en charge: $U'_{c1}=200 (1+0,01) =202 \text{ V}$

On peut estimer que la chute de tension ohmique dans les transformateurs 3^{ème} de l'ordre de 6 % de la tension appliquée d'après les normes NFC52-100 et NFC 52-200.

- On prévoit 1% de chute inductive (enroulements concentriques).

Dans ce cas, il faudra compter sur les résistances des enroulements pour limiter les courants de court-circuit.

La chute de tension dans deux thyristors en série est de l'ordre de 3 volts.

$$\Delta U = n_p \times \Delta U_D = 2 \times 1,5 = 3 \text{ V}$$

Avec n_p : nombre de semi-conducteurs en série.

Pour 4 thyristors en série: $U_{sc} = 6 \text{ V}$

D'où la tension de sortie à vide: $U_{co} = (U'_{c1} + (\Delta U_R + \Delta U_{sc} + \Delta U_I)) / \cos \alpha$

Avec $\alpha = 15^\circ$, $\cos \alpha = 0,966$

$$\Delta U_R = (6/100) U'_{c1} = 0,06 \times 202 = 12,12 \text{ V}$$

$$\Delta U_{sc} = 6 \text{ V}$$

$$\Delta U_I = 0,01 U'_{c1} = 202/100 = 2,02 \text{ V}$$

$$\text{D'où } U_{co} = (202 + 12,12 + 6 + 2,02) / 0,966 = 229,96 \text{ V}$$

La station émettrice (redresseur) comprendra deux montages redresseurs (PD3 et S3) montées en série. Ces deux montages délivreront chacun des tensions redressées égales (U_{co1} et U_{co2}).

$$U_{co1} = U_{co2} = U_{co}/2 = 229,96/2 = 114,97 \text{ V}$$

3.1.2.2 TENSIONS SECONDAIRES ET PRIMAIRE DES TRANSFORMATEURS

a) Montage S3

- La tension composée maximale secondaire est:

$$V_{s2\max} = U_{s2\max} = \frac{\pi}{q} U_{co1} = V_{s2\max} = U_{s2\max} = \frac{\pi}{q} \cdot U_{co1} = \frac{3,14}{3} \times 114,97 = 120,3 \text{ V}$$

$$V_{s2} = U_{s2} = U_{s2\max} / \sqrt{2} = 120,3 / \sqrt{2} = 85,08 \text{ V, c'est la tension efficace secondaire.}$$

- Rapport de transformation: $m_1 = U_s / V_p$

$$\text{Avec } V_p = U_p / \sqrt{3} = 380 / 1,732 \approx 220 \text{ V et } m_1 = 85,08 / 220 = 0,386 \text{ et } n_2 = 0,386 n_1$$

- Tension inverse maximale: $V_{imax} = U_m = 120,3 \text{ V}$

b) Montage PD3

Nous savons que pour ce montage: $U_{co} = 2q/\pi \times V_m \times \sin \pi/q$

Ce qui donne la tension simple maximale secondaire:

$$V_m = \pi \times U_{co} / 2q \cdot \sin(\pi/q) = 3,14 \times 114,97 / 2 \times 3 \times \sin(\pi/3) = 69,48 \text{ V}$$

La tension simple efficace secondaire est: $V'_{s2} = V'_m / \sqrt{2} = 69,48 / 1,41 = 49,13 \text{ V}$

- Tension inverse maximale est: $V_{imax} = 2V'_m \times \cos(\pi/6)$

$$V'_{imax} = 2V'_m \sqrt{3}/2 = V'_m \sqrt{3} = 69,48 \cdot \sqrt{3} = 120,3 \text{ V}$$

- Rapport de transformation: $m_2 = V_{s2} / V_p = 49,13 / 220 = 0,2233$ avec $m_2 = n'_2 / n_1$
 $n'_2 = 0,2233 n_1$

3.1.3 ETUDE DES COURANTS

Le courant redressé i_c est constant et égal à sa valeur moyenne $I_c = 10 \text{ A}$.

3.1.3.1 COURANTS SECONDAIRES

a) Courant moyen dans les thyristors

Chaque thyristors débite I_c pendant $T/3$ d'où les diverses valeurs du courant dans les thyristors: $i_{moy} = I_c / q = 10 / 3 = 3,33 \text{ A}$

- b) **Courant max:** $i_{max} = I_c = 10 \text{ A}$, c'est le courant max dans chaque thyristor

- c) **Courants efficace:** $I = I_c / \sqrt{q} = 10 / \sqrt{3} = 5,773 \text{ A}$

- d) **Courants efficaces dans les enroulements**

✓ Montage S3

La valeur efficace du courant secondaire en triangle est: $I_{s1} = I_c / 2 (\sqrt{q^2 - 1} / q) = 10 / 2 \cdot \frac{\sqrt{8}}{3} = 4,714 \text{ A}$

✓ Montage PD3

Le courant secondaire a pour valeur efficace: $I_{s2} = I_c \sqrt{\frac{2}{q}} = 10 \sqrt{\frac{2}{3}} = 8,164 \text{ A}$

3.1.3.2 COURANTS PRIMAIRES

3.1.3.2.1 COURANTS PARTIELS

a) Montage S₃ (étoile-triangle)

Il y a compensation des ampères-tours par noyau: $I_{p1} = (n_2 / n) \times I_{s1} = 0,386 \times 4,714 = 1,82 \text{ A}$

b) Montage PD3 (transformateur étoile-étoile)

$$i'_{p1} = n'_2 \cdot i'_{s1}; n_1 \cdot i'_{p2} = n'_2 \cdot i'_{s2}; n_1 \cdot i'_{p3} = n'_2 \cdot i'_{s3}$$

$$I'_{p1} = (n'_2 / n_1) \cdot I_{s2} = 0,223 \cdot 10 = 1,82 \text{ A}$$

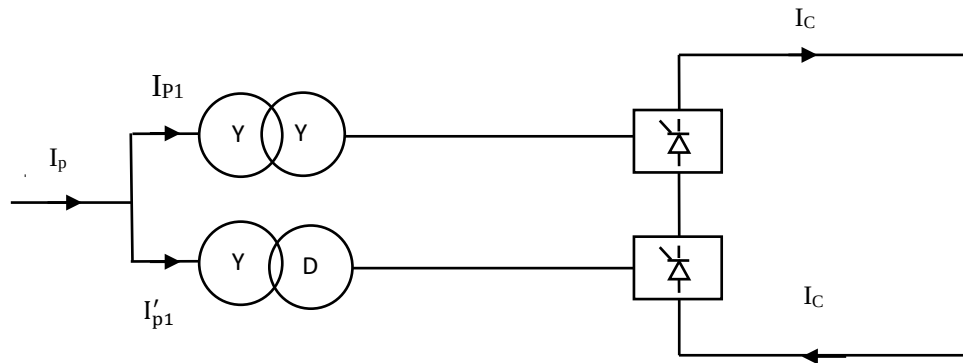
C'est la partie de l'intensité du courant primaire appelé par l'enroulement secondaire en étoile.

3.1.3.2.2 COURANT TOTAL PRIMAIRE

PREMIÈRE APPROCHE DE SOLUTION

Il est la somme des courants primaires partiels des différents montages (PD3et S₃): superposition des appels de courants primaires des deux secondaires.

$$I_p = I_{p1} + I'_{p1} = 1,82 + 1,82 = 3,64 \text{ A}$$



DEUXIÈME APPROCHE DE SOLUTION

Calculée à partir de sa forme d'onde, la valeur efficace du courant primaire est:

$$I_p = m \cdot I_c \sqrt{\frac{4+2\sqrt{3}}{3}} = 3,55 \text{ A}$$

3.1.4 CHOIX DES THYRISTORS

Pour déterminer le courant moyen ainsi que la tension inverse de définition des thyristors, nous avons tenu compte d'un coefficient de sécurité égale à 2.

Ce qui donne: $V_{imax} = 120,3 \times 2 = 240,6 \text{ V}$

On prendra aussi un courant moyen de $3,33 \times 2 = 6,66 \text{ A}$.

Nous référant aux catalogues des fabricants des thyristors, notre choix s'est porté sur des thyristors 2N1848A ayant un courant moyen de 10 A et une tension inverse maximale ($V_{RRN} = V_{DRM}$) de 300 V. Nous utiliserons donc pour la station émettrice, 12 thyristors du type 2N1848A.

3.1.5 CHOIX DU TRANSFORMATEUR

La puissance apparente (P_{a1}) du transformateur est la puissance maximale que le transformateur peut fournir au circuit extérieur.

- Courant primaire: $I_p = 3,55 \text{ A}$
- Tension composée primaire: 380 V
- Puissance apparente: $S_{a1} = \sqrt{3} U_p \cdot I_p = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 3,52 = 2316,8 \text{ VA}$

Etant donné que la puissance primaire est égale à la puissance apparente secondaire, aux pertes près, notre choix se porte sur un transformateur ayant une puissance normalisée de 2,5 kVA.

3.2 LA STATION RECEPTRICE (ONDULEUR)

Elle sera constituée des mêmes matériels que la station émettrice (redresseur). On utilisera pour ce faire des équipements ayant les mêmes caractéristiques.

On aura donc:

- Un transformateur dodecaphasé de 2,5kVA, 380V/85,08 /85,08V, fréquence: 50Hz
- 12 thyristors de courant moyen 10A et de tension inverse maximale 300V.
- Deux déclencheurs de thyristors
- Des dispositifs de protection.

3.3 CABLAGE ET PROTECTION DU SYSTEME

3.3.1 CÂBLAGE

a) Conducteurs reliant les secondaires des transformateurs aux montages redresseurs.

- Intensité du courant de ligne: 8,165A
- Densité du courant adoptée: 3A /mm²
- Section des fils: $S/\Delta = 8,165/3 = 2,72\text{mm}^2$

Cette section est théorique, il faut choisir la section normalisée légèrement supérieure donnée par les fabricants des conducteurs. On prendra $S = 4\text{mm}^2$

b) Conducteurs reliant les deux stations émettrice et réceptrice.

Ce sont les conducteurs par où transite la puissance continue.

- Courant nominal en ligne: 10A
- Densité de courant adoptée: 3A /mm²
- Longueur des fils 1 x 2m soit 2 m pour les deux fils.
- Section des fils: $S/\Delta = 10/3 = 3,33\text{mm}^2$,

On utilisera deux fils souples de 4 mm² de section normalisée et de 1m de longueur chacun. Soit 2 m de fils souples de 4 mm².

c) Fils d'alimentation de la station redresseur et de sortie de la station onduleur.

➤ Station redresseur

- Courant de ligne: $I_p = 3,55\text{A}$
- Densité du courant adoptée 2,6A /mm²
- Section des fils: $S = I_p/\Delta = 3,55/2,6 = 1,37\text{mm}^2$

On peut utiliser trois fils souples de 2,5mm² de section et de 2m de longueur chacun. Soit en tout 6m de fils souples.

➤ Station onduleur

- Courant de sortie: $I_2 = 3,55\text{A}$
- Densité de courant: 2,6A /mm²
- Section des fils: $S = I_2/\Delta = 3,55/2,6 = 1,37\text{mm}^2$

On utilisera comme pour la station redresseuse trois fils souples de 2,5mm² de section normalisée et de 2 m de longueur chacun. Soit en tout 6 m de fils de souples.

3.3.2 CHOIX DES PROTECTIONS

Les composants doivent être protégés contre les surintensités et les surtensions.

3.3.2.1 PROTECTION CONTRE LES SURINTENSITÉS

Pour protéger les composants contre les surintensités, on utilise des fusibles, des disjoncteurs ou tout autre équipement.

CONDITIONS À REMPLIR PAR LE FUSIBLE

Il doit remplir les conditions suivantes:

- Supporter continuellement le courant nominal de l'installation.
- Sa capacité d'accumulation thermique ($I^2 \cdot t$) doit être inférieure à celle du dispositif à protéger.
- La tension du fusible durant l'arc doit être assez grande pour dissiper l'énergie du circuit.
- Une fois que le courant est coupé le fusible doit être capable de supporter la tension de réamorçage.

CHOIX DES FUSIBLES

- Le courant nominal de ligne est: 5,77A
- La capacité thermique du thyristor est: $112A^2.s$,

Notre choix se portera sur des fusibles rapides ayant un courant nominal de 6A et une capacité d'accumulation thermique inférieure à $112 A^2 s$.

On utilisera en tout 24 fusibles, chacun sera monté en série avec chaque thyristor.

3.3.2.2 PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS

Pour protéger les thyristors contre les surtensions, il faudra monter en parallèle avec eux des varistances ou des conducteurs Gemov (metal oxyde varistor).

SCHÉMA DE MONTAGE DES PROTECTIONS

Nous allons montrer comment les fusibles et les varistances seront montés sur chaque redresseur.

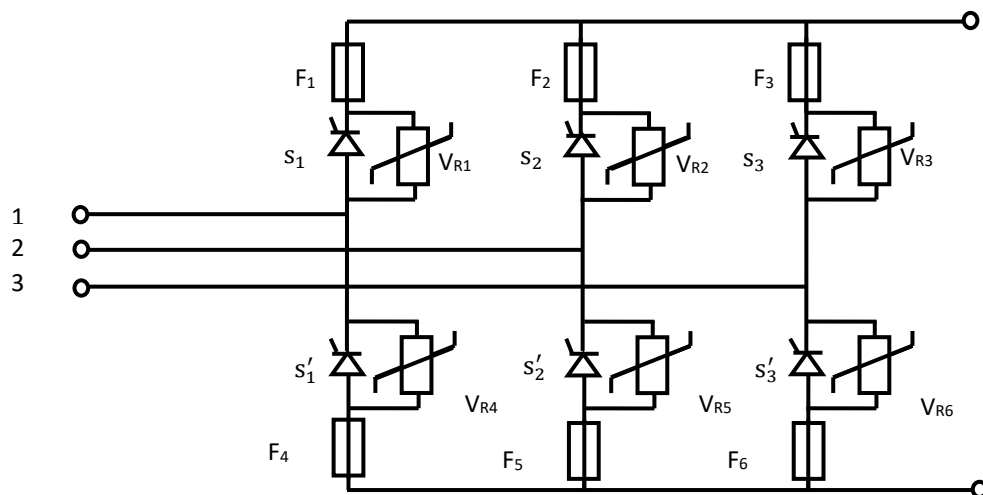


Fig. 3. Branchement des fusibles et des varistances sur un redresseur

Légende:

- $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6$: Fusibles rapides
- $V_{R1}, V_{R2}, V_{R3}, V_{R4}, V_{R5}, V_{R6}$: Varistances

CHOIX DES VARISTANCES

Nous référant aux caractéristiques des varistances à oxyde métallique d'après REO inductive component, notre choix s'est porté sur la varistance S14K460 étant donné que dans le choix des thyristors nous avons considéré une tension inverse maximale de 300V.

3.4 CHOIX DU DECLENCHEUR NUMERIQUE DES THYRISTORS

Les thyristors utilisés possèdent une tension maximale de gâchette de 3V et un courant maximal de gâchette de 80mA. Nous avons choisi un déclencheur numérique des thyristors capable de délivrer une tension de sortie de 3V et un courant de gâchette de 80mA.

Pour l'ensemble de notre installation nous utiliserons quatre déclencheurs numériques de thyristors dont deux par station de conversion et un par pont redresseur.

3.5 REFROIDISSEMENT DES THYRISTORS

3.5.1 POSITION DU PROBLÈME

Pour ce qui nous concerne, nous utiliserons un refroidissement naturel dans l'air ambiant.

3.5.2 CHOIX DU DISSIPATEUR THERMIQUE OU RADIATEUR.

3.5.2.1 EVALUATION DE LA PUISSANCE DISSIPÉE (P_{dis})

La tension aux bornes d'un semi-conducteur à l'état passant est de 0,8 à 1,5.

La valeur efficace du courant dans le thyristor est: $I=5,77A$.

La puissance dissipée dans le semi-conducteur est: $P_{dis}=I.V_{AK}=5,77.1,5=8,66W$

S'il faut tenir compte d'autres pertes nous pouvons majorer la puissance calculée de 50%.

D'où: $P_{dis}=1,5.8,66=12,99$ soit 13watts.

Ce qui nécessite d'utiliser un dissipateur pour maintenir la température de la jonction du semi-conducteur à une valeur acceptable.

3.5.2.2 MODÉLISATION THERMIQUE

La dissipation de puissance dans un semi-conducteur est limitée par la température de la jonction.

En général, la température maximale de la jonction (T_{jmax}) en fonctionnement est égale à 150° C.

Pour les thyristors choisis, elle est de 125° C et est fournie par le fabricant du composant.

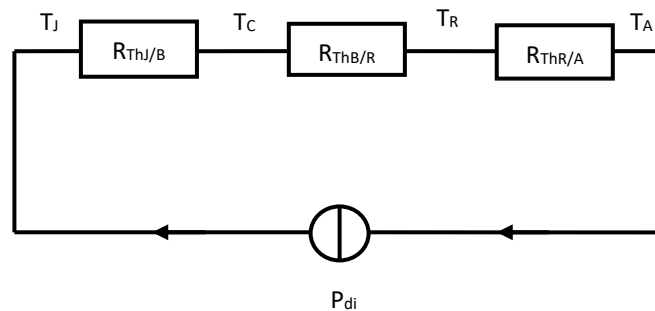


Fig. 4. Schéma équivalent thermique du thyristor

Loi d'ohm thermique: $T_J - T_A = P_{dis} (R_{ThJ/B} + R_{ThB/R} + R_{ThR/A})$

Dans laquelle: $T_J=125^{\circ}C$: température maximale de jonction du thyristor et $T_A=25^{\circ}C$: température ambiante. En prenant une marge de sécurité de 20°C, la température ambiante sera de 45 °C.

$P_{dis}=13W$: puissance dissipée par le composant.

$R_{ThJ/B}$ ou $R_{ThJ/C}$: résistance thermique Jonction-Boitier.

$R_{ThB/R}$ ou $R_{ThC/R}$: résistance thermique Boitier-Radiateur. C'est la résistance de contact entre le composant et le radiateur. Elle peut être améliorée par l'emploi de graisse thermique.

$R_{ThR/A}$ ou $R_{ThD/A}$: résistance thermique Radiateur- Ambiance. C'est la résistance du radiateur donnée par le constructeur. Elle dépend des dimensions du radiateur.

De la loi d'ohm thermique ci-dessus tirons la résistance thermique du Boitier ($R_{ThR/A}$)

$$R_{ThR/A} = (T_j - T_A) / P_{dis} - (R_{ThJ/B} + R_{ThB/R})$$

$$R_{ThR/A} = (125-45) / 13 - (2,02+1,15) = 2,98^\circ\text{C/W}$$

Nous référant au tableau de choix des dissipateurs notre choix se portera sur le radiateur de type CB 80 étant donné qu'il sera monté horizontalement.

3.6 LA POLLUTION HARMONIQUE DU SYSTEME- FILTRAGE

3.6.1 PROPAGATION DES HARMONIQUES ET PERTURBATIONS PRODUITES

Les convertisseurs statiques utilisés pour effectuer la conversion alternatif-continu et vice versa sont formés de ponts redresseurs complets, dispositifs fortement pollueurs. Ce sont des sources de courants harmoniques.

3.6.2 ANALYSES HARMONIQUES ET FRÉQUENTIELLES DES COURANTS ALTERNATIFS

3.6.2.1 MONTAGE PD3 (TRANSFORMATEUR ÉTOILE-ÉTOILE)

ANALYSE HARMONIQUE

Dans la décomposition en série de Fourier de ce signal, seuls les termes en sinus subsistent.

Le courant secondaire est donné par:

$$i'_{s2} = 11\sin\omega t - 2,2\sin 5\omega t - 1,58\sin 7\omega t + 0,22\sin 11\omega t + 0,85\sin 13\omega t - 0,65\sin 17\omega t - 0,58\sin 19\omega t + 0,48\sin 23\omega t + 0,44\sin 25\omega t \dots$$

$$\text{Si } n_2/n_1 = 0,2233$$

Le courant i''_p appelé au primaire est donné par:

$$i'_p = (n_2/n_1) \cdot i'_{s1} = 0,2233 i'_{s1}$$

$$i'_p = 0,2233 (11\sin\omega t - 2,2\sin 5\omega t - 1,57\sin 7\omega t + \sin 11\omega t + 0,85\sin 13\omega t - 0,65\sin 17\omega t - 0,58\sin 19\omega t + 0,48\sin 23\omega t + 0,44\sin 25\omega t + \dots)$$

$$i'_{p1} = 2,46\sin\omega t - 0,49\sin 5\omega t - 0,35\sin 7\omega t + 0,22\sin 11\omega t + 0,19\sin 13\omega t - 0,14\sin 17\omega t - 0,13\sin 19\omega t + 0,11\sin 23\omega t + 0,1\sin 25\omega t + \dots$$

CONCLUSION TECHNIQUE

Le convertisseur PD3 génère dans le réseau qui l'alimente des harmoniques de rang 5, 7, 11, 13, 17, 19, ... dont les amplitudes sont données dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1. Rang et amplitude des courants harmoniques d'un PD3

k	1	5	7	11	13	17	19	23	25
i''_p	2,46	-0,49	-0,35	0,22	0,19	-0,14	-0,13	0,11	0,1

L'amplitude de ces harmoniques va en diminuant au fur et à mesure que leur rang augmente.

Les harmoniques 5, 7, 17, 19 sont affectés du signe négatif tandis que les harmoniques 1, 11, 13, 23 et 25 sont affectés du signe positif.

3.6.2.2 MONTAGE S₃ (TRANSFORMATEUR ÉTOILE-TRIANGLE)

ANALYSE HARMONIQUE

Le développement en série de Fourier, nous montre que le courant dans l'enroulement secondaire est:
 $i_{s1} = 6,37\sin\omega t + 1,274\sin5\omega t + 0,91\sin7\omega t + 0,58\sin11\omega t + 0,49\sin13\omega t + 0,375\sin17\omega t + 0,335\sin19\omega t +$
 $0,277\sin23\omega t + 0,255\sin25\omega t + \dots$

Le courant dans l'enroulement primaire est: $i_p'' = n_2/n_1 \cdot i_{s1} = 0,386i_{s1}$

$i_p'' = 2,46\sin\omega t + 0,49\sin5\omega t + 0,35\sin7\omega t + 0,22\sin11\omega t + 0,19\sin13\omega t + 0,14\sin17\omega t + 0,13\sin19\omega t + 0,11\sin23\omega t +$
 $0,1\sin25\omega t + \dots$

CONCLUSION TECHNIQUE

Le convertisseur S3 génère dans le réseau qui l'alimente des harmoniques de rang 5, 7, 11, 13, 17, 19, ... dont les amplitudes sont données dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2. Rang et amplitudes des courants harmoniques d'un S3

k	1	5	7	11	13	17	19	23	25
i_p''	2,46	0,49	0,35	0,22	0,19	0,14	0,13	0,11	0,1

L'amplitude de ces harmoniques va en diminuant au fur et à mesure que leur rang augmente. Tous les harmoniques sont affectés du signe positif.

3.6.2.3 LE COURANT PRIMAIRE DU TRANSFORMATEUR

CALCUL

C'est la superposition des courants i_p' et i_p'' : $i_p = i_p' + i_p''$

$i_p = (2,46\sin\omega t + 0,49\sin5\omega t + 0,35\sin7\omega t + 0,22\sin11\omega t + 0,19\sin13\omega t + 0,14\sin17\omega t + 0,13\sin19\omega t +$
 $0,11\sin23\omega t + 0,1\sin25\omega t + \dots) + (2,46\sin\omega t - 0,49\sin5\omega t + 0,35\sin7\omega t + 0,22\sin11\omega t + 0,19\sin13\omega t - 0,14\sin17\omega t -$
 $0,13\sin19\omega t + 0,11\sin23\omega t + 0,1\sin25\omega t + \dots)$

$i_p = 4,92\sin\omega t + 0,44\sin11\omega t + 0,38\sin13\omega t + 0,22\sin23\omega t + 0,2\sin25\omega t + \dots$

CONCLUSIONS TECHNIQUES

L'onde du courant primaire ne comprend que les harmoniques 11, 13, 23, 25, ... en plus de grandeur fondamentale. Le terme fondamentale a pour amplitude: 4,92 A

Sa valeur efficace est 3,49A

La valeur efficace du courant primaire du transformateur est: $I_{eff} = \sqrt{12,18} = 3,49A$

Cette onde fondamentale est déphasée d'un angle α par rapport à la tension d'alimentation. C'est elle qui apporte la puissance au montage.

3.7 FILTRAGE

3.7.1 INTRODUCTION

Les montages redresseurs produisent une tension et un courant continus et pulsatifs. Les spécifications du cahier des charges nous recommandent de dimensionner un système d'électronique de puissance qui présentera moins de pollution harmonique possible.

Pour éliminer les harmonique **5, 7, 17, 19,...** nous avons procédé à un groupement en série des deux montages redresseurs PD3 et S3. Les harmoniques restants sont d'ordre **11, 13, 23, 25, etc.**; pour les éliminer il faudra utiliser un filtre harmonique courant alternatif F_{ca} .

Dans la liaison à courant continu, le groupement en série des montages PD3 et S3 donne une onde de tension d'ordre 12, donc présentant le moins d'ondulation. Pour éliminer ces ondulations, on devra utiliser une bobine ou inductance de filtrage. Le but de ce filtre est de régulariser le débit d'énergie fournie par le redresseur au montage onduleur (charge).

Le filtre doit donc absorber de l'énergie pendant que la tension et le courant diminuent. Il tend ainsi à maintenir la tension ou le courant constant dans la charge.

Les filtres les plus communs utilisent des inductances et des condensateurs.

Les filtres harmoniques peuvent être passifs ou actifs.

3.7.2 CALCUL DE LA BOBINE DE LISSAGE

Pour un redressement triphasé double alternance, l'inductance de lissage se calcule par la relation suivante:

$$L_1 = L_2 = \frac{0,0033 \cdot U_{co}}{f \cdot \Delta I_L}$$

Avec: U_{co} , tension de sortie du montage redresseur; f : fréquence en Hz; ΔI_L : ondulation du courant continu.

Étant donné que les deux stations sont constituées chacune de deux montages redresseurs à double alternance montés en série, leurs inductances de lissage doivent s'additionner.

$$\text{D'où } L = L_1 + L_2 = 2 \frac{0,0033 \cdot U_{co}}{f \cdot \Delta I_L} = \frac{0,0066 \cdot U_{co}}{f \cdot \Delta I_L}$$

Applications numériques:

- $U_{co} = 111,07V$; $f = 50Hz$; I_{moy} dans un thyristor $= 3,33A$;
- $\Delta I_L = 0,034 I_{moy}$, en se fixant un taux d'ondulation de 3,4%.

D'où $L = 0,0066 \times 111,97 / 50 \times 0,034 \times 3,33 = 0,134H$, Soit une bobine de 134mH.

3.7.3 DÉPOLLUTION HARMONIQUE DES RÉSEAUX ALTERNATIFS

L'élimination des harmoniques restants est obtenue par l'association en série des montages PD3 et S3, il nous faudra concevoir des filtres de courants qui auront pour tâche de réduire l'amplitude de ces harmoniques. L'une des approches de solution serait d'utiliser un piège à harmonique qui consiste à prendre un filtre résonant LC série qui possède une impédance nulle à la fréquence de résonance, que l'on choisit alors égale à $n \times f$ (filtre utilisé pour l'harmonique n).

Avec n : rang de l'harmonique; f : fréquence du réseau.

L'impédance nulle du filtre à cette fréquence a pour effet de mettre en court-circuit les harmoniques n du courant qui, de ce fait, ne remonte plus vers le réseau d'alimentation.

3.7.3.1 SCHÉMA ÉQUIVALENT DE L'INTERACTION ALIMENTATION –FILTRE-REDRESSEUR

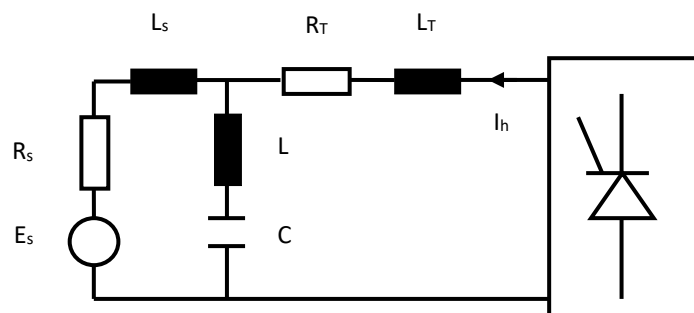


Fig. 5. Schéma équivalent de l'ensemble alimentation-filtre-redresseur

Les stations émettrices ou réceptrices se comportent comme des sources de courants harmoniques.

Les filtres L_n, C_n doivent court-circuiter les courants harmoniques de rang n qui cherchent à atteindre le réseau alternatif.

3.7.3.2 CALCUL DU FILTRE RÉSONANT LC

3.7.3.2.1 CONDITION DE RÉSONANCE

A la résonance nous avons: $L_n \cdot C_n \cdot \omega_n^2 = 1$

Avec: $\omega_n = n\omega = 6,28 \cdot n \cdot f$ rad/s: pulsation de la fondamentale; $n=11,13,23,25,\dots$: rang de l'harmonique

Il faut donc que les éléments L_n et C_n du filtre assurent: $L_n \cdot C_n = 1 / (n \cdot \omega)^2$

Une infinité de valeurs sont possibles pour le choix de L_n et C_n et l'impédance du filtre à 50Hz est donnée par la relation:

$$Z_n = \frac{(L_n \cdot C_n \cdot \omega^2 - 1)}{C_n \cdot \omega} \text{ en valeur absolue}$$

Puisque le produit $L_n \cdot C_n$ est constant, il devient nécessaire de prendre C_n aussi faible que possible pour assurer Z_f élevée à 50Hz (le filtre ne doit pas court-circuiter le courant fondamental).

3.7.3.2.2 EVALUATION DES PARAMÈTRES L_n ET C_n

ÉLIMINATION DE L'HARMONIQUE 11

$$n=11 \quad \omega = 314 \text{ rad/s}$$

$$\omega_{11} = 11 \cdot \omega = 11 \cdot 314 = 3454 \text{ rad/s}$$

$$L_{11} \cdot C_{11} = \frac{1}{\omega_{11}^2} = 1/3454^2 = 83 \cdot 10^{-9}$$

On peut se fixer une valeur $C_{11} = 200 \mu\text{F}$

$$\text{Dans ce cas } L_{11} = 1 / (C_{11} \cdot \omega_{11}^2) = 83 \cdot 10^{-9} / C_{11} = 83 \cdot 10^{-9} / 200 \cdot 10^{-6} = 0,415 \cdot 10^{-6} = 415 \text{ nH}$$

Pour réduire l'harmonique 11, on devra connecter en parallèle sur le réseau d'alimentation une bobine d'inductance $L_{11} = 415 \text{ nH}$ montée en série avec un condensateur de capacité $C_{11} = 200 \mu\text{F}$.

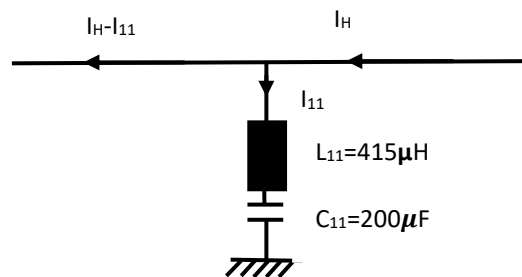


Fig. 6. Filtre harmonique 11

ÉLIMINATION DE L'HARMONIQUE 13: $N=13$; $\Omega=314 \text{ RAD/S}$

$$L_{13} \cdot C_{13} = 1 / \omega_{13}^2 = 1 / (13 \cdot 314)^2 = 6 \cdot 10^{-8}$$

Prenons toujours $C_{13} = 200 \mu\text{F}$

$$\text{Dans ce cas: } L_{13} = 6 \cdot 10^{-8} / C_{13} = 6 \cdot 10^{-8} / 200 \cdot 10^{-6} = 300 \text{ nH}$$

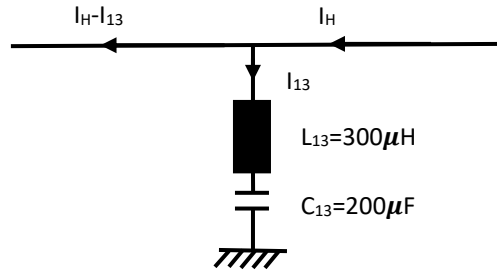


Fig. 7. Filtre harmonique 13

Pour réduire l'harmonique 13, on devra connecter en parallèle avec le réseau une bobine d'inductance de 300mH en série avec une capacité de 200μF.

ELIMINATION DE L'HARMONIQUE 23: $N=23$; $\Omega=314\text{RAD/S}$

$$L_{23} \cdot C_{23} = 1/\omega_{23}^2 = 1/(23 \cdot 314)^2 = 19 \cdot 10^{-9}$$

En prenant $C_{23}=200\mu\text{F}$

Dans ce cas $L_{23}=19 \cdot 10^{-9}/C_{23}=19 \cdot 10^{-9}/200 \cdot 10^{-6}=95\text{mH}$

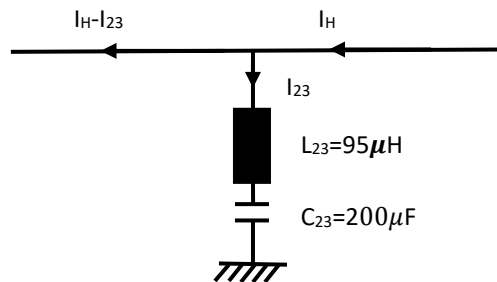


Fig. 8. Filtre harmonique 23

La réduction de l'harmonique 23 se fera à l'aide d'un filtre LC série qui sera constituée d'une bobine d'inductance de 95mH montée en série avec une capacité de 200μF. L'ensemble LC série est montée en parallèle avec le réseau.

ELIMINATION DE L'HARMONIQUE 25: $N=25$; $\Omega=314\text{RAD/S}$

$$L_{25} \cdot C_{25} = 1/\omega_{25}^2 = 1/(25 \cdot 314)^2 = 16 \cdot 10^{-9}$$

Prenons toujours $C_{25}=200\mu\text{F}$

Dans ce cas $L_{25}=16 \cdot 10^{-9}/C_{25}=16 \cdot 10^{-9}/200 \cdot 10^{-6}=8 \cdot 10^{-5}=80\text{mH}$

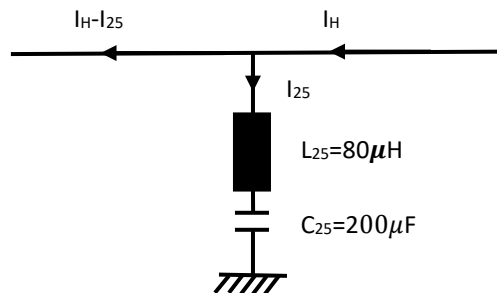


Fig. 9. Filtre harmonique 25

Pour la réduction de l'harmonique 25 on utilisera un filtre LC série qui sera constituée d'une bobine d'inductance de 80mH montée en série avec une capacité de 200 μ F. L'ensemble LC série est montée en parallèle avec le réseau.

3.8 GROUPEMENT DES FILTRES PASSIFS

Les différents filtres seront groupés en étoile. Nous aurons donc 4 groupements étoiles tant du côté station redresseur que du côté station onduleur

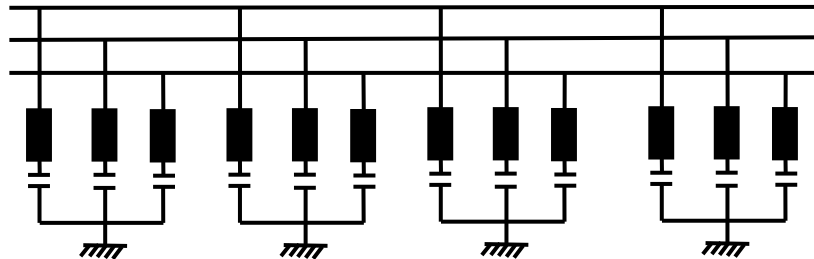


Fig. 10. Montage des filtres passifs

4 CONCLUSION

Le thème: « Etude d'une micro-liaison à courant continu et contribution à la réalisation d'un matériel didactique » est un bel exercice d'apprentissage sur dimensionnement des équipements de l'électrotechnique. C'est un système très complexe car faisant appel à plusieurs disciplines du génie électrique. C'est pourquoi, vu la complexité du sujet, nous nous sommes attelés uniquement:

- Au dimensionnement et au choix des éléments du système à savoir: thyristors, transformateurs, fils conducteurs de connexions et câblage, protection contre les surtensions et les surintensités, bobines de lissage, filtres harmoniques, etc.
- A l'étude de la pollution harmonique du système à travers laquelle nous avons procédé aux analyses harmoniques et fréquentielles des montages PD₃ et S₃ ainsi que leur association. De cette analyse nous avons bel et bien constaté que le groupement en série des montages PD₃ et S₃ élimine les harmoniques 5, 7, 17, 19, ...; quant aux harmoniques restants, ils doivent être éliminés par filtrage.
- Aux calculs des bobines de lissage pour réduire l'ondulation de la tension continue et des paramètres LC des filtres harmoniques passifs à résonance série qui serviront à l'atténuation des harmoniques de courant dans les réseaux alternatifs.

Notre système sera constitué:

- De deux transformateurs dodécaphasés présentant les caractéristiques suivantes:
 - Puissance apparente 2,5 kVA
 - Tension primaire: 380 V
 - Tensions composées aux deux secondaires: 85,07V
 - Fréquence: 50 Hz.
- De 24 thyristors type 2N1848A ayant un courant moyen de 10 A et une tension inverse maximale de 300 V et dont la constante thermique est de 112 A2s.
- Des organes de protection contre les surintensités et les surtensions.
- Des fils conducteurs de câblage et de connexion dont les sections théoriques ont été calculées et les sections pratiques choisies.
- De 4 déclencheurs de thyristors pouvant délivrer un courant de 80mA et une tension de 3V.
- Des filtres harmoniques LC à résonance série dont les inductances et capacités ont été calculées.
- De deux bobines de lissage. Les stations de conversion (redresseur et onduleur) seront constituées des mêmes matériels.

REFERENCES

- [1] Guy Séguier, L'électronique de Puissance, Ed. Dunod, Paris, 1978.
- [2] Laroche Jacques, Electronique de puissance: convertisseurs, Ed. Dunod, Paris, 2005.
- [3] Ney Henry, Les équipements de Puissance, Ed. F. Nathan, Paris, 1980.
- [4] R. Beyeart, Calcul des petits transformateurs, Ed. Dunod, Paris, 1954.
- [5] Wildi Theodore, L'électrotechnique, Ed. De Boeck, Canada, 1979.
- [6] Solaz Philippe, Contribution à l'étude des perturbations électromagnétiques conduites: usine d'électrolyse Aluminium Pechiney de Lannemezan, 2004.

Caractéristiques morphopédologiques et physicochimiques du bas de versant de la Marahoué au centre ouest de la Côte d'Ivoire

[Morphopedological and physicochemical characteristics of the bottom on the Marahoue side in the center west of the Ivory Coast]

Bouadou Oi Bouadou Félix¹, Konan K. Firmin², KOUADIO Konan-Kan Hippolyte¹, Ndoumi Franck Maurel¹, Tano Adjoua Germaine¹, and Ettien Jean Baptiste¹

¹Université FHB, UFR des Sciences de la terre et des Ressources Minières (STRM), Laboratoire des Sciences du Sol, de l'Eau, des Géomatériaux, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²UFR Agroforesterie, Département d'AgroPédologie, Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, BP 150 daloa, 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 degradation followed by the disappearance of fertile land in a context of climate change affects agricultural production in the world and in sub-Saharan Africa. In Côte d'Ivoire, soil degradation and scarcity linked to demographic pressure lead the farmers of Bouaflé, in the center-west region of Côte d'Ivoire, to seek new cultivable land, in particular hydromorphic land in the lowlands. bottoms and banks of river tributaries. To this end, a study on the morphopedological and physicochemical characterization was conducted in order to determine the agronomic potential of the soils of the lower slope of a toposequence of the watershed of the Bandama River (Marahoué). On the bottom of the slope of the longest open toposequence on a 1000 m strip, three soil pits were opened under three vegetation covers characteristic of this topographic segment consisting successively of the top of the steepest slope to the river (lowest level of slope), wooded savannah, grassy savannah and prairie leading to the river. The profiles of these pits were described and sampled in the 0 – 20 cm and 20 – 40 cm layers and a composite sample was made and then analyzed in the laboratory. The types of soil encountered in the lower slope are impoverished ferrallitic soils (Arenosols) and hydromorphic soils (Gleysols). The morphological characteristics of these soils offer an average agricultural potential while the low levels of assimilable phosphorus and the low cation exchange capacity (CEC) constitute the major chemical constraints for agriculture.

KEYWORDS: Toposequence, Arenosols, Gleysols, watershed, Bouaflé, Marahoué, Ivory Coast.

RESUME: La dégradation suivie de la disparition des terres fertiles dans un contexte de changement climatique affectent la production agricole dans le monde et en Afrique subsaharienne. En Côte d'Ivoire, la dégradation des sols et leur raréfaction liées à la pression démographique amènent les cultivateurs de Bouaflé, dans la région du centre ouest de la Côte d'Ivoire, à rechercher de nouvelles terres cultivables notamment les terres hydromorphes des bas-fonds et les rives des affluents des fleuves. A cet effet, une étude portant sur la caractérisation morphopédologique et physicochimique a été conduite en vue de déterminer les potentiels agronomiques des sols du bas de versant d'une toposéquence du bassin versant du fleuve Bandama (la Marahoué). Sur le bas de versant de la plus longue toposéquence ouverte sur un layon de 1000 m, trois fosses pédologiques ont été ouvertes sous trois couverts végétaux caractéristiques de ce segment topographique constitués successivement du haut de la plus forte pente au fleuve (plus bas niveau de pente), de savane arborée, de savane herbeuse et de prairie débouchant sur le fleuve. Les profils de ces fosses ont été décrits et échantillonnés dans les couches 0 – 20 cm et 20 – 40 cm et un échantillon composite a été confectionné puis analysé au laboratoire. Les types de sol rencontrés dans le bas versant sont des sols ferrallitiques appauvris (Arenosols) et hydromorphe (Gleysols). Les caractéristiques morphologiques de ces sols

offrent un potentiel agricole moyen pendant que les faibles teneurs en phosphore assimilable et la faible capacité d'échange cationique (CEC) constituent les contraintes chimiques majeures pour l'agriculture.

MOTS-CLEFS: Toposéquence, Arenosols, Gleysols, bassin versant, Bouaflé, Marahoué, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La dégradation des sols dont l'importance s'accroît au fil des années constitue une contrainte majeure à la production agricole. Par ailleurs, près de 174 millions d'hectares de terre montrent, depuis les années 90, des signes de baisse de production [1]. Cette dégradation continue des sols et leur épuisement contribuent à l'insécurité alimentaire en limitant les efforts de réduction de la pauvreté des populations. Les utilisations extensives notamment les vastes blocs agroindustriels, l'urbanisation, les divers aménagements agro-pastoraux ainsi que les feux de brousse sont autant de facteurs qui en perturbant l'équilibre écologique conduisent à la disparition des terres cultivables. Or, la disparition suivie de la dégradation et de l'appauvrissement des terres dans un contexte de changement climatique affectent la production agricole liée à la raréfaction des sols fertiles [2]. Cette situation emmène les paysans à exploiter les terres dites marginales, autrefois jugées impropres à une mise en valeur agricole. C'est le cas du périmètre agricole du bassin du fleuve Bandama, en Côte d'Ivoire, où les populations rurales essentiellement agricoles, à la conquête de nouvelles terres cultivables, s'orientent vers les terres de bas de versant des bassins versants des affluents du fleuve Bandama pour les cultures céréalières et maraîchères. La méconnaissance des valeurs agronomiques de ces agroécosystèmes du bassin de versant du Bandaman pourrait être un obstacle à un bon raisonnement des itinéraires de production [3]. Cette étude a pour objectif la caractérisation morphopédologique et physicochimique pour une meilleure orientation des systèmes de culture et une gestion spécifique de la fertilisation de ces sols. Il s'agit spécifiquement de déterminer les potentialités agronomiques physiques et chimiques des sols de bas de versant de la région de Bouaflé en vue d'une production agricole durable.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE DE L'ÉTUDE

La région de la Marahoué est située au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire (Fig.1). C'est une zone à forte activité agricole qui est caractérisée par une pluviométrie annuelle moyenne généralement comprise entre 1000 mm et 1115 mm distribuée en quatre saisons perturbées en raison de la situation en zone transitoire. La température moyenne annuelle oscille entre 26 – 27°C. La végétation est dominée par une savane arborée à forte densité arbustive présentant des îlots forestiers par endroits ainsi que des prairies [4]. L'essentiel du relief est peu accidenté et dominé par des collines dont les plus importantes atteignent 449 m d'altitude [5]. Le réseau hydrographique est représenté essentiellement par le fleuve Marahoué ou Bandama rouge qui se divise en plusieurs affluents. Les formations géologiques de la région de Bouaflé, se rattachent au protérozoïque inférieur. Elles sont faites de granite, de schistes, de cuirasses latéritiques et de roches vertes [6]. La pédologie est caractérisée par une juxtaposition de ferralsols, de gleysols et de plinthis ferralsols. L'étude a été conduite sur un versant du fleuve Bandama (5°55'58" N; 5°56'55" W). Une partie d'une toposéquence, de 1000 m de longueur et dirigée N-E 450 C et comportant des parties identifiées comme le haut de versant, le mi-versant, le bas de versant et le bas-fond, a servi pour l'étude. Le segment topographique de la toposéquence concerné par la présente étude est la zone couverte par le bas du versant débouchant sur le fleuve. Cette zone topographique enregistre trois types de végétations qui sont successivement, du haut vers le bas du versant, une savane arborée, une savane herbeuse et une prairie qui débouche sur le lit du fleuve.

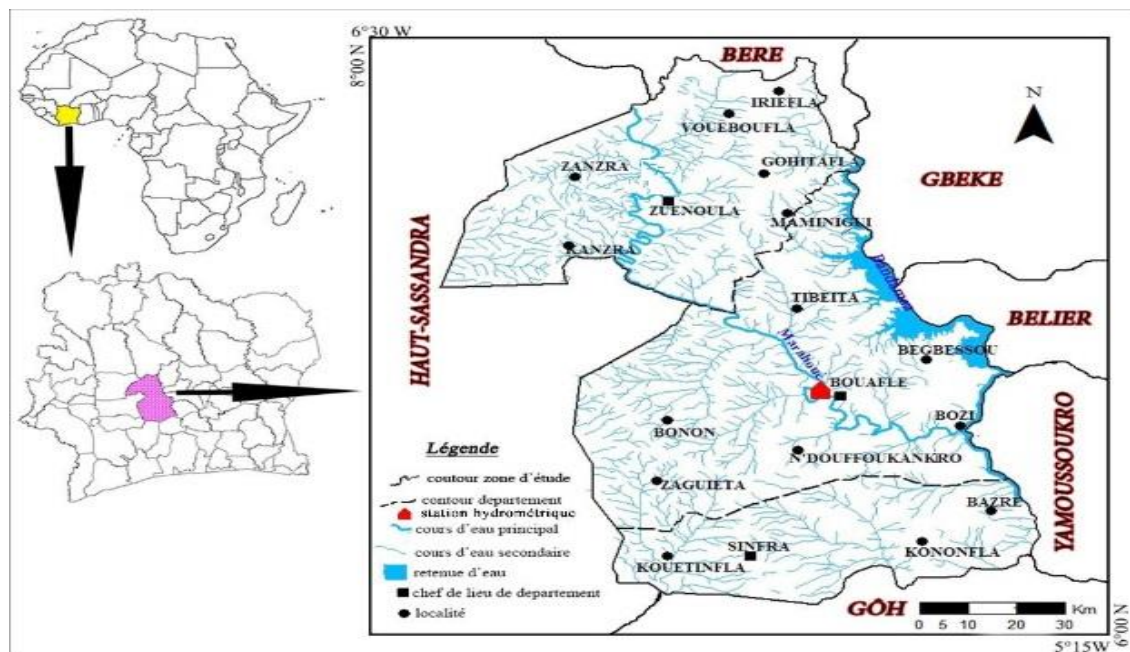


Fig. 1. Carte du site de l'étude

2.2 PROSPECTION DES SOLS

La prospection pédologique a été réalisée selon la méthode des toposéquences [7]. Cette méthode consiste à étudier les sols se succédant du sommet au bas de versant d'un paysage morphopédologique. Le bas du versant a constitué le segment concerné dans la présente étude.

2.2.1 ETABLISSEMENT DES POINTS D'OBSERVATIONS SUR LE SITE DE L'ÉTUDE

Le bas de versant du bassin versant de la Marahoué étudié est une zone couverte par une savane arborée, une savane herbeuse et une prairie débouchant sur le lit du fleuve. Trois fosses pédologiques (100 × 80 × 120 cm) ont été ouvertes respectivement dans ces différentes zones végétales suivant la toposéquence de direction NE 45°.

2.2.2 CARACTÉRISATION MORPHOPÉDOLOGIQUE

Les sols de ces différentes zones végétales situées sur le bas du versant ont fait objet d'une caractérisation morphologique et physico-chimique. Les profils des fosses pédologiques ont été décrits en s'appuyant sur les critères définis par le CPCS [8] et inspirés de la méthode de Boulet [9], associées au guide simplifié pour la description des sols ([10], [11], [12]) et de la fiche de description de fosses pédologiques du modèle de STIPA [13] que nous avons adapté au système WRB [14].

Les caractères morphologiques étudiés ont porté sur la couleur, la structure, la texture, la porosité, la compacité, l'humidité, le taux d'éléments grossiers, la quantité et la taille des racines ainsi que leur orientation, l'activité biologique (la faune), la limite et la transition entre les horizons et le drainage interne. La couleur, déterminée à l'aide du code Munsell, a permis de renseigner sur la présence ou non de matière organique dans les horizons. La structure a été appréciée selon la présence ou non d'agrégats et a servi à donner des indications sur l'architecture du sol. La caractérisation de la texture, s'est faite de façon tactile. Ainsi, lorsque le toucher de l'échantillon humecté est rugueux, on est dans la catégorie des sables. Si le toucher est doux, soyeux, ce sont les limons (diamètre entre 2 et 50 µm) et, quand le toucher est collant, il s'agit des argiles (diamètre < 2 µm).

La porosité, a été déterminé lorsqu'une fine quantité d'eau versée sur une motte de terre, arrive ou non à pénétrer. La limite entre les couches a été appréciée selon qu'elle est nette, régulière ou diffuse.

Quant au drainage interne, elle a été déterminée en fonction des tâches d'hydromorphie ou d'oxydation de coloration rouille ou d'oxydo-réduction de coloration gris-vertâtre présentes sur les horizons. Le taux des éléments grossiers a été

déterminé avec le guide de la charte d'estimation des pourcentages d'éléments grossiers du code Munsell. L'activité biologique dans les horizons a été déterminée par l'observation et la quantification de la faune du sol ou des galeries. La présence ou non des racines ainsi que de leurs orientations et de leurs tailles a été observée et estimée par appréciation visuelle ou par comptage. La compacité a été testée par la résistance des horizons à la pénétration du couteau de pédologue. L'humidité, quant à elle, a été appréciée par l'état sec ou frais au touché des échantillons prélevés à cet effet.

2.3 MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE DES SOLS

Avant la description des fosses, des échantillons de sol ont été prélevés dans les profondeurs 0 – 20 cm et 20 – 40 cm de chaque fosse et un échantillon composite a été confectionné pour les analyses physicochimiques au laboratoire.

2.3.1 MÉTHODES D'ANALYSE DES PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUES

Les échantillons composites du sol ont été séchés à l'air sous abri, puis passés au tamis (2 mm) avant d'être broyé. Le pH a été déterminé à l'électrode en verre dans un rapport de 1 /2,5 telle que décrite par Thomas [15]. La teneur du sol en C-organique a été déterminée par la méthode de Walkley et Black [14]. Le phosphore assimilable-Brayl, par la méthode décrite par Olsen et Sommers ([16], [17]). La granulométrie a été réalisée par la méthode de sédimentation utilisant la pipette de Robinson- Köhn. Les bases échangeables (Ca, Mg et K) ont été déterminées par l'extraction à l'acétate d'ammonium tamponné à pH 7,0 avant la lecture au spectromètre à absorption atomiques (Ca, Mg) et à flamme (K). L'azote total (N total) a été déterminé par la méthode de Kjeldahl [18]. Ces valeurs ont été comparées à des valeurs seuils ou normes de références pour les cultures vivrières et ou maraichères pouvant être pratiquées dans cette agroécologie.

2.4 CARACTÉRISATION FLORISTIQUE DU BAS DE VERSANT

Les espèces végétales dominantes du bas de versant de la zone de l'étude ont été identifiées selon Akobundu et Agyakwa [19] et à partir de la notation [(1= recouvrement de moins de 1/20; 2 = recouvrement entre 1/20 - 1/4; 3 = recouvrement entre 1/4 - 1/2; 4 = recouvrement entre 1/2 - 3/4 et 5 = recouvrement à plus de 3/4) d'abondance dominante de Braun-Blanquet [20], les densités respectives ont été notées.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES FLORISTIQUE ET MORPHOLOGIQUE DES SOLS

3.1.1 CARACTÉRISTIQUES FLORISTIQUES

Le tableau 1 montre les indices d'abondance-dominante de Braun-Blanquet pour les différentes essences recensées et identifiées dans le bas de versant étudié. Outre les poacées, Cola gigantea (Malvaceae) et Cola cordifolia (Malvaceae) sont les seuls grands arbres essentiels dominants dans le bas de versant.

Tableau 1. Diversité floristique du bas de versant

Famille botanique	Nom botanique	Indice de Bran-Blanquet
Asteraceae	<i>Chromolaena odorata.</i>	4
Poaceae	<i>imperata cylindrica</i>	3
Poaceae	<i>Olyra latifolia</i>	2
Poaceae	<i>Hyparrhenia smithiana</i>	2
Poaceae	<i>Panicum pilgeri</i>	2
Fabaceae	<i>Detarium microcarpum</i>	2
Poaceae	<i>Loudetia phragmitoides</i>	2
Moraceae	<i>Morus mesozygia</i>	2
Malvaceae	<i>Cola gigantea</i>	1
Malvaceae	<i>Cola cordifolia</i>	1

3.1.2 SÉQUENCE DES PROFILS OUVERTS DANS LE BAS DE VERSANT

La figure 2 montre la disposition des profils décrits dans le bas de versant du bassin versant étudié.

Les lettres a, b et c sont respectivement les profils de la savane arborée, de la savane herbeuse et de la prairie qui débouche sur le lit du fleuve.

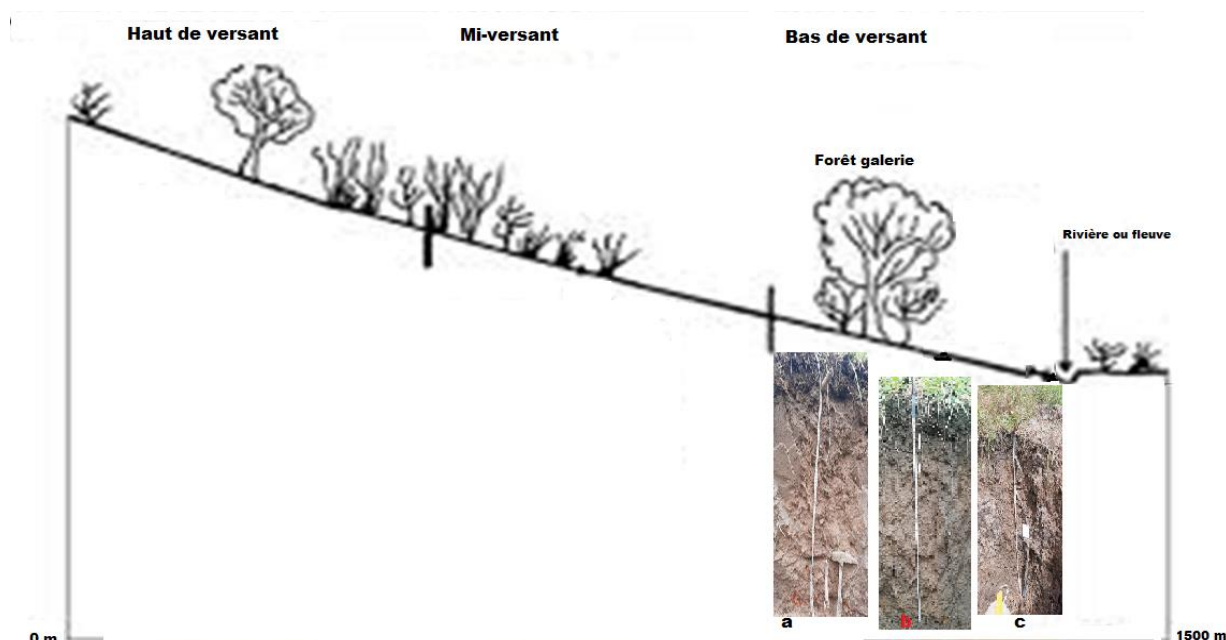


Fig. 2. Schéma d'illustration de la section topographique ainsi que des profils étudiés

3.1.3 CARACTÉRISTIQUES MORPHOPÉDOLOGIQUES DES SOLS ÉTUDIÉS

Les caractéristiques morphopédologiques des sols du bas de versant sont présentées dans le tableau 2. Les couches humifères rencontrées, sous savane arborée et savane herbeuse, sont colorées marron foncé (7,5YR 3/2) et en moyen peu développées (12 cm) avec présence de taches rouge jaunâtre (5YR 4/6) sous savane herbeuse à 13 cm de profondeur. Du haut vers le bas des profils (13 – 70 cm), les horizons deviennent marron grise (7,5YR 5/1) à marron clair (7,5 YR 6/4) et fortement tachetés (5YR4/6). Ce sont des horizons majoritairement bien structurés (structure polyédrique) avec des limites plus ou moins régulières. Le passage d'un horizon à un autre est progressif en général.

En revanche, sous la prairie, les premiers horizons humifères (0 - 12 cm) sont gris (Gley1 5/N), tachetés jaune rougeâtre (10YR 6/8) et un peu mal structurés (grumeleuse à massive). Le fond de la fosse, apparemment humifère, de couleur gris foncé (Gley1 4/N), fortement tacheté jaune rougeâtre (10YR 6/8), présente une structure massive avec mauvais drainage.

Tableau 2. Caractéristiques morphopédologiques des sols étudiés

Seg. top	Profils	Horizons	Epaisseur (cm)	Couleur	Structure	Texture	Hydro	EG (%)	MO	ABio	Compacité	Humidité	Racine s	Porosité	Limite	Transition
Bas de versant	a	A	0 – 13	7,5YR 3/2	Grumeleuse	Sableuse	Non	<5	humifère	absence	Friable	Sec	Peu abondante	Poreux	Régulière	Progressive
		A (B)	13 – 60	7,5YR 5/1	Polyédrique subangulaire	Sablo argileuse	non	<5	Peu humifère	Absence	Peu compacte	Sec	Rare	Peu	Régulière	Diffuse
		B	60 – 80	7,5 YR 6/4	Polyédrique subangulaire	argileuse	non	<5	Non humifère	Absence	Peu compacte	Sec	Rare	Peu	–	–
	b	A	0 – 13	7,5YR 3/2	Grumeleuse	Sableuse	Non	<5	Humifère	Absence	Friable	Sec	Nombreuse	Poreux	Régulière	Progressive
		A (B)	13 – 20	7,5YR 5/2	Polyédrique subangulaire	Sablo argileuse	Tache d'hydromorphie	<5	Humifère	Absence	Peu compacte	Sec	Rare	Peu	Régulière	Progressive
		B	20 – 60	5YR 4/6	Polyédrique subangulaire	Argileuse	Tache d'hydromorphie	<5	Non humifère	Absence	Peu compacte	Sec	Rare	Peu	–	–
	c	AB (g)	0 – 12	Gley1 5/N	Grumeleuse	Limono sableuse	Tache d'hydromorphie	<5	Humifère	Absence	Friable	Humide	Abondante	Poreux	Régulière	Progressive
		B	12 – 30	10YR 5/2	Polyédrique subangulaire	Argileuse	Tache d'hydromorphie	<5	Humifère	Absence	Peu compacte	Humide	Peu abondante	Peu poreux	Régulière	Progressive
		B	30 – 80	Gley1 4/N	Massive	Argileuse	Tache d'hydromorphie	<5	Peu humifère	Absence	Compacte	Humide	Rare	Peu poreux	–	–

Abio: activité biologique; MO: matière organique; EG: éléments grossier. Seg.top: segment topographique. Hydro: hydromorphie.

3.2 CLASSIFICATION DES SOLS DU BAS DE VERSANT

L'étude morphopédologique met en évidence des Arénic Ferralsols et Arénic Ferralsols distribués dans les savanes arborées et savane herbeuse respectivement alors que les Gleysols supportent la prairie plus proche du lit du fleuve (Tableau 3).

Tableau 3. Types de sols du bas de versant de la Marahoué

Types de végétation	Classification des sols [14]
Savane arborée	Arenosol
Savane herbeuse	Arénic Ferralsols
Prairie	Gleysols

3.3 CARACTÉRISTIQUES GRANULOMÉTRIQUES SOLS ÉTUDIÉS

Le tableau 4 montre les teneurs en éléments granulométriques des sols étudiés. Les particules minérales sont suffisamment présentes dans les 40 premiers centimètres, comme noté dans le Tableau 4. Le sable est observé dans les horizons superficiels (0 - 20 cm) avec une teneur moyenne bonne de 28,1 %, pendant que dans la couche sous-jacente, sa teneur est de 12 % jugée modérée. Cette répartition indique une concentration du sable dans la couche superficielle tandis que dans l'horizon sous-jacent, il a une teneur inférieure à la moitié de celle de la couche de surface. Le Limon occupe presque la moitié de la charge en masse de terre de l'horizon superficiel (47,7 %) et près du tiers de la couche sous-jacente (29,5 %). L'argile dans le sol, est deux fois moins concentrée en surface qu'en profondeur avec des teneurs respectives de 24,2 % et de 58,4 %.

Tableau 4. Teneurs en sable, limon et argile des horizons de prélèvement selon les profondeurs

Particules physiques	Profondeurs (cm)		Valeurs seuils normales ([21])
	0-20	20 - 40	
Sable (%)	28,1	12	30 - 33 %
Limon (%)	47,7	29,5	30 - 33 %
Argile (%)	24,2	58,4	30 - 33 %
Limon/ Argile	1,97	0,51	30 - 33 %

3.4 CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES DES SOLS ÉTUDIÉS

Les valeurs moyennes des paramètres physicochimiques ainsi que le rapport C/N des sols du site de l'étude selon la profondeur sont présentées dans le tableau 5. Dans l'ensemble, excepté le carbone, les teneurs en azote et phosphore assimilable sont faibles dans la couche prospectée (0 – 40 cm). Au niveau du carbone, la teneur moyenne dans le profil, est autour de 3 %, taux jugé satisfaisant pour des niveaux de teneurs en sols tropicaux. Par ailleurs, le niveau des teneurs en matière organique est bon sur les 40 premiers centimètres étudiés. S'agissant de l'azote, dans l'ensemble, il n'est pas suffisamment présent dans les couches étudiées (0 - 20 cm et 20 – 40 cm) avec des teneurs faiblement réparties: 0,3 % et 0,2 % contre 1 % (valeur normale). Sa teneur en surface (0,3 %) est similaire à celle des horizons sous-jacents (0,2 %). Le rapport C/N voisin de 12,3 et 11 respectivement dans les horizons 0 – 20 cm et horizons 20 – 40cm est moins bon en surface et modéré en profondeur. Pour ce qui est du phosphore assimilable, en considérant les valeurs de références dans les sols tropicaux (20 – 50 ppm), le niveau des teneurs en phosphore assimilable est très faible quelque soient les niveaux de profondeurs du sol. Les résultats indiquent 17 ppm de phosphore assimilable dans l'horizon de surface (0 – 20 cm). Le pH et les caractéristiques du complexe absorbant des sols rencontrés dans le bas de versant à savoir: la capacité d'échange cationique (CEC), les bases échangeable (alcalins (K⁺ et Na⁺), alcalino-terreux (Ca²⁺ et Mg²⁺)), la somme des bases échangeables (S) et le taux de saturation (V) ont été mesurés (tableau 6). Les valeurs relevées du pH_{eau} à la surface (6,1) et à la profondeur (6,2) des sols montrent un caractère légèrement acide avec une capacité d'échange cationique faible (7 – 8 cmol.kg⁻¹). En revanche, les teneurs en Ca²⁺ et Mg²⁺ paraissent bonnes tandis que celles du potassium-K⁺ et le sodium-Na⁺ sont jugées modérées. Mieux, ces sols sont fortement saturés en bases échangeables en témoignent les valeurs de leurs sommes (5 – 7) et leurs taux (V = 77 – 90 %).

Tableau 5. *Caractéristiques physicochimiques des sols du bas de versant de la zone de l'étude selon les profondeurs*

Eléments chimiques	Profondeurs (cm)		Seuils critiques standard
	0 – 20	20 – 40	
C (%)	2,8	2,1	12,6 – 25*
MO (% C x 1,72)	4,8	3,6	36 – 65 *
N (%)	0,3	0,2	1,2 – 2,2*
C/N	12,3	10,9	
Pas (ppm)	17	-	20 – 40 ^a
pH _{eau}	6,1	6,2	
CEC (cmol.kg ⁻¹)	7	8	10 – 20 ^b
S (cmol.kg ⁻¹)	5,4	7,3	
V (%)	77,14	91,3	70 - 95
Ca ²⁺ (cmol.kg ⁻¹)	3,1	3,5	5 – 8 ^c
Mg ²⁺ (cmol.kg ⁻¹)	1,8	2,6	0,5–2,5 ^{ac}
K ⁺ (cmol.kg ⁻¹)	0,3	0,8	0,15-0,25 ^{dc}
Na ⁺ (cmol.kg ⁻¹)	0,2	0,4	

([22]; [23]; [24]; [25]; [26]; [27]; [28])

4 DISCUSSION

4.1 CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES

La description morphologique des sols du bas de versant de la toposéquence donne plusieurs types de sols identifiés dans la zone de savane arbustive, la zone de savane herbeuse et dans la prairie qui débouche dans le lit de l'affluent du fleuve. Le profil (70 cm) de la savane arborée est caractérisé par trois horizons. L'humus dans ce profil décroît de l'horizon de surface pour disparaître dans le dernier horizon. La présence de l'humus dans les horizons de surface s'explique par la végétation combinée d'herbacées et d'arbre produisant de forte quantité de biomasse qui représentent la source principale de la matière organique [28]. La structure est grumeleuse dans l'horizon de surface (0 – 13 cm) et polyédrique subangulaire dans les horizons subjacents avec des textures allant du sable à argile en passant par une texture sablo argileuse. La couleur générale dans les horizons subjacents est du rouge poussiéreux (7,5YR 3/2). Ces différentes caractéristiques texturales et structurales sont un

indicateur pour le bon développement des cultures à faible profondeur d'enracinement. Cela est illustré par l'abondance racinaire des végétaux dans ces horizons de surface [29].

Ces horizons augurent également de potentialités chimiques importantes en nutriments notamment magnésium et potassium [30]. Cependant, l'hydromorphie à faible profondeur (70 cm) induit une contrainte importante pour les cultures à enracinement profond [31]. Les sols de la zone de savane arborée sont des sols ferralitiques appauvris et classés comme Arenosol ([8], [14]). Dans la savane herbeuse, l'horizon de surface est un horizon de type A de faible épaisseur (0 – 13 cm) caractérisé par un sol humifère à structure grumeleuse friable et poreux avec une texture sableuse. Ces caractéristiques dénotent d'un horizon favorable à la production des cultures [32]. L'horizon subjacent à l'horizon de surface est également de faible épaisseur (13 – 30 cm). C'est un horizon humifère de couleur marron (7,5YR 5/2) tacheté de couleur rouge jaunâtre (5YR 4/6) caractéristique d'une hydromorphie temporaire [33] et de la mauvaise porosité. Cependant, la structure compacte (polyédrique) et la texture équilibré (sablo argileuse) illustre un horizon de type A (B) [34]. L'ensemble de ces caractéristiques montre un sol moyennement propice au développement racinaire des plantes. Cela est illustré par la raréfaction racinaire. L'horizon qui débouche sur le substratum est un horizon B ([34]) d'une grande épaisseur (20 – 80 cm) caractérisé par une texture argileuse et coloré brun rougeâtre (5YR 6/3) avec des taches rouge jaunâtre (5YR 4/6). Ces traits démontrent un sol peu poreux prouvé par la teneur en argile et de l'hydromorphie temporaire caractérisée par les taches d'oxydoréduction [35]. C'est un horizon non humifère de structure polyédrique sub-anguleuse et de texture argileuse. La texture argileuse de cet horizon indique une zone d'accumulation en minéraux fins minéraux indispensables pour le développement des végétaux. Cependant la profondeur d'accumulation le rend inaccessible pour les cultures à enracinement peu profond comme les cultures céréalières (riz, maïs etc.) ([36]). Le mauvais drainage de cet horizon lié à la mauvaise porosité explique l'absence dans cet horizon de la matière organique. En effet, l'hydromorphie entraîne une faible décomposition et minéralisation de la matière organique [37]. et une mauvaise activité biologique ([38], [39]). Cette analyse montre des contraintes agricoles liées à la faible profondeur de la couche arable et à l'hydromorphie superficielle (0 – 30 cm). Cependant les couleurs 7,5 YR et 5YR dominantes dans les différents horizons suggèrent des sols riches en magnésium et en potassium [30]. Les caractéristiques morphologiques montrent que le sol de la savane herbeuse est de type ferralitique appauvri [8] correspondant aux Arénic Ferralsols [14]. Dans la prairie, le profil étudié est également caractérisé par trois horizons dont les deux premiers horizons superficiels sont de faibles épaisseurs d'environ 15 cm en moyenne (0 – 12 cm, 12 – 30 cm) et sont respectivement des horizons AB (g) et B ([34]). Outre les conditions gleyiques liées aux phénomènes d'oxydoréduction peu favorables au développement des cultures, et de la texture argileuse dominante, les sols de ces horizons de surface sont moyennement humifères de structures grumeleuses à polyédrique. Ils sont favorables au développement racinaire des cultures comme l'indique la présence de nombreuses racines dans ces horizons. Quant à l'horizon débouchant sur le substratum (30 – 80 cm), il est caractérisé par une structure massive avec fort taux d'argile. Les conditions d'oxydoréduction y sont fortement remarquées. La couleur dominante est Gley1 4/N, fortement tacheté jaune rougeâtre (10YR 6/8). C'est un horizon peu humifère et contenant cependant de rares racines décimétriques. Les conditions d'hydromorphie s'expliquent par la submersion temporaire lors des crues d'eau du fleuve. Les fortes teneurs en argiles des sols de la prairie est le fait que, sous les prairies, s'accumulent des couches de racines qui augmentent la teneur en matières organiques la stabilité structurale [23]. Dans cette section du bas de versant de la toposéquence, le type de sol décrit se classe parmi les Gleysols ([8], [14]). Les contraintes physiques de ces sols pour une valorisation agricole sont liées à l'hydromorphie temporaire à cause des crues du fleuve pendant les saisons pluvieuses. Outre l'hydromorphie temporaire, compacité liée à la forte richesse en argile entraîne des difficultés d'enracinement des cultures pendant les périodes sèches.

4.2 CARACTÉRISTIQUES PHYSICOCHIMIQUES

Les résultats des caractéristiques physicochimiques du sol étudiés présentés dans le tableau 4 montrent du point de vue granulométrique, un taux d'argile plus élevé suivi du limon et du sable respectivement dans les sols de bas versant du bassin versant de la Marahoué. La dominance de l'argile soumet ces sols à la fluctuation, à la perméabilité ou à l'imperméabilité à l'eau dans ces sols. En effet, les argiles se comportent comme des roches imperméables. Elles sont très poreuses et possèdent, quand elles sont sèches, une perméabilité appréciable. Mais quand l'argile est humide, les pellicules d'eau absorbées sur les plaquettes d'argile la rendent imperméable ([40], [41]). La dominance de l'argile pourrait être préjudiciable pour les cultures car ces sols serait plus enclin à la compaction, au retrait de l'eau, rendant ainsi les plantes chétives et naines malgré une fertilisation adéquate ([42], [43]). La disponibilité des éléments minéraux pourrait être entravée par l'hydromorphie lié aux situations d'imperméabilité. L'absence d'activités biologiques dans les sols étudiés comme l'absence de vers de terre est un signe d'un manque d'air et de dureté du sol. Cette tendance à la compaction est une véritable contrainte pour les cultures céréalières desquelles se trouve le maïs [43]. Selon Chouraichi ([44]), des dépérissements de cultures se produisent plus fréquemment sur des sols à hydromorphie temporaire (ou des sols contenant des quantités importantes d'argiles) que sur

d'autres sols. Du point de vue chimique, la réaction (pHeau) du sol est de 6,1 et comprise dans les valeurs normatives de référence ([26], [27], [28], [45]) permettant la disponibilité des nutriments tels que le soufre, le calcium, le bore, le zinc etc. [28], pour le développement des plantes. En effet le pH affecte spécifiquement la disponibilité des nutriments pour les plantes en contrôlant les formes chimiques des différents éléments nutritifs et en influençant les réactions chimiques qu'ils subissent [48]. La gamme optimale de pH pour la plupart des plantes se situe entre 5,5 et 7,5 [48]. Les teneurs en phosphore assimilable et la CEC sont faibles et sont en deça des valeurs seuils critiques ([23], [22]). Les faibles teneurs du phosphore assimilables s'expliqueraient par la rétrogradation du phosphore sous l'effet des pH acides des sols comme cela est indiqué dans les sols tropicaux ([49], [30]). Les sols étudiés ont une capacité d'échange cationique (CEC) très faible (<10). Ce qui voudrait dire qu'ils stockent moins les cations échangeables ou les éléments nutritifs. En effet, la capacité d'échange cationique (CEC) est une mesure du pouvoir d'un sol à retenir et échanger des cations. Il s'agit d'un indicateur relatif du potentiel de fertilité d'un sol. Les sols ayant une CEC élevée peuvent retenir davantage de cations et possèdent une plus grande capacité à les échanger que les sols ayant une faible CEC (≤ 10 cmolkg⁻¹). Ces cations sont retenus sur des sites chargés négativement que l'on retrouve à la surface de particules de matière organique et d'argile. La matière organique possède plus de sites d'échanges que les particules d'argile. Ces sites sont des sources importantes de tous les cations assimilables par les végétaux. Les cations ne sont pas retenus fortement à ces surfaces. En fait, ces surfaces réalimentent constamment la solution de sol en cations à mesure que ces derniers sont prélevés par les plantes. La faible teneur de la CEC des sols étudiés pourrait s'expliquer par la matière organique contenu dans ces sols. En effet, l'on note une teneur en matière organique à la limite inférieure de la moyenne normative (42 gkg⁻¹) (tableau 4) qui pourrait s'expliquer par une biomasse moins abondante car constituée majoritairement d'herbacées. L'analyse physicochimique du bas de versant du bassin versant de la Marahoué indique globalement des sols moyennement propices l'agriculture.

5 CONCLUSION

L'étude des caractéristiques morphopédologiques et physicochimiques du bas du bassin versant de la Marahoué dans la région du Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire a permis d'avoir un aperçu des sol en terme d'atouts capitalisables pour un raisonnement de leur mise en valeur agricole. Elle a mis en évidence l'influence du couvert végétal sur la structure du sol, la teneur en matière organique et les quantités d'éléments minéraux des sols. Les sols du bas versant sont des sols ferralitiques appauvris (Arenosols) et hydromorphe (Gleysols). Ces sols sont rencontrés sous trois types de couvert végétal de type savane arborée, herbeuse et la prairie qui débouche sur le fleuve Bandama. Ces sols sont moins profond sont de potentiel agricole moyen. Les principales contraintes sont les faibles niveaux d'induration. (70 – 80 cm), de la nappe et les faibles épaisseurs des couches arables. Les sols riches en argile avec de faibles teneurs en teneurs en phosphore et un CEC faible.

REMERCIEMENTS

Nous disons merci à madame et monsieur GOULI, pour avoir pris, entièrement, toutes les charges liées à cette étude.

REFERENCES

- [1] Boucles, D.; Triomphe, B.; Sain, G., 1998. Plantes de couverture en agriculture de coteau: innovation paysanne avec mucuna. CRDI/CIMMYT 1998.
- [2] Hauhouot Célestin 2004: Les pressions anthropiques sur les milieux naturels du sud-est ivoirien, in Geo-Eco-Trop, Numéro 28, Tome 1-2, pp. 69-82.
- [3] Doumouya I., B. Kamagate, A. Bamba, M. Ouedraogo, I. Ouattara, I. Savane, B. T. A. Goula, J. Biemi. 2009. Impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau et végétation du bassin versant du bandama en milieu intertropical (Côte d'Ivoire). Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie, (14), 203–215.
- [4] Yao-Kouamé A. et Alou, K. (2008). Propriétés du sol et domestication de *Lippia multiflora* (verbenceae) en Côte d'Ivoire. Agronomie africaine, 97 – 107.
- [5] N'DA Dibi Hyppolite; Yao Constant Yves ADOU; Kouakou Edouard N'GUESSAN; Moussa KONE et Yao Charles SAGNE. 2008. Analyse de la diversité floristique du parc national de la Marahoué, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Afrique SCIENCE 04 (3) (2008) 552 - 579.
- [6] Perraud et Souchère. (1969). Esquisse pédologique de la Côte d'Ivoire à l'échelle de 1/500 000 dressée par Alain Perraud et Pierre de la Souchère; d'après les travaux des pédologues de l'ORSTOM: G. Aubert... [et al.]; Office de la recherche scientifique et technique outre-mer, centre d'Adiopodoumé, Type de document: Document cartographique.

- [7] Beaudou, A.G. & Chatelin, Y. 1977. Méthodologie de la représentation des volumes pédologiques: typologie et cartographie dans le domaine ferrallitique africain. Cahiers ORSTOM. Série Pédologie, 15 (1): pp. 3-18.
- [8] CPCS (1967). Classification des sols. Travaux CPCS 1963-1967, 100 p.
- [9] Analyse structurale et cartographique en pédologie: passage de la phase analytique à une cartographie générale synthétique. Cah ORSTOM., séri. Pédol., vol. XIX. No 4, 341 – 351.
- [10] Delaunois A. (2006). Guide simplifié pour la description des sols. Disponible à <https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Fertilisation-des-Terres-et-des-Sols/p%C3%A9dologie/physique-des-sols/guide-simplifi%C3%A9-pour-la-description-des-sols.pdf>. Consulté le 23-06-2022. 37 p.
- [11] Baize D., et Jabiol B. (2011). Guide pour la description des sols. Nouvelle édition. Quae éditions. 448.
- [12] Delaunois A, Ferrie Y, Bouche M, Colin C et Rionde C. (2013). Guide pour la description et l'évaluation de la fertilité des sols destiné aux agriculteurs et aux agronomes des sols. Chambre d'agriculture du Tarn et INRA de Montpellier. 39 p.
- [13] STIPA. (2000). UMR. Sol et Environnement – INRA – Montpellier. Fiche de description d'une fosse pédologique selon le modèle STIPA. 6 P.
- [14] WRB. 2014. World reference base for soil resources 2014 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 193 p.
- [15] Thomas G.W., 1982. Exchangeable Cations. in: Page A L., Miller R H., Keeney D R (ed) Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy 9. Second Edition. Madison, Wisconsin, pp. 159-164.
- [16] Nelson D.W., Sommer L.E. (1982). Total carbon, organic C and organic matter. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR (eds) Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological Properties. Agronomy 9, Second Edition. ASA, SSSA, Madison, pp. 539-577.
- [17] Olsen S.R., Sommers L.E., 1982. Phosphorus. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR (ed) Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Agronomy 9, Second Edition. Madison, Wisconsin, pp. 403-427.
- [18] Bremner J., Mulvaney C., 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Madison: ASA, SSSA. Nitrogen Total and Total P. Agronomy 9 Second edition, pp 403-430.
- [19] Akobundu I.O. et Agyakwa C.W. (1987). Guide to West African Weeds. IITA, Ibadan, 356 p.
- [20] Braun-Blanquet J., 1928. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Biologische Studienbücher 7, Berlin, 330 p.
- [21] Quittet E., 1967. Agriculture, Tome 1, 15ième Edition. Dunod, Paris, pp. 5 – 6.
- [22] Horneck et al. (2011) Horneck D.A., Sullivan D.M., Owen J.S., and Hart J.M. 2011. Soil Test Interpretation Guide. 12p. Archival copy. For current version, see: <https://catalog.extension.oregonstate.edu/ec1478>.
- [23] – Pasquier, L., 2010. Guide du sol 'L'argile et Lamotte', Edition ENESAD, 111p.
- [24] Landon, J. R. (1991). Booker Tropical Soil Manual, A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics, paperback, longman, Booker Tate limited, Oxon, Royaume Uni, p 474.
- [25] Boyer, J. (1972). Soil Potassium. In soils of the humid tropics; 102- 135, National Academy of Science publ. (Washington).
- [26] Howeler, R.H., 1996. Diagnosis of nutritional disorders and soil fertility maintenance of cassava. tropical tuber Crops: Problems, Prospects and Future Strategies. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi, India, 181-193.
- [27] Howeler, R.H., 2001. Nutrient Inputs and Losses in Cassava-based Cropping Systems. Examples from Vietnam and thailand. Southeast Asia 20, 22. R. Mirabbasia, E.N. Anagnostoub, A. Fakheri-Farda, Y. Dinpashoha, S. Eslamianc, Analysis of meteorological drought in northwest Iran using the Joint Deficit Index. Journal of Hydrology, 492 (7), 2013, 35-48.
- [28] Giroux, M., et Audesse, P., 2004. Comparaison de deux méthodes de détermination des teneurs en carbone organique, en azote total et du rapport C/N de divers amendements organiques et engrais de ferme. Agrosol 15, 107-110.
- [29] ORSTOM (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre -Mer. Centre d'Adiopodoumé – Côte d'Ivoire) 1983. Etude pédologique et représentation cartographique A 1/10000 d'une zone représentative des savanes du Centre – Nord – ouest de la Côte d'Ivoire (partie nord de la coupure IGN de Mankono à 1/200000 Sous -Préfecture de Dianra). 135 p.
- [30] Koné B., Diatta S., Oikeh S., Gbalou Y., Camara M., Dohm D.D et ASSA A., 2009. Estimation de la fertilité potentielle des ferralsols par la couleur: usage de la couleur en morphopédologie. Canadian Journal of Soil Science, 89 (3), pp. 331-342.
- [31] Kassin Koffi Emmanuel, Louis KOKO, N'GORAN Kouadio Emmanuel, YAO-KOUAME Albert et Yoro Gballou René. 2012. Sols favorables à la cacaoculture au centre-ouest de la Côte d'Ivoire dans un contexte d'assèchement climatique. Int. J. Biol. Chem. Sci. 6 (3): 1148-1157.
- [32] Eshett, E. T., 1987. The basaltic soils of South Eastern Nigeria: Properties, classification and constraints to productivity. Journal of Soil Science, 38: 565-571.
- [33] Konan K.F. 2013. Diagnostic minéral d'un sol de bas-fond secondaire développé sur matériaux granito-gnessiques en région centre de la Côte d'Ivoire: essai comportemental de riziculture irrigué. DEA en Science de la terre, Abidjan: Université Felix Houphouet Boigny. 70 p.
- [34] Esu, I. E., 1999. Fundamentals of Pedology, Stirring –Holden Publishers Limited, Ibadan.

- [35] Ponnampervunia F.N. 1972. The chemistry of submerged soils. *Advan. Agron.* 24, pp. 29-96.
- [36] Niccoullaud B, Darthout R et Odile Duval. 1995. Etude de l'enracinement du blé tendre d'hiver et du maïs dans les sols argilo-sableux de la petite Beauce. *Etude et gestion des sols* 2 (3) 183 – 200.
- [37] Poss R. 1982. Etude morpho-pédologique de la région de Katiola (Côte d'Ivoire). Notice explicative n°. 94, ORSTOM, Paris, France, 149 p.
- [38] Salducci X., 2011: Diagnostic de la fertilité biologique des sols et gestion de la MO: Concepts –méthodes applications...une nouvelle génération d'analyse, présentation Celesta-Lab au groupe technique MO des chambres d'agriculture du LR, 22 juillet 2010, Celesta-Lab.
- [39] Mouaromba Wavel, Gilbert François Ngon Ngon, Abgassi Abdraman Adoum et Elie Constantin Bayiga. 2021. l'impact des pratiques agricoles sur les matières organiques de sols de polders, le cas de mamdi dans le lac-tchad. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 38 (2021) 455 – 470.
- [40] Khemissa M. 1998. Mesure de la perméabilité des argiles sous contrainte et température. *Revue française de géotechnique* N° 82 1er trimestre 1998. 11 – 22.
- [41] Morel R. 1996. Les sols cultivés. Lavoisier, Paris. 380 p.
- [42] Nowamooz Hossein, 2007. Retrait/gonflement des sols argileux compacts et naturels. Thèse. Institut National Polytechnique De Lorraine. 199 p avec 22 pages annexes.
- [43] Tsague Georges Erick. 2022. La compaction des sols: Les causes et les solutions. Novembre 05 No 05 C01.: https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/Tsague_La%20compaction%20des%20sols.pdf.
- [44] Chouraichi M. 2008. Évaluation de la relation entre les paramètres physiques, chimiques et hydriques du sol et le dépérissement du cèdre dans la région du Moyen Atlas et élaboration de l'indice de sensibilité (IS) du cèdre au dépérissement. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, 41: 78-94.
- [45] Doucet, R., 2006. Le climat et les sols agricoles. ed. Berger, Eastman, Québec, xv, 443.
- [46] Gavito, M. E., Olsson, P. A., Rouhier, H., Medina-Peñafiel, A., Jakobsen, I., Bago, A., & Azcón-Aguilar, C. (2005). Temperature constraints on the growth and functioning of root organ cultures with arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 168 (1), 179–188.
- [47] Van Breemen, Mulder et Driscoll. 1983. Acidification and alkalinization of soils. *Plant and Soil*, vol. 75, no 3, 283–308.
- [48] Slessarev, Lin, Bingham et Johnson. 2016., Water balance creates a threshold in soil pH at the global scale. *Nature*, vol. 540, no 7634, . 567–569.
- [49] Dabin B. 1974. Évolution des phosphates en sols acides des régions tropicales. Laboratoires centraux - O.R.S.T.O.M. - Bondy (France). *Extrait de Science du Sol - Bulletin de A.F.E.S.*, no 2, 19 p.

Problématique des cyberattaques dans les réseaux électriques: Cas des entreprises d'énergie électrique au Togo

[The problem of cyberattacks on power grids: The case of electric power companies in Togo]

Abasse Kpegouni, Eyouléki Tchényi Gnadi Palanga, and Adekunlé Akim Salami

Centre d'Excellence Régional pour la Maîtrise de l'Electricité (CERME), Université de Lomé, 01 BP: 1515 Lomé, 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 evolution of information and communication technologies and their integration in almost all sectors of the economy (telecommunications, industry, transport, energy, trade, etc.) has made it possible to improve management and decision-making in real time in these sectors. In the industrial sector, and particularly in the electro-energy sector, information and communication technologies offer advantages in terms of speed, efficiency, cost-effectiveness, etc., as smart grids allow a large number of connected objects to interact, communicate and collaborate. On the other hand, these technological advances and the increase in Internet connectivity of electric power companies have led to an increase in the number of access points, making them more vulnerable to cyber-attacks. As a result, IT security for power grids is essential. The objective of this paper is to highlight, based on the extensive literature review and critical analyses, the cybersecurity issues in Smart Grids. The vulnerabilities of electrical infrastructures and the different solutions or systems implemented by researchers to address the problems of cyber-attacks have been presented. Machine learning and artificial intelligence techniques will be used in the following research to detect and block attacks on an electrical infrastructure in order to protect the electrical network from cyber-attacks.

KEYWORDS: problematic, cyber-attacks, electrical networks, enterprise, electrical energy.

RESUME: L'évolution des technologies de l'information et de la communication et leurs intégrations dans presque tous les secteurs de l'économie (télécommunications, industries, transports, énergie, commerce, etc.) a permis d'améliorer la gestion et la prise de décision en temps réel dans ces secteurs. Dans le secteur industriel et particulièrement celui de l'électroénergétique, les technologies de l'information et de la communication présentent des avantages en termes de rapidité, d'efficacité, de rentabilité, etc. car, les réseaux électriques intelligents permettent à un grand nombre d'objets connectés d'interagir, de communiquer et de collaborer. En revanche, ces avancées technologiques et l'accroissement de la connectivité à Internet des entreprises d'énergie électrique ont entraîné la multiplication des points d'accès qui les rendent plus vulnérables aux cyberattaques. Par conséquent, la sécurité informatique pour les réseaux électriques s'avère indispensable. L'objectif de cet article est de ressortir sur la base de la revue documentaire approfondie et des analyses critiques, les problèmes de cybersécurité dans les réseaux électriques intelligents (Smart Grid). Les points de vulnérabilités des infrastructures électriques et les différentes solutions ou systèmes mis en place par les chercheurs face aux problèmes des cyberattaques ont été présentés. Les techniques de machine Learning et de l'intelligence artificielle seront utilisées dans la suite de cette recherche pour détecter et bloquer les attaques sur une infrastructure électrique afin de protéger le réseau électrique des cyberattaques.

MOTS-CLEFS: problématique, cyberattaques, réseaux électriques, entreprise, énergie électrique.

1 INTRODUCTION

L'évolution des technologies de l'information et de la communication (TIC), notamment avec le développement d'Internet, a fait que les réseaux et les systèmes d'information des entreprises jouent aujourd'hui un rôle crucial dans la société. Cette évolution des TIC et surtout des systèmes distribués a malheureusement contribué à faire évoluer de manière considérable les menaces informatiques. Les risques auxquels sont confrontées les entreprises et les organisations aujourd'hui, sont tels que la sécurité informatique prend une place prépondérante et vitale au sein des institutions privées et publiques [1]. Il ne s'agit plus de considérer la sécurité comme un luxe réservé aux grandes organisations ou entreprises car il n'est pas rare d'assister de nos jours à des prises d'otages de petits systèmes ou réseaux afin de s'en servir comme relais pour réaliser des attaques de grandes envergures sur de gros systèmes ou réseaux. Au même moment, le niveau de connaissance requis pour devenir pirate ne cesse de diminuer en raison de la prolifération d'outils et de logiciels malveillants (*malwares*) disponibles gratuitement sur Internet; ce qui favorise la fréquente présence des cyberattaques sur la toile. Plusieurs techniques se développent de jour en jour par les cyberattaquants pour mettre en péril les infrastructures des entreprises [2], [3], [4]. D'où la sécurité des infrastructures tend à s'améliorer quotidiennement.

Dans les systèmes industriels et particulièrement ceux de l'électricité, les TIC sont largement utilisées aujourd'hui. Grâce au système SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*), l'exploitation du réseau électrique et la collecte des données de différents postes et équipement en temps réel à l'aide des RTU (*Remote Terminal Unit*) et PMU (*Phasor Measurement Unit*) deviennent de plus en plus facile. Ce qui constitue un avantage d'une part, puisqu'ils permettent aux gestionnaires du réseau électrique de pouvoir superviser et gérer le réseau en temps réel. D'autre part, ils entraînent une faille de sécurité pour le réseau électrique car les TIC utilisent les protocoles Ethernet et TCP/IP pour mener des communications entre les équipements et d'autres systèmes d'exploitation contrairement au réseau électrique conventionnel. Or, ces protocoles sont sensibles aux attaques IP tels que attaque de routage, usurpation d'adresse IP ou TCP SYN, etc [5].

Ces progrès technologiques et les avantages qu'elles offrent notamment la rapidité, l'efficacité, la rentabilité, etc., ont imposé de nouvelles normes et exigences de performance aux systèmes électriques. La conception et le développement des technologies avancées d'acquisition des données, de réseaux de capteurs et d'éléments d'exécution ont entraîné une complexité accrue des systèmes de mesure et des processus de gestion dans le système énergétique [6]. Les tendances économiques et technologiques ainsi que la croissance démographique ont montré que la demande en énergie électrique sur le plan mondial croît considérablement [7] et que les productions conventionnelles n'arrivent pas à combler, ce qui entraîne le déficit en fourniture d'énergie électrique aux consommateurs [8]. Dans le souci de venir combler ce manque à gagner afin d'assurer la sécurité énergétique tout en réduisant l'énergie fossile et le réchauffement climatique, il fallait développer et déployer les énergies renouvelables dans le système électrique existant. Cela nécessite un changement d'infrastructure électrique en adoptant des stratégies technologiques avancées afin de mieux contrôler les activités du secteur électroénergétique et de rendre l'approvisionnement plus stable [9]. Ce changement de l'infrastructure doit nécessairement intégrer les TIC dans l'exploitation du réseau électrique afin d'assurer la gestion intelligente en fourniture de l'électricité aux consommateurs.

En effet, l'intégration des TIC dans les systèmes électroénergétiques, a permis la conception et le développement des réseaux électriques intelligents (*Smart Grid*) qui permettent à un grand nombre d'objets connectés d'interagir, de communiquer et de collaborer [10], [12]. Également, ces réseaux électriques intelligents permettent d'assurer la sécurité du réseau et de réduire le coût de consommation des clients en leur permettant de suivre en temps réels leurs consommations grâce à une régulation intelligente de la charge électrique [13]. Ceci facilite la supervision, la gestion du réseau à distance et l'amélioration des services.

Ces avancées en TIC et l'accroissement de la connectivité Internet ont tellement exposé les réseaux électriques aux vulnérabilités [9], [12]. Ce qui accentue l'exposition éventuelle du réseau aux cybermenaces. Une cyberattaque réussie a le potentiel de perturber les activités ou de compromettre le fonctionnement de nature délicate. Par ailleurs, les conséquences indirectes d'une cyberattaque peuvent entraîner une perte de production et une perturbation des ventes, en plus de miner la confiance des consommateurs [25]. Des coûts économiques indirects tels que ceux-ci peuvent être tout aussi importants que les dommages à l'équipement et aux infrastructures et avoir de lourdes conséquences à long terme sur l'emploi, l'innovation et la croissance économique [25]. Or, dans de nombreux cas, il n'existe pas de politique de gestion de la sécurité informatique des infrastructures industrielles. Il n'existe pas non plus des mesures spécifiques concernant la gestion des sous-traitants et les intervenants sur les systèmes. C'est le cas par exemple des entreprises togolaises d'énergie électrique (CEB et CEET, etc.). Ces deux structures principalement ne disposent pas de stratégie de sécurité informatique. Également, il n'existe pas de politique de gestion des droits d'accès des utilisateurs définissant leurs actions sur les systèmes et interdisant les agents n'appartenant plus à l'entreprise d'intervenir sur le système. L'absence ou le manque de tout ceci constitue une vulnérabilité pour

l'infrastructure. Quels sont les apports des chercheurs aux problèmes des cyberattaques des entreprises d'énergie électrique ?

La suite de l'article se présentera de la manière suivante: la section 2 présente les entreprises électroénergétiques togolaise, le système électrique et leurs environnements TIC; dans la section 3, la méthodologie utilisée est présentée; la section 4 présente les résultats et qui feront l'objet de discussions dans la section 5.

2 ENTREPRISES ÉLECTROÉNERGÉTIQUE, SYSTÈMES ÉLECTRIQUES ET ENVIRONNEMENT TIC

Cette section présente les entreprises électroénergétiques togolaises, leurs systèmes électriques et leurs environnements TIC.

2.1 ENTREPRISES ÉLECTROÉNERGÉTIQUES

2.1.1 LA CEB

La CEB (Communauté Electrique du Bénin), établissement public international institué par l'accord international portant Code Daho-Togolais de l'électricité du 27 juillet 1968, est un organisme international à caractère public. Elle a été créée pour jouer le rôle de monopole de production, du transport, de l'importation de l'énergie électrique et est l'acheteur unique pour le compte du Togo et du Bénin. Jusqu'en fin décembre de l'année 2018, la CEB était le principal fournisseur en énergie électrique du Togo et du Bénin en alimentant les sociétés de distribution nationales des deux pays au tarif de 58 FCFA/kWh en vigueur depuis 2014. Certains industriels sur le territoire du Togo et du Bénin sont alimentés en énergie électrique par la CEB au tarif de 65 FCFA/kWh. Mais, à compter du 1er janvier 2019, le sommet des Chefs d'État du Togo et du Bénin tenu à Lomé le 27 novembre 2018 confie désormais à la CEB la mission de gestionnaire du réseau de transport d'énergie sur le territoire de la communauté avec pour activité connexe la poursuite de l'exploitation des moyens de production du barrage de Nangbéto et des deux turbines à gaz installés dans les deux pays.

2.1.2 LA CEET

La CEET (Compagnie Energie Electrique du Togo), assure le service public national de distribution et de vente de l'énergie électrique. Elle dispose de ses propres moyens de production et s'approvisionne essentiellement en énergie électrique pour l'équilibre de la demande sur son réseau de distribution via le réseau de transport de la CEB auprès de l'opérateur Contour Global Togo SA et des fournisseurs d'électricité au Ghana (VRA) et au Nigéria (TCN). Depuis le 1^{er} janvier 2011, les tarifs de vente de l'énergie électrique, en vigueur sur l'ensemble du territoire togolais sont ceux fixés par l'arrêté interministériel n°019/MME/MEF/MCDAT/MPR-PDAT/MCPSP du 26 novembre 2010 portant fixation des tarifs de vente de l'énergie électrique au Togo.

2.1.3 LA SOCIÉTÉ CGT

La société CGT (Contour Global Togo SA) dispose d'une centrale thermique d'une capacité de 100 MW composée de six (6) moteurs Wärtsilä 18V50DF d'une puissance unitaire d'environ 16,5 MW permettant d'utiliser comme combustibles de base le gaz naturel et le HFO (*Heavy Fuel-Oil*) ou mazout lourd et comme combustible de secours le LFO (*Light Fuel-Oil*). Cette centrale est mise en service industriel, le 13 octobre 2010. La société CGT est un producteur indépendant d'énergie électrique (IPP) disposant d'une convention de concession conclue en 2006 avec l'Etat togolais pour une durée de 25 ans d'exploitation. Conformément au contrat d'achat-vente d'énergie qu'elle a signé avec la CEET dans le cadre de cette concession, CGT assure la production de l'énergie électrique et la CEET est chargée de fournir les combustibles nécessaires à l'exploitation de la centrale. Au cours de l'année 2020, le coût de production de l'énergie électrique de cette centrale est de 47,72 FCFA/kWh hors Take or pay [7].

2.2 SYSTÈME ÉLECTRIQUE

Trois systèmes électriques différents permettent d'alimenter le Togo en énergie électrique. Il s'agit du:

Système électrique interconnecté de la Communauté Electrique du Bénin (CEB): à ce jour, il couvre quatre (4) régions sur les cinq (05) au Togo. Cette interconnexion s'étend de Lomé (au Sud) à Kantè (au Nord) et permet de desservir les grandes agglomérations et localités des régions Maritime, Plateaux, Centrale et Kara. Toutefois, les villes de Dapaong, de Cinkassé et de Mango dans la région des Savanes sont également alimentées par le réseau de la CEB à partir de la ville de Bawku au nord

du Ghana. Les principales composantes de ce système électrique interconnecté est composé des infrastructures de production, de transport et de la distribution;

Système électrique connecté au réseau frontalier (Ghana et Bénin): entre 2010 et 2014, le système d'Echange d'Energie Electrique de l'Afrique de l'Ouest (EEEOA/WAPP) a initié des projets d'électrification rurale transfrontalière dans le cadre de la mise en œuvre de la décision des Chefs d'Etat des pays membres de la Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO) relative à l'échange d'énergie transfrontalier [7], [14]. Ainsi, certaines localités frontalières à l'Est et à Ouest du Togo sont alimentées en énergie électrique à partir des réseaux électriques d'Electrical Company of Ghana (ECG) et de Gridco du Ghana et du réseau de la Société Béninoise d'Energie Electrique (SBEE). Le tableau 1 ci-dessous présente la situation des localités électrifiées.

Tableau 1. Localités électrifiées par la connexion au réseau transfrontalier

Régions	Localités électrifiées à partir du Ghana	Localités électrifiées à partir du Bénin	Total
Savanes	1	-	1
Kara	-	6	6
Centrale	-	2	2
Plateaux	31	1	32
Maritime	3	3	6
Total des localités électrifiées	35	12	47

Source: Statistique CEET, 2020

Système électrique isolé: certaines localités situées très loin du réseau de distribution sont alimentées par des centrales équipées de groupes diesel dans le cadre des projets d'électrification rurale initiés par l'Etat. La puissance installée de ces centrales varie de 36 kW (pour les petites localités) à 350 kW¹ (pour les plus grandes localités). Il faut noter que toutes ces localités concernées par le système électrique isolé ont un mini réseau de distribution en Basse Tension (BT) tiré à partir de la centrale isolée. En 2020, on compte dix-huit (18) localités qui sont alimentées par ce système électrique isolé et qui totalisent une puissance installée et disponible de près de 2,56 MW dont 0,6 MW pour les quatre localités alimentées par les mini-grids solaires photovoltaïques. Il faut noter qu'à partir de 2018, le réseau de distribution de la ville de Mango est raccordé au réseau interconnecté de distribution de la CEET et par conséquent ce réseau ne fait plus partie du système isolé.

2.3 ENVIRONNEMENT TIC

L'environnement TIC des entreprises électroénergétiques se présentent de la manière suivante.

2.3.1 INFRASTRUCTURE INFORMATIQUE DU RÉSEAU DE LA CEB

La CEB dispose d'un dispatching principal installé à Lomé (Togo) et d'un dispatching de secours qui se trouve à Calavi (Bénin) qui permettent aux gestionnaires du réseau électrique d'assurer sa conduite et son exploitation. Ces centres de dispatching reposent sur le réseau SCADA intégrant les outils numériques tels que les ordinateurs, les serveurs, les RTU/PMU, les systèmes d'exploitation, les logiciels métiers, les clé USB, les disques durs externe, la fibre optique, les câbles Ethernet, etc. pour assurer quotidiennement les activités de supervision, de contrôle et d'acquisition de données sur les consommations, les productions, l'importation de l'énergie électrique, etc. Ce réseau SCADA n'assure son fonctionnement normal que grâce au réseau privé de télécommunication qui interconnecte les différents postes de transformations électriques à travers la fibre optique et des différents équipements de télécommunications déployés (les autocommutateurs, les multiplexeurs optiques, les équipements CPL, etc.) dans le but d'assurer une communication entre les organes du réseau et de pouvoir conduire le réseau depuis le dispatching. Il existe donc une corrélation directe entre le réseau SCADA et le réseau télécom car il faut qu'un poste de

¹ En 2018, la centrale de Mango d'une puissance de 800 kW n'est plus en exploitation pour raison de raccordement du réseau isolé de la ville de Mango au réseau interconnecté de distribution de la CEET

transformation soit télé-signalé avant que ce dernier ne puisse être commandé depuis le dispatching. La figure 1 montre l'architecture de ce réseau SCADA.

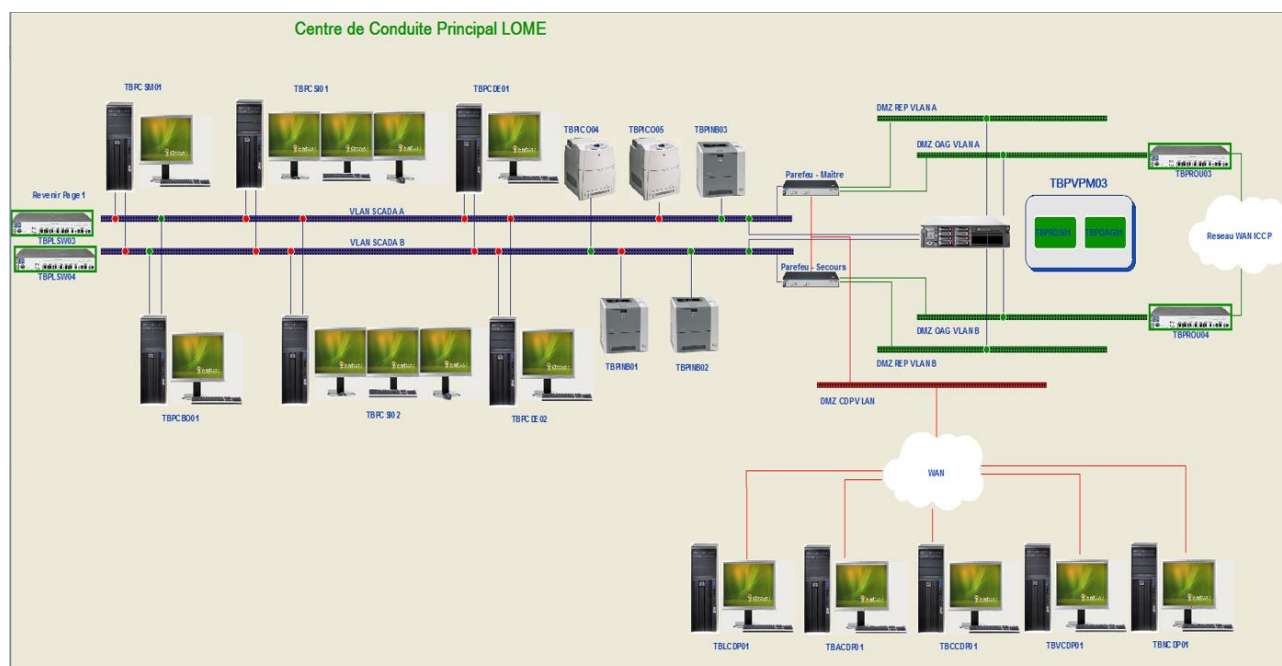


Fig. 1. Architecture du système SCADA pour le dispatching principal

Source: CEB, 2022

Cette architecture montre qu'il n'y a pas des dispositifs sécuritaires mis en place pour protéger le réseau contre les attaques. Pour les responsables, étant donné que le réseau SCADA n'est pas connecté au réseau Internet, ce dernier est déjà protégé. Or ils oublient que les attaques ne proviennent pas seulement du réseau Internet, ils peuvent provenir de l'intérieur, des sous-traitants, et d'autres sources.

2.3.2 INFRASTRUCTURE INFORMATIQUE DES AUTRES RÉSEAUX: CEET, CGT

La CEET et la société CGT ne disposent pas jusqu'à ce jour de réseau informatique pour la supervision et le contrôle des activités de distribution et de production de l'énergie électrique. Par conséquent, la stratégie sécuritaire du réseau contre les cyberattaques n'existe pas. Les activités de distribution de l'énergie électrique par la CEET se font de façon analogique et manuelle avec tous les problèmes et conséquences qui y vont avec, occasionnant de nombreuses pertes d'électricité qui sont estimées en 2020 à 16,04% [7].

3 MÉTHODOLOGIE

L'approche adoptée est qualitative. Elle est focalisée sur une étude approfondie sur la base de la revue documentaire et des analyses critiques, les problèmes de cybersécurité dans les réseaux électriques intelligents. Elle repose essentiellement sur la revue documentaire des écrits reposant sur la sécurité des installations électroénergétique en deux phases. La première phase a consisté à analyser les différentes vulnérabilités des systèmes industriels faces aux cyberattaques ainsi que leurs évolutions. La deuxième étape s'est attelée à l'identification des systèmes de sécurité mise en place par différents chercheurs, leurs efficacités et leurs spécificités. La recherche a été limitée aux études publiées entre 2010 et 2022. Afin d'évaluer la situation sur les problèmes de sécurité informatique pour les entreprises d'énergie électrique au Togo par rapport aux pays d'autres continents, un stage en entreprise de trois mois a été effectué à la CEB (Communauté Electrique du Bénin).

4 RÉSULTATS

4.1 POINTS DE VULNÉRABILITÉ ET LEURS ÉVOLUTIONS

La forte intégration des TIC dans les réseaux électriques intelligents conduit à une augmentation exponentielle des vulnérabilités et par ricochet à la multiplicité des attaques du système électrique qui pourrait entraîner des « *black-out* » [9], [12]. Ces vulnérabilités sont de divers ordres. Selon les dernières évolutions et tendances faites sur le plan africain et mondial en 2021 et 2022 sur la cybersécurité [15], [16]:

- 85% de la violation de la cybersécurité des entreprises sont causées par une erreur humaine;
- 94% de tous les logiciels malveillants sont livrés par courriel;
- Les attaques de ransomware se produisent tous les 10 secondes;
- 71% de toutes les cyberattaques sont motivées financièrement, suivi par le vol de la propriété intellectuelle, puis l'espionnage;
- Le coût mondial annuel de la cybercriminalité est estimé à 10,5 billions de dollar d'ici 2025.

Ses chiffres sont révélateurs et alarmants. Ils doivent susciter la conscience des responsables des entreprises et prendre des dispositions idoines pour éradiquer l'impact négatif des cyberattaques sur les entreprises. Aussi, les analystes de Cybersecurity Ventures, prédisent que les coûts associés à la cybercriminalité vont croître de 15 % par an pour les cinq prochaines années. En 2021, les prévisions financières des dommages causés par les cyberattaques sont évaluées à [15], [16]:

- 6 billions de dollars par an;
- 500 milliards de dollars par mois;
- 115,4 milliards de dollars par semaine;
- 16,4 milliards de dollars par jour;
- 684,9 millions de dollars par heure;
- 11,4 millions de dollars la minute;
- 190 mille de dollars la seconde.

La réussite d'une cyberattaque sur un système informatique passe par l'exploitation d'au moins une vulnérabilité, qui peut être technique, humaine ou organisationnelle. D'une façon générale les systèmes de contrôle commande (ICS) en particulier ceux du système électroénergétique sont plus vulnérables que les systèmes informatiques classiques [17]. Plusieurs raisons sont à la base de leurs vulnérabilités. Néanmoins, une liste non exhaustive des points de vulnérabilité des systèmes électriques sont présentés comme suit:

Longue durée des installations: la durée de vie des installations OT (*Operational Technology*) est souvent très longue, elles sont généralement renouvelées tous les 10 ou 15 ans ou plus. L'objectif essentiel étant de faire fonctionner en continue (24h/24) un système de production, et tout ce qui nécessite ou peut générer un arrêt est évité. Il y a donc des vulnérabilités dues à l'obsolescence des installations qui se révèlent alors comme autant de failles s'exposant à des cybermenaces;

Intégration des TIC et connectivité à Internet: au départ, les infrastructures des systèmes industriels avaient longtemps la particularité de rester autonome vis-à-vis des TIC et étaient donc peu exposés aux risques des cyberattaques car le fonctionnement de ses équipements n'intégrait pas des outils informatiques. Pour les attaquer, il fallait être capable de bien comprendre l'architecture du système dans ses détails sans quoi, il serait difficile de compromettre leur bon fonctionnement. Par la suite, trois facteurs selon [11] ont entraîné l'intégration progressive des TIC au sein des systèmes industriels: « *le besoin de rationaliser la production avec des outils capables de récolter et de traiter d'importantes masses de données; le besoin d'échanger des données avec des acteurs extérieurs aux sites industriels (opérateurs, entités de gestion, etc.); la nécessité de faire des économies sur les logiciels employés et de faciliter la communication entre sites de gestion et sites industriels* ». Ainsi, cette intégration des TIC et les échanges de données et de connexions avec les entités extérieures se sont multipliés. Ce qui a rendu les infrastructures électroénergétique plus vulnérables. Il existe parfois des connexions directes à Internet, plus ou moins officielles et parfois temporaires pour des opérations de maintenance ou de configuration, et celles-ci représentent une réelle vulnérabilité.

Non protection des ports physiques (USB, RJ45): pour le commun des mortels, le fait de ne pas être connecté à Internet suffisait pour éviter tout risque de piratage informatique. Or, on constate que c'est plutôt le contraire, même si un système n'est pas connecté à Internet, il peut être victime d'une malveillance informatique. Stuxnet en est un exemple démonstratif. La source d'attaque était la clé USB contenant un ver informatique et qui avait été introduite sur une machine de l'entreprise. Cette clef a infecté toutes les machines du réseau informatique. Ce qui a causé des dommages physiques à l'enrichissement

nucléaire Iranien en 2010 [18]. Donc les ports USB et RJ45 constituent des sources de vulnérabilités des systèmes électroénergétique qu'il faudrait prendre soin de protéger;

Non mise à jour des logiciels: étant donné que les infrastructures électroénergétique fonctionne 24h sur 24, de ce fait, redémarrer une station de travail pour mettre à jour ses logiciels peut entraîner un arrêt coûteux, voire dangereux des opérations. Ce qui fait que les applications propriétaires et les systèmes d'exploitation installées deviennent de plus en plus obsolètes. Ces systèmes n'ayant pas été conçus pour recevoir des correctifs pour la plupart, s'exposent à des vulnérabilités;

Inexistence de politique de gestion de la sécurité: dans de nombreux cas, il n'existe pas de politique de gestion de la sécurité des infrastructures industrielles. Il n'existe pas non plus des mesures spécifiques concernant la gestion des sous-traitants et les intervenants sur les systèmes. C'est le cas par exemple des entreprises Togolaise d'énergie électrique (CEB et CEET, etc.). Ces deux structures principalement ne disposent pas de stratégie de sécurité informatique. Également, il n'existe pas de politique de gestion des droits d'accès des utilisateurs définissant leurs actions sur les systèmes et interdisant les agents n'appartenant plus à l'entreprise. L'absence ou le manquement de tout ceci constitue une vulnérabilité pour l'infrastructure.

4.2 CAS DU TOGO

Au Togo, les télécommunications sont utilisées aujourd'hui dans les réseaux électriques notamment celui du transport pour établir des communications entre différents équipements du réseau. Ce qui facilite en partie la supervision, le contrôle et l'acquisition des données du réseau grâce au système SCADA. Or, le SCADA utilise les technologies informatiques tels que les ordinateurs, les serveurs, les protocoles IP, les supports USB, etc. pour son fonctionnement. Aussi, un projet de partenariat est en cours de négociation entre opérateur télécom (Togocom) et l'entreprise chargée du transport de l'énergie électrique au Togo (CEB) en vue de pouvoir utiliser la fibre optique de ce dernier pour distribuer de la connexion Internet aux abonnés. De plus, le projet WAPP (*West African Power Pool*) veut interconnecter les réseaux électriques de 330 kV de l'Afrique de l'Ouest avec la construction d'un dispatching central à Calavi au Bénin pour tous les pays Ouest-Africains dans le but de mettre en place le marché régional de l'électricité [14]. Ce qui entraînera forcément la mise à jour des réseaux électriques actuels ou la refonte vers les *Smart Grids* afin de répondre efficacement aux standards et technologies qui seront utilisés dans ce vaste réseau (les PMU, etc.). Tout ceci constitue des atouts pour les réseaux électriques togolais. En revanche, ces atouts deviennent une source de vulnérabilités aux cyberattaques pour les réseaux électriques ouest africains, et les réseaux électriques togolais ne seront pas épargnés; d'où l'aspect sécuritaire des réseaux électriques contre les cyberattaques doit être pensé dès maintenant. Le présent article s'inscrit dans une approche anticipative afin de contribuer à renforcer la sécurité des réseaux électriques togolais.

4.3 IDENTIFICATION DES SYSTÈMES DE SÉCURITÉ OU SOLUTIONS MISE EN PLACE

Le tableau 2 montre les différentes solutions ou systèmes de sécurité proposés par les chercheurs face aux problèmes des cyberattaques dans le secteur industriel.

Tableau 2. Apports des chercheurs face aux problèmes des cyberattaques des systèmes industriels

Références	Titre de l'article / thèse / mémoire	Méthodes	Résultats
[5]	Cyber-power system security in a smart grid environment	Utilisation des techniques de cybersécurité et leurs applications aux réseaux électriques	Les auteurs ont proposé l'installation d'un IDS et les pare-feu d'accès à distance dans les sous stations électriques. Le test de cette solution a été réalisé en utilisant les données de test des attaques de l'Université Collège Dublin (UCD).
[19]	Cyberdéfense des systèmes de contrôle-commande industriels: une approche par filtres basée sur la distance aux états critiques pour la sécurisation face aux cyberattaques	Une approche hybride a été utilisée dans la lutte contre les cyberattaques des infrastructures. La première est celle par filtre basée sur la distance aux états critiques et la seconde est basée sur les IDS (<i>Intrusion Detection System</i>)	En plaçant le filtre compte-rendu proche des capteurs qui assurent la remontée des données, on peut détecter les attaques qui passeront sur le système. Cette approche hybride pourrait améliorer la protection des infrastructures industrielles contre les cyberattaques.
[20]	Cyberdéfense des infrastructures critiques	Développement d'un modèle (algorithmique) de détection d'intrusion	Un outils IDS a été conçu à l'image de l'IDS générique selon la norme 61850 et a permis de détecter les attaques orientées processus.
[9]	A whale optimization algorithm-trained artificial neural network for smart grid cyber intrusion detection	Utilisation des réseaux de neurones artificiels (ANN) basés sur l'algorithme d'optimisation des baleines (WOA-ANN)	Ce modèle a permis de classer d'un côté les cyberattaques et les incidents du système électrique habituel de l'autre. Ceci permet de détecter facilement les attaques sur le réseau électrique par analogie de ce que les baleine font pour capturer une proie. Selon les auteurs, il existe trois types d'attaques par intrusion à savoir attaque par injonction de fausses données (FDI), attaque par redistribution de la charge (LR) et attaque par dénis de service (DoS).
[13]	Architecture and Key Technology of Intelligent Energy Service System Based on Industrial Internet	Revue documentaire sur les outils et équipements de protection du réseau électrique intelligent	Les auteurs ont proposé l'insertion d'un équipement d'isolation (le pare- feu ou firewall) pour séparer la partie interne du réseau de l'extérieur afin d'assurer la sécurité du réseau contre les attaques.
[12]	Gradient Ascent Algorithm for Enhancing Secrecy Rate in Wireless Communications for Smart Grid	Utilisation de l'algorithme d'ascension de gradient (<i>Gradient Ascent Algorithm</i>), qui est une technique d'apprentissage automatique.	Le niveau de confidentialité (le taux de secret) des communications sur le réseau électrique a été augmenté car selon les auteurs les réseaux électriques intelligents sont confrontés aux problèmes d'écoute clandestine (les attaquants tentent d'écouter silencieusement les communications qui se passent sur le réseau) et l'attaque par brouillage (l'attaquant perturbe les signaux reçus au niveau de récepteur). Cette technique permet de réduire l'effet des attaques par brouillage et par écoute clandestine.
[21]	Cyber security of smart grid: attacks and defenses	L'objectif était d'évaluer l'impact d'une cyberattaque sur les consommateurs d'électricité (clients) par rapport au système électrique. Donc les auteurs	Les résultats ont montré que les attaques sur les consommateurs sont plus élevées par rapport aux composants électriques. Il faut donc accorder désormais plus d'importance

		ont utilisé une méthode permettant de classer les utilisateurs (consommateurs) et les composants du système électrique avec l'utilisation de l'algorithme <i>Greedy Based Partition Algorithm</i> (GBPA)	sur l'impact des cyberattaques sur les clients dans les stratégies de sécurité
[22]	Cyber security for fog-based smart grid SCADA systems: Solutions and challenges	Revue documentaire sur les différentes solutions de cybersécurité existantes pour les SCADA dans les smart Grids.	Les résultats ont montré que les solutions de cybersécurité se classent en quatre catégories à savoir les solutions d'authentifications, les solutions de préservation de la vie privée, les systèmes de gestion des clés et les systèmes de détection des intrusions (IDS). Ces derniers se scindent en neuf (9) catégories à savoir les IDS basés sur: (i) l'apprentissage profond, (ii) les réseaux de neurones artificiels, (iii) les machines à vecteurs de support, (iv) les arbres de décision, (v) les règles, (vi) le filtre de Bloom, (vii) les forêts aléatoires, (viii) l'apprentissage de sous-espace aléatoire et (ix) les automates finis déterministes.
[23]	Security issues on smart grid and blockchain-based secure smart energy management system	Utilisation de la technologie blockchain	Les auteurs ont proposé utiliser la technologie <i>blockchain</i> comme solution pour assurer la sécurité et le stockage des données produites sur le réseau électrique intelligent car pour eux, cette technologie devrait assurer à la fois la transparence et la fiabilité des données.
[24]	Blockchain technology in the future smart grids: A comprehensive review and frameworks	Revue de littérature sur le domaine d'application de la technologie blockchain	Les résultats montrent que cette technologie peut être utilisée dans plusieurs domaines à savoir les contrats intelligents pour la réponse à la demande (DR) dans les <i>Smart Grids</i> , les véhicules intelligents (VEs), les technologies IoT, la gestion décentralisée de l'énergie, le commerce de l'énergie, les transactions financières, la cybersécurité, le banc d'essai, l'environnement.

5 DISCUSSIONS

Les résultats présentés ci-dessus montrent que plusieurs études ont été menées dans le but de détecter les intrusions (les cyberattaques) dans les systèmes industriels mais, peu sont orientées dans le sens de prévenir et de bloquer les cyberattaques dans les systèmes afin que celles-ci ne se propagent dans le réseau et causées des dysfonctionnements ou des *black-out*. C'est le cas des travaux de [5], [20], [9], [22] qui proposent l'installation d'un IDS et des pare-feu dans les sous stations électriques ainsi que des modèles de détection d'intrusion. Ces modèles ou propositions n'arrivent pas à bloquer les attaques. Ils ne sont que transparent et envoient seulement une alarme pour signaler que la menace a été détectée dans le réseau mais n'arrivent pas à l'éliminer. Le signal d'une attaque est une bonne alerte dans la gestion des systèmes de sécurité, mais ne constitue pas des mesures pour la maîtriser. Leurs résultats sont similaires à ceux de [11], [13]. Donc, il vaut mieux orienter les recherches dans le sens des mesures anticipatives d'élimination et de prévention des attaques dans le réseau. La contribution dans ce sens pourrait aider vraiment à renforcer la sécurité des infrastructures électriques contre les cyberattaques. Les travaux de [19] devraient paraître intéressants si les auteurs avaient pu passer à l'expérimentation sur l'approche proposée pour confirmer ou infirmer son efficacité. Aussi le fait de rapprocher le filtre compte-rendu des capteurs ne permet pas de distinguer les attaques des défaillances du système. Pour [13], le fait d'utiliser le firewall pour séparer le réseau interne de l'externe reste insuffisant car les intrusions et les attaques ne proviennent pas seulement de l'extérieur mais aussi de l'intérieur. Les résultats de [21] devraient interpeller puisque beaucoup d'études ont été avancées dans le sens de déterminer les points les plus critiques du

système électrique afin de mener des actions pour leurs protections car, la défaillance de ces points critiques peut entraîner une défaillance en cascade et une panne de l'ensemble du système sauf qu'on ignorait le plus souvent l'impact que ces attaques ont sur les consommateurs d'électricité. Or, la satisfaction des clients (consommateurs) pour la consommation d'électricité est l'un des principaux facteurs ayant un impact sur la façon dont nous comprenons la vulnérabilité du réseau électrique. Il est donc nécessaire d'accorder désormais d'importance sur l'impact des cyberattaques sur les clients dans les stratégies de sécurité. Pour [23], [24], la technologie blockchain est une solution pour assurer la sécurité et le stockage des données produites sur le réseau électrique intelligent. Puisqu'elle s'applique dans presque tous les domaines de l'économie, la blockchain est une technologie prometteuse dans le futur pour répondre à une variété de problèmes dans les réseaux électriques intelligents.

6 CONCLUSION

Cet article ressort les problèmes de cybersécurité auxquels sont confrontés aujourd'hui les systèmes industriels en général et celui de l'électricité avec l'intégration et l'évolution des TIC au sein de ce secteur en particulier. Une revue de littérature et des analyses critiques ont permis de voir les failles et les points de vulnérabilités des infrastructures électriques, le bilan des attaques dont ces dernières sont victimes ainsi que les différentes solutions et systèmes proposés par les chercheurs face à cette situation. Cependant, protéger le système électrique contre les menaces en temps réel s'avère être indispensable pour un système électrique dynamique tel que les *Smart Grids*. Pour cela, dans la suite de cette recherche, des nouveaux modèles ou algorithmes capables de pouvoir prendre en compte en temps réel les nouvelles attaques non encore connues doivent être développés ou conçus car, les méthodes et stratégies de sécurités utilisées habituellement sont principalement basées sur l'anticipation des cyberattaques déjà existantes et ne prennent pas en compte celles potentiellement prévisibles. Nous voulons à cet effet mettre en évidence, l'utilisation des techniques de machine learning (ML) et de l'intelligence artificielle (IA) dans la prévention des cyberattaques au regard des évolutions technologiques et assurer la sécurité des flux de données (consommations et productions) du réseau électrique. Notre motivation est que nous avons constaté dans la littérature que peu d'études sont allées dans le sens de bloquer l'intrusion (attaque) d'une cyberattaque dans l'infrastructure électroénergétique. Notre contribution est de développer un nouveau modèle capable de bloquer une cyberattaque avec l'utilisation des techniques de l'IA et de ML.

REMERCIEMENTS

La rédaction de ce manuscrit s'est effectuée grâce à la contribution de diverses personnes auxquelles nous tenons à adresser nos sincères remerciements.

Une marque particulière de reconnaissance au:

- **Pr AJAVON Ayité Sénah Akoda**, Ancien Directeur du Centre d'Excellence Régional pour la Maîtrise de l'Electricité (CERME) pour son management au sein du centre et pour tous les efforts et sacrifices qu'il ne cesse de faire pour la réussite de ses étudiants et doctorants notamment le financement en totalité des frais de publication d'article;
- **Dr PALANGA Eyouléki Tchéyi Gnadi**, Maître de conférences et directeur de thèse, qui consacre tout son temps jours et nuits malgré ses multiples occupations à encadrer nos travaux de recherche du début jusqu'à la publication de cet article. Qu'il trouve ici nos sincères remerciements pour la mobilisation des ressources matérielles, humaines et financières pour notre accompagnement;
- **Pr SALAMI Adekunlé Akim**, Directeur Adjoint de l'Ecole Polytechnique de Lomé (EPL) et co-directeur de thèse, pour sa disponibilité, ses conseils et orientations à encadrer nos travaux de recherches malgré ses multiples charges;
- **Dr OURO-GBELE Zoukoulou**, pour ses conseils, orientations, corrections et relecture de cet article.

Que toutes ces personnes, trouvent ici, l'expression courtoise de mes salutations distinguées. Leurs conseils, remarques et suggestions ont constitué pour moi un véritable point d'appui dans la rédaction de cet article. Je leur en sais vraiment gré et les en remercie vivement.

REFERENCES

- [1] N. Rahman, I. Sairi, N. A. M. Zizi, et F. Khalid, « The importance of cybersecurity education in school », *International Journal of Information and Education Technology*, vol. 10, n° 5, p. 378-382, 2020.
- [2] K. Cacciapaglia, « Analyse sur les différentes cyberattaques informatiques », Haute école de gestion de Genève, 2018.
- [3] M. Gomes, « Analyse de cyberattaques et proposition de solution au travers du pentesting », Haute école de gestion de Genève, 2021.
- [4] M. Z. Gunduz et R. Das, « Cyber-security on smart grid: Threats and potential solutions », *Computer networks*, vol. 169, p. 107094, 2020.
- [5] A. Stefanov et C.-C. Liu, « Cyber-power system security in a smart grid environment », in *2012 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies (ISGT)*, 2012, p. 1-3.
- [6] D. I. Dogaru et I. Dumitrache, « Cyber security of smart grids in the context of big data and machine learning », in *2019 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS)*, 2019, p. 61-67.
- [7] ARSE - Autorité de réglementation du secteur de l'électricité, « Rapport d'activité 2020 », Togo, Rapport annuel, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.arse.tg/>
- [8] International Energy Agency, « Electricity Market Report, July 2021 », OECD, juill. 2021. doi: 10.1787/f4044a30-en.
- [9] L. Haghnegahdar et Y. Wang, « A whale optimization algorithm-trained artificial neural network for smart grid cyber intrusion detection », *Neural computing and applications*, vol. 32, n° 13, p. 9427-9441, 2020.
- [10] S. Iyer, « Cyber security for smart grid, cryptography, and privacy », *International Journal of Digital Multimedia Broadcasting*, vol. 2011, 2011.
- [11] G. Desarnaud, « Cyberattaques et systèmes énergétiques. Faire face au risque », *Etudes de l'Ifri*, p. 62, janv. 2017.
- [12] N. Mensi, D. B. Rawat, et E. Balti, « Gradient Ascent Algorithm for Enhancing Secrecy Rate in Wireless Communications for Smart Grid », *IEEE Transactions on Green Communications and Networking*, vol. 6, n° 1, p. 107-116, mars 2022, doi: 10.1109/TGCN.2021.3093821.
- [13] G. Shen, G. Chen, X. Dong, A. Geng, L. Sun, et Y. Sun, « Architecture and Key Technology of Intelligent Energy Service System Based on Industrial Internet », in *2020 IEEE Sustainable Power and Energy Conference (ISPEC)*, 2020, p. 2077-2082.
- [14] WAPP EEEOA, « Système d'Echanges d'Energie Electrique Ouest-Africain », Rapport annuel, 2021. Consulté le: 9 août 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ecowapp.org/fr/documentation>.
- [15] « Statistiques, tendances et faits sur la cybersécurité qui comptent pour 2022 », *Website Rating*, 12 avril 2022. <https://www.websiterating.com/fr/research/cybersecurity-statistics-facts/> (consulté le 17 juin 2022).
- [16] H. Rebecca, « ÉVALUATION 2021 DES CYBERMENACES EN AFRIQUE », p. 35, 2021.
- [17] J.-M. Flaus, *Cybersécurité des systèmes industriels*. ISTE Group, 2019.
- [18] J. R. Lindsay, « Stuxnet and the Limits of Cyber Warfare », *Security Studies*, vol. 22, n° 3, p. 365-404, juill. 2013, doi: 10.1080/09636412.2013.816122.
- [19] F. Sicard, É. Zamaï, et J.-M. Flaus, « Cyberdéfense des systèmes de contrôle-commande industriels: une approche par filtres basée sur la distance aux états critiques pour la sécurisation face aux cyberattaques », 2017.
- [20] S. Mocanu, « Cyberdéfense des infrastructures critiques », COMMUNAUTÉ UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES, 2019.
- [21] T. N. Nguyen, B.-H. Liu, N. P. Nguyen, et J.-T. Chou, « Cyber security of smart grid: attacks and defenses », in *ICC 2020-2020 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, 2020, p. 1-6.
- [22] M. A. Ferrag, M. Babaghayou, et M. A. Yazici, « Cyber security for fog-based smart grid SCADA systems: Solutions and challenges », *Journal of Information Security and Applications*, vol. 52, p. 102500, 2020.
- [23] S. M. Kim, T. Lee, S. Kim, L. W. Park, et S. Park, « Security issues on smart grid and blockchain-based secure smart energy management system », in *MATEC Web of Conferences*, 2019, vol. 260, p. 01001.
- [24] A. Hasankhani, S. M. Hakimi, M. Bisheh-Niasar, M. Shafie-khah, et H. Asadolahi, « Blockchain technology in the future smart grids: A comprehensive review and frameworks », *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 129, p. 106811, 2021.
- [25] A. Kpegouni, E. T. G. Palanga, et A. A. Salami, « Electricity Grids Facing Cyber Threats: What Approaches For Electricity Companies? », in *2022 V International Conference on High Technology for Sustainable Development (HiTech)*, oct. 2022, p. 1-4. doi: 10.1109/HiTech56937.2022.10145560.

