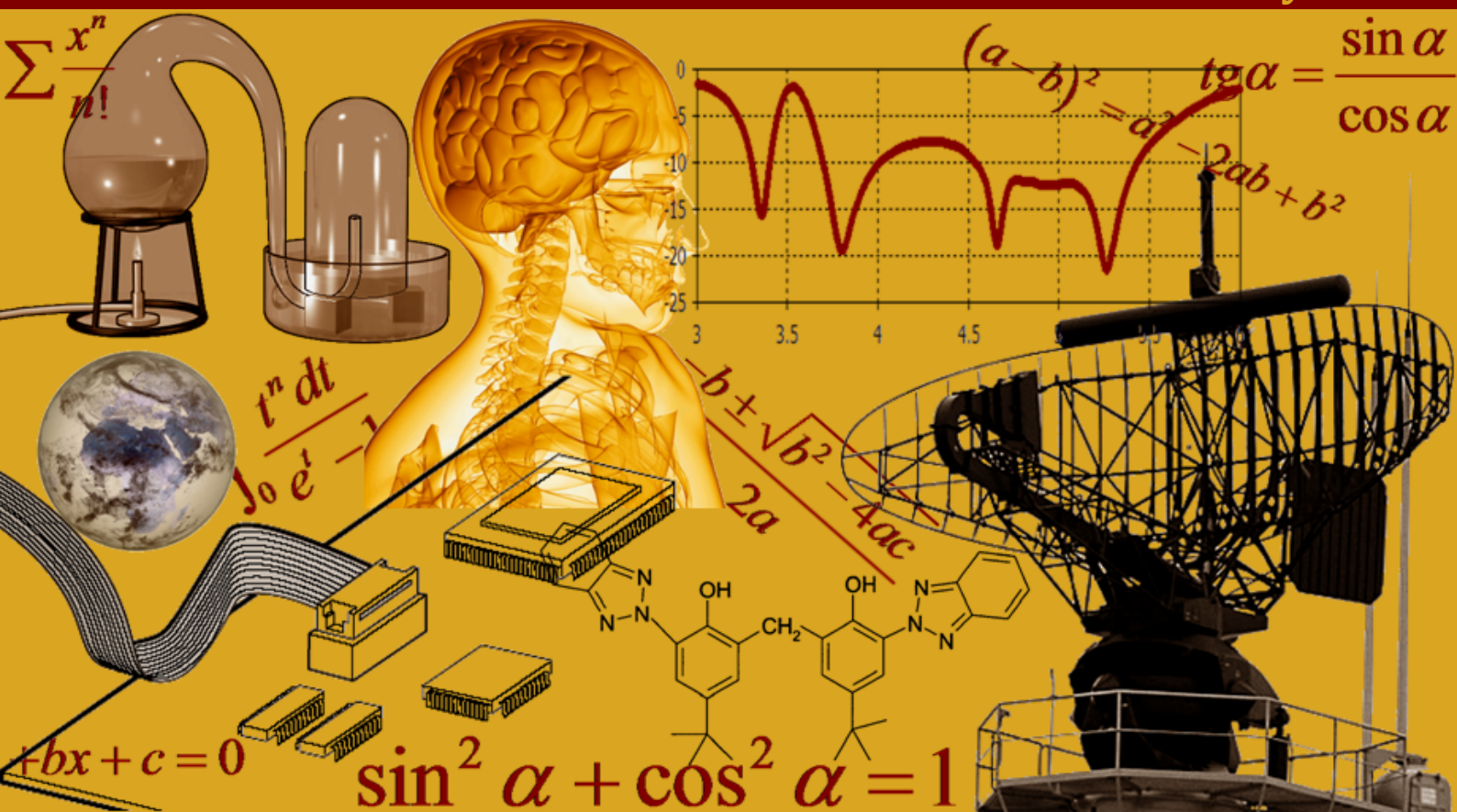


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 72 N. 2 May 2024



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

Dimensionnement du parc d'engins pour l'exploitation du Massif 1 dans les deux premières années quinquennales du plan de relance de la MIBA	113-121
<i><u>Joseph Kazadi Mutombo and Richard KATALAYI KANYINDA</u></i>	
Instabilité intra-saisonnière de la saison pluvio-agricole Mars-Avril-Mai (MAM) en République du Congo (1951-2010)	122-130
<i><u>Achille Patrick BATCHI MAV, Olivier Claver Maixent KAMBI, and Fred William MANIAKA</u></i>	
Système d'information de gestion et de suivi des patients avec notification SMS: Conception d'un modèle informatique	131-136
<i><u>S. Maki Mugenyi Daniel, Mwenge Mahamba Joël, and Kidicho Bossongo Blessing</u></i>	
Study on the Influence of Computer Simulation on the Acquisition of Electrical Skills among Students at the Higher Institute of Applied Techniques (I.S.T.A.) in Kinshasa: Analysis of the «Circuit Wizard» Software among Future Congolese Engineers	137-148
<i><u>Jacques N'Djoli, Mouad CHAT, Ayoub AIT OUAALL, Manar BEN BOUMEDIANE, Farid Benahdelouhab, Rachid Janati-Idrissi, and Rajae Zerhane</u></i>	
Assessing the microbiological quality of borehole and well water in Ferkessedougou, Côte d'Ivoire	149-155
<i><u>Quattara Mohamed, Effebe Kokoh Rose, and Quattara Koffi Nouho</u></i>	
Cutaneous Loxoscelism: A Moroccan observation	156-158
<i><u>Faical Kouskous, Ilham Tadmouri, Moustapha Hida, Kalmi Noura, Hanane Baybay, and Fatima Zahra Mernissi</u></i>	

Dimensionnement du parc d'engins pour l'exploitation du Massif 1 dans les deux premières années quinquennales du plan de relance de la MIBA

[Sizing of the equipment fleet for the operation of Massif 1 in the first two five-year years of the MIBA recovery plan]

Joseph KAZADI MUTOMBO and Richard KATALAYI KANYINDA

Institut du Bâtiment et des Travaux Publics de Mbuji-Mayi, RD Congo

Copyright © 2024 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 Congolese State provides 435 million dollars for the effective relaunch of mining activities at MIBA. The investment of these millions of dollars is spread over 5 years, including 161 million for the first two years of the five-year term and the difference in the next three years.

While waiting for the first installment of the investment budget, MIBA intends to timidly start mining the kimberlite from the Massif 1 site in the first two years of the five-year term. This kimberlite will be fed to the three processing plants to be operationalized sequentially, and having a CUP of 0.49. Based on the CUP of the factories and the fleet of available machines, we have sized the machine park for the partial relaunch of mining activities. This machine park will consist of 2 probes, 3 excavators, 2 loaders, 6 trucks, 1 dozer, 1 grader, 1 compactor, 200-meter-long piping in place of a tanker truck, a machine refueling pump on site, movable on board a vehicle and safety equipment.

KEYWORDS: Sizing, equipment fleet, CUP, Massif 1.

RESUME: L'Etat Congolais prévoit 435 millions de dollars pour la relance effective des activités minières à la MIBA. L'investissement de ces millions de dollars est étalé sur 5 ans dont 161 millions pour les deux premières années du quinquennat et la différence dans les trois prochaines années.

En attendant le premier acompte du budget d'investissement, la MIBA compte démarrer timidement l'exploitation de la kimberlite du chantier Massif 1 dans les deux premières années du quinquennat. Cette kimberlite sera alimentée aux trois usines de traitement à opérationnaliser de façon séquentielle, et ayant un CUP de 0,49. Sur base du CUP des usines et la flotte d'engins disponibles, nous avons dimensionné le parc engin pour la relance partielle des activités minières. Ce parc engin sera composé de 2 sondeuses, 3 pelles, 2 chargeuses, 6 camions, 1 dozer, 1 niveleuse, 1 compacteur, une tuyauterie de 200 mètres de longueur à la place d'un camion-citerne, une pompe de ravitaillement des engins sur chantier, déplaçable à bord d'un véhicule et des équipements de sécurité.

MOTS-CLEFS: Dimensionnement, parc engin, CUP, Massif 1.

1 INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, la Société Minière de Bakwanga « MIBA » est à la recherche des partenaires pour une relance effective de ses activités. Un budget de 435 millions de dollars fut élaboré par le Gouvernement de la RDC et d'autres partenaires pour l'effectivité de cette relance. Il sera débloqué en plusieurs tranches, et dans un intervalle de temps allant de 1 à 5 ans. Le premier acompte du budget, évalué à 161 millions de dollars sera versé à la MIBA dans les deux premières années du quinquennat, et le solde dans les trois prochaines années.

Avant le décaissement total du premier acompte du budget, les dirigeants de la Société souhaiteraient démarrer timidement leurs activités minières dans les deux premières années du quinquennat, en mettant en service trois unités de traitement des minerais avec un CUP égal à 0,49. Les séquences de mise en service de ces trois unités de traitement sont:

- En début du 1^{er} semestre, démarrage de la laverie de DISELE 1 (75 m³/h de capacité installée)
- Six mois après, démarrage de la laverie de DISELE 2 (100 m³/h de capacité installée)
- 12 mois après, démarrage de la laverie Nouvelle Unité Kimberlitique ou NUK (100m³/h)

A ce jour, la MIBA dispose une flotte d'engins très diminuée, nécessitant une fiabilisation et une réparation. Cependant, combien d'engins miniers auraient donc besoin les exploitants MIBA sur ceux disponibles afin de relancer timidement leurs activités minières, en attendant de gros moyens d'investissement ? La réponse à cette question peut être trouvée dans le calcul de dimensionnement du parc engin. Ce travail a donc pour objectif, le dimensionnement du parc d'engins pour l'extraction de la kimberlite du chantier massif 1 vers les différentes unités de traitement des minerais. Puis, l'étude de faisabilité ou d'application du plan de relance timide des activités minières.

2 ZONE D'ÉTUDE

Le Massif 1 se trouve à Mbuji-Mayi, chef-lieu de la province du Kasai-Oriental (RDC) dans la concession de la MIBA, communément appelé « Polygone minier ». Ce massif se trouve au Sud-Est de la ville de Mbuji-Mayi, dans la zone comprise entre les X (7.500 – 8. 400) d'Ouest à l'Est et les Y (2.800 – 4.000) du Sud au Nord en coordonnées locales. Son altitude varie de Z: 610–600 en surface à Z: 390 au fond et la longueur totale suivant le grand axe est de 750 m et la petite mesure environ 450 m. Sa forme est ellipsoïde tronquée à parois subverticales du Nord, à l'Ouest et au Sud. Il est composé de 5 faciès: la kimberlite massive, la xénokimberlite, les épicrostites, les calcaire dolomitique, et enfin les sables, grès et brèches regroupés en une unité lithologique. La teneur géologique moyenne reste confidentielle. Le niveau d'exploitation est à ce jour entre le niveau 565 et 560 m.

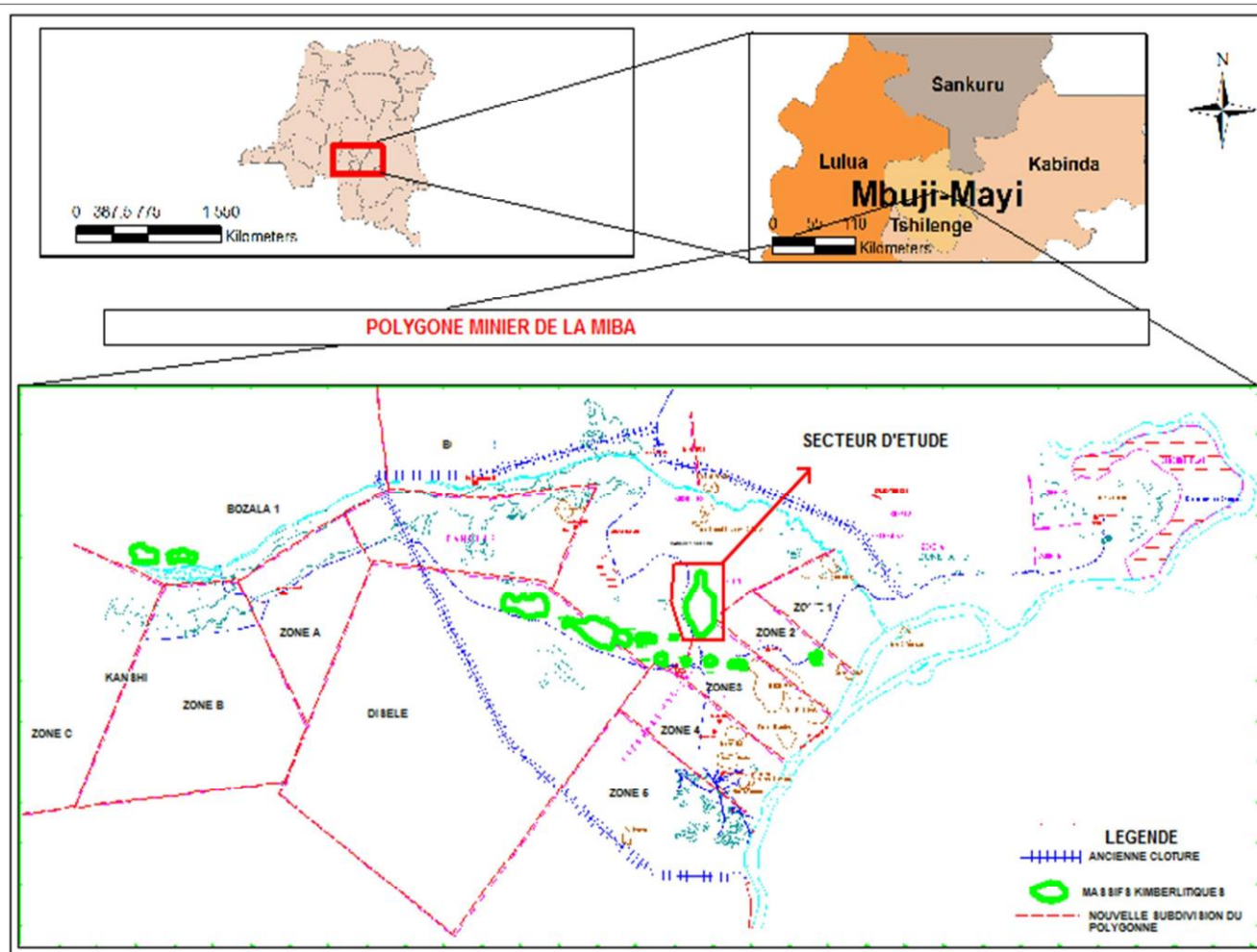


Fig. 1. Carte de localisation du Massif 1 (source: cartographie MIBA)

3 METHODOLOGIE DE DIMENSIONNEMENT DU PARC D'ENGINS MINIER

La méthodologie utilisée dans ce travail est purement analytique. Les étapes de calcul sont:

- Détermination de la production minière annuelle
- Calcul du temps de cycle de l'engin
- Calcul du rendement horaire de l'engin
- Calcul des heures de marche nécessaire de l'engin
- Calcul de nombre d'engins requis
- Déterminer les conditions d'un démarrage partiel des activités minières

4 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

4.1 DETERMINATION DE LA PRODUCTION MINIERE ANNUELLE

Le dimensionnement du parc d'engins est fonction des capacités installées aux unités de traitement des minerais.

Usine de DISELE 1

$$P_m = CUP \times [(C_{conc} \times N) + (0,1 \text{ à } 0,25) C_{conc} N] \quad (1)$$

$$= CUP \times (1,10 \text{ à } 1,25) C_{conc} N$$

Avec:

- P_m : production minière mensuelle;
- C_{conc} : Capacité du concentrateur de DISELE I: 900 m³/trait de 12 heures;
- N : nombre de traits par mois: 60 traits/mois (30 jrs/mois x 2 traits/jour);
- CUP : Coefficient d'utilisation pratique: 49%;

10 à 25 % de C_{conc} : mise en stock, soit une moyenne de 17,5 %.

$$P_m = 31\,090,5 \text{ m}^3/\text{mois ou } 373\,086 \text{ m}^3/\text{an.}$$

Usine de DISELE 2: 248 724 m³/ semestre ou 497 448 m³/an

NUK: 497 448 m³/an.

Le cubage global en minerai foisonné pour la première année du quinquennat est de 621 810 m³ et de 1 367 982 m³ pour la deuxième année. Et les cubages en place sont respectivement 518 175 m³ et 949 987,5 m³ avec un coefficient de foisonnement de 1,2.

4.2 BESOIN EN ENGINS MINIER

4.2.1 BESOIN EN SONDEUSE

Temps de cycle de la sondeuse CRAWLER RIG KG510 (MIBA):

Le temps de cycle de la sondeuse (t_{cf}) est composé de 4 temps (exprimés en secondes): temps de forage pur (t_{fp}), temps de remontée de la tige (t_{rt}), temps de déplacement, temps de mise-à-niveau (t_{mn}).

$$t_{cf} = t_{fp} + t_{rt} + t_{df} + t_{mn} \quad (2)$$

$$= 9,52 \text{ minutes ou } 571,2 \text{ secondes (résultat des statistiques propres)}$$

Rendement de la sondeuse

Le rendement de la sondeuse représente la profondeur h du trou foré par heure. Il est fonction de la profondeur du trou ($h=6\text{m}$), du temps de cycle ramené à l'heure (571,2 sec), du coefficient de disponibilité ($K_{dp} = 0,8$) et du coefficient d'utilisation ($K_{up} = 0,8$) de la sondeuse.

$$R_f = \frac{3600 \times h}{t_{cf}} \times K_{dp} \times K_{up} \quad (3)$$

$R_f = 24,2$ mètres forés/h

Les heures de marche requises:

Nombre de trous (N_{trous}) à réaliser pour la production minière annuelle:

$$N_{trous} = \frac{\text{volume du minerai en place}}{V_{maille}} \quad (4)$$

$$V_{maille} = b \times e \times h = 52,5 \text{ m}^3$$

Où:

b: Banquette = 2,5 m

e: Espacement = 3,5

h: Profondeur du trou = 6 m y compris le surforage

Le nombre des trous pour la 1^{ère} année vaut: $N_{trous} = \frac{518\,175}{52,5} = 9\,870 \text{ trous}$

Et 18 095 trous pour la deuxième année du quinquennat.

A partir du nombre de trous, nous pouvons calculer le MLF total foré par année:

$$MLF = N_{trous} \times h \quad (5)$$

= 59 220 mètres pour la 1^{ère} année

= 108 570 mètres pour la 2^{ème} année

Les heures de marches requises pour réaliser ce MLF

$$H_{mf} = \frac{MLF}{R_f} \quad (6)$$

$H_{mf} = \frac{82\,908}{24,2} = 2\,447 \text{ heures}$ pour la 1^{ère} année et 4 486 heures la 2^{ème} année.

Nombre de sondeuses requises N_f :

Le besoin en sondeuse est le rapport des heures requises (H_{mf}) par les heures disponibles annuellement (H_0).

$$N_f = E \left(\sum \frac{H_{mf}}{H_0} \right) + 1 \quad (7)$$

H_0 peut être calculé comme suit:

Le temps effectif de travail est de 50 minutes par heure ou 20 heures de fonctionnement par jour, soit $H_0 = 7\,300$ heures par an.

$N_f = 1,3 \approx 2$ sondeuses pour la 1^{ère} année

$N_f = 1,6$ ou 2 sondeuses pour la 2^{ème} année

La MIBA dispose d'une seule sondeuse. Par conséquent, il va falloir acheter une deuxième sondeuse. Son coût d'achat est très abordable, environ 57 000\$ intégrant le compresseur.

4.2.2 BESOIN EN PELLE HYDRAULIQUE

Temps de cycle de la pelle VOLVO EC350D (MIBA)

Le temps de cycle de la pelle dépend du temps de remplissage d'un camion (t_{rc}) et du temps de passage d'un camion au suivant (t_a):

$$t_{cp} = t_{rc} + t_a \quad (8)$$

Le temps de remplissage d'un camion dépend du temps de cycle du godet (t_{cg}) et du nombre de godets par camion ($N_{g/c}$).

$$t_{rc} = t_{cg} \times N_{g/c} \quad (9)$$

Le nombre de godets par camion dépend de la capacité de la benne ($C_B = 15 \text{ m}^3$), de la capacité du godet ($C_G = 2,33 \text{ m}^3$), du coefficient de remplissage (K_r) et du coefficient de foisonnement (K_f) du matériau excavé.

$$N_{\frac{g}{c}} = \frac{C_B}{C_G \times K_r \times K_f} \quad (10)$$

- Temps de cycle moyen du godet de la pelle au minerai = 0,52 minutes
- Temps de cycle moyen du godet de la pelle au stérile = 0,48 minutes
- Distant max entre les points de chargement (Chantier Massif 1) et de chargement (Laverie) = 2,5 km standard, au minerai ou 1,5 km standard au stérile
- coefficient de remplissage (K_r)
 - 100%, pour les sols granulaires
 - 95%, pour les sols argileux et organiques
 - 85 à 70%, pour les débris rocheux et blocs de rocher
- Coefficient de foisonnement (K_f)

4.3 POUR LA KIMBERLITE

4.4 POUR LE STÉRILE

- Les coefficients de disponibilité et d'utilisation sont fixés à 85%, vu l'état mécanique de la pelle

$$N_{\frac{g}{c(\text{minerai})}} = \frac{15}{2,33 \times 0,8 \times 1,2} = 7 \text{ et } N_{\frac{g}{c(\text{stérile})}} = \frac{15}{2,33 \times 0,95 \times 1,3} = 6$$

$$t_{rc(\text{minerai})} = 0,52 \times 7 = 3,64 \text{ minutes et } t_{rc(\text{stérile})} = 0,48 \times 6 = 2,88 \text{ minutes}$$

$$t_{cp(\text{minerai})} = 3,64 + 0,5 = 4,14 \text{ minutes et } t_{cp(\text{stérile})} = 2,88 + 0,5 = 3,38 \text{ minutes}$$

Rendement de la pelle:

Le rendement réel de la pelle (R_p) dépend de la capacité de la benne $[(C)_B]$ du camion, du temps de cycle (en secondes), du coefficient de disponibilité (K_{dp}) et du coefficient d'utilisation (K_{up}) de la pelle.

$$R_p = \frac{3600 \times C_B}{t_{cp}} \times K_{dp} \times K_{up} \quad (11)$$

$$R_{p(\text{minerai})} = \frac{3600 \times 15}{248,4} \times 0,85 \times 0,85 = 157 \frac{m^3}{h} \text{ et } 192 \frac{m^3}{h} \text{ au stérile.}$$

Les heures de marche requises:

Les heures de marches annuelles des travaux de chargement sont calculées moyennant la formule suivante:

$$H_{mp} = \frac{\text{Volume annuel en minerai ou en stérile}}{R_p} \quad (13)$$

$$- H_{mp(\text{minerai})} = \frac{621\,810}{157} = 3961 \text{ heures pour la 1}^{\text{ère}} \text{ année}$$

$$- H_{mp(\text{minerai})} = \frac{1\,367\,982}{157} = 8\,713 \text{ heures pour la 2}^{\text{ème}} \text{ année}$$

Pour déterminer les H_{mp} au stérile, il faut connaître le cubage des stériles à extraire durant les deux années de production minière. Ce cubage en stérile peut être déterminé à partir du rapport de découverte estimé à 0,49.

Les cubages de minerai en place à la première et à la deuxième année du quinquennat sont respectivement égaux à 518 175 m³ et 949 987,5 m³. Les cubages en place des stériles correspondants sont respectivement égaux à 253 906 m³ et 465 494 m³.

$$H_{mp(\text{stérile})} = \frac{253\,906 \times 1,3}{192} = 1719,4 \text{ heures pour la première année}$$

$$H_{mp(\text{stérile})} = \frac{465\,494 \times 1,3}{192} = 3152 \text{ heures pour la première année}$$

$$H_{mp(\text{minerai}+\text{stérile})} = 5\,680,4 \text{ heures pour la première année}$$

$$H_{mp(\text{minerai}+\text{stérile})} = 11\,865 \text{ heures pour la deuxième année}$$

$$N_{P(\text{minerai}+\text{minerai})} = \frac{5\,680,4}{7300} + 1 = 1,8 \approx 2 \text{ pour la 1}^{\text{er}} \text{ année}$$

$$N_{P(\text{minerai}+\text{stérile})} = \frac{11\,865}{7300} + 1 = 2,6 \approx 3 \text{ pour la 2}^{\text{ème}} \text{ année}$$

La MIBA possède 3 pelles:

- Pelle VOLVO EC350D de capacité du godet 2,33 m³
- Pelle SDLG E6460F de capacité de godet 3,5 m³
- Pelle SANY SY235C de capacité de godet 1,3 m³

La moyenne des capacités des godets de la pelle SDLG et de la pelle SANY donne 2,4 m³ valeur proche de la capacité du godet de la pelle VOLVO. Nous pouvons donc conclure que ces trois pelles peuvent couvrir les deux années de production minière.

4.4.1 BESOIN EN BRISE-ROCHE

Par manque des moyens, la MIBA utilise la pelle pour briser les blocs constituant les ratés lors de minage. C'est une opération effectuée pendant les heures d'arrêts du chantier ou des unités de traitement, étant donné que le CUP de ces usines est fixé à 0.49, soit 11,76 heures de traitement de minerai par jour. Autrement-dit, les heures d'indisponibilités des unités de traitement servent à briser les blocs à kimberlite au chantier par la pelle ou les pelles.

4.4.2 BESOIN EN CHARGEUSE

La chargeuse reprend le minerai au stock et déverse dans la trémie d'alimentation. Son temps de cycle a été évalué statistiquement, et vaut 1,64 minute. Le coefficient de remplissage du godet est égal à 90%. Le temps effectif de travail est égal à 50 minutes. La capacité du godet est égale à 3,5 m³.

Sur base des données ci-dessus, on peut calculer:

- Le nombre de cycle par heure = $\frac{50 \text{ min}}{\frac{1,64 \text{ min}}{\text{cycle}}} \text{ cycles/h}$
- La production horaire = $30 \text{ cycle} \times 3,5 \text{ m}^3 \times 90\% = 95 \text{ m}^3/\text{h}$

La chargeuse reprend au stock 17,5% du volume global en minerai par an, soit 108 817 pour la première année et 239 397 pour la deuxième année.

$$H_{\text{mchargeuse (première année)}} = \frac{108\,817}{95 \text{ m}^3} = 1145,44 \text{ h et } 2520 \text{ h pour la 2}^{\text{ème}} \text{ année}$$

$$N_{\text{chargeuses (première année)}} = \frac{1145,44}{7300} + 1 = 1,2 \approx 2 \text{ (et aussi pour la 2}^{\text{ème}} \text{ année).}$$

4.4.3 BESOIN EN CAMION

Temps de cycle du camion (MIBA)

Le temps de cycle du camion T_{CC} est donné par:

$$T_{CC} = \text{Temps variable} + \text{Temps fixe} \quad (14)$$

Le T_{CC} est égal à 14,9 minutes au minerai et 10,7 minutes au stérile (résultats des statistiques propres).

Nous rappelons que le temps de cycle d'un camion dépend en grande partie de la distance de transport, appelé distance standard. Cette distance est de 2,5 km standard au minerai et 1,5 km standard au stérile.

Rendement du camion:

Le temps effectif de travail étant de 50 minutes sur 60, le rendement du camion R_c peut être calculé par la formule suivante:

$$R_c = \frac{50 \times C_B}{T_{CC}} \quad (15)$$

Les heures de marche requises:

Les heures de marche pour transporter le minerai abattu ou le stérile annuellement sont calculées par la formule suivante:

$$H_{mc} = \frac{\text{Volume annuel en minerai ou en stérile}}{R_c} \quad (16)$$

$$\text{Le rendement horaire du camion} = \frac{50 \times 15}{14,9} = 50 \text{ m}^3 \text{ au minerai}$$

$$\text{Le rendement horaire du camion} = \frac{50 \times 15}{10,47} = 72 \text{ m}^3 \text{ au stérile}$$

$$H_{mc(\text{minerai})} = \frac{621810}{50} = 12\,436,2 \text{ heures pour la première année}$$

$$H_{mc(\text{minerai})} = \frac{1\,367\,982}{50} = 27\,360 \text{ heures pour la deuxième année}$$

$$H_{mc(\text{stérile})} = \frac{253\,906 \times 1,3}{72} = 4259,41 \text{ heures pour la première année}$$

$$H_{mc(\text{stérile})} = \frac{465\,494 \times 1,3}{72} = 8\,405 \text{ heures pour la deuxième année}$$

$$H_{mc(\text{minerai}+\text{stérile})} = 16\,696 \text{ heures pour la première année}$$

$$H_{mc(\text{minerai}+\text{stérile})} = 35\,765 \text{ heures pour la deuxième année}$$

Nombre de camions requis:

$$N_c = \frac{19\,963,2}{7300} + 1 = 3,3 \approx 4 \text{ camions, pour la première année}$$

$$N_c = \frac{35\,765}{7300} + 1 = 5,9 \approx 6 \text{ camions, pour la deuxième année}$$

La MIBA possède 5 camions disponibles et 4 camions à réparer. Donc, l'attelage à la pelle peut être respecté.

4.4.4 BESOIN EN BULLDOZER

Temps de cycle du bulldozer PD320Y-1 (MIBA):

Le temps de cycle du Bulldozer (t_{bull}) est composé de 4 temps:

- Le temps de refoulement
- Du temps d'inversion de marche
- Capacité de la lame: 9 m³
- Distance de refoulement à la mise à terril: 15 m
- Temps d'inversion de marche (t_{inv}): 1,5 seconde

Le refoulement se réalise en première vitesse V_o (3,8 km/h) tandis que la marche arrière V_r se fait en troisième (7,9 km/h).

$$t_{bull} = 2 \times t_{inv} + 3600 \times \frac{D_b}{V_o} + 3600 \times \frac{D_b}{V_r} \quad (17)$$

$$t_{bull} = 2 \times 1,5 + 3600 \times \frac{15}{3\,800} + 3600 \times \frac{15}{7\,900} = 24 \text{ sec ou } 0,40 \text{ minute}$$

Rendement du Bulldozer:

Le rendement du bulldozer est calculé à partir de la capacité de sa lame (C_l) et de son temps de cycle par la formule ci-dessous:

$$R_{bull} = C_l \times 3600 \times \frac{K_{dbull} \times K_{ubull}}{t_{bull}} = 9 \times 3600 \times \frac{0,8 \times 0,8}{24} = 864 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Où:

K_{dbull} et K_{ubull} sont respectivement le coefficient de disponibilité et le coefficient d'utilisation du bulldozer.

Les heures de marche requises:

$$H_{mbull(stérile)} = \frac{253\,906 \times 1,3}{864} = 382 \text{ heures pour la première année.}$$

$$H_{mbull(stérile)} = \frac{465\,494 \times 1,3}{864} = 700 \text{ heures pour la deuxième année.}$$

En considérant qu'on aura besoin d'utiliser le bulldozer pour le surfacage de 30% de la production stérile, les heures de marche du bulldozer sont:

$$H_{mbull} = \frac{253\,906 \times 1,3}{864} \times 0,3 = 88,2 \text{ heures pour la 1}^{ème} \text{ année et 210 heures pour la 2}^{ème}$$

$$H_{mbull \text{ totale première année}} = 470,2 \text{ heures pour la 1}^{ème} \text{ année et 910 heures pour la 2}^{ème}$$

Nombre de bulldozers nécessaire :

$$N_{bull} = \frac{470,2}{7300} + 1 = 1 \text{ pour la 1}^{ème} \text{ année et } N_{bull} = \frac{910}{7300} + 1 = 1 \text{ pour la 2}^{ème} \text{ année}$$

4.4.5 BESOIN EN COMPACTEUR ET NIVELEUSE

Le compacteur RS8200-SDLG et la niveleuse SDLG G9220 sont des engins les moins sollicités en mine. Ils sont utilisés de façon ponctuelle ou périodique. Par exemple, la niveleuse est utilisée pour racler la boue au chantier ou à l'épandage des remblais ou les travaux de profilage, etc. D'où, une seule niveleuse et un seul compacteur peuvent être retenus.

4.4.6 BESOIN EN CAMION À MAZOUT ET CAMION-CITERNE D'ARROSAGE

Ces deux engins viennent en appoint aux engins primaires de la MIBA. Un seul camion à mazout suffit pour le ravitaillement des engins sur chenilles, et un seul camion pour l'arrosage des sites susceptibles aux envols des particules des poussières.

En cas de manque des moyens financiers, nous suggérons la réparation de la pompe démontée sur la pelle VOLVO pour le ravitaillement des engins. Son déplacement sera assuré par un véhicule (Land Cruiser 377). Et à la place de la citerne-arroseuse, nous suggérons l'achat d'un tuyau de 200 m de longueur pour l'arrosage de l'espace de manœuvres des transporteurs (Trémie 3 de la Laverie de DISELE), site ayant plusieurs préposés. Pour ceux qui sont au chantier Massif 1, nous proposons le port obligatoire des équipements de sécurité (casques, lunettes, bottes, cache-poussières, etc.).

4.5 NOMBRE D'ENGINS REQUIS ET CONDITIONS D'APPLICATION DU PLAN DE RELANCE

Le nombre d'engins requis pour l'exploitation du massif 1 pendant les deux premières années quinquennales du plan partiel de relance de la MIBA est repris dans le tableau 1.

Tableau 1. Nombre d'engins requis

N°	ENGIN	ANNEE 1	ANNEE 2	ENGINS DISPO A LA MIBA
01	Sondeuse	2	2	Une sondeuse en panne
02	Pelle	2	3	3 dont 1 en réparation
03	Chargeuse	2	2	3 dont 1 en réparation
04	Camion	4	6	5 dont 4 en réparation
05	Dozer	1	1	1 en panne
06	Niveleuse	1	1	1 en panne
07	Compacteur	1	1	1
08	Arroseuse	1	1	0
09	Camion mazoutage	1	1	0

Pour relancer les activités minières dans les deux premières années quinquennales du plan de relance de la MIBA, il faut, en dehors des engins disponibles et fiables:

- Réparer la sondeuse sur chantier et en payer une deuxième
- Réparer et fiabiliser la pelle SANY SY235C

- Réparer et fiabiliser au moins un des camions parmi les quatre qui sont au garage pour la réparation
- Réparer le bulldozer PD320Y-1 et la niveleuse SDLG G9220
- Acheter un tuyau de 200 mètres de longueur et les équipements de sécurité

5 CONCLUSION

L'objet de ce travail était de dimensionner le parc engin pour l'exploitation de la kimberlite du Chantier Massif 1 et son alimentation aux usines de traitement ayant un CUP de 0,49 dans les deux premières années quinquennales du plan de relance de la MIBA.

Une bonne organisation de chantier voudrait que la MIBA dispose au moins 2 sondeuses, 3 pelles, 2 chargeuses, 6 camions, 1 bulldozer, 1 niveleuse, 1 compacteur, une tuyauterie de 200 mètres de longueur à la place d'un camion-citerne, une pompe à mazout déplaçable à bord d'un véhicule et les équipements de sécurité.

REFERENCES

- [1] K.KALUBI, M.MBWEBWE, K.TSHISANGANA (Octobre 2004). Rapport de sondages carottant dans l'encaissant calcaire du massif 1 pour les études géomécaniques, Division de Géologie de la MIBA.
- [2] B.BOKY (Moscou 1968). *Exploitation des mines*, Ed. MIR.
- [3] Mémento des mines et carrières, *Aide-mémoire de l'exploitant*, Société de l'industrie minière.
- [4] Pierre KAMULETE (2004-2005). *Cours d'exploitation des mines à ciel ouvert*, Université de Mbuji-Mayi.
- [5] Guylaine Chayer (2016). *Cours: travaux de génie civil (Module 5.0)*, École de technologie supérieure (<http://www.seg.etsmtl.ca>).
- [6] *Élaboration d'un outil d'évaluation de la rentabilité des projets d'exploitation en carrière*, (Juin 2014).
<https://fr.slideshare.net/LailaBerchane/etude-dexploitation-dune-mine-ciel-ouvert>

Instabilité intra-saisonnière de la saison pluvio-agricole Mars-Avril-Mai (MAM) en République du Congo (1951-2010)

[Intra-seasonal instability of the rainy-agricultural season March-April-May (MAM) in the Republic of Congo (1951-2010)]

Achille Patrick BATCHI MAV¹, Olivier Claver Maixent KAMBI², and Fred William MANIAKA¹

¹Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Département de géographie, Université Marien Ngouabi, Brazzaville,
Republic of the Congo

²Direction de la Météorologie Nationale, Laboratoire Géographie, Environnement, Aménagement (LAGEA), Republic of the Congo

Copyright © 2024 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 objective of this research is to analyze the spatio-temporal characteristics of the rainy-agricultural season March-April-May (MAM) in the Republic of Congo (1951-2010). Two methods were chosen using daily precipitation, namely: agronomic criteria and frequencies. The main results show an instability in the start and end dates of the season, the shortening of its length and a dominance of dry episodes, in this case those of 2 to 5 days within all synoptic stations studied. It is found that latitude is the most determining parameter for the distribution of the start dates of the rainy-agricultural season. This evolves according to the South-North gradient.

KEYWORDS: Republic of Congo, rain-agricultural season, intra-seasonal variability, dry episodes.

RESUME: L'objectif de cette recherche est d'analyser les caractéristiques spatio-temporelles de la saison pluvio-agricole Mars-Avril-Mai (MAM) en République du Congo (1951-2010). Deux méthodes ont été choisies en utilisant les précipitations journalières, à savoir : les critères agronomiques et les fréquences. Les principaux résultats montrent, une instabilité des dates de début et fin de la saison, le raccourcissement de la longueur de celle-ci et une dominance des épisodes secs en l'occurrence ceux de 2 à 5 jours au sein de toutes stations synoptiques étudiées. Il est constaté que la latitude est le paramètre le plus déterminant de la répartition des dates de démarrage de la saison pluvio-agricole. Celle-ci évolue en fonction du gradient Sud-Nord.

MOTS-CLEFS: République du Congo, saison pluvio-agricole, variabilité intra-saisonnière, épisodes secs.

1 INTRODUCTION

En raison du réchauffement climatique, des changements significatifs peuvent se produire dans la distribution temporelle et spatiale des quantités de précipitations avec des conséquences directes sur l'agriculture et certaines activités humaines [9]. De nos jours, la variabilité climatique, surtout pluviométrique, a des conséquences considérables sur la saison culturale [33]. Dans certaines régions de l'Afrique, les dates de début et de fin de la saison culturale sont devenues respectivement plus tardives et précoces et les longueurs quant à elles plus courtes [12; 17; 15; 31]. C'est le cas du Congo où la plupart des études sur les caractéristiques des saisons pluvio-agricoles dans quelques entités du pays ont confirmé cette assertion. Notamment, les travaux de [29; 26; 27; 22; 23]. Ces derniers se sont accordés sur le fait que la variabilité pluviométrique connaît une tendance caractérisée par une récession pluviométrique avec une désorganisation de la saison pluvieuse Mars-Avril-Mai (MAM). Ce présent travail s'est donc fixé pour objectif, d'analyser la variabilité intra-saisonnière des dates de début, de fin, la durée et la fréquence au cours de la saison pluvio-agricole (MAM).

2 DONNÉES ET MÉTHODE

2.1 DONNÉES

Les données des précipitations journalières utilisées dans cette étude ont été collectées dans des observatoires gérés par la Direction de Météorologie Nationale. Elles ont été insérées dans le fichier du Centre de Recherches sur les Tropiques Humides de l'Université Marien Ngouabi qui les a mises à notre disposition. Notre étude s'appuie sur l'exploitation des séries chronologiques d'observation du 01^{er} janvier 1951 au 31 décembre 2010, dans treize (13) stations synoptiques assez représentatives des différentes zones climatiques du Congo- Brazzaville.

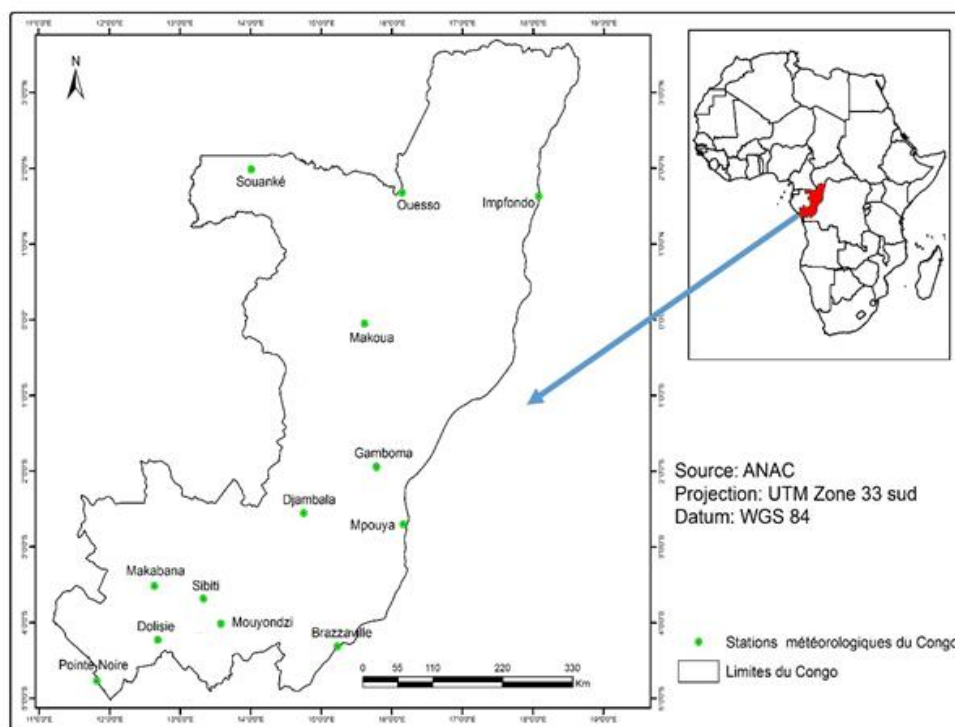


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude et des stations étudiées

2.2 MÉTHODES

2.2.1 DEFINITION DU DEMARRAGE ET DE LA FIN DES SAISONS PLUVIO-AGRICOLES

La détermination des dates de début et de fin des saisons pluvio-agricoles a été faite sur des critères agronomiques tels qu'ils sont définis dans le logiciel Instat Plus V3.36. C'est un logiciel d'analyse de données agro climatologiques développé par [37]. L'algorithme du modèle permet de calculer le début, la fin et la durée de la saison pluvio-agricole pour chaque année pour différents niveaux de fréquence en utilisant soit les critères climatiques, soit les critères agronomiques (bilan hydrique). Nous avons adapté ce modèle à nos réalités climatiques à partir des seuils. Ces conditions sont ainsi définies:

- **Début de la saison pluvio-agricole (X):** On considère comme date de démarrage de saison, à partir du mois d'octobre et/ou novembre pour la première saison pluvio-agricole, de février et /ou de mars pour la deuxième saison pluvio-agricole, quand un ou deux jours consécutifs enregistrent au moins 25 mm d'eau à condition qu'aucune séquence de 10 jours sans pluies ne soit observée dans les 30 jours qui suivent le cumul.
- **Fin de la saison pluvio-agricole (Y):** Intervient quand deux jours successifs reçoivent un total de précipitations de moins d'un millimètre et suivi d'une période d'au moins 10 jours sans pluies ou quand leur total est inférieur à 10 mm, à partir de la deuxième décade du mois de décembre ou de mai. Cette période marque le début de la sollicitation de la RU et les paysans s'apprêtent à la récolte.
- **Longueur de la saison culturale c'est la différence entre les dates de fin et de début de la saison pluvio-agricole (Y-X).**

Les jours sont exprimés en calendrier julien; le 1er juillet correspond au 1er jour de l'année et le 30 juin au 365^{ème} jour. Cette approche agronomique a été appliquée par des nombreux auteurs en Afrique comme [35] et [36]. Cette approche agronomique est adaptée en tenant compte des réalités climatiques dans la partie sud de l'équateur. Dans la zone à climat de type équatorial, il y a peu d'études sur la définition des dates de démarrage de la saison pluvio-agricole parce qu'il est admis qu'il s'agit d'une région humide et que l'enjeu est à priori faible par rapport aux autres zones climatiques. Pourtant, les problématiques restent les mêmes, étant donné que l'on y pratique des cultures à cycles plus longs qui ne sont pas, elles aussi, à l'abri des faux départs ou des raccourcissements des saisons pluvio-agricoles. Dans ce contexte, nous avons tenu compte des contrastes pluviométriques entre le nord et le sud, [38] a défini pour le Cameroun, le début de la saison des pluies à partir du moment où la pluviométrie cumulée sur deux jours consécutifs est supérieure ou égale à 20 mm, suivie d'une période de contrôle de 30 jours, durant laquelle on ne relève pas une séquence sèche de plus de 7 jours consécutifs. Compte tenu des tendances pluvieuses des deux dernières relevées dans la présente étude, les critères ont été modifiés. Ainsi, la saison pluvio-agricole commence au premier jour de la première séquence humide de 3 jours consécutifs qui présente un cumul d'au moins 30 mm, et qui n'est pas suivi d'une séquence de 7 jours consécutifs secs au cours des 30 jours suivant. Ici on admet que dans la zone climatique équatoriale, un cumul de 30 mm en 3 jours suffit à faire démarrer la culture. La fin de saison quant à elle intervient le premier jour sec après la deuxième décade septembre qui précède une période de sécheresse d'au moins 15 jours consécutifs. Après leur calcul, les dates de début et de fin des saisons tout comme les durées des saisons seront convertis en tableaux Excel pour être cartographiées à partir du logiciel ArcGIS 10.8.

2.2.2 FRÉQUENCES

L'approche fréquentielle de la longueur, des dates de début et de fin des cycles culturels offre plus d'intérêt pour la planification agricole. Les durées observées à la fréquence de 2 années sur 10 (20%) correspondent aux années sèches et constituent la limite pouvant être supportée par une agriculture de type traditionnel [14]; [34]. Les valeurs sont rangées par ordre croissant ou décroissant et affectées d'un rang i . Pour chacune d'elles, la fréquence du non-dépassement est obtenue en appliquant la formule ci-après:

$$F(x) = i-0,5 / N$$

où: i = rang de l'observation et N = nombre d'observations. Le rang i est obtenu en ordonnant par ordre croissant la série de valeurs. Sur un autre plan, nous avons cherché, à l'aide d'un algorithme au sein du logiciel MATLAB, à détecter, pour chaque station, l'agencement des jours secs (jours sans pluie) au cours de la première saison des pluies. Les épisodes secs ont été répartis selon leur durée en 5 classes [1] comme suit:

- épisode sec de très courte durée (un seul jour sans pluie);
- épisode sec de courte durée (2 à 5 jours successifs sans pluie);
- épisode sec de durée moyenne (5 à 10 jours successifs sans pluie);
- épisode sec long (10 à 20 jours successifs sans pluie);
- épisode sec très long, de durée supérieure 20 jours successifs sans pluie.

3 RÉSULTATS

3.1 SPATIALISATION PAR STATION DES DATES DE DEMARRAGE DE LA DEUXIEME SAISON PLUVIO-AGRICOLE (MAM) DANS LES ZONES À CLIMAT DE TYPE SUBÉQUATORIAL ET TROPICAL HUMIDE ET DE LA PREMIERE SAISON PLUVIO-AGRICOLE (MAM) DANS LA ZONE À CLIMAT DE TYPE ÉQUATORIAL (50%)

Dans la partie septentrionale du Congo, la première saison pluvio-agricole renferme les mois de mars, avril et mai (MAM). Par contre, à partir de Makoua jusqu'au littoral, la deuxième saison pluvio-agricole comprend aussi trois mois. Il s'agit des mois de mars, avril et mai (MAM). Dans la partie Nord du pays, cette saison commence, en année moyenne le 24 mars à Ouesso, le 27 mars à Souanké et le 27 mars à Impfondo. Cette saison MAM, fait remarquer un décalage très négligeable entre les stations d'Impfondo et de Ouesso de trois jours (Figure 2). Les dates de démarrage de la deuxième saison pluvio-agricole (MAM) sont très imprécises d'une station à l'autre à cause de l'allongement de la période de fléchissement intra-pluvial (janvier-février). Dans la partie Sud des plateaux Batéké, avec le découpage (MAM), le démarrage de la deuxième saison pluvio-agricole varie avec la latitude en suivant la direction sud-nord. Ce démarrage respecte l'ordre du gradient sud-nord. A Pointe-Noire, elle commence le huit mars, à Mouyondzi, le onze mars, à Sibiti, le douze mars, à Makabana, le dix-sept mars.

Dans la zone à climat de type subéquatorial, elle commence à Djambala et à Makoua, le quatorze mars, à Gamboma le dix-huit mars et à Mpouya le vingt-quatre mars (Figure 2). Depuis quelques années, les tendances des dates de démarrage et de fin témoignent d'un raccourcissement de la saison pluvio-agricole entre 1951 et 2010. La date de démarrage pèse bien plus lourdement que la date de fin dans la variabilité du cumul pluviométrique. Les corrélations entre quantité précipitée, durée de la saison et date de démarrage indiquent que la réussite de la saison culturale dépend tout autant de la précocité de son démarrage que de sa durée totale. Il ressort de l'analyse des statistiques descriptives que les dates de début des pluies varient plus que celles de fin, à l'échelle inter annuelle dans le cumul

saisonnier. Ce phénomène est d'une importance majeure pour l'agriculteur car pour les plantes cultivées, c'est le début de la période végétative qui est la plus critique.

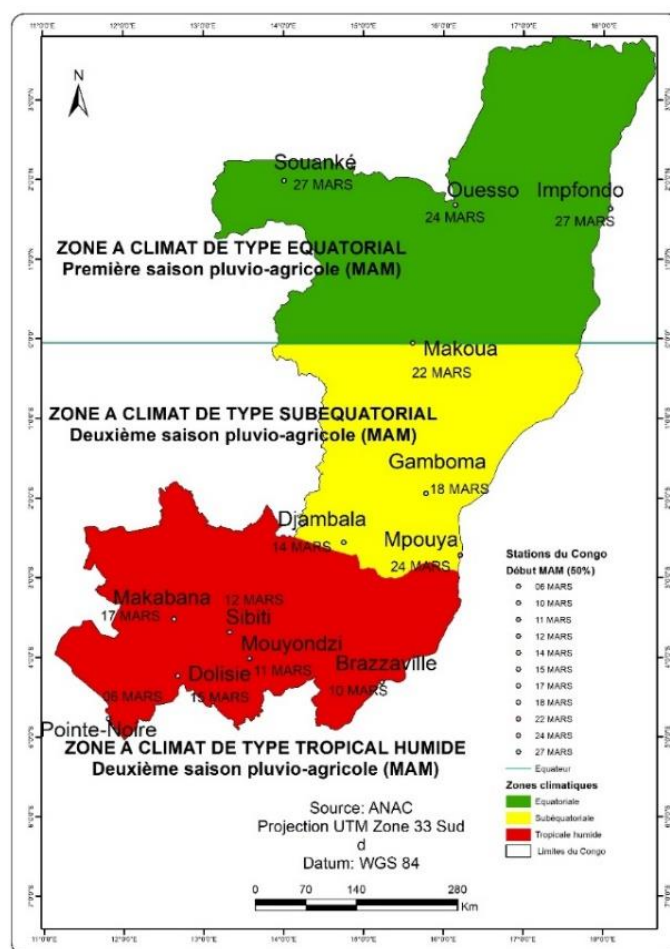


Fig. 2. Spatialisation par station des dates de démarrage de la deuxième saison pluvio-agricole (MAM) dans les zones à climat de type subéquatorial et tropical humide et de la première saison pluvio-agricole (MAM) dans la zone à climat de type équatorial (50%)

3.2 SPATIALISATION PAR STATION DES DATES DE FIN DE LA DEUXIEME SAISON PLUVIO-AGRICOLE (MAM) DANS LES ZONES À CLIMAT DE TYPE SUBEQUATORIAL ET TROPICAL HUMIDE ET DE LA PREMIERE SAISON PLUVIO-AGRICOLE (MAM) DANS LA ZONE À CLIMAT DE TYPE ÉQUATORIAL (50%)

Tout comme les dates de démarrage de la deuxième saison pluvio-agricole, les dates de fin présentent aussi une variabilité spatio-temporelle. C'est dire que dans l'ensemble des stations du Congo-Brazzaville, les dates de fin de la seconde saison pluvio-agricole sont tantôt tardives tantôt précoces et ne connaissent aucune stabilité temporelle sur toute la longueur de la période d'étude. La détermination des dates de fin des saisons pluvieuses représente aussi un enjeu majeur pour les paysans. Peu d'études s'attardent sur la détermination des dates de fin de saison pluvio-agricole sans doute parce que l'on suppose que c'est la qualité des conditions de la période de départ qui prime sur la réussite de la campagne agricole. La deuxième saison pluvio-agricole (MAM) n'est pas assez longue. Elle s'achève en suivant le gradient sud-ouest, à partir de Pointe-Noire, Dolisie et Sibiti au cours de la première décennie du mois de mai, en moyenne. Cependant, à Brazzaville, Mouyondzi, Mpouya et Djambala, celle-ci s'achève pendant la deuxième décennie du mois de mai. Dans la partie septentrionale du pays, avant les décennies 1980 et 1990, cette saison finissait le 02 mars à Ouessou, le 04 mars à Souanké et le 08 mars à Impfondo. Après ces décennies, cette saison prend fin lors de la dernière décennie du mois de mai pour Impfondo et Ouessou. Par contre, à Souanké, elle s'achève au début de la première décennie du mois de juin (le 02). En année moyenne (Figure 3) au nord de l'équateur, la fin de la première saison pluvio-agricole (MAM) a lieu le deux juin à Souanké, le vingt-six mai à Ouessou et Impfondo. Dans la zone à climat de type subéquatorial, les dates de fin évoluent en fonction du gradient nord-sud. C'est le cas de: Makoua, le-vingt-un mai, Gamboma, le dix-huit mai, Djambala, le vingt mai et Mpouya, le vingt un mai. Au sud du Congo, la fin a lieu à Makabana, le quatorze mai, à Brazzaville, le onze mai, à Sibiti et à Pointe-Noire, le dix mai et à Dolisie, le neuf mai (Figure 3). Ces dates de fin de la deuxième saison-pluvio-agricole restent tout de même variables en années fréquentielles.

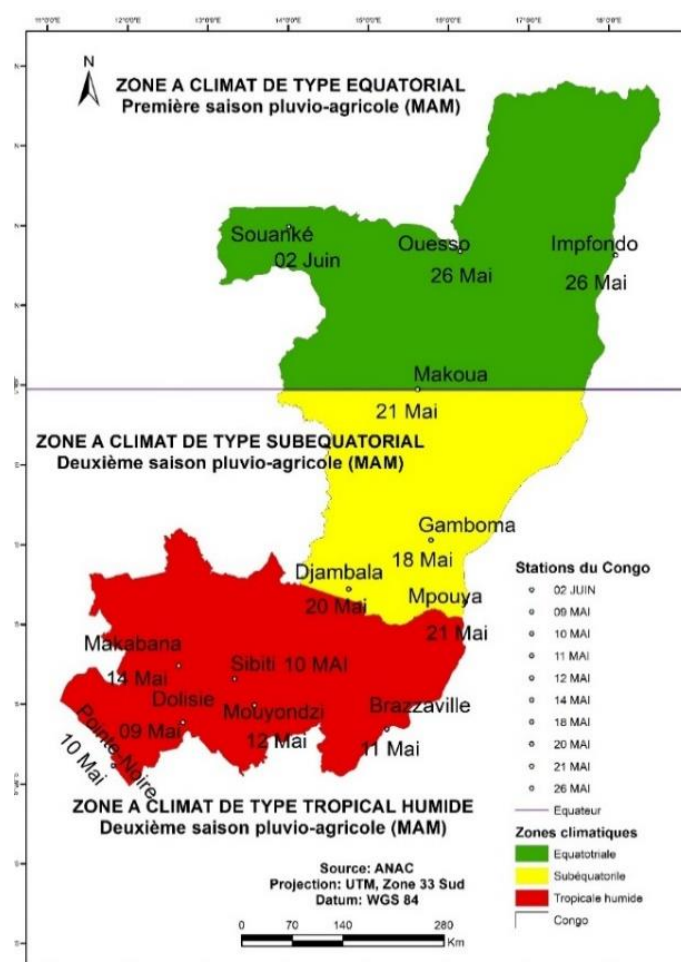


Fig. 3. Spatialisation par station des dates de fin de la deuxième saison pluvio-agricole (MAM) dans les zones à climat de type subéquatorial et tropical humide et de la première saison pluvio-agricole (MAM) dans la zone à climat de type équatorial (50%)

3.3 SPATIALISATION PAR STATION DE LA DUREE DE LA DEUXIEME SAISON PLUVIO-AGRICOLE (MAM) DANS LES ZONES À CLIMAT DE TYPE SUBEQUATORIAL ET TROPICAL HUMIDE ET DE LA PREMIERE SAISON PLUVIO-AGRICOLE (MAM) DANS LA ZONE À CLIMAT DE TYPE ÉQUATORIAL (50%)

La durée de la saison pluvio-agricole est une donnée variable dans l'espace et dans le temps mais également d'un site à l'autre. La durée de la première saison pluvio-agricole diminue de l'équateur vers le sud-ouest (Figure 4). Dans la zone à climat de type équatorial, la durée de la première saison pluvio-agricole (MAM) (Figure 4) diminue en allant du nord vers le sud-ouest. Pour la première saison pluvio-agricole (MAM), elle dure quatre-dix jours en moyenne, dans l'extrême nord. C'est le cas, des stations de: Impfondo quatre-vingt-neuf jours, Ouessou quatre-vingt-huit jours et Souanké quatre-vingt-seize jours. Avant les décennies 1980 et 1990, cette saison avait une durée de 112 jours à Ouessou, 110 jours à Souanké et 130 jours à Impfondo en moyenne. Après ces décennies, cette durée est en moyenne dans l'ensemble de 90 jours au Nord de l'équateur (Impfondo: 89 jours; Ouessou: 88 jours; Souanké: 96 jours).

La durée de la deuxième saison pluvio-agricole (MAM) dans la zone à climat de type subéquatorial est très variable d'une station à une autre. Celle-ci est en moyenne inférieure à quatre-vingt jours. Elle est de quatre-vingt-deux jours à Makoua, soixante-seize jours à Gamboma (Figure 61), à Djambala soixante-dix-huit jours, à Mpouya soixante-onze jours. Dans la zone à climat de type tropicale humide, elle dure à Makabana, soixante-quinze jours, à Sibiti, quatre-vingt-trois jours, à Dolisie, soixante-quatorze jours, à Brazzaville, soixante-six jours et à Pointe-Noire, quatre-vingt-deux jours. La deuxième saison pluvio-agricole connaît une diminution beaucoup plus drastique. Cette diminution a des conséquences négatives sur la production agricole. C'est une contrainte majeure pour l'agriculture pluviale dans le Sud du Congo. Toutefois, il y a lieu de signaler que la durée normale du cycle végétatif de certaines variétés de cultivars comme l'arachide et le maïs dans la zone d'étude est de 90 jours. Cette durée est atteinte ou dépassée seulement à la fréquence de 8 années sur 10. À la fréquence de 2 années sur 10, on assiste à une réduction véritable de la durée de la deuxième saison sur l'ensemble des stations traduisant ainsi une tendance au raccourcissement de la saison culturale. De façon générale, la durée de la deuxième saison pluvio-agricole oscille autour de 80 jours en moyenne. La période de raccourcissement de la saison est beaucoup prononcée aux stations de Brazzaville (66 jours), Mpouya (71 jours), Dolisie (74 jours) et Gamboma (76 jours).

La deuxième saison pluvio-agricole est marquée par un raccourcissement de sa durée dans l'ensemble des stations analysées. Cette diminution est préjudiciable pour les activités agricoles. Elle impose des nouvelles pratiques agricoles pour réussir une campagne agricole. Dans l'ensemble, la durée de la deuxième saison pluvio-agricole présente une tendance à la baisse. Cette baisse est plus importante à la station de Brazzaville. Les longueurs des saisons deviennent courtes pour beaucoup des stations situées dans la partie Sud-Ouest.

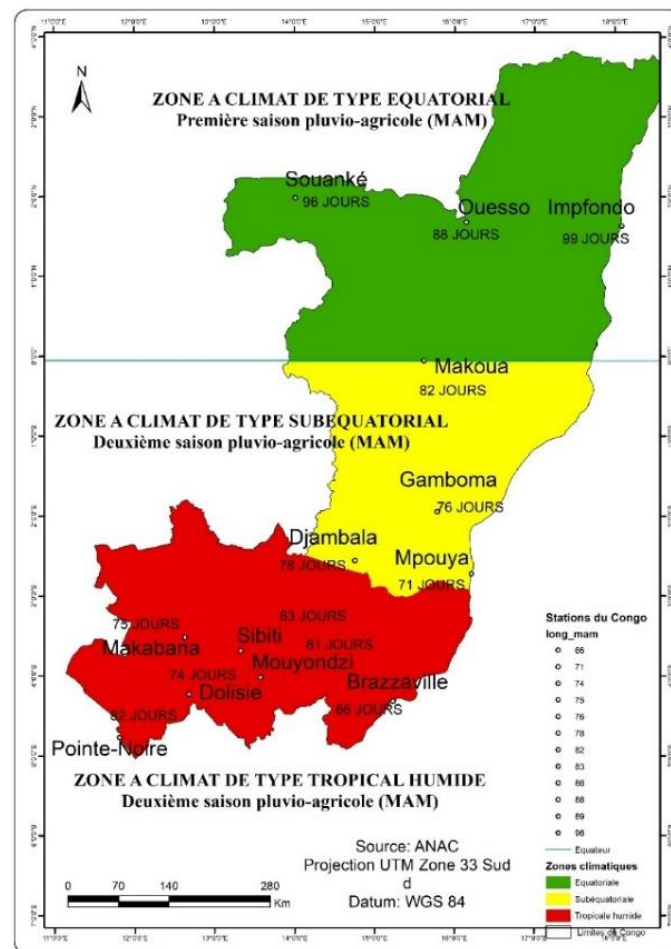


Fig. 4. Spatialisation par station de la durée de la deuxième saison pluvio-agricole (MAM) dans les zones à climat de type subéquatorial et tropical humide et de la première saison pluvio-agricole (MAM) dans la zone à climat de type équatorial (50%)

3.4 FREQUENCES DES ÉPISODES SECS AU COURS DE LA SAISON PLUVIO-AGRICOLE MARS-AVRIL-MAI (MAM)

Nous remarquons que les intervalles secs entre 2 et 5 jours sont les plus fréquents dans toutes les stations. En effet, la fréquence de cet intervalle assez réduit, s'atténue régulièrement du nord vers le sud. Cette baisse relative est compensée par une augmentation de la fréquence des intervalles secs plus longs (6 à 10 jours et 11 à 20 jours) en particulier dans les stations de Pointe-Noire (19,36% et 18,80%); Dolisie (17,07% et 15,58%); Mouyondzi (16,86% et 11,52%) et Sibiti (22,45% et 11,56%). Les épisodes secs les plus longs (durée ≥ 21 jours) marquent essentiellement les stations du Sud (Pointe-Noire 14,75%; Mouyondzi 9,34% et Makabana 7,30% du nombre total des épisodes sans pluie). La distribution saisonnière des fréquences des épisodes secs dans la zone climatique équatoriale montre que les intervalles secs de durée assez réduite (2 à 5 jours) sont plus fréquents dans les stations du Nord. C'est le cas des stations d'Impfondo (57,64 %), de Ouesso (61,44 %) et Souanké (57,59%).

Tableau 1. Fréquences des épisodes secs au cours de la saison pluvio-agricole Mars-Avril-Mai (MAM)

STATIONS	1 jour	2 à 5 jours	6 à 10 jours	11 à 20 jours	Sup. ou égal à 21 jours
Pointe-Noire	9,55%	37,54%	19,36%	18,80%	14,75%
Gamboma	10,81%	58,15%	28,59%	3%	0%
Dolisie	16,68%	49,68%	17,07%	15,58%	0,99%
Mouyondzi	14,67%	48,61%	16,86%	11,52%	9,34%
Djambala	42%	42,73%	14,29%	1,90%	0%
Brazzaville	13,18%	49,86%	17,05%	12,48%	6,43%
Mpouya	20,71%	52,41%	21,72%	5,16%	0%
Sibiti	14,76%	51,24%	22,45%	11,56%	0%
Makabana	6,28%	52,76%	17,98%	15,70%	7,30%
Makoua	14,88%	56,24%	27,98%	1,83%	0%
Impfondo	12,72%	57,64%	24,27%	5,37%	0%
Ouéssou	9%	61,44%	24,72%	4,05%	1,44%
Souanké	15,50%	57,59%	20,99%	5,91%	0%

4 DISCUSSION

4.1 DATES DE DEBUT ET DE FIN DE LA SAISON PLUVIO-AGRICOLE MARS-AVRIL-MAI (MAM)

En République du Congo, dans la plupart des stations synoptiques, on note des modifications pluviométriques qui s'accompagnent d'une instabilité des dates de démarrage et de fin de la saison pluvio-agricole. Celles-ci sont tardives et précoces. Ces résultats concordent avec ceux de [8; 22; 23 et 26; 27].

Les résultats obtenus dans cette étude concordent avec ceux observés dans d'autres régions du globe. En effet, [42] et [1] trouvent des résultats similaires qui confirment le début tardif de la saison pluvieuse (97%), le prolongement de la saison sèche (96%), la fin précoce de la saison pluvieuse (94%) dans la commune de Tchaourou au Bénin (Afrique de l'Ouest). La variabilité intra-saisonnière des pluies de la seconde saison se manifeste notamment par la forte occurrence des démarrages tardifs et/ou des fins précoces des pluies, induisant le raccourcissement de la durée de ladite saison [43]. Aussi, dans ce même contexte, les travaux de [20] dans la région de Kinshasa (RDC) de 1961 et 2010 ont montré que les dates de démarrage, de fin et la durée de la saison de pluies sont en variation à Kinshasa.

La saison de pluies arrive soit de façon tardive en octobre, soit de façon hâtive en septembre. Au Togo [2], dans la Haute-Casamance au Sud du Sénégal [39] et en Sénégal [13; 3] sont aussi confrontés au problème d'instabilité des dates de début et de fin des saisons pluvio-agricoles.

4.2 RACCOURCISSEMENT DE LA SAISON PLUVIO-AGRICOLE MARS-AVRIL-MAI (MAM)

La durée de la saison pluvio-agricole Mars-Avril-Mai (MAM) au Sud comme au Nord accuse une diminution graduelle. On note un raccourcissement de leur durée dans l'ensemble des stations analysées. Cette diminution est préjudiciable pour les activités agricoles. Il est remarqué que la latitude est le paramètre le plus déterminant de la répartition des dates de démarrage des saisons pluvio-agricoles au niveau de tous les types climatiques. Ces résultats sont similaires avec ceux de [8; 22; 23; 26; 27; 28 et 29].

Il a été observé aussi un raccourcissement de la durée des saisons des pluies au Proche-Orient [41], au Niger [6], [21] et dans le bassin versant de Bandama en Côte d'Ivoire [19]. Le décalage temporel des saisons des pluies dans la zone d'étude, s'accompagne d'une diminution ou d'un rétrécissement de la longueur des saisons des pluies. Caractérisant la saison des pluies dans le centre-ouest du Sénégal, [30] avait fait ces mêmes observations en soulignant que « les débuts étaient généralement plus précoces sur la période 1951-1969 puis tardifs à partir des années 1970, [...] ». Ces résultats sont aussi fortifiés par [10] qui parlent d'un raccourcissement de la saison des pluies au Sénégal. Le raccourcissement des saisons pluvio-agricoles en République du Congo, est analogue aux résultats des travaux de [18] qui révèlent une diminution de ce paramètre clé pour les cultures et une contrainte majeure pour les paysans. Ces résultats sont aussi identiques à ceux de [12] qui constatent que dans la zone de production cotonnière en Côte d'Ivoire, l'évolution spatiale des paramètres de la saison culturale est fonction de la latitude.

4.3 EPISODES SECS DE LA SAISON PLUVIO-AGRICOLE MARS-AVRIL-MAI (MAM)

Les épisodes secs entre 2 et 5 jours sont les plus fréquents dans toutes les stations du Congo au cours de cette saison. Les travaux menés à l'échelle du Congo-Brazzaville confirment cette assertion. [8]; [22; 23; 24; 25]; [28]; [29] dans quelques régions du Congo-Brazzaville affirment que les saisons pluvieuses sont marquées par la réduction du nombre de jours de pluie et l'intensification du nombre de jours consécutifs sans pluie. Aussi, les jours secs les plus longs sont enregistrés dans la majorité des stations du Sud Congo [7]. S'agissant des séquences sèches intra-saisonnières de 1 à 3 jours, elles sont aussi les plus remarquables (70 %) [40; 1; 42].

Ces résultats corroborent aussi ceux de [5], ceux-ci confirment que le bassin versant de la Davo connaît une augmentation des séquences sèches pendant les saisons pluvieuses. [16] trouvent des résultats qui coïncident dans le nord de la Bolivie, dans le sud et l'est de l'Amazonie (notamment dans la région de l'arc de déforestation), les jours secs consécutifs sont en augmentation.

5 CONCLUSION

L'analyse statistique des caractéristiques de la saison pluvio-agricole Mars-Avril-Mai (MAM) en République du Congo (1951-2010) est la thématique abordée par la présente étude. L'objectif de celle-ci est d'analyser la variabilité intra-saisonnière Mars-Avril-Mai (MAM). Les principaux résultats montrent un début tardif et une fin précoce de celle-ci dans les différentes stations synoptiques étudiées. Le démarrage de la saison pluvio-agricole Mars-Avril-Mai (MAM) dans les zones à climat de type subéquatorial et tropical humide varie avec la latitude en suivant la direction sud-nord. Sa durée dans ces zones est en moyenne inférieure à quatre-vingt jours. Cette durée au Sud comme au Nord accuse une diminution graduelle. On note un raccourcissement dans l'ensemble des stations analysées. Cette diminution est préjudiciable pour les activités agricoles. Il est remarqué que la latitude est le paramètre le plus déterminant de la répartition des dates de démarrage de la saison pluvio-agricole Mars-Avril-Mai (MAM) au niveau de tous les types climatiques. Les intervalles des épisodes secs entre 2 et 5 jours sont les plus fréquents dans l'ensemble du territoire congolais. En effet, la fréquence de cet intervalle assez réduite, s'atténue régulièrement du Nord vers le Sud. Cette baisse relative est compensée par une augmentation de la fréquence des intervalles secs plus longs (6 à 10 jours et 11 à 20 jours) dans les stations synoptiques situées dans la zone à climat de type tropical humide.

REFERENCES

- [1] Abderrahmen A., Henia L. et Hlaoui Z., 2013: *Contribution à l'étude de la saison des pluies en Tunisie: Variabilité des marges et fréquence des épisodes secs*, XXVI^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, p. 31-36.
- [2] Adewi A., Badameli K.M.S, Dubreuil V., 2010 «*Évolution des saisons des pluies potentiellement utiles au Togo de 1950 à 2000*». Revue Climatologie, 7, p. 89-107.
- [3] Adjahossou V.N., Adekambi S.A., Djahossou B.S., Djégo J.G.M., 2023: *Pratiques endogènes paysannes d'adaptation à la variabilité climatique dans la commune de Banikoara au Bénin*, 36^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, p. 13-16.
- [4] Adou Aka G., N'da Kouadio C. & Attah.Abinan R. (2022). Impact de la Variabilité Climatique sur les Calendriers Agricoles dans la Sous-préfecture de Vavoua (Centre-Ouest Ivoirien). European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), p. 255-274.
- [5] Atchérémi K.N.D, Saley Mahaman Bachir, Kouamé Fernand Koffi et al., 2017: Etude de l'évolution des extrêmes pluviométriques et de températures dans le bassin versant de la rivière Davo (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire) à partir de certains indices du logiciel Rclimindex, Iarhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°36, Déc. 2018, p. 99-117.
- [6] Balme M., Galle S. et Lebel T., 2005: Démarrage de la saison des pluies au Sahel: variabilité aux échelles hydrologique (2003): La prévention des risques liés aux inondations au Cameroun. Dossier (enjeux N° 16 juillet-septembre 2003), 22 p.
- [7] Batchi Mav A. P., Massouangui-Kifouala M., Samba-Kimbata M. J., 2020: Analyse fréquentielle des précipitations annuelles en République du Congo de 1950 à 2017: Application de la théorie des valeurs extrêmes, Rev. Ivoir. Sci. Technol., 35 (2020), p. 462-482.
- [8] Batchi Mav A. P., 2023: Influence du changement climatique sur les précipitations en République du Congo (1951-2010), Thèse de doctorat unique de l'Université Marien Ngouabi, 266 p.
- [9] Burada C. D., Vlăduț A. Ș., Licurici M. et al., 2023: *Analyse spatiale et temporelle de l'indice de concentration des précipitations en Oltenia (Roumanie)*, 36^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, p. 56-56.
- [10] Camberlin P., Okoola R., Diop M., Valimba P., 2003. *Identification des dates de démarrage et de fin de saison des pluies: applications à l'Afrique de l'est et au Sénégal*, Publication de l'Association Internationale de Climatologie, vol. 15, p. 295-303.
- [11] Chédé D.F., Yabi I., Houndénou C., 2020: *Variabilité Intra-saisonnière de la grande saison pluvieuse dans le Sud-Bénin*, European Scientific Journal February 2020 edition Vol.16, p. 300-316.
- [12] Dekoula Sépka C., Brou Kouame, Kouadio N'goran E. et al., 2018: *Impact de la variabilité pluviométrique sur la saison culturale dans la zone de production cotonnière en Côte d'Ivoire*, European Scientific journal avril 2018, édition vol.14, no.12, p. 143-159.
- [13] Descroix L., Aïda Diongue Niang A., Panthou G. et al., 2015: «Evolution récente de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest à travers deux régions: la Sénégalie et le bassin du Niger moyen», climatologie, vol.12, p. 25-43.
- [14] Diop M., 1996: A propos de la durée de la saison des pluies au Sénégal. Sécheresse, 7, p. 7-15.

- [15] Djohy L., Sounon Bouko B., 2020: *Elevage intelligent face aux mutations climatiques dans la commune de Tchaourou au Bénin (Afrique de l'Ouest)*, XXIII^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, p. 221-226.
- [16] Funatsu B.M., Arvor D., Dubreuil Vincent et al., 2020: *Precipitation extremes and their trends in the Amazon region (1981-2018)*, XXIII^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, p. 341-347.
- [17] Gibigaye M., Chabi A.B.P., 2020: Stratégies d'adaptation des productions vivrières aux contraintes climatiques dans l'arrondissement de Badazouin (commune Debopa) au Bénin, XXXIII^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, p. 349-354.
- [18] Issiaka H., Abdou Bagna A., Harouna M., 2018: *Variabilité climatique et adoption de semences améliorées chez les communautés agricoles du Sudzinder au Niger*, Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou, N° 07, Vol. 2, octobre 2018, p. 1-13.
- [19] Kouassi M., Kouassi N'G. J., Dje K.B. et al., 2008, «Analyse de la durée de la saison pluvieuse en fonction de la date de démarrage des pluies en Afrique de l'Ouest: cas du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire», *Agronomie Africaine*, 30 (2), p. 147-156.
- [20] Makanzu Imwangana F., Kamosi Zola B., Nyami B. L., Munongo Iyabidila M., Ntombi Muen Kabeya M., Ozer P., 2023: *Évolution récente et détermination de la saison de pluies dans la région de Kinshasa (RDC) de 1961 et 2010*, *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 2023; 6 (2), p. 48-62.
- [21] Marteau R, Sultan B, Moron V. et al., 2010: *Démarrage de la saison des pluies et date de semis du mil dans le sud-ouest du Niger*, 23^e Colloque de l'Association Internationale de Climatologie. Risques et changement climatique, Sep 2010, Rennes, France, p. 379-384.
- [22] Massouangui-Kifouala M., 2014: *Aléas pluviométriques et pratiques paysannes dans les pays du Niari (République du Congo)*, Thèse de doctorat unique, p. 269.
- [23] Massouangui-Kifouala M., 2021: *Identification des dates de démarrage et de fin des saisons des pluies à Pointe-Noire (République du Congo)*, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 32 No. 1 Feb. 2021, p. 83-92.
- [24] Massouangui-Kifouala M., 2022: Variabilité pluviométrique dans la Vallée du Niari (République du Congo): Entre perception paysanne et stratégies d'adaptation locale, *Journal of Agricultural Economics Extension and Rural Development*, 2022, vol: 10, issue: 7, p. 35-42.
- [25] Massouangui-Kifouala M., Moukiétou Kizimou A. G. B. et Maléké P. S. L., 2023: Analyse de la vulnérabilité et des stratégies d'adaptation face au changement climatique à l'échelle des quartiers dans l'agglomération de Pointe-Noire (République du Congo), *revue espace géographique et société marocaine*, n° 71, 2023, p. 143-165.
- [26] Miame Mouélo G. A., 2017: *Caractérisation des précipitations et des contraintes liées à l'eau en agriculture pluviale dans les plateaux Batéké en République du Congo*. Thèse de doctorat unique, université Marien Ngouabi, 263 p.
- [27] Miame Mouélo G. A., 2020: Instabilités intra-pluviométriques de la seconde saison des pluies et conséquences en agriculture pluviale dans les plateaux Batéké, *Revue Espace Géographique et Société Marocaine*, n° 41/42, 2020, p. 229-252.
- [28] Molinier M., 1979: *La sécheresse dans le Sud-ouest congolais*, cah. ORSTOM, sér. Hydrol. Vol. XVI, n°2, p. 43-80.
- [29] Mpounza M., 1986: *Le climat agricole Batéké, essai d'une étude agroclimatique*. Thèse de 3^{ème} cycle, Université de Bourgogne, 171 p.
- [30] Ndong J.B., 2003. *Caractérisation de la saison des pluies dans le centre-ouest du Sénégal*, Association Internationale de Climatologie, Vol. 15, p. 326-332.
- [31] Ouédé M.I., Hounzime S., Agbokou I., Alhassane A. & Yabi I. (2022). *Caractéristiques Spatio – temporelles de la Variabilité Climatique au Bénin (Afrique de l'Ouest)*. *European Scientific Journal*, ESJ, 18 (30), p. 240-261.
- [32] Paturel J.E., Servat E., Delattre M.O. et Lubès-Niel H., 1998: Analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique. *Hydrological Sciences Journal*, 43, p. 937-946.
- [33] Pilabina Somiyabalo, Yabi Ibouaïma et Kola Edinam, 2021: *Tendance pluviométrique de la saison pluvieuse dans le Togo Central et Septentrional*, Actes du XXXIV^{ème} Colloque International de l'AIC, p. 386-391.
- [34] Samba G., Diop M. B., 2000: Les bilans hydriques dans la région du Pool (République du Congo), *Cahiers agricultures*, 1, p. 47-53.
- [35] Sivakumar M.V.K., 1988: Predicting rainy season potential from the onset of rains in Southern Sahelian and Sudanian climatic zones of West Africa. *Agric For Meteorol*, n°42, p. 295-305.
- [36] Sivakumar M.V.K., Guèye M., 1992: Analyse de la longueur de la saison culturale en fonction de la date de début des pluies, 39 p.
- [37] Stern R., Knock J., Grayer C., Leidi S., INSTAT+. Climatic guide, University of Reading, Reading, 322 p, 2006.
- [38] Tchiadeu G.M., 2000: *Calendriers des pluies et bilans hydriques au Cameroun (1951-1993)*, thèse de doctorat, Université de Bourgogne, CRC, Dijon, 232 p.
- [39] Tidiane T., Sané, M. Diop, P. Sagna, 2008: Étude de la qualité de la saison pluvieuse en Haute-Casamance (Sud Sénégal)«, *Sécheresse* 2008; 19 (1), p. 23-28.
- [40] Totin Vodounon S.H., Dotsevi D.A., Amoussou E. et al., 2019: *Variabilité et risques agro-climatiques dans le sud-ouest de la région des plateaux au Togo*, XXXII^{ème} Colloque Internationale de l'AIC, p. 277-282.
- [41] Traboulsi M. 2012: «La saison pluvieuse au Proche-Orient: une tendance au raccourcissement», *Climatologie*, vol.9, p.9-29.
- [42] Vissoh R. I., Avahounlin R. F., Koudérin A. Lucie1, Danhossou G. and Avahounlin J., 2023: *Evolution des variables climatiques et occupation du sol à l'échelle du bassin versant de la rivière Agbado au Bénin*, IJAR, 2023, Int. J. Adv. Res. 11 (01), p. 805-816.
- [43] Yabi I., Issa M.S., Zakari S., 2019: Incertitudes pluviométriques de la seconde saison agricole et ses incidences sur la production vivrière dans la commune de Djidja au Bénin, XXXII^{ème} Colloque Internationale de l'AIC, p. 584-590.

Système d'information de gestion et de suivi des patients avec notification SMS: Conception d'un modèle informatique

[System of information of management and follow-up of the patients with SMS notification: Conception of a computer model]

S. Maki Mugenyi Daniel, Mwenge Mahamba Joël, and Kidicho Bossongo Blessing

Enseignant chercheur en informatique de gestion, Institut supérieur des sciences informatiques et gestion de Bunia (ISSIGE-BUNIA),
Province de l'Ituri, RD Congo

Copyright © 2024 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 new technologies of information and communication (NTIC) know, since decades, a fast development. The sector of health, in particular, saw to increase of very numerous applications. The notification by sms, television-medicine, television-diagnostic, telemonitoring, modify in depth the medical practices and the relation between the practitioner and his/her/its patient. Of what precedes, the application that we put in place has like elements of the bases to digest the conservation of the information of patients efficiently and to facilitate the access of it but also to permit a follow-up of the patients of chronic illnesses with a system of notification by SMS. We had for main objective to help the clinic to solve his/her/its problem of management of follow-up of patients any. The points summarize the gotten results below: We proposed some forms for the harvest of the relative data to the patients, personal, consultation, treatment, and to the medical prescriptions that will be the subject of notification then to the patients by the physicians. These forms replace the pre-printed matters cards of the former system validly; Does our application permit? the user to modify, to suppress and to search for the information easily; We proposed an algorithm of the opening of the session that allows the accès solely to functionalities of basis of the system if one authenticate itself/themselves in order to guarantee the security and the confidentiality of the information.

KEYWORDS: System, information, management, patient, model, IT.

RESUME: Les nouvelles technologies de l'information et de communication (NTIC) connaissent, depuis décennies, un développement rapide. Le secteur de la santé, en particulier, a vu se multiplier de très nombreuses applications. La notification par sms, la télé-médecine, télé-diagnostic, télésurveillance, modifie en profondeur les pratiques médicales et la relation entre le praticien et son patient. De ce qui précède, l'application que nous avons mise en place a comme éléments des bases digérer efficacement la conservation des informations de patients et d'en faciliter l'accès mais aussi permettre un suivi des patients avec un système de notification par SMS. Nous avons eu pour objectif principal d'aider la clinique de résoudre tant soit peu son problème de gestion de suivi de patients. Les points ci-après résumant les résultats obtenus: Nous avons proposé des formulaires pour la récolte des données relatives aux patients, personnel, consultation, traitement, et aux prescriptions médicales qui feront ensuite l'objet de notification aux patients par les médecins. Ces formulaires remplacent valablement les fiches pré-imprimés de l'ancien système; Notre application permet à l'utilisateur de modifier, de supprimer et de rechercher les informations facilement.

MOTS-CLEFS: Système, information, gestion, patient, modèle, informatique.

1 INTRODUCTION

Dans le monde actuel, la contribution du système d'information dans toutes les institutions sanitaires est remarquable. Les activités quotidiennes sont exécutées d'une manière aisée grâce aux instruments apportés par la nouvelle technologie de l'information et de communication (NTIC).

Selon (Abbé David Boilat, 2017; pg: 79), L'usage de l'outil informatique reste encore un problème dans le Tiers monde. Jusqu'à ce jour, l'introduction de moyens informatiques en Afrique se limite-t-elle, à quelques exceptions près, à la solution de problèmes d'administration et de gestion.

Selon (M. Bommensath, 1982; pg: 80), Dans la plupart des pays d'Afrique, au seuil des années 60, la disparition de l'administration coloniale laissait un vide dramatique pour les jeunes Etats qui ne disposaient en définitive ni de la technique, ni de la structure, ni du personnel qualifié pour assurer leur bonne gestion. Aussi certains pays optèrent vite pour une informatisation de l'administration dans des proportions dépassant souvent celles existant en métropole, et firent appel à des sociétés de services pour installer de gros centres et le pouvoir en logiciels d'application. La RDC, comme tous les autres pays africains, s'est vue confrontée au défi du mouvement de la mondialisation du système de gestion automatisée des structures sanitaires. A cause du système manuel appliqué pour l'enregistrement des informations des patients malades. Dans certaines institutions sanitaires de la République Démocratique du Congo; plus particulièrement dans la province de l'Ituri il se remarque que certains patients malades se perçoivent avec des fiches qui ne portent pas les éléments reprenant les résultats des examens, après les diagnostics. Le secrétaire à la réception de structure sanitaire est obligé de concevoir des feuilles d'Excel pouvant servir au remplissage de l'information d'un patient avec les conséquences que cela peut provoquer. Difficulté d'accéder et de retrouver les données des patients comme on peut remarques les mauvaises conservation des fiches des patients car elles sont en durs avec les risques de se détériorer, Difficulté de retracer les informations de l'évolution des patients à cause de la lenteur, Manque d'un système de communication avec les patients à distance, la non fiabilité des données étant donné que ces dernières ne sont sécurisées et peuvent subir des modifications à tout moment voir même après les séances de soins.

Dire aujourd'hui que l'informatique a largement contribué à la transformation du monde du travail est certainement une évidence communément admise. Que l'on pense à la large gamme de logiciels bureautiques, au réseau Internet, aux systèmes de messagerie électronique ou aux très complexes systèmes d'informations, support de l'activité administrative, commerciale et de production des entreprises, nombreux sont les domaines où les technologies de l'information et de la communication ont permis d'appréhender différemment, voire de bouleverser le monde du travail (NELSON Mickaël, 2010 Pg 25).

Les études ou les informations concernant les patients doivent être recueillies au moment favorable pour permettre à ceux qui les font d'avoir des données précises sur ceux-ci. C'est pourquoi, la circulation des informations sur le suivi des patients doit être sécurisée parmi les diverses institution de santé afin d'avoir une maîtrise parfaite sur le passé de ces derniers. Mais aussi, le service chargé de suivi des patients doit très bien jouer son rôle afin d'obtenir un résultat satisfaisant au profit de la structure mais aussi à celui du patient.

Ces problèmes nous ont poussés à se poser la question suivante:

Quelle solution informatique conviendrait le mieux pour gérer et suivre les patients au sein de la structure sanitaire ?

Pour répondre provisoirement à cette question, nous avons estimé que la conception et la mise en place d'un modèle de gestion et suivi des patients avec notification sms conviendrait le mieux pour la gestion des patients de la structure sanitaire.

Aperçu les difficultés qu'éprouvent les structures sanitaires dans leurs systèmes de gestion de patient nous avons réfléchi à mettre en place un modèle d'un système informatisé, lequel système après sa mise en application devra soulager toutes les complications liées au système manuel. Cet article vise à mettre en place un modèle d'un système automatique informatisant les activités des structures sanitaires en rendant la gestion des patients plus aisé facile et rapide.

Le présent article vise, à travers le système à mettre en place de:

- Gérer les patients;
- Conserver de manière durables les données des patients;
- Retrouver facilement les données des patients dans un temps réduit;
- Concevoir, Stocker et envoyer les messages de notification aux patients;
- Réduire les taux de non-respect des rendez-vous et
- Améliorer l'efficacité des services de santé.

2 REVUE DE LITTERATURE

Le sujet en étude certes n'est pas le premier à être abordé par nous car d'autre l'ont déjà fait d'une certaine manière ou d'une autre. Comme il s'agit d'une œuvre scientifique afin qu'elle soit enrichie, nous nous ressourcés auprès des celles qui ont été réalisées par nos prédécesseurs, telles que:

- BINTI KIRANGA (2018-2019 Pg: 18) la conception et réalisation d'une application de notification SMS de cas d'insécurité en ville de Goma. Comme objectif mettre en place une solution informatique d'alerte par SMS des éventuels cas ayant trait avec la sécurité. Cette dernière a mis en œuvre une application WEB de notification SMS permettant principalement l'envoi des SMS en rapport avec des incidents saillants concernant uniquement les aspects sécuritaires au sein de la ville de Goma

- IZATINA MBALA (2018-2019 Pg: 19) la conception d'une application web pour la notification et publication des résultats académiques dans un portail documentaire » Cet auteur a eu cette initiative pour pallier aux besoins réels de l'Institut Supérieur de Techniques Appliquées, compte tenu des différents arguments plaident en faveur d'un portail documentaire et sécurisé pour la délibération, raison pour laquelle l'objectif principal poursuivi dans sa recherche était d'implémenter cette technologie au sein du site web de l'ISTA. L'application qu'il a conçue est à mesure de notifier les étudiants sur toutes les nouvelles parues sur le site web de l'institution
- ALAIN MUNGANGA (2014-2015 Pg: 15) Il est parti du constat que les étudiants ne se renseignent pas sur les actualités affichées sur les valves. D'où son principal objectif était de mettre en place une application informative orientée WEB qui facilite aux étudiants de rester au courant de toutes les informations des valves par SMS évitant ainsi des mouvements et des engouements devant lesdites valves. De ce qui précède nous voyons que recherche ont belle et bien déjà été réalisé allant dans le sens de facilité la communication entre une entreprise et ses clients par le moyen de notification sms. Considérant notre travail, vis-à-vis des autres précités, nous allons non seulement à créer une application de notification par SMS aux patients des informations relatives aux soins mais aussi un système de suivi de ceux-ci

3 MATERIEL ET METHODES

Notre recherche a été réalisée **au courant des mois de septembre et d'octobre 2023**, période correspondant à la récolte des données de notre étude. Soit une durée de deux mois. Elle a concerné toutes les structures sanitaires de la ville de Bunia. Ainsi, il est question de concevoir un modèle d'une application de suivi des patients avec système de notification par sms au sein de la structure de santé. La recherche a été conduite par la méthode "MERISE" pour arriver au terme de cette étude.

A l'aide de cette méthode, nous avons réussi à comprendre le système existant et le cas échéant, faire sa modélisation. Réaliser par les techniques: documentaire qui nous a permis de dépouiller les documents qui abordent la gestion des patients dans les structures sanitaires; technique d'interview celle-ci nous a permis d'avoir le contact direct avec les agents de la structure en vue de nous informer sur les rouages de gestion des patients au sein de ladite structure et la d'observation pour constater comment les faits se déroulent-ils au sein de les structures sanitaire de Bunia.

4 RESULTATS

4.1 ANALYSE DU SYSTEME EXISTANT

Le MCC relate comment les flux des informations sont échangés entre les différents acteurs et leurs interactions avec les différents Services (Trésor, 2020-2021: 25).

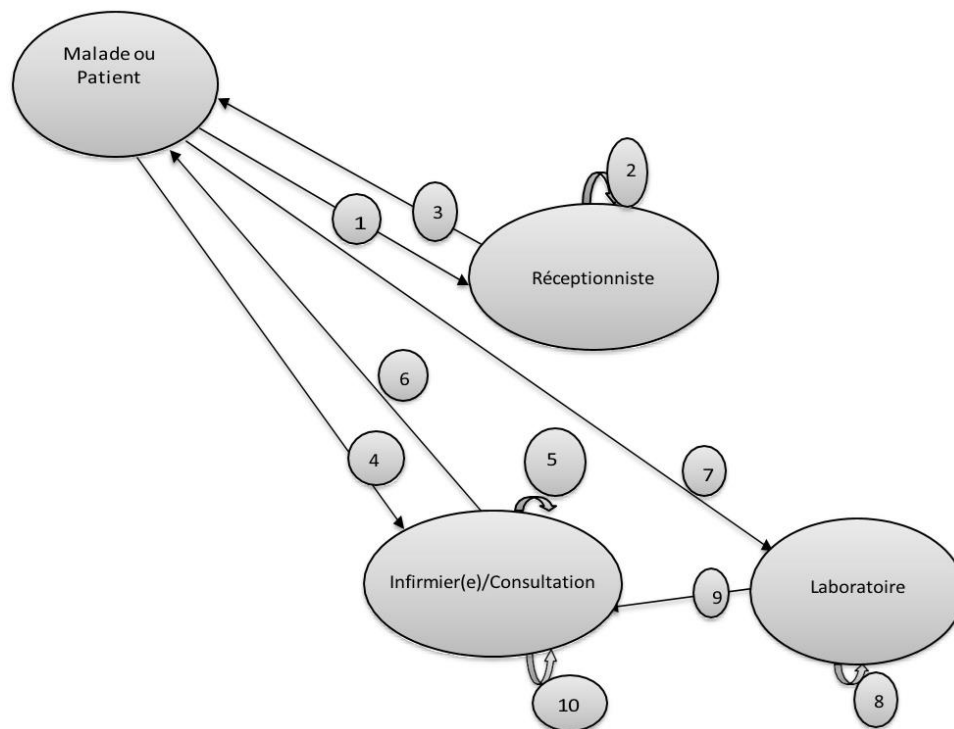


Fig. 1. Analyse du système Existant

Légende:

1. Présentation du patient
2. Enregistrement du patient
3. Fiche de malade
4. Présentation de malade au niveau de la consultation
5. Consultation
6. Remise de la fiche chez le malade
7. Examen laboratoire
8. Traitement
9. Résultat des examens
10. Soins ou prescription médicale

4.2 ANALYSE ET CONCEPTION DU NOUVEAU SYSTEME

Nous n'allons pas changer tout le MCC de l'ancien système, mais nous allons ajouter l'aspect notification par SMS.

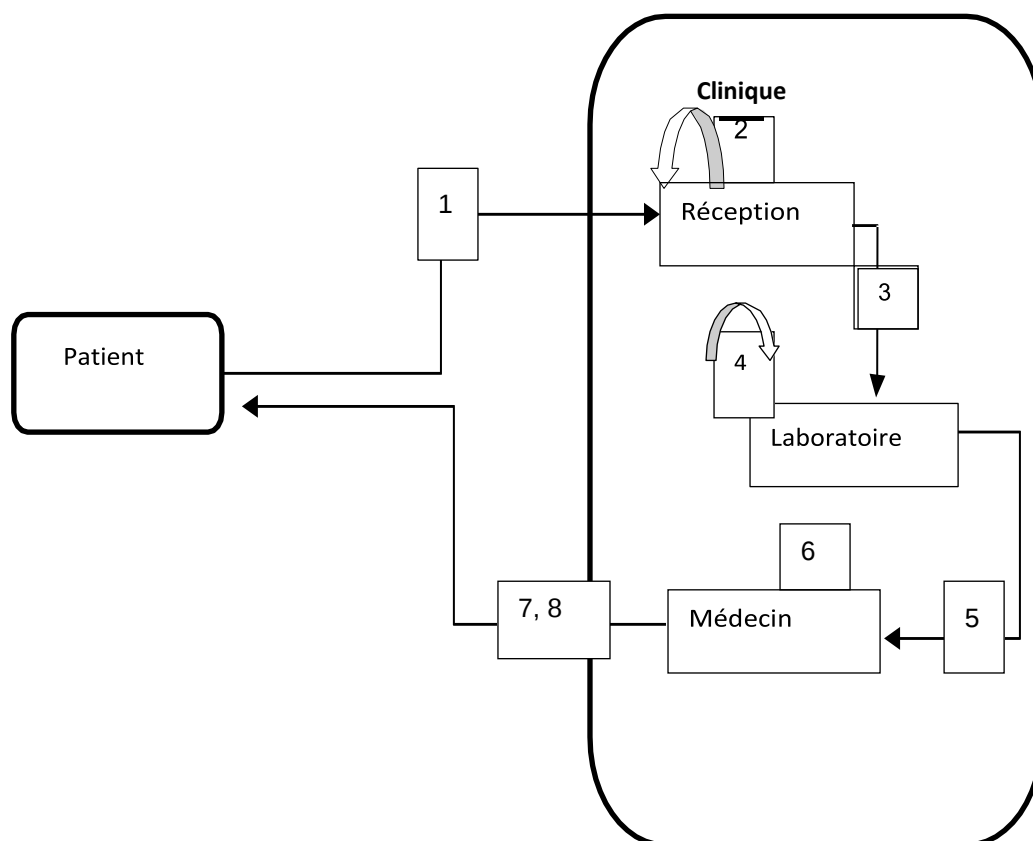


Fig. 2. Analyse et conception du nouveau système

Légende

1. Présentation du patient;
2. Enregistrement du patient;
3. Fiche de malade;
4. Examen;
5. Résultat;
6. Analyse;
7. Prescription médicale;
8. Message de rappel (notification sms)

5 MODELE PHYSIQUE DE DONNEES (MPD)

Le modèle physique de données consiste à montrer une construction physique de la base de données que le système utilisera.

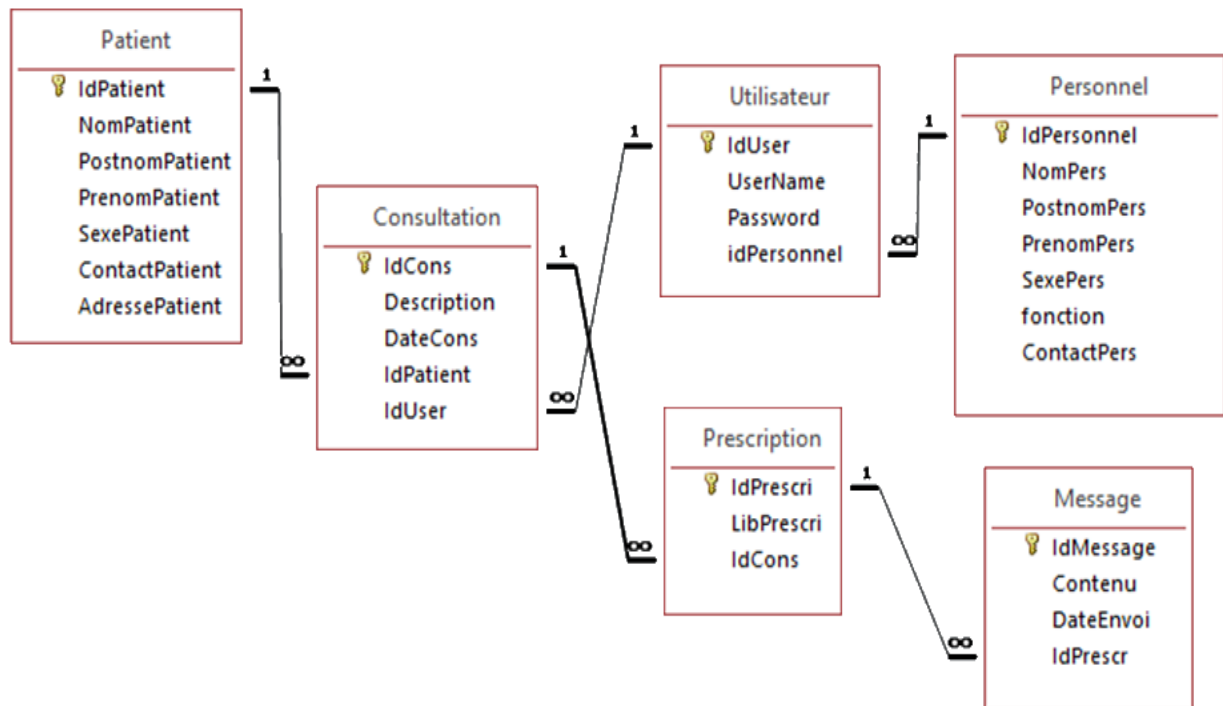


Fig. 3. Model Physique de Données

6 DISCUSSION

6.1 POINT DE VUE SUR L'ANCIEN ET LE NOUVEAU SYSTEME

La comparaison entre le nouveau et l'ancien système se résume dans le tableau ci-dessous:

Tableau 1. Point de vue sur l'ancien et le nouveau système

ANCIEN SYSTEME		NOUVEAU SYSTEME	
Activités	Temps d'exécution	Activités	Temps d'exécution
Remplissage des données sur des Fiches	10 minutes	Saisie des données par formulaire.	5 minutes
Recherche manuelle et vérification des informations des patients	15 minutes	Recherche automatique et vérification des informations des patients.	30 secondes
Production des rapports manuellement	120 minutes	Production des Rapports automatiquement	30 secondes
Pas de notification au patient Sauf un seul rappel à la sortie du patient de l'hôpital		Notification au patient par le système d'sms, à tout moment que c'est nécessaire	1 seconde

De ce tableau on peut déduire que, le nouveau système est plus appréciable et recommandable par rapport à l'ancien système. Il facilite la tâche de travail en le rendant plus souple en termes de temps d'exécution en évitant les pertes de temps. Ce modèle constitue une garantie la bonne gestion des informations liées à la gestion des flux de patients.

6.2 COMPARAISON AVEC LES AUTRES SYSTEMES

Certes en matière de gestion de suivi de patients, nous ne sommes pas premiers, nous trouverons plusieurs autres chercheurs qui ont abordé la thématique et dont la liste est non exhaustive.

De prime à bord, nous avons exploité le travail de BINTI KIRANGA (2018-2019 Pg: 18) la conception et réalisation d'une application de notification SMS de cas d'insécurité en ville de Goma. Comme objectif mettre en place une solution informatique d'alerte par SMS

des éventuels cas ayant trait avec la sécurité. Cette dernière a mis en œuvre une application WEB de notification SMS permettant principalement l'envoi des SMS en rapport avec des incidents saillants concernant uniquement les aspects sécuritaires au sein de la ville de Goma. Dans ce travail nous avons été intéressés par son système d'information qui est similaire au notre.

En suite le chercheur IZATINA MBALA (2018-2019 Pg: 19) la conception d'une application web pour la notification et publication des résultats académiques dans un portail documentaire » Cet auteur a eu cette initiative pour pallier aux besoins réels de l'Institut Supérieur de Techniques Appliquées, compte tenu des différents arguments plaident en faveur d'un portail documentaire et sécurisé pour la délibération, raison pour laquelle l'objectif principal poursuivi dans sa recherche était d'implémenter cette technologie au sein du site web de l'Institut Supérieur de Techniques Appliquée de Goma. L'application qu'il a conçue est à mesure de notifier les étudiants sur toutes les nouvelles parues sur le site web de l'institution. Son application a été à mesure de réduire les problèmes liés à l'archivage de données. En fin, la recherche de monsieur ALAIN MUNGANGA (2014-2015 Pg: 15) Il est parti du constat que les étudiants ne se renseignent pas sur les actualités affichées sur les valves. D'où son principal objectif était de mettre en place une application informative orientée WEB qui facilite aux étudiants de rester au courant de toutes les informations des valves par SMS évitant ainsi des mouvements et des engouements devant lesdites valves. De ce qui précède nous voyons que recherche ont belle et bien déjà été réalisé allant dans le sens de facilité la communication entre une entreprise et ses clients par le moyen de notification sms. Considérant notre travail, vis-à-vis des autres précités, nous allons non seulement à créer une application de notification par SMS aux patients des informations relatives aux soins mais aussi un système de suivi de ceux-ci. Notre système, quant à lui avait le même objectif de gérer efficacement la conservation des informations de patients et d'en faciliter l'accès mais aussi permettre un suivi des patients avec un système de notification par SMS.

7 CONCLUSION

En conclusion, notre sujet était intitulé modèle d'un système d'information de gestion et de suivi des patients avec notification SMS qui nous a amené à traiter sur la question de savoir Quelle solution informatique conviendrait le mieux pour gérer et suivre les patients au sein de la structure sanitaire que nous avons répondu par une hypothèse qui nous a poussé à estimer que la conception et la mise en place d'un modèle de gestion et suivi des patients avec notification sms conviendrait le mieux pour la gestion des patients de la structure sanitaire. Notre recherche a été guidée par la méthode Merise et nous avons utilisé la technique documentaire, ce qui nous a permis d'atteindre nos objectifs spécifiques; parce que en suivant notre modèle Nous avons constaté qu'on peut réduire les taux de non-respect des rendez-vous, améliorer l'efficacité des services de santé. Conserver de manière durable les données des patients; Retrouver facilement les données des patients dans un temps réduit; Concevoir, Stocker et envoyer les messages de notification aux patients Toutefois il y a des points que nous n'avons pas pu aborder et que nous avons laissé une brèche pour d'autres chercheurs qui pourraient dans l'avenir nous emboîter le pas. Il s'agit de l'échange des messages entre un patient et un centre hospitalier en cas de nécessité. Par ailleurs nous n'estimons pas avoir tout épuisé dans ce domaine ici qui se présente comme très vaste et inexploité.

REFERENCES

- [1] Abbé David Boilat. (2017). L'informatique dans ce monde et celui à venir.
- [2] ALAIN MUNGANGA (2014-2015) mise en place d'une application informative orientée WEB d'automatisation des valves par la notification SMS.
- [3] BALAGA AMINA NELLY (2019), Automatisation du système de gestion des patients cas des handicapés physiques du centre de santé HERI KWETU DE BUKAVU.
- [4] BINTI KIRANGA (2018-2019) la conception et réalisation d'une application de notification SMS de cas d'insécurité en ville de Goma.
- [5] Bommensath, M., (1982). Les NTICs pour nous servir. Mental d'acier.
- [6] BUKAMADITE B. (2021), Conception et mise en place d'un système de gestion de facturation de malade dans un dispensaire, cas de Bon SAMARITAIN.
- [7] FISCHETTI, M. (2009). The Mind behind the Web. Online University: AIU. DRAJIMA, P. (2021). Note du cours Méthode d'Analyse Informatique I. Bunia: ISSIGE. Inédit.
- [8] IZATINA MBALA (2018-2019) la conception d'une application web pour la notification et publication des résultats académiques dans un portail documentaire.
- [9] MAKI, D. (2023). Note du cours d'Informatique générale. Bunia: ISSIGE. Inédit.
- [10] NEBRA, M. (2021-2022). Concevez votre site web avec PHP. [21/03/2022].
- [11] Pinto et Grawitz. (2015). Méthode de recherche scientifique.
- [12] Robert TÔLE SANGANA (2017), Conception d'un système informatisé pour la gestion de malade (cas du centre de santé KOKOLO).
- [13] WENU, B., (2004). Recherche scientifique (Théorie et pratique). Lubumbashi: Presses Universitaires.

Study on the Influence of Computer Simulation on the Acquisition of Electrical Skills among Students at the Higher Institute of Applied Techniques (I.S.T.A.) in Kinshasa: Analysis of the «Circuit Wizard» Software among Future Congolese Engineers

Jacques N'Djoli, Mouad CHAT, Ayoub AIT OUAALI, Manar BEN BOUMEDIANE, Farid Benabdelouahab, Rachid Janati-Idrissi, and Rajae Zerhane

Equipe de recherche en ingénierie pédagogique et didactique des sciences (ERIPDS), Ecole normale supérieure, Abdelmalek Essaadi University, Tetouan, Morocco

Copyright © 2024 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: Computer simulation offers several advantages for electricity learning, such as visualization and interactivity. Computer simulation enables learners to interactively understand electrical phenomena by visualizing them. As a result, abstract concepts become easier for students to grasp. This study aims to determine the impact of computer simulation on students' understanding of electricity concepts at the Higher Institute of Applied Techniques (ISTA). To achieve this objective, we employed the 'Circuit Wizard' software, which was tested with 65 students randomly divided into two groups: a control group (n=30) and an experimental group (n=35), both supervised by four experienced instructors. Prior to the start of their respective courses, a pre-test was administered to each group of students. After the course period, they underwent a post-test to assess their knowledge acquisition. The first group followed the traditional approach to electric circuit learning. The second group, however, underwent the same course but with the 'Circuit Wizard' simulator. Data were collected using questionnaires and tests, which were analyzed using SPSS software. The results obtained from the Wilcoxon test, as well as the calculation of normalized learning gains for both groups, indicated a better improvement in terms of conceptual comprehension rate among students in the experimental group during the post-test (Normalized gain is 0,81 for the experimental group and 0,39 for the control group). As evidenced by the results of the Wilcoxon test, this improvement is statistically significant with $p < 0.05$ for both groups, meaning the p-value is 0.000 for each of the two groups. Consequently, we concluded that the use of computer simulation, such as 'Circuit Wizard,' in physics teaching-learning enables a better understanding of electricity concepts compared to the traditional approach.

KEYWORDS: Electric circuits, Circuit Wizard, conceptual comprehension, computer simulation, ISTA/Kinshasa, ICT.

1 INTRODUCTION

The teaching of sciences is a vital cornerstone for societal progress, especially in the formulation and implementation of policies and guidelines [1]. Given their significance to society, they should be taught in a practical manner, heavily reliant on the observation of experiments designed as evidence, enlightened understanding, and validation of laws by learners [2]. However, the entire pedagogical techniques upon which both teachers and students typically rely to teach and learn these subjects have shifted. In fact, a significant portion of established pedagogies has proven ineffective. Thus, exploring and highlighting the redesign of new innovative and pragmatic pedagogies becomes essential [3].

With the advent and rapid evolution of information and communication technologies, researchers and educational experts have been prompted to contemplate the use of these technologies or educational applications in science education [4]. Among these technological tools, computer simulation is increasingly considered a full-fledged pedagogical support within the context of science teaching and learning at school [5]. Simulations can be integrated into various pedagogical situations, including lectures, individual or small group research activities, assignments, and laboratory work [6]. They can also be used as a

complementary tool to the laboratory, thus saving time during sessions [7]. For the learning of electricity, computer simulation can be utilized to help learners observe the details of the phenomena under study or conduct experiments repeatedly [8].

According to researchers [9], [10], students consistently face difficulties in their learning of electricity concepts, particularly electric current, electric potential difference, and resistance [11]. For [12], a significant portion of students struggle to create electric circuits and assimilate corresponding diagrams. Similarly, [13] found that students also encounter difficulties in distinguishing the concept of series and parallel circuits, which contributes to diminishing their motivation for the course.

Faced with this situation, various approaches and pedagogical strategies based on conceptual changes have been tested to address this issue, but without success. Likewise, [14] highlighted a lack of practical electrical work at ISTA/Kinshasa, which compels the concerned teachers to rely heavily on theoretical teaching. This has resulted in a significant issue in the process of appropriation of electrical concepts among the students of this institution. In an attempt to circumvent this situation, the approach of simulations using the 'Circuit Wizard' software was proposed. Perhaps this approach could help resolve this problem by providing students at this higher institute with a credible alternative for genuine learning.

Our study aims to analyze the impact of computer simulation using the 'Circuit Wizard' software on the learning of electricity concepts among students at the Higher Institute of Applied Techniques (ISTA) in the city of Kinshasa. The objective of the study also includes gathering the opinions of four experimental teachers, those who assisted students during the experimentation with the 'Circuit Wizard' software, regarding the advantages associated with the use of this computer simulator by both students and teachers.

2 PROBLEM STATEMENT

Physics has long been considered a challenging subject to teach. Numerous didactic studies on physics education have confirmed that it is often taught as a collection of isolated facts, detached from the laboratory [15]. Researcher [16] asserts that physics education is: "too abstract, subordinated to its mathematical tool, outdated programs, disconnected from daily practiced physics and its technological applications." Conversely, [17] believes that the practical work usually carried out by students only minimally aids them in establishing relationships between concepts and objects in the real world. However, with the advent of information and communication technologies in physics education, particularly computer simulation or virtual laboratories, educators now have a didactic tool that can enhance the quality of their teaching. Computer simulation can help teachers effectively convey laws and concepts of physics to students. It can also address the issue of lack of experimentation or practical work in classrooms due to the absence of dedicated materials. For learners, computer simulation provides an opportunity to solve exercises in class or from the textbook. The use of computer simulation in physics education can help students bridge the gap between concepts taught in class and real-world objects.

The pedagogical approach centered around the use of computer simulation holds great significance compared to the traditional approach. This approach offers a valuable opportunity for students to become familiar with technology and access laboratory resources [18].

That said, the problem addressed in this research is based on the use of computer simulation in physics education, specifically in electricity. In this study, we aim to enhance the understanding of electricity concepts among students at ISTA/Kinshasa. To achieve this, we taught the concept of an electrical circuit using the computer simulator 'Circuit Wizard.' The simulated electrical circuit is a parallel circuit, consisting of multiple loops or branches ($n=4$). The choice of an electrical circuit is justified by its perceived complexity and difficulty for students to grasp [19], [20], [21], [22], [23], [24]. However, the simulation offered to our students allows them to explore the different components of an electrical circuit studied in class, manipulate experiment data on 'Circuit Wizard,' and finally solve the exercise presented on the simulator. This exercise enables us to conduct a quantitative analysis of the ensuing results, helping us determine the impact of this computer simulator on the assimilation of electricity concepts.

Furthermore, we formulated our research question as follows: "What is the impact of using computer simulation on the understanding of electricity concepts among future engineers at the Higher Institute of Applied Techniques (ISTA)?"

To address our research question, we formulated the following hypotheses:

H0: The use of computer simulation, such as 'Circuit Wizard,' in physics teaching and learning would not yield a better understanding of electricity concepts compared to traditional teaching and learning approaches.

H1: The use of computer simulation, such as 'Circuit Wizard,' in physics teaching and learning could result in a better understanding of electricity concepts compared to traditional teaching and learning approaches.

3 THEORETICAL FRAMEWORK

3.1 DEFINITION OF COMPUTER SIMULATION

The scientific literature provides us with several definitions of computer simulation, from which we have selected those that align with our perspective. According to [4], computer simulation corresponds to computer programs containing a simplified model of a system or process under study. It involves executing a model using computer software to provide information about the analyzed and studied system [25]. It is also a representation or model of an event or phenomenon established to present and facilitate understanding of a system's operation [26].

3.2 THE IMPORTANCE OF COMPUTER SIMULATION

Computer simulation serves multiple crucial roles [27] highlight how it aids in understanding latent phenomena and visualizing processes and their outcomes. It forms a fundamental element of the scientific approach [28]. It also enables experimentation on computers [29]. As a didactic and pedagogical tool, computer simulation or virtual laboratories ensure a better grasp of studied concepts [20].

3.3 COMPUTER SIMULATION RESEARCH IN UNDERSTANDING ELECTRICITY CONCEPTS IN PHYSICS

Numerous studies have been conducted regarding the use of computer simulation in understanding electricity concepts. These studies showcase its effectiveness from various perspectives. For instance, [30], in a study investigating the efficacy of virtual laboratories in developing concepts such as the photoelectric effect, divided a group of 50 secondary school students from India into a control group and an experimental group. The control group underwent physics laboratory sessions, while the experimental group worked with computer simulators. The study concluded that the experimental group's results were superior in terms of learning the photoelectric effect.

In their article, [20] explore the conceptual assimilation of electrical circuits in secondary vocational engineering education. This study, conducted in a virtual laboratory (computer simulation), demonstrates how to enhance the retention of electrical circuit concepts through a research-based pedagogical approach. Researchers worked with secondary vocational engineering students, dividing them into control and experimental groups. Control group students followed traditional computer-based practical exercises, while the experimental group engaged in inquiry-based learning in a virtual laboratory. Results showed that students in the experimental group, engaged in virtual laboratory conditions, achieved significantly higher scores in conceptual assimilation (Cohen's $d = 0.65$) and procedural skills ($d = 0.76$), unlike the control group.

[30] conducted a study to foster primary school students' ($n=66$) grasp of electricity concepts by combining simulation and laboratory activities. The results revealed that computer simulation enables students to understand theoretical principles of electricity.

Another study by [18] on understanding electrical circuit concepts analyzed the value of combining real experimentation (RE) with virtual experimentation (VE) in terms of changes in students' conceptual assimilation of electrical circuits. To achieve this goal, 88 undergraduate students were randomly assigned to two groups: control group (43 students) and experimental group (45 students). Control group students worked with real experiments, while experimental group participants used both real experiments and computer simulation. Researchers conducted conceptual tests after the course to evaluate students' understanding of electrical circuits. The results showed that the combination of simulation with real experiments enhanced students' conceptual assimilation more than real experimentation alone. In other words, the experimental group's results significantly outperformed those of the control group.

Furthermore, several websites offer various interactive computer simulations related to electricity. For our study, we will mention the 'PhET Interactive Simulations' website (<https://phet.colorado.edu/>). This site, owned by the University of Colorado Boulder, provides 30 electricity simulations (electric field, resistance in a wire, semiconductors, etc.).

4 METHODOLOGY

4.1 DEFINITION OF COMPUTER SIMULATION

To provide a relevant response to our research question, we conducted an experimental study based on pre-test and post-test assessments with students from the Institute of Applied Techniques (I.S.T.A.). We divided these students in two groups of

students. An experimental group (EG) ($n=35$) underwent a course on computer simulation using the 'Circuit Wizard' simulator, while the control group (CG) ($n=30$) received traditional physics instruction without incorporating any computer simulation sequences.

For the experimental group, the researcher instructor, along with the two experimenters assisting, provided students with instructions to follow and a problem to solve using the computer simulator. The students then proceeded to solve the given problem (post-test). They manipulated experimental data, formulated and tested various hypotheses to arrive at the optimal solution using simulation. The instructor's role in this learning context was to provide clear guidance to students encountering difficulties in reaching a solution. On the other hand, the experimenters provided technical assistance to students regarding the manipulation of the 'Circuit Wizard' software. As for the control group, as mentioned in the preceding paragraphs, the traditional method was employed. This involved the instructor conducting a regular two-hour physics class. Towards the end of the session, the instructor presented exercises to assess and evaluate students' understanding of the lesson (post-test). In this case, the instructor explained each question in the assessment to guide students towards the correct answers.

It is worth noting that students in both groups, the control group and the experimental group, had to take a knowledge test (pre-test) before the course session commenced. This test assessed their understanding of the concept of electrical circuits and diagnosed any difficulties they had in understanding electricity.

4.2 THE USED COMPUTER SIMULATOR: "CIRCUIT WIZARD"

For our experimentation, we utilized the simulation software 'Circuit Wizard' to simulate the concept of an electrical circuit. This utility can be accessed through the following link: <https://www.electromecanique.net/2014/04/telecharger-circuit-wizard-gratuit.html>

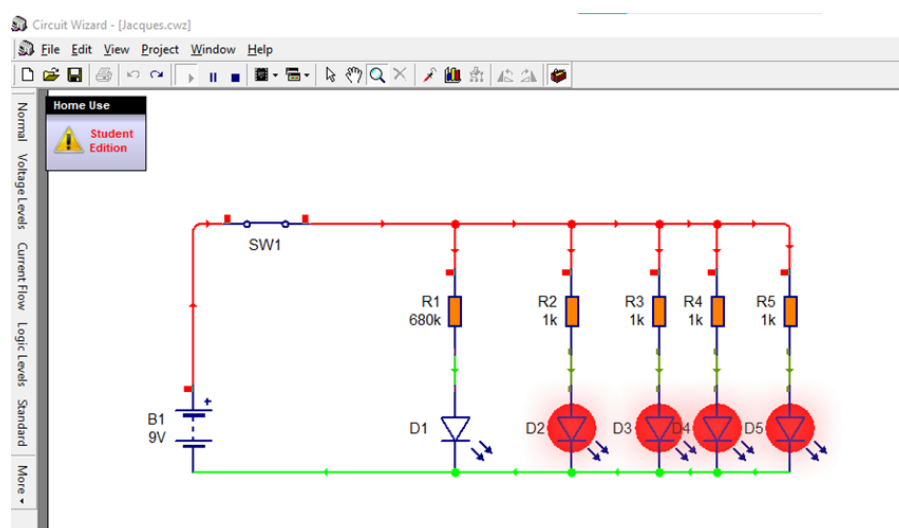


Fig. 1. Screenshots of the Electrical Circuit Simulation on the Circuit Wizard Software

Through this simulation environment, the learner has the opportunity to use tools and objects that allow them to study and simulate simple and complex electrical or electronic circuits. Indeed, we chose this software due to its versatility in terms of designing, simulating, and projecting simple and complex electronic or electrical circuits [31].

Study Sample The sample for our study consisted of 28 students (aged 18-23) from I.S.T.A./Kinshasa, in the DRC, who were randomly selected and divided into two groups: control group (CG) and experimental group (EG). Both groups comprised 14 students each, all enrolled in the electrical department of our host institution. Specifically, the participants included first-year students (17 individuals) and second-year students (11 individuals) of the bachelor's degree program.

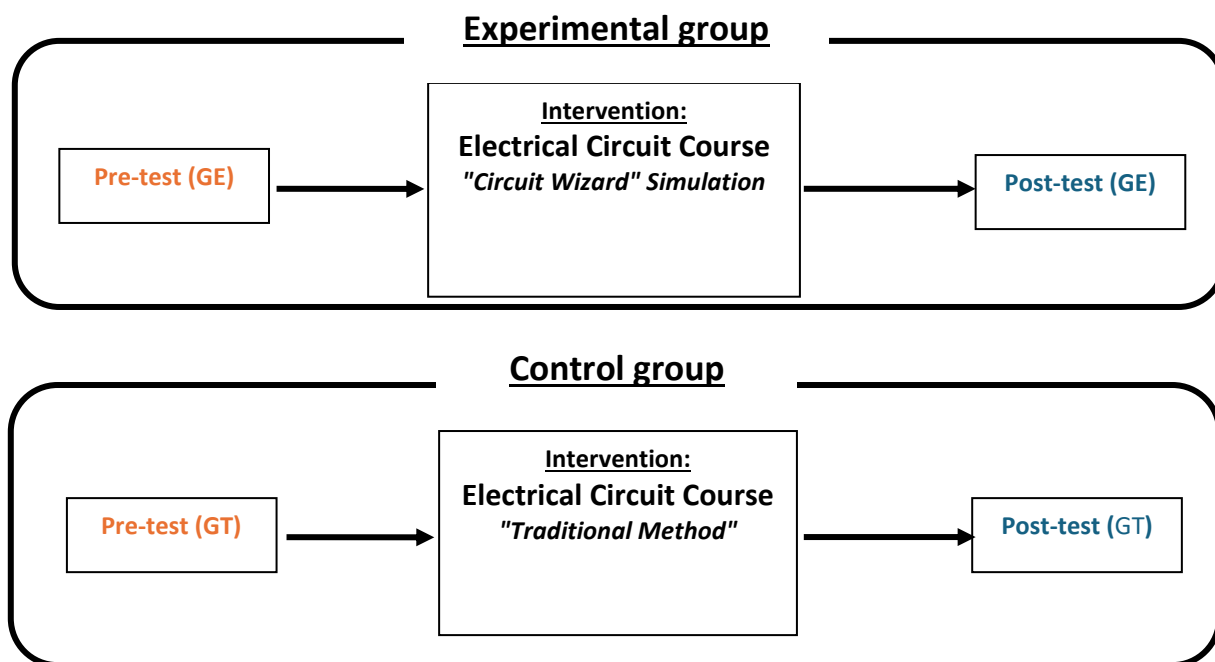


Fig. 2. Descriptive diagram of the research methodology used

5 DATA COLLECTION

Data collection for this study was facilitated through two knowledge tests named the pre-test and post-test, respectively. The results from these assessments allowed for statistical analysis of the scores for each learner, as well as for each student group. Regarding the types of questions posed in these knowledge tests, both open-ended and closed-ended questions were used. Closed-ended questions with multiple assertions were employed to assess students' knowledge of various electrical circuit concepts (Series Circuit, Parallel Circuit, or Branch Circuit, and calculation of equivalent resistance). Open-ended questions were used to evaluate the students' level of comprehension of the studied concepts.

The pre-test comprised a total of six questions, including four closed-ended and two open-ended questions. The post-test, on the other hand, consisted of eleven questions, seven of which were closed-ended or multiple-choice questions, and six were open-ended questions.

Furthermore, regarding the content validation of the pre-test and post-test, we initially developed the first versions of these documents based on the physics curriculum taught to the students at I.S.T.A./Kinshasa. Subsequently, we submitted the initial versions of these assessments to a panel of four educational physics specialists from our research laboratory. These experts evaluated the relevance of each question in relation to its respective domain. Following their evaluation, they provided feedback that helped us refine the documents and arrive at their final versions. Additionally, to ensure the reliability of our questionnaires (pre-test and post-test), we conducted a Cronbach's Alpha test, as shown in the following table:

Table 1. Cronbach's Alpha test

Tests	Cronbach's Alpha Coefficient
Pre-test	0,803
Post-test	0,807

The table above allows us to deduce that the reliability coefficients of our questionnaires are high and tend towards the recommended value of 1. This, in turn, demonstrates the reliability of these questionnaires and even their applicability, thereby ensuring the reliability of their results.

Semi-structured interview guide with the teacher who facilitated the session of the 'Circuit Wizard' simulator experimentation.

To analyze the opinions of the experimental teachers using the 'Circuit Wizard' software, gathered during interviews conducted at the end of our various experimentation sessions, we employed the method of data matrix construction. Indeed, according to [32], such a scientific approach involves the following steps: data condensation, data display in matrices, and drawing and verifying conclusions. In the coding phase, an independent expert coder intervened to simplify the thematic coding. Thus, the researcher and this independent coder worked collaboratively to verify the accuracy of the identified themes and subthemes.

6 RESULTS AND DISCUSSION

In order to determine the impact of simulation on the understanding of electrical concepts among students in our various experimental groups, the control group and the experimental group, we relied on descriptive statistics and the Wilcoxon signed-rank test. We also based our analysis on the results of semi-structured interviews conducted with the teachers who experimented with the software used throughout our study.

6.1 RESULTS OF SEMI-STRUCTURED INTERVIEWS CONDUCTED WITH THE TEACHERS WHO GUIDED THE EXPERIMENTATION SESSION OF THE "CIRCUIT WIZARD" SIMULATOR

- According to you, for the realization of this lesson, is the 'Circuit Wizard' simulator useful for students, and for you, the teacher? If the answer is affirmative, then tell us how it is useful for students? and how it is useful for you, the teacher?

According to the experimenters, this lesson was indeed beneficial for both students and teachers. For them, it was crucial for students as it allowed them to grasp the concepts of electrical circuits and all their components. In other words, this software provides students with the opportunity to perform virtual manipulations of electrical components, test circuits, and observe real-time results. This facilitates the understanding of theoretical concepts, offers a practical experience with zero potential risk related to physical manipulations, and allows students to explore various simulation scenarios.

"For students, it was a precious opportunity for them to learn about the concept of electrical circuits in a different way. They had the chance to test new simulation scenarios related to this concept, which allowed them to reinforce their understanding of the said concept..." (4 participants, engineers from ISTA/Kinshasa).

For teachers, the experimenters believe that 'Circuit Wizard' is a valuable educational tool. Indeed, it offers physics teachers a multitude of possibilities to demonstrate concepts visually and attractively. This can be motivating for students learning physics. Additionally, the teacher can use it for practical work without incurring any cost. The experimenters also argue that it is a very good pedagogical tool allowing the teacher to reconcile theory and practice.

'(...) This constitutes a very good means of articulating theory and practice for the teacher. Indeed, this tool offers several possibilities for presenting the concepts to be taught. Moreover, it allows students to carry out manipulations to better understand abstract concepts. This represents a better alternative to overcome the lack of practical physics work caused by the absence of scientific equipment in the laboratory...' (4 participants, engineers from ISTA/Kinshasa).

- Do you think this simulator allows students to learn electricity concepts effectively?

According to the experimenters, there is no doubt that the 'Circuit Wizard' simulator offered an effective opportunity for students to learn various electricity concepts. Moreover, the final results of the experimentation with this software among students proved very conclusive compared to those of the control group.

"Yes, this simulator is truly effective for learning electricity concepts. Indeed, it offers an interactive approach allowing students to perform virtual manipulations of electrical components and test circuits, which facilitates the understanding of theoretical or abstract concepts..." (3 participants, engineers from ISTA/Kinshasa).

- Did you encounter any difficulties or problems during the use of this simulator? If yes, which ones?

The majority of experimenters (3 individuals) claim not to have encountered any difficulties in using the 'Circuit Wizard' software. Only one of them confirms having encountered some difficulties with the software.

"Yes, initially, I had some technical difficulties regarding the use of this simulator. But after consulting the user guide and tutorials provided by the researcher, I managed to master this software..." (1 participant, engineer from ISTA/Kinshasa).

- How do you find the working environment (buttons, functionality, other objects represented on this software, its operation, and its role) on this 'Circuit Wizard' simulator? Is it directly and easily understandable by the user?

All the experimenters find that the working environment (buttons, functionality, other objects represented on this software, its operation, and its role) on the 'Circuit Wizard' simulator is user-friendly. They also confirm that this simulator fulfills its role as a learning tool correctly by offering students an interactive platform to experiment or simulate electricity concepts.

"(...) The working environment on this simulator is well-designed, making it easy for the user to navigate. Regarding the buttons, they are intuitively placed, making them easy to use for the users... the objects present on this simulator are easy to identify..." (4 participants, engineers from ISTA/Kinshasa).

- In your opinion, what are the most important things that students should understand during the use of this 'Circuit Wizard' simulator?

During the use of the 'Circuit Wizard' simulator, experimenters believe that students should acquire a solid understanding, both practical and theoretical, of electricity concepts. Indeed, this understanding is demonstrated through circuit manipulations, testing, troubleshooting, and interpreting diagrams.

"(...) With the 'Circuit Wizard' software, students should understand the theory and practice related to learning electricity concepts... understanding the studied concepts, how to troubleshoot electrical circuits, interpreting diagrams, (...) " (4 participants, engineers from ISTA/Kinshasa)."

- Does this 'Circuit Wizard' simulator increase the motivation of learners for learning electricity? Please support your answer with concrete examples

"Yes, the experimenters believe that the 'Circuit Wizard' simulator contributes to increasing learners' motivation for learning physics, especially electricity. This is justified by the fact that this simulator offers students an interactive approach that allows them to integrate interactive elements and receive immediate feedback. It also offers them the opportunity to carry out real-time simulations. All these elements contribute to stimulating the interest". (4 participants, engineers from ISTA/Kinshasa).

6.2 DESCRIPTIVE STATISTICS RESULTS

The table below presents the results of the descriptive statistics in our study, based on the mean scores achieved by students in each group (experimental group (EG) and control group (CG)) during the pre-test and post-test. These results are also presented in terms of the respective standard deviations for each group.

Table 2. Descriptive Statistics Results

Results of the Control Group (GT)			
Tests	Number of students (N)	Means	Standard deviations
Pre-test	30	3,60	1,102
Post-test	30	5,90	1,322
Results of the Experimental Group (GE)			
Pre-test	35	3,83	1,098
Post-test	35	8,83	0,822

According to the results presented in Table No. 2, we can observe that the average scores achieved by students in the control group and the experimental group during the pre-test were almost the same, namely 3,60 out of 10 for the CG and 3,83 out of 10 for the EG. Indeed, these results indicate that these learners had roughly the same level of understanding of electrical concepts. However, it must be noted that their level of understanding was quite low. Regarding the standard deviations of the same test, we notice that they are quite low for both groups. This implies that the population in this study was homogeneous. We can also say that these students had almost the same level of understanding of the concepts in the electricity course.

As for the post-test, we observe a significant increase in the average scores of students in the experimental group, with an estimated value of 8,83 and a very low standard deviation of 0,822. However, we also noticed a small increase of only three units in the average scores of students in the control group in the post-test, namely 5,90. When comparing it with the average score obtained by the experimental group, we observe that it is lower. Although small, we also observe a slight increase in the

standard deviation of the control group, with a value of 1,322. This means that students in the control group did not really progress in their understanding of the studied concepts compared to those in the experimental group.

6.3 RESULTS OF NORMALIZED LEARNING GAIN FOR BOTH GROUPS

To measure the conceptual improvement of students in both groups after the courses they took, we calculated the normalized gain (or Hake factor). According to [33], this measure helps avoid "ceiling" or "floor" effects [33], [34]. In fact, the normalized gain represents the ratio of the raw conceptual gain achieved to the maximum possible gain, and it is calculated using the following formula.

$$(g) = (\text{Post-test Score} - \text{Pre-test Score}) / (\text{Maximum Possible Score} - \text{Pre-test Score})$$

Table 3. Criteria for Evaluating Normalized Gain Scores

Normalized Gain (g)	Interpretation
$g > 0,7$	"High" indicates a significant improvement in student performance.
$0,4 < g \leq 0,7$	"Medium" indicates a measurable but not maximal improvement in student performance.
$g \leq 0,4$	"Low" indicates a low improvement in student performance.

Table 4. Results of the two groups in terms of normalized learning gain

Group of students	Pre-test Score	Post-test Score	Maximum Possible	Normalized Gain
Control Group	3,6	5,9	10	0,39
Experimental Group	3,83	8,83	10	0,81

Analyzing the results from Table 4, we observe that the conceptual understanding of students in the experimental group is significantly higher (0,81) than that of students in the control group (0,39). Moreover, referring to the normalized gain score criteria presented in Table 3, we can therefore conclude that students in the experimental group achieved a moderate improvement in their level of conceptual understanding. On the other hand, students in the control group exhibited a low improvement in their conceptual understanding. This observation highlights the impact or effectiveness of our experimental approach based on the use of computer simulation, specifically the 'Circuit Wizard' software, in teaching and learning electricity concepts compared to the traditional approach. This is in terms of enhancing students' conceptual understanding.

However, to draw more conclusive insights, it would be necessary to conduct appropriate statistical tests, such as the Wilcoxon test, to determine whether the observed differences are statistically significant.

6.4 RESULTS OF MEAN COMPARISON TESTS

Given the small size of our sample (n=65) and the non-normal distribution of these data, as indicated by the p-value for both groups being less than 0.05, we have opted for a non-parametric test, specifically the Wilcoxon signed-rank test for paired samples. Indeed, this test serves as an alternative to the t-test and is used to compare differences between two conditions or measurements for the same subjects (or paired samples) [35].

Table 5. Wilcoxon Signed-Rank Test Results

Group of Students	N (sample size)	Z (Normalized test statistic)	P-value (Sig.)	Significance level set
Control Group	30	-4,408	0,000	0,05
Experimental Group	35	-5,193	0,000	

The results presented in Table n°3 show that the p-values for both groups are below 0.05, which represents our significance threshold, and they are equal to 0.000. This observation leads us to reject the null hypothesis, which posits that the median difference between the post-test and pre-test is equal to zero. In other words, there are significant differences between the mean scores obtained by students in the post-test and pre-test in both groups (control group and experimental group).

This indicates that the results found for the control group and the experimental group are statistically significant. Additionally, we can notice that the absolute value of the normalized test statistic Z for the experimental group is larger than that of the control group. This allows us to conclude that the academic performance achieved by students in the experimental group is better compared to that of the control group. Moreover, it should be noted that the negative value of Z indicates that post-test scores are higher than pre-test scores.

It must be emphasized that the observed differences in the data of these two groups are not due to chance, but rather to the effect of intervention or experimental treatment. In this case, it is the use of computer simulation, specifically the "Circuit Wizard" software that was employed in the course taught to the experimental group. In essence, the results of the Wilcoxon tests indicate that the "Circuit Wizard" software had a significant impact on the learning outcomes of the experimental group students. This is evident from the fact that the post-test scores are considerably higher than the pre-test scores in this group, demonstrating that the use of this software contributed to improving the academic performance of the students.

At our level of analysis, these results are explained by the fact that students in the experimental group were more active and resourceful during their learning process. Faced with computer simulation, these students had to first understand the posed problem, identify relevant physical quantities related to the problem, establish a problem-solving strategy to analyze the problem more effectively, formulate hypotheses, introduce and manipulate data in the simulation to test the validity of various hypotheses, and then observe, analyze, and interpret the obtained results for better communication.

It should also be noted that this problem-solving approach was facilitated by the simulation environment, which provided learners with direct interactive feedback at each step of their manipulation. This enabled them to make practical modifications to the simulation data and to confirm or refute their hypotheses. We can observe that through their attitude and approach to the given problem, this simulation activity required learners to demonstrate a high level of skill and to apply their physics knowledge to arrive at the correct answer [36].

In the case of this study, this techno-pedagogical approach based on the use of computer simulation allowed experimental group students to actively explore theoretical electrical concepts, such as light-emitting diodes, voltage, electric current intensity, series circuits, and circuits with branches. All of this was made possible by the posed problem. These results coincide with those of the study conducted by [37].

To better highlight the positive effect of simulation on student learning, let's consider the example of the post-test where a simple open-ended question was posed to students in both the control group (GT) and the experimental group (GE) in order to clearly establish the difference between a closed circuit and an open circuit. By analyzing the responses obtained from those concerned for this question, we can see that many students in the control group struggled with it. In contrast, almost all students in the experimental group answered this question correctly. This is justified by the fact that it was easier for GE students to find the correct answer. They simply drew an electrical circuit in the "Circuit Wizard" software and then activated the simulation button to see if the electric current flows continuously and provides energy to the load present in the circuit or not. If so, it's a closed circuit. Otherwise, it's an open circuit (no current). Thus, they quickly and accurately answered this question. These results are logical, especially considering that [38] stated that effective technology could enhance problem-solving skills.

However, for GT students, this was more difficult, requiring a double cognitive effort. They had to first imagine the logical functioning of an electrical circuit without visualizing it, for instance, on a simulator like the students in the other group (GE). Then, they had to try to find the best answer to the posed question. This was a laborious task with no guarantee of reaching the correct answer. Furthermore, the approach of these students in the control group reflects a certain passivity in their physics learning. However, it's important to note that the passivity of these students could be attributed to the absence of simulation tools and should not be interpreted as a lack of interest in physics in general, particularly electricity. Thus, in this case, the integration of computer simulation, as highlighted by [39], [40], [41], and [42], can potentially enhance engagement, curiosity, and motivation among learners in their learning process, as simulation offers a more interactive and immersive pedagogical approach to explore physics or electrical principles more practically and visually.

In summary, this concrete example could explain why the post-test scores achieved by experimental group students are higher compared to those achieved by control group students in the same test.

7 CONCLUSION AND FUTURE PERSPECTIVES

This study aimed to determine the impact of computer simulation, particularly the 'Circuit Wizard' software, on the understanding of electrical concepts among students at ISTA/Kinshasa.

Computer simulation is widely recognized as a pedagogical approach extensively used in various scientific and engineering fields, especially for learning electricity [43], [44], [45], and [46]. The integration of this techno-pedagogical approach into the teaching and learning of electricity holds significant importance, as it enhances students' interest in this physics branch and simplifies complex electrical phenomena that are often difficult for students to grasp. It can also facilitate the learning of electric phenomena that are not easily accessible through experimentation.

The results of the experimentation conducted with students participating in this study have shown that those in the experimental group, who received instruction using the computer simulator, achieved better post-test performance compared to students in the control group, who were taught using traditional teaching methods for the same test. The Wilcoxon signed-rank test indicated that these results were statistically significant. However, the calculation of the normalized gain based on pre-test and post-test results for each group revealed that students in the experimental group improved their level of conceptual understanding to a moderate extent, while the control group exhibited only a small improvement.

Based on these findings, we conclude that this study has highlighted the positive impact of the computer simulator 'Circuit Wizard' on the learning of electrical concepts among ISTA/Kinshasa students. The use of this techno-pedagogical approach in electricity education has led to an enhancement in the quality of the learning process and has alleviated certain difficulties in grasping electrical concepts. However, with a larger and more representative sample size, encompassing other branches of physics such as mechanics, it would be possible to generalize the results regarding the impact of simulation in physics.

In the future, further investigations could explore the long-term effects of computer simulation on students' retention of knowledge and their ability to apply learned concepts in practical scenarios. Additionally, the effectiveness of simulation-based learning in various physics topics and its potential to enhance critical thinking and problem-solving skills could be studied in greater detail. Overall, this study has illuminated the promising potential of computer simulation as an educational tool in the field of physics education.

REFERENCES

- [1] Rogayan, D. V., & Dantic, M. J. P. (2021). Backliners: Roles of science Educators in the Post-COVID milieu. *Aquademia*, 5 (2), ep21010.
- [2] Slaïmia, M. M. (2014). L'image de l'activité scientifique au travers de l'histoire de la dioptrique : élaboration et expérimentation d'une séquence d'enseignement pour la classe de seconde; rapport des enseignants tunisiens à l'enseignement des sciences et à l'innovation.
- [3] Dantic, M. J. (2021). Sci-Art: Visual art approach in Astronomy of teacher education students. *American Journal of Multidisciplinary Research & Development (AJMRD)*, 03, 12–19.
- [4] Droui, M., & El Hajjami, A. (2014). Simulations informatiques en enseignement des sciences : apports et limites. *EpiNet*, 164.
- [5] GEPS. (2002). De la simulation... dans/pour l'enseignement de la physique. In *Accompagnement Des Programmes, Physique, Terminale Scientifique*, Paris: SCEREN, 63–68.
- [6] Dantic, M. J. P., & Fluraon, A. (2022). PhET interactive simulation approach in teaching electricity and magnetism among science teacher education students. *Journal of Science and Education (JSE)*, 2 (2), 88–98.
- [7] Kennepohl, D. (2007). Using computer simulations to supplement teaching laboratories in chemistry for distance delivery. *International Journal of E-Learning & Distance Education / Revue Internationale Du E-learning Et La Formation À Distance*, 16 (2), 58–65.
- [8] Batuyong, C. T., & Antonio, V. (2018). Exploring the Effect of PhET Interactive Simulation-Based Activities on Students' Performance and Learning Experiences in Electromagnetism. *Asia Pacific Journal of Multidisciplinary Research*, 6 (2), 121–131.
- [9] Mbonyirivuze, A., Yadav, L. L., & Amadalo, M. M. (2019). Students' conceptual understanding of electricity and magnetism and its implications: A review. *African Journal of Educational Studies in Mathematics and Sciences*, 15 (2), 55–67.
- [10] Stetzer, M. R., Van Kampen, P., Shaffer, P. S., & McDermott, L. C. (2013). New insights into student understanding of complete circuits and the conservation of current. *American Journal of Physics*, 81 (2), 134–143.
- [11] Smith, D. P., & Van Kampen, P. (2011). Teaching electric circuits with multiple batteries: A qualitative approach. *Physical Review Special Topics-physics Education Research*, 7 (2).
- [12] Kock, Z. Z., Taconis, R. R., Bolhuis, S. S., & Gravemeijer, K. (2011). Some Key Issues in Creating Inquiry-Based Instructional Practices that Aim at the Understanding of Simple Electric Circuits. *Research in Science Education*, 43 (2), 579–597.

- [13] Li, J., & Singh, C. (2012). Students' difficulties with equations involving circuit elements. *Nucleation and Atmospheric Aerosols*.
- [14] N'djoli, J., Benabdelouahab, F., Janati Idrissi, R., & Zerhane, Z. (2022). Towards the integration of computer simulators in the teaching of physical sciences in DRC: case of Ista / Kinshasa. *Journal for Educators, Teachers and Trainers*, 13 (2).
- [15] Dalila, Y. (2022). Impact d'usage de la démarche d'investigation scientifique avec la simulation informatique sur la compréhension des concepts de la physique. Les étudiants de l'ENS de Kouba comme échantillon. *Journal of AL-Shamel for Educational and Social Sciences*, 05 (02), 479–494.
- [16] Robardet, G. (1998). La didactique dans la formation des professeurs de sciences physiques face aux représentations sur l'enseignement scientifique. *Aster*, 26 (1), 31–58.
- [17] Coquidé, M. (2003). Face à l'expérimental scolaire. *Pédagogies Recherche*, 153–180.
- [18] Zacharia, Z. C. (2007). Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23 (2), 12.
- [19] Métioui, A., & Levasseur, J. (2011). Analyse des raisonnements d'élèves sur les circuits en courant continu et les lois de Kirchhoff. *RDST*, 3, 155–178.
- [20] Kollöffel, B. J., & De Jong, T. (2013). Conceptual Understanding of Electrical Circuits in Secondary Vocational Engineering Education: Combining Traditional Instruction with Inquiry Learning in a Virtual Lab. *Journal of Engineering Education*, 102 (3), 375–393.
- [21] Setyani, N., Suparmi, S., Sarwanto, & Handhika, J. (2017). Students conception and perception of simple electrical circuit. *Journal of Physics*, 909, 012051.
- [22] Baptista, M., & Martins, I. (2023). Effect of a STEM approach on students' cognitive structures about electrical circuits. *International Journal of STEM Education*, 10 (1).
- [23] Quezada-Espinoza, M., Dominguez, A., & Zavala, G. (2023). How Difficult are Simple Electrical Circuit Conceptions? New Findings. *European Journal of Educational Research*, 12 (3), 1269–1284.
- [24] Álvarez-Marin, A., Paredes-Velasco, M., Velázquez-Iturbide, J., & Poblete-Castro, J. C. (2023). Augmented reality and education in electronics: Relationship between usability, academic performance, and emotions experienced in learning. *Computer Applications in Engineering Education*, 1061–3773.
- [25] Arsham, H. (1996). Performance extrapolation in discrete-event systems simulation. *International Journal of Systems Science*, 27 (9), 863–869.
- [26] Depover, C., Karsenti, T., & Komis, V. (2007). Enseigner avec les technologies: favoriser les apprentissages, développer des compétences. Puq.
- [27] Chekour, M., Laafou, M., & Janati-Idrissi, R. (2015). Distance Training for Physics Teachers in Pspice Simulator. *Mediterranean Journal of Social Sciences*. 6 (3), 232–238. doi: 10.5901/mjss.2015.v6n3s1p232.
- [28] Erradi, M., Khaldi, M., Ezzahri, S., Bennamara, A., Talbi, M., & Benmokhtar, S. (2002). La simulation informatique : outil d'aide à l'apprentissage de la chimie des solutions : compte rendu d'innovation. *Didaskalia*, 21.
- [29] Durey, A., & Beaufile, D. (1997). L'ordinateur Dans L'enseignement Des Sciences Physiques : Questions De Didactique. *N Actes Des 8èmes Journées Nationales Informatique Et Pédagogie Des Sciences Physiques, Udp Et Inrp*, 63–74.
- [30] Bajpai, M. (2013). Developing concepts in physics through virtual lab experiment: An effectiveness study. *TechnoLEARN: An International Journal of Educational Technology*, 3 (1), 43–50.
- [31] Jaakkola, T., & Nurmi, S. (2008). Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24 (4), 271–283.
- [32] Palacios, J. (2018). Manual de Circuit Wizard 1.15.
- [33] Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldana, J. (2014). *Qualitative data analysis*. SAGE.
- [34] Droui, M., El Hajjami, A., Bouklah, M., & Zouirech, S. (2013). Impact de l'apprentissage par problème sur la compréhension conceptuelle de la mécanique newtonienne. *EpiNet*, 157.
- [35] Hestenes, D., & Halloun, I. (1992). Interpreting the FCI. *The Physics Teacher*, 33, 502–506.
- [36] Dantan, E. (n.d.). Principaux tests statistiques pour échantillons de petites tailles [Slide show; Support de cours]. www.divat.fr.
- [37] Richoux, H., & Beaufile, D. (2005). Conception de travaux pratiques par les enseignants : analyse de quelques exemples de physique en termes de transposition didactique / Preparation of Hands-On Experimental Activities for Pupils : A Few Case Studies of Learning by Transfer in Physics Class. *Didaskalia*, 27 (1), 11–39.
- [38] Mahdi, K., Sofi, A., Laafou, M., Janati-Idrissi, R., & Madrane, M. (2017). Impact des simulateurs informatiques dans l'enseignement de sciences physiques. *HAL (Le Centre Pour La Communication Scientifique Directe)*.
- [39] Mettas, A., & Constantinou, C. (2006). The Technology Fair: a project-based learning approach for enhancing problem solving skills and interest in design and technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 18 (1), 79–100.

- [40] Gorghiu, G., Gorghiu, L. M., Suduc, A., Bîzoi, M., Dumitrescu, C., & Oltean, R. L. (Eds.). (2009). Related aspects to the pedagogical use to the pedagogical use of virtual experiments [Lisbon (Portugal)]. *Research, Reflections and Innovations in Integrating ICT in Education*, 2, 809–813.
- [41] Cox, M. (2012). Informatique et apprentissage des sciences : tendances, dilemmes et conséquences pour l'avenir. *RDST*, 6, 23–52.
- [42] Benzaba, N. M. (2016). Comment apprendre la physique avec les simulations multimédias ? *'insāniyāt*, 71, 37–62.
- [43] Ratu, T., & Erfan, M. (2017). The Effect of Every Circuit Simulator to Enhance Motivation and Students Ability in Analyzing Electrical Circuits. *Asian Education Symposium*, 399–404.
- [44] Başer, M. (2006). Effects of conceptual change and traditional confirmatory simulations on Pre-Service teachers' understanding of direct current circuits. *Journal of Science Education and Technology*, 15 (5–6), 367–381. <https://doi.org/10.1007/s10956-006-9025-3>.
- [45] Alrsa'i, M. S., & Aldhamit, Y. A. (2014). The Effect of Computer Simulation on Al-Hussein Bin Talal University Student's Understanding of Electricity and Magnetism Concepts and their Attitudes toward Physics Learning. *International Journal of Educational Research and Technology IJERT*, 5 (1), 54-60.
- [46] Squire, K., Barnett, M., Grant, J. M. A., & Higginbotham, T. F. (2004). Electromagnetism supercharged!: learning physics with digital simulation games. *International Conference of Learning Sciences*, 513–520.
- [47] Larouche, P. (2013). Des étudiants et des simulations, ou comment les PhET de Wieman permettent d'améliorer l'apprentissage de la physique / Pascal Larouche. *mobile.eduq.info*.

Assessing the microbiological quality of borehole and well water in Ferkessedougou, Côte d'Ivoire

Ouattara Mohamed¹, Effebi Kokoh Rose², and Ouattara Koffi Nouho²

¹Université Félix HOUPOUËT BOIGNY, Faculté des Langues, Littératures et Civilisations (L.L.C.), CHAIRE UNESCO pour la Culture de la Paix, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²Université NANGUI ABROGOUA, Faculté des Sciences et de Gestion de l'Environnement, 02 BP 801 Abidjan 02 Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 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: Because of the high subscription costs to the distribution network and water bills, access to running water for domestic use remains unaffordable to many inhabitants in cities and villages in the northern regions of Côte d'Ivoire. Thus, borehole and wells water is thus used as alternative to meet daily water needs, most often without a proper knowledge of the quality of such waters. This study aimed at evaluating the microbiological quality of borehole and well water in Ferkessedougou, one of the major cities in north Côte d'Ivoire. Chemical analyses were carried out on water sampled from 7 wells and 3 boreholes randomly selected across the study area. The results indicated that the average static level of the wells ranged from 0.5 m to 7.0 m. Water pHs were acidic to neutral and varied between 5.1 and 6.9. Faecal coliforms, *Escherichia coli* and intestinal enterococci were the main bacteria found in wells water, with proportions ranging between 2100 and 19000 CFU/100 ml, 120 and 5200 CFU/100 ml, and 30 and 240 CFU/100 ml, respectively. Only one borehole reported the presence of faecal coliforms (150 CFU/100 ml) and *E. coli* (15 CFU/100 ml). This faecal water pollution highlighted the poor sanitation conditions and unsuitability of water sourced from boreholes and wells to human consumption, indicating the need for adequate treatment of water prior to its use to avoid public health issues.

KEYWORDS: drinking water, faecal bacteria, microbiological quality, boreholes, wells.

1 INTRODUCTION

Access to drinking water and sanitation represents a daily struggle for thousands of individuals in cities and villages in low- and middle-income countries [1,2,3]. In 2022, 6 billion people used safely managed drinking-water services – that is, they used improved water sources located on premises, available when needed, and free from contamination. The remaining 2.2 billion people without safely managed services in 2022 included: 1.5 billion people with basic services, meaning an improved water source located within a round trip of 30 minutes; 292 million people with limited services, or an improved water source requiring more than 30 minutes to collect water; 296 million people taking water from unprotected wells and springs; and 115 million people collecting untreated surface water from lakes, ponds, rivers and streams. Sharp geographic, sociocultural and economic inequalities persist, not only between rural and urban areas but also in towns and cities where people living in low-income, informal or illegal settlements usually have less access to improved sources of drinking-water than other residents. In 2022, globally, at least 1.7 billion people use a drinking water source contaminated with faeces. Microbial contamination of drinking-water as a result of contamination with faeces poses the greatest risk to drinking-water safety [4]. The supply of drinking water to populations is therefore a major concern on a global scale. Furthermore, the microbiological quality of drinking water is a major concern worldwide due to its impact on public health [5]. Water intended to human consumption and/or household needs must not contain pathogenic microorganisms such as anaerobic sulphite-reducing germs, coliforms, and streptococci [6]. In various regions worldwide, water quality is impaired by the contamination of microorganisms of faecal origins, the excessive use of agrochemicals, uncontrolled water discharges from households and industries [7,8], indicating the need of adequate treatments for safe consumption.

Access to running drinking water remains one of the key challenges faced by populations in villages and cities because of the cost of subscription to the distribution network, and the costs of bills, which is unaffordable to a large proportion of the population in a context of growing impoverishment. To cope with the lack of access to the running water distribution network, people most often rely on groundwater from wells and boreholes to meet their water needs [9]. However, the water from these sources may contain pathogenic microorganisms, undesirable and even toxic substances which can be harmful to individuals and cause serious public health issues [10,11,12]. Yet, many people still use untreated water from rivers, wells, and boreholes as drinking water in villages and cities, resulting in the occurrence of water-borne diseases. Among the water-borne diseases, the deadliest is diarrhea, which fatality toll can reach 2.21 million victims per year globally [13]. Microbiologically contaminated drinking water can transmit diseases such as diarrhoea, cholera, dysentery, typhoid and polio and is estimated to cause approximately 505 000 diarrhoeal deaths each year [14]. It is therefore important to ensure the potability of boreholes and wells water through adequate treatment prior to their use when required.

According to [15], during the past decades, the pace of development has accelerated in several regions in rural areas and cities in Côte d'Ivoire, with an increased rate of urbanization to the detriment of natural spaces and landscapes. Such an urbanization has resulted in increased water demands, coupled with uncontrolled and poorly managed wastewater discharges. Studies carried out on the water resources of Côte d'Ivoire by [16,17,18,19,20], reported numerous sources of pollutions in both surface water and groundwater. Wastewater effluents are most often discharged into the environment, which contaminate boreholes and wells as they are not covered and contributes to the degradation of the water quality [21]. In the northern regions of Côte d'Ivoire, the environmental conditions, namely the semi-arid and climatic conditions, exacerbate water scarcity, which in turn increases the risks of water-borne diseases and vulnerability of households to water-related public health issues as they would rely on water sourced from wells and boreholes. A good knowledge of the quality of borehole and wells water is therefore critical to ensure the wellbeing of these populations since it allows for the identification of suitable physico-chemical treatments and measures required for the safe water consumption.

This study aimed at (1) quantifying the microbiological quality of borehole and wells water in the city of Ferkessedougou based on faecal contamination indicators, and (2) identifying the health risks associated with the use of this drinking water. The results of this study can serve as a basis to develop adequate strategies to achieve the targets 1 and 2 of the Sustainable Development Goal 6 in Ferkessedougou and other cities across Côte d'Ivoire.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY AREA AND SELECTION OF BOREHOLES AND WELLS

The study was carried out in Ferkessedougou, the administrative capital of the Tchologo region in Côte d'Ivoire (Figure 1). The city consists of 15 districts with a population estimated at ca. 160 267 inhabitants [22]. The major activities are agriculture and trade.

The boreholes and wells were selected based on different criteria including the location, water use (human or non-human), water treatment before consumption (e.g., disinfection using hypochlorite), water static level, and the protection system of the well or borehole. Out of 30 wells identified, seven wells located in the suburbs Residential, Pargnonkaha, Zindel, Customs, Mossibougou, Kafalovogo and N'bagnan, and three boreholes located in Fangakaha, Tiebigué and Douane were retained (Figure 2).

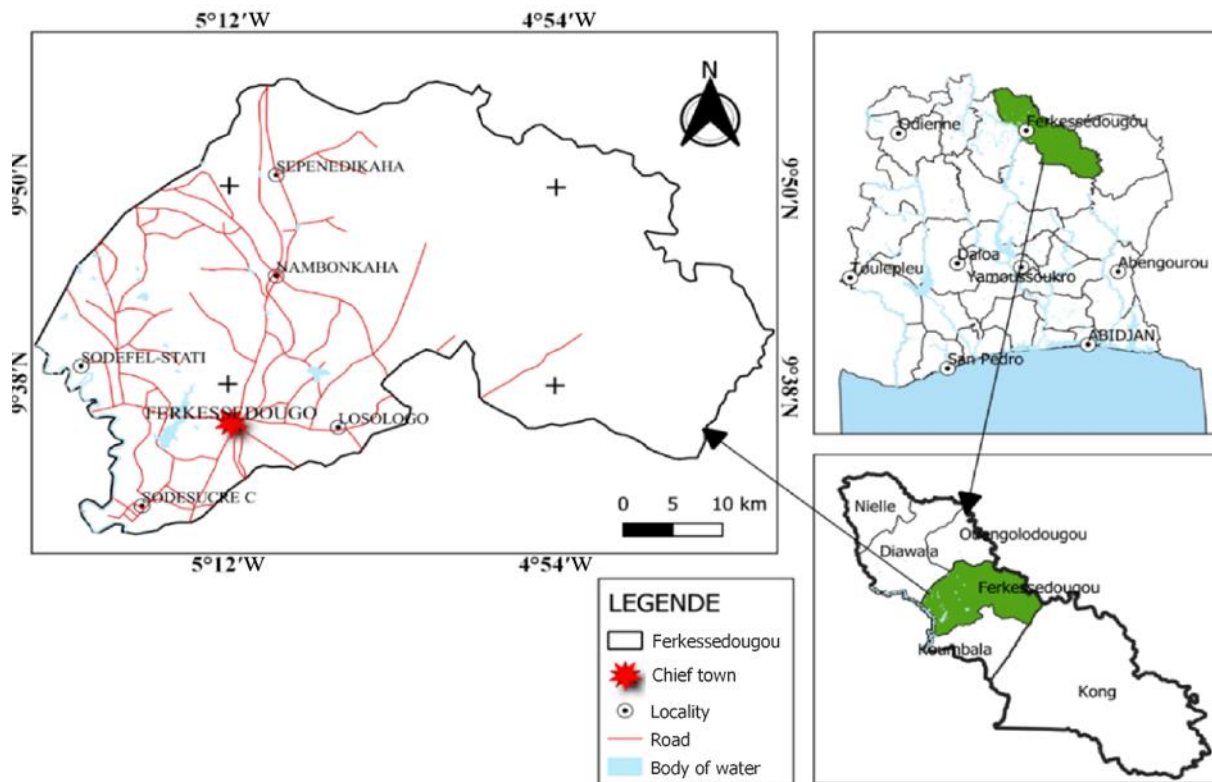


Fig. 1. Map of the study area

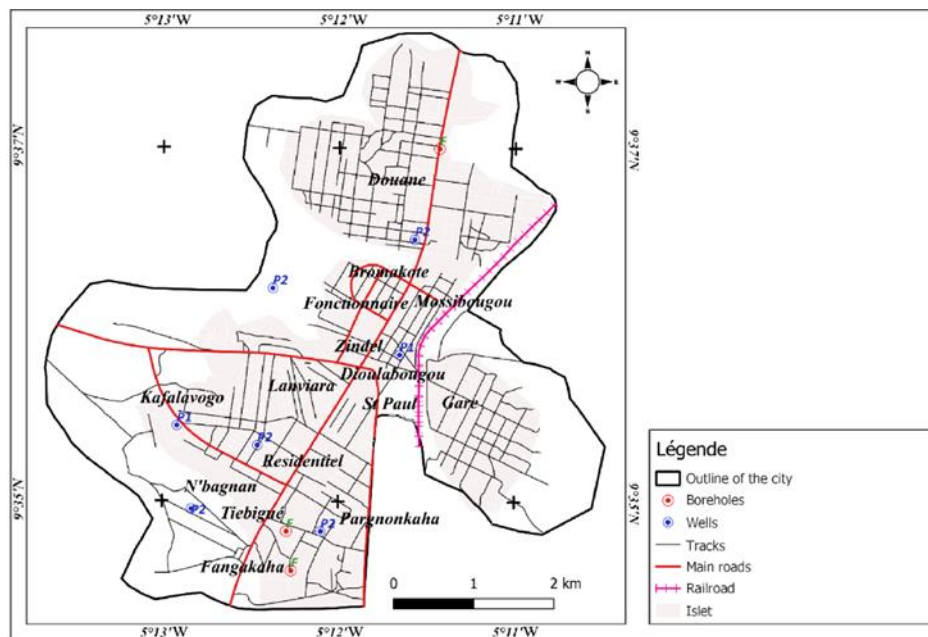


Fig. 2. Locations of the sampling wells and boreholes in Ferkessedougou

2.2 WATER SAMPLING AND QUALITY ANALYSIS

Water samplings were carried out in August 2021 during the rainy season. Each 1-litre capacity bottle was rinsed three times with the sampled water before being filled and hermetically sealed. The bottles were then transported to the laboratory in coolers containing cold packs at 4 °C. Water static levels for each of the surveyed boreholes and wells were measured

using a piezometric probe. The pH was measured in situ using a glass electrode (electrometric method). After calibrating the Consort C 380 brand pH-meter, the pH value was taken upon stabilization of the reading index.

2.3 METHOD FOR ANALYSING MICROBIOLOGICAL PARAMETERS

Following reference [23], the analytical technique was based on the qualitative and quantitative research of thermo-tolerant coliforms and faecal Streptococci in the water samples. For the enumeration of *E. coli*, faecal coliforms and intestinal enterococci, the spreading method on agar medium and the membrane filtration technique through a filtration ramp were used [24]. The culture medium used for the detection of *E. coli* and faecal coliforms was Chromocult Coliform Agar (CCA) and the enumeration of colonies was carried out after 24 hours of incubation at 44°C. The search for intestinal enterococci was carried out using the same culturing methods (plating and filtration) but on the Chromocult Enterococci Agar (CEA) culture medium incubated at 37°C for 24 to 48 hours. The results were expressed by Colony Forming Unit per 100 ml (CFU/100 ml) [25]. Table 1 shows the method of analysis of bacteriological parameters.

Table 1. Method of Analysis of bacteriological parameters [23]

Parameters	Method of Analysis	Culture medium	WHO standards
<i>E coli</i>	Seeding, membrane filtration, incubation at 44°C, counting of confirmed colonies	Chromocult Coliform Agar (CCA)	0 CFU/100 ml
Faecal coliforms	Membrane filtration, incubation at 44°C, counting of confirmed colonies	Chromocult Coliform Agar (CCA)	0 CFU/100 ml
Intestinal enterococci	Seeding, membrane filtration, incubation at 37°C, counting of confirmed colonies	Chromocult Enterococci Agar (CEA)	0 CFU/100 ml

3 RESULTS

3.1 STATIC WATER LEVELS AND PHYSICO-CHEMICAL WATER CHARACTERISTICS MEASURED IN SITU

Water levels in wells during the rainy season at the study sites were relatively close to the surface, with depths ranging from 0.5 m to 7.0 m. The minimum, average, maximum and standard deviations of pH values measured in situ for wells and boreholes are presented in Table 2. The average temperature in the selected boreholes and wells was 29°C. The pH was acidic to neutral, with average values being 5.15 ± 0.26 and 6.08 ± 0.50 in boreholes and wells, respectively. The acidic nature of the water was observed in all the selected wells and boreholes.

Table 2. pH of boreholes and wells water measured in situ at 29°C

Water source		pH
Boreholes	Average	5.15
	Minimum	5.66
	Maximum	6.1
	Standard deviation	0.268
Wells	Average	6.08
	Minimum	5.15
	Maximum	6.9
	Standard deviation	0.502

3.2 MICROBIOLOGICAL QUALITY OF BOREHOLES AND WELLS WATER

The results indicate that the borehole in Douane had an average concentration of indicator bacteria higher than the standard required for consumption. Borehole water in the other two suburbs (Tiebigué and Fangakaha) had bacterial concentrations falling within the standards for water consumption (Table 3). Regarding wells water, there was a marked proportion of bacteria indicative of faecal pollution, with proportions varying between 2100 and 19000 CFU/100 ml, 120 and 5200 CFU/100 ml, and 30 and 240 CFU/100 ml for faecal coliforms, *E. coli* and intestinal enterococci, respectively (Table 3). In the water from the three boreholes, only one borehole (Customs) reported the presence of faecal coliforms (150 CFU/100 ml)

and *E. coli* (15 CFU/100 ml). The presence of these bacteria indicates a pollution of faecal origins, making these waters unfit for human consumption.

Table 3. Microbiological parameters of wells and boreholes water

Samples	Faecal coliforms	<i>E. coli</i>	Intestinal enterococci
	Unit : CFU/100 ml		
Borehole Tiebigué	0	0	0
Borehole Customs	150	15	0
Borehole Fangakaha	0	0	0
Well Kafalovogo	2100	120	30
Well Pargnonkaha	11900	980	80
Well customs	5900	3300	100
Well Residential	18000	5200	190
Well Mossi Dougou	4800	700	30
Well Zindel	19000	380	240
Well N'bagnan	3600	410	60

4 DISCUSSION

Boreholes and wells used for drinking water in Ferkessédougou were surveyed during the rainy season to evaluate their quality. Microbiological characteristics of these water were quantified and compared to corresponding WHO thresholds. The results indicated that the groundwater in Ferkessédougou was acidic, which confirmed previously reported conclusions [26]. Such acidity levels groundwater were in line with the levels found in other regions in Côte d'Ivoire [27]. According to reference [28], pH is one of the characteristic elements of groundwater in Côte d'Ivoire. This acidity originates from the decomposition of plant organic matter, characterized by CO₂ production in the top soil layers [29]. The hydration of CO₂ produces carbonic acid (H₂CO₃), which ionization results in H⁺ ions. In Bamako, Mali, reference [30] also found acidic to neutral water from boreholes and wells, with values ranging from 4.45 to 7.48 and 4.45 to 7.14 for boreholes and wells, respectively. The water acidity was related to the siliceous and lateritic terrain of Bamako. For these authors, water with a pH of 7.2 to 7.8 is ideal for maintaining good health. Consuming liquids that are too acidic or too basic can upset this delicate balance, and lead to the development and growth of bacteria, viruses, fungi, yeasts and parasites.

Wells in the city of Ferkessédougou are dug manually and are generally shallow. They are therefore subject to infiltration of surface water and contamination from domestic wastewater. The protective walls of the wells, typically made of clay, collapse after heavy downpours, which enable contamination from diverse sources including from faecal origins [31]. In this study, the temperature of water from the selected boreholes and wells was close to ambient temperatures. It should be noted that water temperatures ranging from 28°C to 32°C are optimum conditions for the growth and proliferation of mesophilic microorganisms, which can result in the loss of water quality.

The microbiological analyses indicated the presence of faecal coliforms in all water samples. Wells water is more vulnerable to pollution from anthropogenic activities. Indeed, references [32,33] reported the presence of faecal coliforms and intestinal enterococci in wells water due to contamination of faecal origins. Intestinal enterococci and *E. coli* and faecal coliforms are indicators of faecal pollution and are largely of human origin. The presence of faecal coliforms confirms the influence of anthropogenic activities on the water quality in Ferkessédougou. The *E. coli*/EI ratio was greater than 4 in the majority of the selected wells. This pollution of human origin comes from the septic tanks [34]. Our results are similar to those of previous reports on the evaluation of the quality of wells water for domestic use in disadvantaged neighbourhoods of four municipalities in Abidjan, Côte d'Ivoire [11,35,36,37]. The majority of wells are built in concessions where there are only showers and traditional latrines located near the showers or less than 15 m, the minimum distance recommended by the WHO. These wells are thus exposed to the infiltration of wastewater from these latrines and showers. The *E. coli*/EI ratio the P1 Zindel well was below 2, indicating a mixed contamination.

The quality of boreholes and wells water is variable and depends on several factors including the location of the borehole or well, and endogenous urban contamination sources. In our study the factors explaining the presence of bacteria in the selected wells can be related to the position of the wells in relation to waste dumps and wastewater points, the manual emptying of cesspits, the absence of adequate protection perimeter, the poor household waste management and behaviour (e.g., the drawing tools are often on the ground and are not disinfected before use, open defecation), the wandering of animals

(poultry, dogs and cats, etc.) near the water sources, and the movements of groundwater between polluted and clean aquifers. It is important to emphasize that faecal coliforms and intestinal enterococci are good indicators of water contamination by faecal matter. These bacteria are always present in large quantities in animal and human waste and are barely found in soil and water which have not been subject to faecal pollution [38]. The correlations observed between the presence of these faecal contamination indicators and pathogenic bacteria, coupled with the precautionary principle, lead to the systematic elimination of all germs during treatment by water plants. According to reference [26], the water sourced from wells and boreholes in Ferkessedougou was safe regarding the WHO standards physico chemical parameters. But according to the microbiological parameters the water sourced from the same wells and boreholes in Ferkessedougou are not safe for drinking water.

5 CONCLUSION

We quantified the microbiological quality of drinking water sourced from boreholes and wells in Ferkessedougou. The results revealed that wells water was contaminated by substances of faecal origins, with *Escherichia coli*, faecal coliforms, and intestinal enterococci found in different proportions according to the wells, making such water unsuitable for human consumption if untreated. This water pollution was related to infiltration of wastewater from cesspools and nearby garbage dumps, inadequate perimeter protection, and the poor management of these groundwater sources. The vast majority of households in Ferkessedougou are unaware of the impact that poor sanitation habits and the poor management and maintenance of wells and boreholes can have on the microbiological quality of drinking water, increasing the risks and vulnerability to water-borne diseases. Given the poor quality of wells water due to the presence of germs, it is important to treat this water prior to its use and consumption.

REFERENCES

- [1] D. Hinrichsen and H. Tacio, «The coming freshwater crisis is already here. Finding the Source». The Linkages between Population and Water, Woodrow Wilson International Center for Scholars, Washington, DC, ESCP Publication, Spring, 2002.
- [2] J. P. Chapitoux, S. Houssier, P. Gross, C. Bourvier, F. Brissaud, «Étude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey, Niger». *Bulletin de la société de pathologie exotique (Bull. Soc. Pathol. Exot.)* Vol. 95, n° 2, pp. 119- 123, 2002.
- [3] UN-Water/WWAP. L'eau: une responsabilité partagée. Résumé du 2ème rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau. p. 52., 2006.
- [4] World Health Organization, Guidelines for drinking water quality (4th ed.). Switzerland, 2011.
- [5] A.A. Amira et M.E. Yassir, «Bacteriological quality of drinking water in Nyala, South Darfur, Sudan». *Environ. Monit. Assess*, 175: 37–43, 2011.
- [6] World Health Organization, Guidelines for drinkink-water quality, third edition incorporating the first and second addenda, volume 1, Recommendations, Geneva, 2008.
- [7] G. Abu-Jawdeh, S. Laria et A. Bourahla, «Enjeux et politiques d'environnement et de développement durable. Beyrouth», Éditions du Programme des Nations-Unies pour l'Environnement/Plan Bleu/Centre d'Activités Régionales, 54p., 2000.
- [8] H. B. Saab, N. Nassif, A. G. El Samrani, R. Daoud, S. Medawar et N. Ouaini, «Suivi de la qualité bactériologique des eaux de surface (rivière Nahr Ibrahim, Liban)», *Revue des sciences de l'eau*, Volume 20, numéro 4, p. 341–352, 2007.
- [9] De Marsily, V. Leonard, V. Durand, «Quantification of the specific yield in a two-layer hard-rock aquifer model», *Journal of Hydrology*, Volume 551, pp. 328-339, August 2017.
- [10] D. Goss, 'Healthy discipline? Health promotion at work', *electronic journal of radical organization theory*, vol III; 2, 1997.
- [11] O. B. Yapo, V. Mambo, A. Seka, M. J. A. Ohou., F. Konan, V. Gouzile, A. S. Tidou, K. V. Kouamé et P. Houenou «Evaluation de la qualité des eaux de puits à usage domestique dans les quartiers défavorisés de quatre communes d'Abidjan (Côte d'Ivoire): Koumassi, Marcory, Port-Bouet et Treichville», *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4 (2): 289-307, 2010.
- [12] J. Cheng, L. Chen, Y. Yen, «Evaluation de utilisation urgent des eaux souterraines dans les bassins taipai pendant la secheresse», *journal d'hydrologie*, p405-412, 2012.
- [13] Egwari et Aboaba, «Environmental impact on the bacteriological quality of domestic watersupplies in Lagos, Nigeria» *Rev.Saud.Publica.* 36 (4): 513-520, 2002.
- [14] WHO Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the frst and second addenda ISBN 978-92-4-004506-4 (electronic version) ISBN 978-92-4-004507-1 (print version), 2022.
- [15] K. E. Ahoussi, N. K. Keumeane, M. A. Kouassi et B. Y. Koffi, «Etude des caractéristiques hydrogéochimiques et microbiologiques des eaux de consommation de la zone périurbaine de la ville de Man: cas du village de Kpangouin (Côte d'Ivoire)», *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11 (6): 3018-3033, December 2018.

- [16] K. E. Ahoussi, Y. B. Koffi, A. M. Kouassi, G. Soro & J. Biemi «Etude hydrochimique et microbiologique des eaux de source de l'ouest montagneux de la Côte d'Ivoire: cas du village de Mongouin-Yrongouin (sous-préfecture de Biankouma) ». *J.Appl. Biosci* 63: 4703-4749, 2013.
- [17] Eblin, A. P. G. Sombo, Soro N., Aka, O. Mbiré, N. Oro, «Hydrochimie des eaux de surface de la région d'Adiaké (sud est côtier de la Côte d'Ivoire) ». *Journal of Applied Biosciences* 75: 6259– 6271 ISSN 1997– 5902 J., 2014.
- [18] A. Traoré, K. Traoré, B. V. Bado, O. Traoré, B. H. Nacro. et M. P. Sedogo, «Effet des précédents culturaux et de différents niveaux d'azote sur la productivité du riz pluvial strict sur sols ferrugineux tropicaux de la zone sudsoudanienne du Burkina Faso», *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9 (6): 2847-2858, December 2015.
- [19] K. R. Orou, G. Soro, T. D. Soro, N. M. R. Fossou, Z. O. Onetié, K. E. Ahoussi et N. Soro, Variation saisonnière de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des aquifères d'altérites du département d'Agboville (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, Vol. 12, No 17, 213 – 240, 2016a.
- [20] A. Ouattara, A. Meité, T. Dally, H. Ouattara, S. Kati-Coulibaly «Étude de la qualité des eaux de consommation dans la localité de N'Zianouan s/p de Tiassalé et des quartiers précaires de trois communes du District d'Abidjan (Koumassi, Treichville, Attécoubé)», *Journal of Applied Biosciences*, 102: 9708 – 9715, 2016.
- [21] Monjour, «Les pathologies d'origine hydrique et la potabilité de l'eau, Faculté de Médecine PitiéSalpêtrière – Paris», *Les Cahiers du MURS*; n°33 - 2ème trimestre, p. 30, 1997.
- [22] RGPH, 2021. Rapport d'exécution et présentation des principaux résultats. Recensement Général de la population et de l'habitat 2021, 1 p.
- [23] Miranda, Evaluation of Chromocult enterococci agar for the isolation and selective enumeration of *Enterococcus* spp. in broilers, 2005.
- [24] WHO, First International Conference on Health Promotion, Ottawa, Canada, 17–21 November, 1986.
- [25] Standard ISO 8199, Qualité de l'eau — Lignes directrices générales pour le dénombrement des micro-organismes sur milieu de culture, 2014.
- [26] Ouattara M., Effebi K. R., Coulibaly I., Fofana I., «Characterizing boreholes and wells water quality in Ferkessédougou, Côte d'Ivoire». *Journal of Applied Biosciences* 191: 20263 – 20276, ISSN 1997-5902, 2023.
- [27] I. Savane, K. M. Coulibaly et P. Gioan, «Variabilité climatique et ressources en eaux souterraines dans la région semi-montagneuse de Man», *Sécheresse*, 12, 4, 231-237, 2001.
- [28] J. Biemi, Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants subsahéliens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest: Hydrostructurale, Hydrodynamique, Hydrochimie et Isotopie des aquifères discontinus de sillons et aires granitiques de la haute Marahoué (Côte d'Ivoire). Thèse d'État ès Sciences naturelles. Université de Cocody, Abidjan. 493p., 1992.
- [29] K. Ahoussi, N. Soro, G. Soro, Y. Oga, S. Zadé, «Caractérisation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire) » *A. G. R.*, 16 (3): 199-211, 2009.
- [30] K. Fatoumata, S. Keita, A. Mamadou Konaré, M. Traoré, «Comparative study of the physicochemical quality of groundwater in Sokorodji and Sogoniko» *IJASR*, Volume 6, Issue 4, DOI: <https://doi.org/10.56293/IJASR.2022.5540>, July - August 2023.
- [31] C. Boutin, «L'eau des nappes phréatiques superficielles, une richesse naturelle mais vulnérable. L'exemple des zones rurales du Maroc», *Sciences de l'Eau*, 6 (3): 357-365, 1993.
- [32] El Asslouj J, Kholtei S, El Amrani-Paaza N, Hilali A., «Impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux souterraines de la communauté Mzamza (Chaouia, Maroc) ». *Rév. Sci. Eau*, 20 (3): 306-321, 2007.
- [33] N.K. Ouattara, T. García-Armisen, A. Anzil, N. Brion, P. Servais, «Impact of Wastewater Release on the Faecal Contamination of a Small Urban River: The Zenne River in Brussels (Belgium)», *Water Air and Soil Pollution*, 225: 2043-2054, 2014.
- [34] M. Nola, T. Njiné, N. Kemka, S.H. Zébazé Togouet, P. Servais, M. Messouli, Cl. Boutin, A. Monkiedje et S. Foto Menbohan, «Transfert des bactéries fécales vers une nappe phréatique à travers une colonne de sol en région équatoriale: influence de la charge en eau appliquée en surface» *Revue des sciences de l'eau*, 19 (2) 101-112, 2006.
- [35] C. Degbey, M. Makoutode, B. Fayomi et C. De Brouwe, «La qualité de l'eau de boisson en milieu professionnel à Godomey en 2009 au Bénin Afrique de l'Ouest», *Journal International de Santé au Travail*, 12, 15-22, 2010.
- [36] Coulibaly K., «Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako». Thèse de Faculté de Médecine de Pharmacie et D'Odontostomatologie, Université de BAMAKO, 128p., 2005.
- [37] B. Hassane, Aquifères superficiels et profonds et pollution urbaine en Afrique: Cas de la communauté urbaine de Niamey (NIGER). Thèse de doctorat, Université Abdou Moumouni de Niamey, 249 p., 2010.
- [38] SC. Edberg, E.W. Rice, R.J. Karlin et M.J. Allen «*Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection» *Journal of Applied Microbiology*, 88: 106S-116S, 2000.

Cutaneous Loxoscelism: A Moroccan observation

Faical Kouskous¹, Ilham Tadmouri¹, Moustapha Hida¹, Kalmi Noura², Hanane Baybay², and Fatima Zahra Mernissi²

¹Department of Pediatrics, University Hospital Hassan II, Fes, Morocco

²Department of Dermatology, University Hospital Hassan II, Fes, Morocco

Copyright © 2024 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: Loxoscelism is a medical condition due to bites and envenimation by recluse spiders of the genus *Loxosceles* that may be the cause of polymorphous skin or visceral manifestations up to shock, coma, and death. General practitioners know very little about this condition, which is why it is important to highlight it in order to plan appropriate treatment and prevent complications.

Case report: This report is related to a 2-year-old infant female who is admitted to the emergency room with a large, red, and painful lower limb against a backdrop of fever due to the bite of a spider 48 hours before.

Conclusion: Cutaneous oxoscelism is a poorly diagnosed condition. As identification of the spider is not always possible, the diagnosis must then be made on the basis of epidemiological, clinical, and biological evidence after eliminating other causes in order to prescribe appropriate treatment.

KEYWORDS: Spider Bite, Recluse Spider, Infant, Morocco, Erysipelas.

1 INTRODUCTION

Loxoscelism corresponds to any cutaneous or visceral manifestation secondary to a bite by spiders; its manifestations, especially dermatological, are highly polymorphic and can simulate several pathologies.

We report a 2-year-old infant female with a cutaneous loxoscelism and an erysipeloid reaction as a skin manifestation.

2 CASE REPORTS

A 2-year-old infant female is admitted to emergency with a large, red and painful lower limb against a backdrop of fever due to the bite of a spider 48 hours before. The spider was identified by the family; initially the sting was mildly itchy; after a few hours, the infant accused of crying complained of a slight swelling and redness around the lesion; then, after 24 hours, it appeared to be a bulla with hemorrhagic content with worsening of the edema and erythema in a context of fever, which motivated the family to consult the emergency department. A clinical examination revealed an infant in good general condition with a febricula of 37.8. Dermatological examination revealed a swollen, slightly hot, erythematous, and painful lower limb with the presence of a bulla with a collapsed roof at the presumed site of the bite (Fig.1). Biological tests showed a leucocytosis of 18,000 with neutrophil polynucleosis and a CRP of 60; the rest of the tests were normal. The diagnosis of cutaneous loxoscelism was retained, and the patient was put under elevation of the limb, compresses soaked with salted serum, fulcidic acid locally, and protected oral amoxicillin. The evolution was favorable (Fig.2).



Fig. 1. Picture showing a tumefied right lower limb with a discontinuous erythematous palacard centered by a hemorrhagic bulla with a collapsed roof



Fig. 2. Control picture after one week's treatment, showing the disappearance of the edema and erythema with the persistence of a erythematous macule

3 DISCUSSION

Loxoscelism is a condition that is underdiagnosed and poorly understood by general practitioners due to its rarity. It is a serious araneism that can be strictly cutaneous with variable clinical aspects, as it may be fatal (1,2). It occurs due to bites of the spiders of the genus *Loxosceles* (3). The distribution of this species is ubiquitous; however, it is of particular interest on the American continent and the Mediterranean rim, including Morocco.

Several complications of loxoscelism have been described. Skin complications can range from a simple urticarial reaction to an ulcerated lesion centered on necrosis via a bulla, (4) or, as in the case of our patient, an erysipeloid reaction associated with adenopathy. Cases of generalized exanthema or generalized exanthematous pustules have also been described (3,4). Systemic manifestations are rare and can go as far as shock, coma, and death (5-7). They are most often of a hemological nature, cases of renal failure, and disseminated intravascular coagulation in severe forms mediated by phospholipase D in the venom (1,2).

The elderly and children are more susceptible to systemic loxoscelism, but patients state of health is also an important risk factor (4).

A diagnosis of certainty is based mainly on capturing the spider, although this is only done in 13% of cases (8). In our case, the female sex, the summertime sting, the location on the limb, and the absence of visceral manifestations corroborate the epidemio-clinical data in the literature concerning *L. rufescens* cutaneous loxosceliasis (9).

The general management and treatment are supportive and include washing the site of the bite with water and soap, tetanus prophylaxis, the administration of analgesics and antihistamines, and an icepack to reduce edema, itching, pain, and redness. Strenuous activities, debridement, and topical steroids must be prohibited to prevent the expansion of the necrotic lesion (10,11).

4 CONCLUSION

Given that identification of the spider is not always possible, the diagnosis must then be made on the basis of epidemiological, clinical, and biological evidence and after eliminating other causes in order to prescribe an appropriate treatment, which is most often directed according to the cutaneous manifestations presented; however, general measures are common and appropriate whatever the cutaneous manifestation (6).

REFERENCES

- [1] Nguyen N, Pandey M. Loxoscelism: Cutaneous and hematologic manifestations. *Adv Hematol* 2019; 2019: 4091278. doi: 10.1155/2019/4091278.
- [2] Cullen R, Hasbu.
- [3] Adya KA, Janagond AB, Inamadar AC. Cutaneous loxoscelism-associated exanthem mimicking acute generalized exanthematous pustulosis. *Indian Dermatol Online J* 2022; 13: 667-8.
- [4] Shahi, M., Shahi, A., Khademi, Z., Zamani, A. R., Nakhaii, A. R., & Rafinejad, J. 2021. Loxoscelism: a case report from Bandar Abbas in south of Iran. *Hormozgan Medical Journal*, 185, 421-427.
- [5] Swanson DL, Vetter RS. Loxoscelism. *Clin Dermatol*. 2006; 24: 213-221.
- [6] MoldJW, Thompson DM. Management of Brown Recluse Spider Bites in Primary Care. *J Am Board Fam Pract*. 2004; 17: 347-352.
- [7] Goddard J. *Physician's Guide to Arthropods of Medical Importance*. 4th ed. New York: CRC. LLC. Press; 2003: 310-313.
- [8] Le loxoscelisme arrive dans le sud-ouest: à propos de cinq cas, *Annales de dermatologie et vénéréologie*, volume 143, issue 12, supplement, decembre 2016, pages S344 -S345.
- [9] Fetoui, N. Ghariani, et al. «Le loxoscelisme cutané: à propos de 9 observations tunisiennes.» *Annales de Dermatologie et de Vénéréologie*. Vol. 145. No. 12. Elsevier Masson, 2018.
- [10] Elghblawi E. Brown Recluse Spider Bites; A Case Report. *Middle East J Nurs*. 2009; 3: 3-5.
- [11] Appel MH, Bertoni da Silveira, Gremski W, Veiga SS. Insights into brown spider and loxoscelism. *I S J*. 2005; 2: 152-158.

