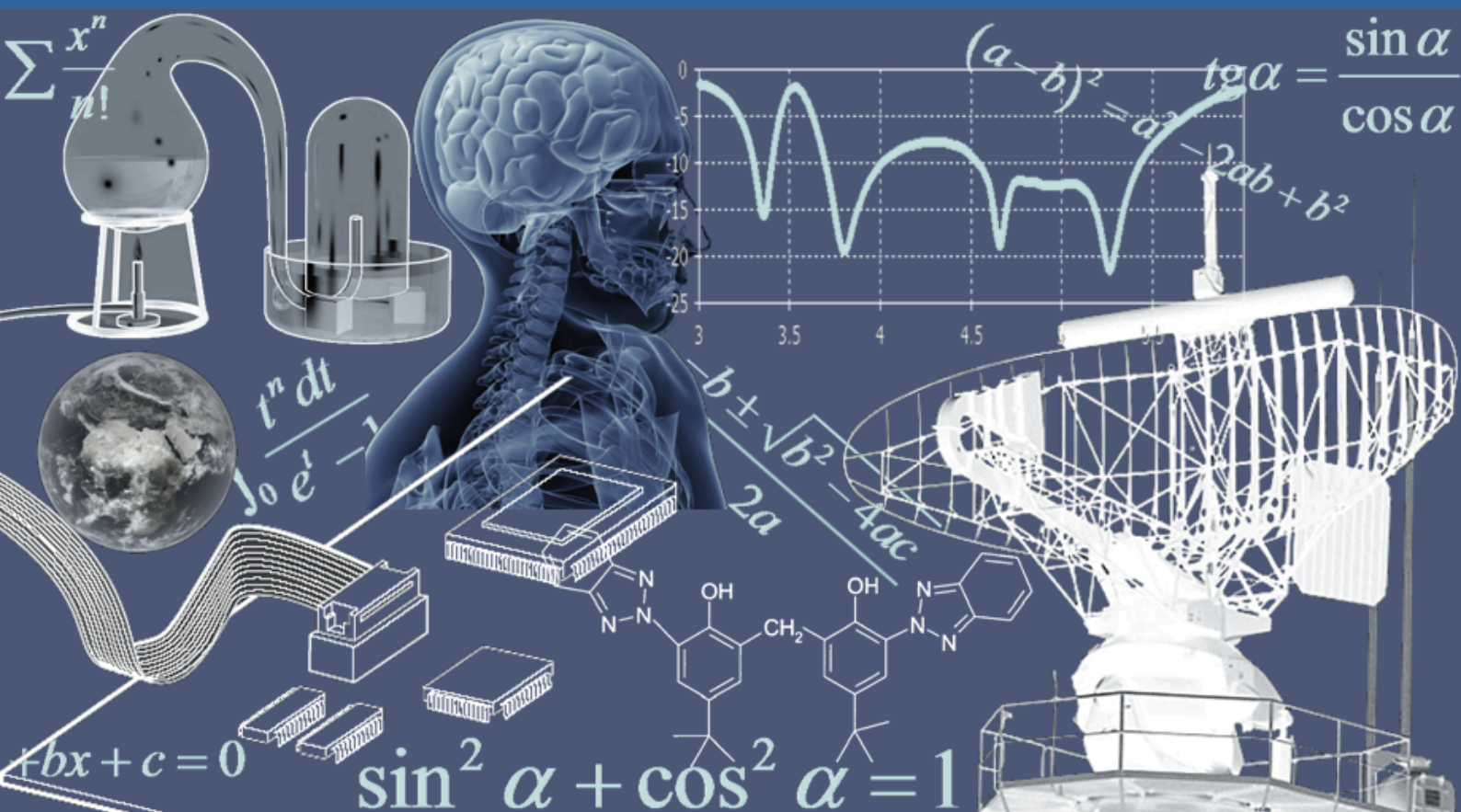


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 22 N. 4 March 2018



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Table of Contents

Essai d'application de Visual Prométhée pour le rangement des Banques Congolaises en fonction des risques <i>Z. KASUKU WANDUMA and A.L. MALAIKA</i>	267-274
Détermination de la diffusivité thermique du matériau filasse plâtre par méthode numérique: Influence du nombre de Biot et du coefficient d'échange thermique en régime transitoire <i>Papa Touty Traore, M.S. Ould Brahim, Youssou Traore, Alassane Ba, Dame Diao, Seydou Faye, Issa Diagne, and Gregoire Sissoko</i>	275-281
Etude de la résistance thermique du transfert de chaleur d'un mur simple à travers un matériau isolant filasse-plâtre en régime dynamique transitoire : influence du coefficient d'échange thermique <i>Seydou Faye, Séni TAMBA, Youssou TRAORE, Dame Diao, Pape Touty Traore, Ibrahima Diatta, and Gregoire Sissoko</i>	282-290
ACCUMULATION OF NITROGEN AND PHOSPHOROUS BY VETIVER GRASS (CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES) IN A MODEL CONSTRUCTED WETLAND TREATMENT SYSTEM FOR POLISHING MUNICIPAL WASTEWATER <i>Austine Otieno, George Karuku, James Raude, and Oscar Koech</i>	291-298
L'ALCOOLISME CHEZ LES JEUNES DANS LA COMMUNE URBAINE D'IBANDA : UN REGARD SUR QUELQUES PISTES DE SOLUTION <i>BIGIRIMANA RUCHOGEZ AUGUSTIN</i>	299-306

Essai d'application de Visual Prométhée pour le rangement des Banques Congolaises en fonction des risques

[Application of Visual Promethee for storage of Congolese Banks in risk]

Z. KASUKU WANDUMA¹ and A.L. MALAIKA²

¹Faculté des Sciences, Université Libre de Bruxelles, Campus de la Plaine CP 260, Boulevard de Triomphe, 1050 Bruxelles, Belgium

²Faculté des Sciences Économiques et de Gestion, Université Catholique de Bukavu, BP 285, Bukavu, RD Congo

Copyright © 2018 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 financial environment reveals new risks that make the uncertain profitability of banks and the occurrence of systemic risk resulting from the bankruptcy of several banks. Share the data provided by the National Bank of the DRC, the supervisor can detect banks of fragility signs by comparing the ratios calculated for each of them to set prudential standards and classifying them, taking into account the risks. So it can expedite inspections and take corrective actions that impose and help redress the situation if not close unprofitable banks. This is the mission that we assign to our study and propose to the Congolese supervisor of banks. The question that arises is what is the consistent methodology select and recommend to the Central Bank of Congo to enable supervision to achieve its objective to detect weak banks. The selected Promethee Visual (because we are in the storage problem) in our study, using 10 banks supervised by the Congolese central bank and accepted for clearing (like shares) and the 5 criteria (capital, assets, management, earnings and liquidity) shows First Bank Corporation (FBC = B₁₀), CITIBANK (B₁₀), trade and development bank (BCD = B₈) are managing their banking risks. Banks to watch are the Congolese Union of Banks (UCB = B₂), the international credit bank, the International Bank for Africa in Congo (BIAC = B₃), the Commercial Bank of Congo (BCDB = B₁). Finally, the Congolese foreign trade bank (BCCE = B₉), the Congolese FSB (B₇), and finally the STANBIC (B₆) are high-risk banks. Our study shows that the supervisor Multi-method provides a consistent procedure in assessing the performance and risk of Congolese Banks.

KEYWORDS: Advanced Methods, Visual Promethee, Storage, Congolese Bank, risks.

RÉSUMÉ: Le nouveau environnement financier fait apparaître des nouveaux risques qui rendent la rentabilité des banques incertaine et à l'occurrence le risque systémique qui résulterait de la faillite de plusieurs banques. De part les données fournies par la Banque Nationale de la RDC, le superviseur pourra détecter des signes de fragilité des banques en comparant les ratios calculés pour chacune d'elles aux normes prudentielles définies et les classer en catégories en tenant compte des risques. Ainsi il peut diligenter des contrôles et prendre des actions correctives qui s'imposent et aider à redresser la situation si pas fermer les banques non rentables. Voilà la mission que nous assignons à notre étude et à proposer au superviseur congolais des banques. La question que l'on se pose est quelle est la méthodologie cohérent choisir et proposer à la banque centrale du Congo pour lui permettre d'atteindre son objectif de supervision afin de détecter les banques fragiles. Le Visual Prométhée choisi (car nous sommes dans la problématique de rangement) dans notre étude, en utilisant les 10 banques représentées par les lettres B₁, B₂, B₃, B₄, B₅, B₆, B₇, B₈, B₉, B₁₀ pour raison d'anonymat, supervisées par la banque centrale congolaise et admises à la chambre de compensation (comme actions) et par les 5 critères (capital, actifs, la gestion, les profits et la liquidité) montre que les banques B₁₀, B₈ gèrent bien leurs risques bancaires. Les banques à surveiller sont B₂, B₃, B₁. Enfin, les banques B₉, B₇, B₆ sont les banques à haut risque. Notre étude montre au superviseur que la méthode multicritère offre une procédure cohérente dans l'évaluation de la performance et de risque des banques congolaises.

MOTS-CLEFS: Méthodes multicritères, Visual Prométhée, Rangement, Banque congolaise, risques.

1 INTRODUCTION

Après une longue période d'incertitude financière, les autorités du gouvernement ont donné à la banque Centrale du Congo(BCC), la tâche de restructuration du secteur bancaire. Cette mission passe par le renforcement de la surveillance et la supervision bancaire. La banque centrale doit mettre en place un système de détection de la fragilité bancaire au travers les informations qualitatives et quantitatives que lui fournissent les banques commerciales sous son contrôle. Elle doit détecter des signes qui entraînent la fragilité des banques en comparant les ratios calculés pour chacune des banques aux normes prudentielles définies et classer les banques en catégories qui tiennent compte des risques. Cela a pour but est diligenter des contrôles sur place dans les banques à risques et de prendre des actions correctives qui s'imposent pour redresser la situation. La problématique est d'utiliser la technique de Visual Prométhée pour proposer à la BCC de détecter les banques fragiles.

2 METHODOLOGIE ET PRINCIPE DE L'ETUDE

Le secteur bancaire congolais dépend depuis le texte de loi son annexion par la Belgique et la création de sa monnaie en 1887. Ainsi depuis 1908 le système bancaire congolais opte pour la création d'une institution bancaire chargée d'organisation la circulation fiduciaire dans la colonie. Cette banque centrale supervise les 10 banques commerciales de notre étude que nous appelons Banque commerciale du Congo, la BCBC, l'union Congolaise de Banques, UCB, la banque internationale pour l'Afrique au Congo BIAC, la banque internationale de crédit, BIC, la CITIBANK, la STANBIC, le FSB, la banque commerciale de développement, BCB, la banque congolaise de commercer extérieur et the First Bank Corporation. À parti des comptes de résultats qui nous ont fournis au 31/12/2001, nous avons essayé de calculer les divers ratios prudentiels [2]. Le principe de la méthode Prométhée étudiée indique que cette méthode est simple et permet de ranger les actions les meilleures par rapport au plus mauvaises [3].

Le principe des méthodes Prométhée-GAIA repose sur une double problématique : le choix et le rangement. Les actions et les critères sont choisis de façon que le décideur ne puisse avoir des soucis dans le choix de la bonne décision. Il faut alors construire une relation de surclassement en définissant les actions et les critères dans une matrice d'évaluation [4]. Soit un problème de décision multicritères où nous avons les actions n ($a_1, a_2, \dots, a_n$) et un ensemble des critères k ($f_1, f_2, \dots, f_k$). On est en présence des critères sont tous numériques et être maximisée. On note $f_j(a_i)$ l'évaluation des actions sur critère f_j en comparant par paire les actions. Ainsi, une fonction de préférence doit être associée à chaque critère afin d'aider le décideur de prendre en compte les critères choisis. La fonction de préférence $P_j(a_i, a_l)$ est le degré de préférence de a_i sur a_l en fonction de l'écart entre évaluation [5]. La valeur de $P_j(a_i, a_l)$ est un nombre compris entre 0 et 1. Dans une deuxième étape le décideur évaluer le poids numériques des critères afin de refléter les priorités : plus important critères reçoivent le plus grands poids. Nous notons w_j le poids du critère f_j et nous supposons que les poids sont normalisés comme suit :

$$\sum_{j=1}^k w_j = 1 \quad (1)$$

Le poids d'un critère représente l'importance relative accordée à celui-ci par le décideur par rapport aux autres critères. On définit alors l'indice de préférence multicritère comme celui qui fournit le degré de préférence du décideur pour une action par rapport à une autre tout en envisageant l'ensemble de tous les critères [6].

Un indice de préférence est défini comme suit :

$$\pi(a_i, a_l) = \sum_{j=1}^k w_j P_j(a_i, a_l) \quad (2)$$

Trois indices de préférence sont alors calculés afin d'évaluer globalement chaque action à tous les autres pays. Le flux sortant exprime que a domine les autres actions de A. Son équation est :

$$\phi^+(a_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{l=1}^n \pi(a_i, a_l) \quad (3)$$

L'indice de préférence est exploité au moyen de flux de surclassement en considérant que les poids de critère soient supérieurs à zéro.

Le flux entrant est donné par l'équation :

$$\phi^-(a_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{l=1}^n \pi(a_l, a_i) \quad (4)$$

Enfin, le flux net est le bilan entre le flux entrant et le flux sortant :

$$\begin{aligned}\phi(a_i) &= \frac{1}{n-1} \sum_{l=1}^n (\pi(a_i, a_l) - \pi(a_l, a_i)) \\ &= \phi^+(a_i) - \phi^-(a_i)\end{aligned}\quad (5)$$

Chaque flux de préférence induit un classement sur l'ensemble des actions. Ayant définie l'indice de préférence multicritères, connaissant les poids, on a défini le flux net. En considérant les flux nets unicritères, on a la situation suivante : pour le critère f_j , le flux net unicritère est défini comme suit :

$$\begin{aligned}\phi_j(a_i) &= \frac{1}{n-1} \sum_{l=1}^n (P_j(a_i, a_l) - P_j(a_l, a_i)) \\ &= \sum_{j=1}^k w_j \phi_j(a_i)\end{aligned}\quad (6)$$

La méthode que nous allons appliquer pour notre étude est le Visual Prométhée pour illustrer l'approche visuelle PROMETHEE. Nous sommes dans une problématique de rangement en utilisant la visualisation GAIA pour aider le superviseur à apprécier les critères qui caractérisent la fragilité des banques commerciales.

3 APPLICATION DE VISUAL PROMETHEE

Dans la variante visualisation de plan GAIA nous utilisons la base de notre étude sur les 10 banques citées ci-haut comme les actions et comme critères les différents ratios de capital, de qualité des actifs, de la rentabilité, de la liquidité et des autres patios pour n'en retenir que 9 ratios prudentiels.

3.1 ANALYSE DE L'ACTIVITÉ BANCAIRE ET DE LA QUALITÉ DES ACTIFS

La représentation sur le plan GAIA des différentes banques après mise en œuvre de la procédure donne les positions suivantes aux banques à l'étude.

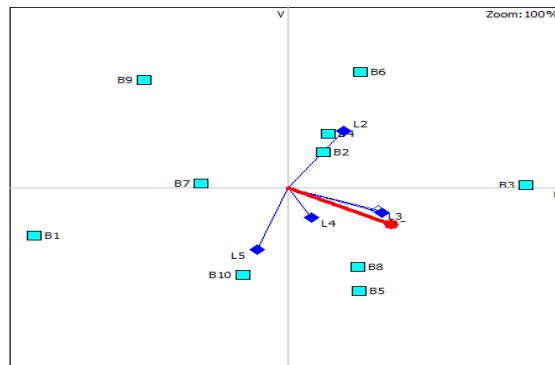


Fig. 1. Positions des banques en fonction des indicateurs d'activité et de qualité des actifs.

Les banques B3, B8, B5 et accessoirement B4 lèvent suffisamment des dépôts et ont un taux de réemploi élevé. Les banques B1 et B10 ont un taux de réemploi des dépôts faibles, ce qui justifie la faiblesse des taux de crédit litigieux dans ces banques et la faiblesse de leur endettement interbancaire. Dès lors la méthode montre que les banques B3, B8, B5 allient un endettement interbancaire moins élevé et des crédits litigieux faibles. Les banques B9 et B7 ont un taux de réemploi moyen. Elles sont moins bonnes en matière d'endettement interbancaire et B9 est la plus mauvaise de toutes les banques. B2 et B6 sont éloignées du ce qui fait ressortir que ces banques ont d'importantes créances litigieuses.

3.2 ANALYSE DE LA SOLVABILITÉ

Les ratios de couverture des crédits par les fonds propres ($COU=F1$ = fond propre sur le crédit), l'indépendance financière FP /total Bilan ($SOL=F2$ = fond propre sur le bilan), ratio de couverture des risques bancaires par les fonds propres prudentiels ($PRU=F3$ = fonds prudentiels sur risques bancaires) constituent les critères utilisés.

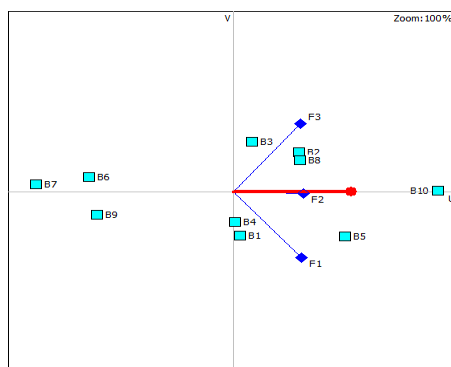


Fig. 2. Positions des banques en fonction de trois indicateurs de solvabilité

La position des banques par rapport à trois indicateurs montre que B10, B5, B8, B2 ont un ratio prudentiel meilleur par rapport aux autres et sont dans le même quadrant que l'axe de décision en rouge sur l'image où la représentation des données est de 93%. La banque B10 est à égale distance entre COU et PRU et prouve qu'elle est bonne sur les deux critères.

B3, B4 et B1 ont un ratio de couverture de crédits par les fonds propres et une indépendance financière ou comptable meilleur.

Les banques B9, B6 et B7 sont celles qui présentent un mauvais classement pour le ratio prudentiel que pour le ratio de couverture comptable. Celle-ci la B7 est moins classée pour les deux critères.

3.3 ANALYSE DE LA MARGE INTERMÉDIAIRE

Les critères pour évaluer l'aptitude des banques pour réaliser une bonne marge d'intermédiation sont les produits bancaires sur l'actif ($CHI=C1$), les charges bancaires sur le passif ($C2 = CHG$) et le rapport entre les produits nets bancaires sur le total du bilan ($C3 = PNE$). L'ACP provenant de la représentation GAIA fait ressortir les données suivantes (inertie 95,8%) :

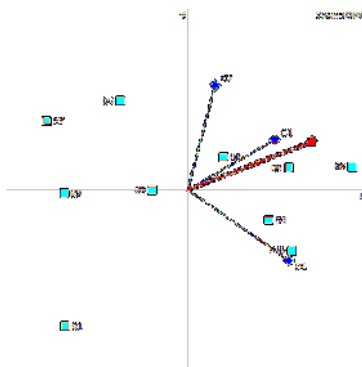


Fig. 3. Positions des banques en fonction des indicateurs de marge d'intermédiation

Les banques B10, B5 et B4 sont des banques qui génèrent un bon produit bancaire ($CHI=C1$) tandis que les banques B7 et B6 ont un moins bon produit bancaire. Par contre B8, B2 sont celles des charges bancaires moindres alors que B1, B9 et B3 sont des banques qui ont des charges bancaires élevés. Les banques B10, B5, B8, B2 sont les banques qui ont un produit bancaire net meilleur par rapport aux autres car sa position est proche des produits nets bancaires sur le total du bilan ($PNE=C1$). La position de B10 et B5 est justifiée par l'importance de leur produit bancaire (CHI). Ainsi la faiblesse de leurs charges bancaires (CHG) justifie la position de B8 et B2. B4 a une position particulière parce que malgré l'importance de son produit bancaire, elle a des charges bancaires supérieures à celles des autres banques (Soit 4 banques).

3.4 ANALYSE DE RENTABILITÉ

Dans ce cadre nous utilisons la rentabilité économique ($R1$ = résultat sur le bilan), la rentabilité financière ($R2$ =résultat par rapport au fond propre comptable), la rentabilité du chiffre d'affaires ($R3$ = résultats/produit bancaire), le cash flow sur le bilan ($R4$) et le cash flow sur les fond propre($R5$). L'inertie est de 92,9% et montre une bonne représentation des données.

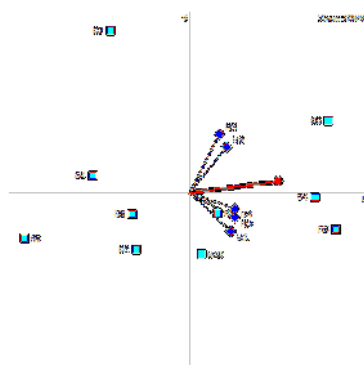


Fig. 4. Positions des banques en fonction des indicateurs de la rentabilité

Les banques B9, B4, B5, B10 ont une rentabilité économique avantageuse et leur critère plus proche du critère rentabilité est proche du critère financière rentabilité financière. Ces banques ont la caractéristique commune d'avoir des actifs de taille moyenne par rapport aux banques B1, B2, B3. Par contre la banque B9 présente une rentabilité financière élevée à cause de ses fonds propres relativement faibles. Elle a un fond propre prudentiel négatif. Du point de vue rentabilité économique et de la rentabilité financière, la banque B9 est mal placée. Le fond comptable est négatif ainsi que le fond propre prudentiel. Du fait de l'importance de leur actif, les banques B1, B2 et B3 ont une rentabilité économique faible. Les résultats que nous avons utilisés montrent que les ratios économiques, de rentabilité du chiffre d'affaires et le rapport cash flow sur le bilan sont corrélés. Les ratios rentabilité financière et le ratio cash flow sur fond propre sont corrélés et ont le même pouvoir discriminant. Le constat qui précède nous fait retenir deux ratios de rentabilité : la rentabilité économique(REC) et la rentabilité financière(RFC).

3.5 ANALYSE DE LA DÉCOMPOSITION DU PRODUIT BANCAIRE

Pour cette exercice, la répartition de la marge d'intermédiation se résume : les charges d'exploitation sur les produits net bancaires ($CHG=D1$), les amortissements et provisions par rapport aux produits nets bancaires ($AMT=D2$), le cash flow sur le produit national brut ($CAS= D3$) et enfin le résultat sur le produit national brut ($RES = D4$).

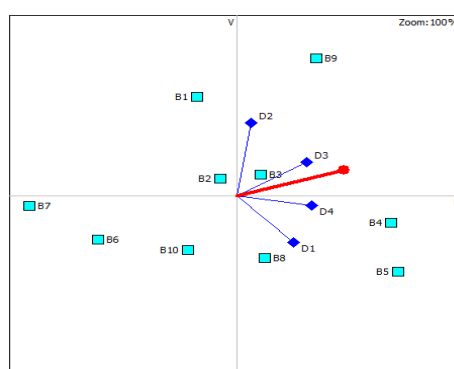


Fig. 5. Positions des banques en fonction de deux indicateurs de la décomposition du produit bancaire

Les quatre ratios ont même pouvoir discriminant élevé pour départager les banques. Le cash flow étant la somme des résultats et amortissements, le ratio D3 soit le cash flow par rapport au produit national brut qui est du même côté que l'axe de décision que 89,4% d'inertie sur la représentation de données.

3.6 LES AUTRES RATIOS PRUDENTIELS ; LES INDICATEURS DE LIQUIDITÉ

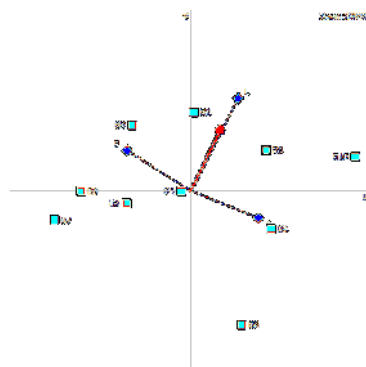


Fig 6.Positions des banques congolaises en fonction des indicateurs de liquidité.

Nous retenons les deux ratios pour la liquidité.

3.7 AUTRES RATIO PRUDENTIEL DE LA BCC. :

On retient les deux ratios: risque de transformation (RT) et risque de change(RC).

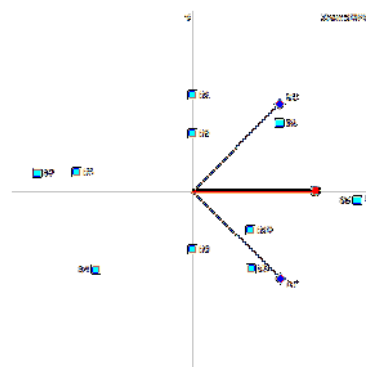


Fig7. Positions des banques en fonction des risques de change et de la transformation.

Vu l'orientation de l'axe de décision, les deux ratios seront utilisés dans l'étude multicritère : RT comme risque de transformation et RC comme risque de change.

Nous retenons alors pour l'usage de Visual Prométhée, pour le classement et pour une affectation de catégories prédéfinies 9 ratios ou critères selon l'information GAIA :

- Le capital : la solvabilité prudentielle et la couverture des risques par les fonds propres comptables.
- La qualité actifs et activités(L1), les litigieux (Lx) et le taux de réemploi (L3) comme critères.
- Pour la rentabilité, nous considérons, la rentabilité économique (R1)et produit net bancaire(C3) et la solvabilité (S).
- La liquidité elle-même est prise comme un critère prioritaire(L)
- Pour les autres ratios, nous considérons le risque de transformation (RT) et le risque de change(RC).

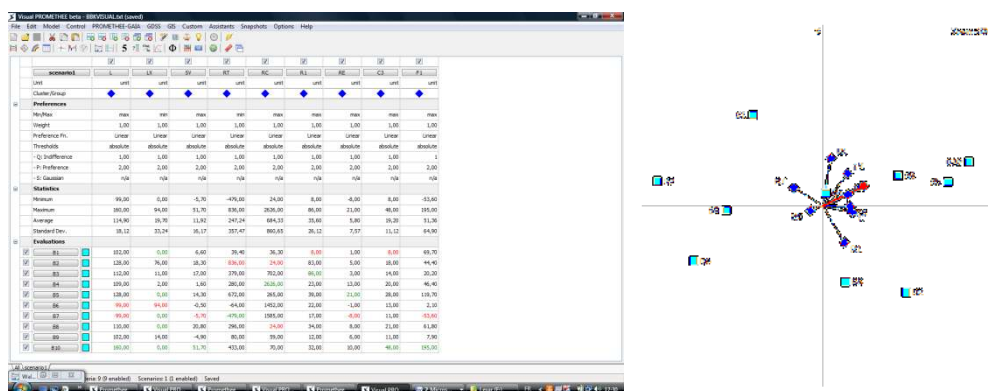


Fig8. A gauche le tableau d'évaluation et à droite l'évaluation d'ensemble avec les neufs critères retenus.

Du classement des banques en fonction des critères choisis, nous pouvons dire les banques B10, B5, B4 et B8, sont des banques plus ou moins saines et les autres banques sont à surveiller sauf les banques B6, B9 qui sont des banques à haut risques. Les informations du plan GAIA dégagent des informations suivantes :

- Les banques B10, B5 et B8 sont des banques qui ont tendances à mieux gérer leurs risques bancaires. Leur positionnement sur le plan GAIA les situe à égale distance de tous les critères.
- des bonnes sur es taux de réemploi mais elles sont des crédits litigieux trop élevés. Du point de vue de la rentabilité économique et de la couverture des risques bancaires par des fonds propres, la banque B4 est bonne.
- B1, B7, B9 sont dans la catégorie des banques à surveiller raison pour laquelle dans le plan GAIA, elles se trouvent dans les quadrants opposés à ceux dans lesquels pointent les axes critères.
- Enfin la banque B6 est à l'extrême et est considérée comme une banque à haut risque.

Nous ne sommes pas décideur ni des superviseurs des banques raison pour laquelle nous n'avons pas des préférences en matière de pondération, nous avons donné la même pondération. Dans cette étude, nous n'avons pas fait l'analyse de sensibilité car le classement est le même quelque soit le type de scénario.

4 INTERPRETATION DES RESULTATS

Dans notre étude, il s'agit de banques commerciales qui sont supervisées par la Banque Centrale du Congo. Ces banques sont actives et admises à la chambre de compensation au 31 décembre 2001. Nous avons choisi 10 banques commerciales : B1= BCBC comme banque commerciale du Congo, B2=UCB qui est l'union congolaise de banque, B3= BIAC est la banque Internationale pour l'Afrique au Congo. B4 = BIC est la banque internationale de crédit, B5 qui est CITIBANK, B6= STANBIC, B7 = FSB, la congolaise, B8 = BCB banque de commerce et développement, B9= BCCE est la banque congolaise de commerce extérieur et enfin FBC = B10, first banque corporation.

Si l'on considère que tous les critères sont linéaires, Visual Prométhée, au travers le plan GAIA nous a donné

- Les banques le moins risqués B10, B5, B8
- Les banques à surveiller B2, B4, B3 et B1
- Les banques à haut risque B9, B7, B6

Quelques soit les poids considérés et si les critères deviennent gaussiens, nous obtenons le rangement suivant :

- Les banques les moins risqué sont B10, B5, B8
- Les banques à surveiller B2, B4, B3, B1
- Les banques à haut risque B9, B7, B6.

Nous notons que les banques les meilleures restent en tête du classement et les mauvaises en bas.

Ainsi le superviseur de la BCC doit surveiller les banques B2, B4, B3 et B1 et si possible ferme les banques à risque B9, B7, B6. Et les banques moins risquées peuvent avoir ou bénéficierai de la subvention de gouvernement central.

5 CONCLUSION

L'analyse théorique et l'application des méthodes multicritères aident le superviseur de banque de trouver les banques à surveiller et les banques à fermer car trop risquées. Il ressort de notre étude que cette application est à mesure de rendre un service au superviseur de secteur bancaire dans l'objectif de détection des banques fragiles. Il appartient au superviseur de se mettre d'accord avec les analystes du département de la supervision des intermédiaires financières sur la définition de tous les paramètres devant entrer dans la mise en œuvre de la méthodologie. La compréhension de l'affectation de banques dans telle ou telle autre catégorie dépendra de toutes autres informations qualitatives dont disposeront les analystes à la suite des contrôles sur place effectués dans banques respectives. Il apparaît que Visual Prométhée offre une procédure cohérente susceptible d'être mise en œuvre dans l'évaluation de la performance et de risque des banques congolaises.

REMERCIEMENT

A la BCC qui a mis à notre disposition tous les bilans et les données des exercices bancaires des banques étudiées.

REFERENCES

- [1] BCC : www.bcc.cd
- [2] KROUZ F. et VLASSELAER(1997). Comptabilité Générale, audit, analyse financière. Offre e de librairie Internationale, Bruxelles, pp 492-494
- [3] BRANS J.P. et M. MARESCHAL (1994). The Promethee GAIA Decision Support system for multicriteria investigations Operative, vol 4, n°2, pp107-117
- [4] BRANS J.P., MARESCHAL B., (2002). Prométhée et GAIA, une méthodologie d'aide à la décision en présence des critères multiples. Ed Ellipse, SMA: 39-41.
- [5] DE SMET, Y. MARESCHAL, B., VERLY.C, (2009). Extending the Promethee II method to continuous and combinatorial multi-objective optimization problems: a first model. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, vol.1-4: 1608-1611.
- [6] WAAUB J.P. (2012). Aide Multicritère à la décision comme outil de mise en œuvre de l'EE. Ecole d'Eté, SIFEE-IEFF, 120p.

Détermination de la diffusivité thermique du matériau filasse plâtre par méthode numérique: Influence du nombre de Biot et du coefficient d'échange thermique en régime transitoire

[Determination of the thermal diffusivity to tow plaster by numerical method: Influence the Biot number and the heat exchange coefficient in transient regime]

Papa Touty Traore¹, M.S. Ould Brahim¹, Youssou Traore¹⁻², Alassane Ba², Dame Diao¹, Seydou Faye¹, Issa Diagne¹, and Gregoire Sissoko¹

¹Laboratory of Semiconductors and Solar Energy, Physics Department, Faculty of Science and Technology, University Cheikh Anta Diop, Dakar, Senegal

²Université de Thiès, Thiès, Senegal

Copyright © 2018 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 thermal transfer in the tow plaster (insulating material) is modeled by numerical method resolution in transient regime. The discretization of the reduced space variable and the reduced temporal variable is applied to the heat equations, the boundary conditions and the initial condition. The expressions of the dimensionless temperature allowed to represent the curves of evolution of the reduced temperature in the reduced time. The time constant characterizing the reduction of the reduced temperature in the material makes it possible to calculate its thermal diffusivity.

KEYWORDS: Thermal diffusivity, time constant, numerical method, transient regime.

RÉSUMÉ: Le transfert thermique en régime transitoire à travers un matériau isolant filasse-plâtre est modélisé par la méthode de résolution numérique. A partir de la discrétisation de la variable réduite d'espace et de la variable réduite temporelle, les équations de la chaleur, des conditions aux limites et de la condition initiale sont discrétisées et réduites. Les expressions de la température adimensionnelle ont permis de représenter les courbes d'évolution de la température réduite dans le temps réduite. La constante de temps qui caractérise la diminution de la température réduite au sein du matériau permet de calculer la diffusivité thermique du matériau.

MOTS-CLEFS: Diffusivité thermique, constante de temps, méthode numérique, régime transitoire.

1 INTRODUCTION

La connaissance des paramètres thermo physiques à savoir la conductivité thermique et la diffusivité thermique permet de montrer le caractère isolant ou conducteur d'un matériau. Ainsi dans la littérature plusieurs méthodes de déterminations de ces paramètres ont été proposées ; la méthode impulsionnelle ou la méthode Flash [1], la méthode de Degiovanni [2], la méthode de maréchal et Devisme [3] utilisant le diagramme de Bode et Nyquist [4].

Nous proposons une méthode de détermination de la diffusivité thermique. Le matériau filasse-plâtre [5] subit un réchauffement à la face avant et un refroidissement à la face arrière. Nous représentons les courbes de température réduite

au niveau de la face refroidis à partir de l'évaluation du temps de refroidissement de la face arrière, nous déterminons la diffusivité thermique à l'état d'équilibre thermique du matériau.

2 ETUDE THÉORIQUE

2.1 DISPOSITIF D'ÉTUDE

Un matériau plan, constitué de filasse et de plâtre, supposé homogène, d'épaisseur 5cm, est soumis aux niveaux de ses deux faces à des contraintes climatiques. Les contraintes climatiques sont définies par la température du milieu et le coefficient d'échange thermique entre la paroi et le milieu ambiant. Nous supposons que l'écoulement du flux de chaleur est unidirectionnel.

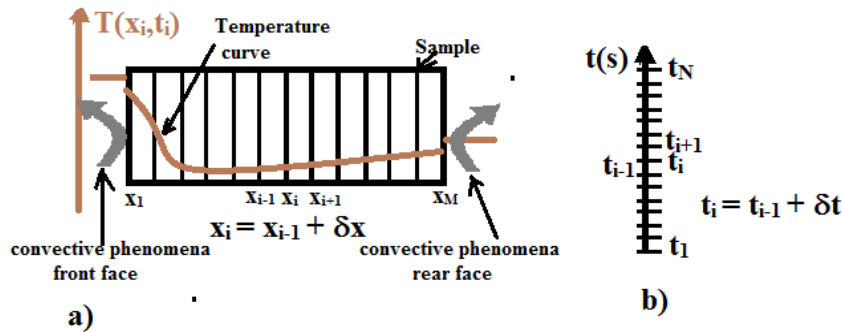


Figure 1 : schéma du dispositif d'étude. a) matériau filasse-plâtre discrétisé suivant l'axe (ox) et soumis à des contraintes climatiques extérieures ; b) discrétisation du temps.

2.2 SOLUTION NUMÉRIQUE DE L'ÉQUATION DE LA CHALEUR

L'équation de la chaleur sans puits de chaleur est donnée par l'expression suivante

$$\frac{\partial^2 T(x, t)}{\partial x^2} - \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T(x, t)}{\partial t} \quad (1)$$

Où $\alpha = \frac{\lambda}{\rho c}$ est la diffusivité thermique du matériau supposé uniforme.

λ = conductivité thermique du matériau

ρ = la masse volumique

C = la chaleur massique

Les équations (2) et (3) traduisent la conservation du flux de chaleur à la surface du matériau et l'équation (4) représente la condition initiale.

$$\begin{cases} h_1(T(0, t) - T_{f1}) = \lambda \frac{\partial T(x, t)}{\partial x} \Big|_{x=0} & (2) \\ h_2(T(L, t) - T_{f2}) = -\lambda \frac{\partial T(x, t)}{\partial x} \Big|_{x=L} & (3) \\ T(x, 0) = T^0 & (4) \end{cases}$$

On réécrit l'équation de la chaleur et les conditions aux limites sous forme adimensionnelle.

On pose la température réduite

$$\theta = \frac{T - T^0}{T_{f1} - T_{f2}} \quad (5)$$

La variable réduite d'espace

$$\tilde{x} = \frac{x}{L} \quad (6)$$

Le temps de Fourier

$$\tau = \frac{\alpha \cdot t}{L^2} \quad (7)$$

L'équation de la chaleur sous forme réduite est donnée par la relation suivante

$$\frac{\partial^2 \theta(\tilde{x}, \tau)}{\partial \tilde{x}^2} - \frac{\partial \theta(\tilde{x}, \tau)}{\partial \tau} = 0 \quad (8)$$

Nous donnons les conditions aux limites pour $\tilde{x} = 0$, relations (9) et (10), et la condition initiale sous la forme réduite relation (11) pour $\tilde{\tau} = 0$.

$$\left\{ \begin{array}{l} (\theta(0, \tau) - \gamma_1) = \frac{-1}{\beta_1} \frac{\partial \theta(\tilde{x}, \tau)}{\partial \tilde{x}} \\ \tilde{x} = 1 \\ (\theta(1, \tau) - \gamma_2) = \frac{1}{\beta_2} \frac{\partial \theta(\tilde{x}, \tau)}{\partial \tilde{x}} \\ \theta(\tilde{x}, 0) = 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (9) \\ (10) \\ (11) \end{array}$$

Les coefficients adimensionnels γ_1 et γ_2 sont donnés par les expressions suivantes

$$\gamma_1 = \frac{T^0 - T_{f1}}{T_{f1} - T_{f2}} \quad (12)$$

$$\gamma_2 = \frac{T^0 - T_{f2}}{T_{f1} - T_{f2}} \quad (13)$$

On fait une discrétisation de l'espace en M nœud (figure 1a) et du temps en N nœud (figure 1b). Le pas d'espace est Δx dans la direction (Ox) et celui du temps est Δt . Les pas sont constants.

θ_i^j est la température au nœud i à la date t_j

$$\tilde{x}_i = (i - 1)\Delta \tilde{x} \quad (14)$$

$$\tau_j = (j - 1)\Delta \tau \quad (15)$$

L'indice i repère la variable x et l'indice j repère la variable t.

Nous faisons les considérations suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} d\tau \approx \Delta \tau \\ d\tilde{x} \approx \Delta \tilde{x} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (16) \\ (17) \end{array}$$

$$d\theta \approx \theta_i^j - \theta_{i-1}^j \approx \theta_{i+1}^j - \theta_i^j \quad (18)$$

$$d^2\theta \approx (\theta_{i+1}^j - \theta_i^j) - (\theta_i^j - \theta_{i-1}^j) \quad (19)$$

$$d^2\theta = \theta_{i-1}^j - 2\theta_i^j + \theta_{i+1}^j \quad (20)$$

En tenant compte des équations (16), (17), (18) et (19), les différentes parties de l'équation (1) sont données par les équations (21) et (22).

$$\frac{\partial^2 \theta(x, t)}{\partial \tilde{x}^2} \approx \frac{\theta_{i-1}^j - 2\theta_i^j + \theta_{i+1}^j}{\Delta \tilde{x}^2} \quad (21)$$

$$\frac{\partial \theta(x, t)}{\partial \tau} \approx \frac{\theta_i^{j+1} - \theta_i^j}{\Delta \tau} \quad (22)$$

En tenant compte des équations (21) et (22), l'équation (1) de la chaleur est traduite par l'équation (23).

$$\theta_i^{j+1} = (1 - 2P)\theta_i^j + P\theta_{i+1}^j + P\theta_{i-1}^j \quad (23)$$

L'expression de P, correspondant au nombre de Fourier, est donnée par la relation (24) et la relation (25) est la condition de stabilité de l'algorithme.

$$P = \frac{\Delta\tau}{\Delta\tilde{x}^2} \quad (24)$$

$$\Delta\tau < \frac{\Delta\tilde{x}^2}{2} \quad (25)$$

Pour discrétiser les conditions aux limites nous ajoutons deux nœuds fictifs : $i = 0$ et $i = M + 1$.

Au point $i = 1$, nous tenons compte du nœud fictif $i = 0$ et au point $i = M$, nous considérons le nœud fictif $M+1$. Les conditions aux limites (2) et (3) deviennent (26) et (27) ; l'équation (28) définit la condition initiale pour $\tau=0$.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial\theta(\tilde{x}, \tau)}{\partial\tilde{x}} = \frac{\theta_2^j - \theta_0^j}{2\Delta\tilde{x}} = -\beta_1 \cdot (\theta_1^j - \gamma_1) \quad (26) \\ \frac{\partial\theta(\tilde{x}, \tau)}{\partial\tilde{x}} = \frac{\theta_{M+1}^j - \theta_{M-1}^j}{2\Delta\tilde{x}} = \beta_2 \cdot (\theta_M^j - \gamma_2) \quad (27) \\ \theta(\tilde{x}, 0) = \theta_i^1 \quad (28) \end{array} \right.$$

Les équations (29) et (30) traduisent les conditions aux nœuds fictifs pour $i=0$ et $i=M+1$ à l'instant j .

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_0^j = \theta_2^j + 2\Delta\tilde{x} \cdot \beta_1 \cdot (\theta_1^j - \gamma_1) \quad (29) \\ \theta_{M+1}^j = \theta_{M-1}^j + 2\Delta\tilde{x} \cdot \beta_2 \cdot (\theta_M^j - \gamma_2) \quad (30) \end{array} \right.$$

En réaménageant les équations (29) et (30) on obtient les équations (31) et (32)

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_1^{j+1} = (1 - 2P)\theta_1^j + P\theta_2^j + P\theta_0^j \quad (31) \\ \theta_M^{j+1} = (1 - 2P)\theta_M^j + P\theta_{M+1}^j + P\theta_{M-1}^j \quad (32) \end{array} \right.$$

Les équations (31) et (32) dans l'équation (23) nous donnent les équations (33) et (34) qui sont les conditions aux limites réduites aux nœuds $i=1$ et $i=M$.

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_1^{j+1} = [(1 - 2P) + 2P\Delta\tilde{x} \cdot \beta_1]\theta_1^j + 2P\theta_2^j - 2P\Delta\tilde{x} \cdot \beta_1\gamma_1 \quad (33) \\ \theta_M^{j+1} = [(1 - 2P) + 2P\Delta\tilde{x} \cdot \beta_2]\theta_M^j + 2P\theta_{M-1}^j - 2P\Delta\tilde{x} \cdot \beta_2\gamma_2 \quad (34) \end{array} \right.$$

On pose $\tilde{A} = [(1 - 2P) + 2P\Delta\tilde{x} \cdot \beta_1]$ $\tilde{B} = [(1 - 2P) + 2P\Delta\tilde{x} \cdot \beta_2]$ $\tilde{C} = 2P\Delta\tilde{x} \cdot \beta_1\gamma_1$

$$\tilde{D} = 2P\Delta\tilde{x} \cdot \beta_2\gamma_2$$

Où $\tilde{A}$, $\tilde{B}$, $\tilde{C}$ et $\tilde{D}$ sont des coefficients adimensionnels

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le matériau filasse-plâtre subit un échauffement à la face avant et un refroidissement à la face arrière. Les températures des milieux avant et arrières sont respectivement $T_{f1} = 303K$ et $T_{f2} = 290K$; la température initiale du matériau est $T_i = 293K$. Le

matériau est supposé homogène, de conductivité thermique $\lambda=0.15\text{W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$ et de diffusivité $\alpha=2,07.10^{-7} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$. Pour la discrétisation de l'espace, le nombre de nœud est $M=100$ et pour la discrétisation du temps, le nombre de nœud est $N=50000$.

Les courbes des figures 2 et 3 montrent l'évolution de la température réduite en fonction du temps de Fourier ; l'influence du nombre de Biot est mise en exergue.

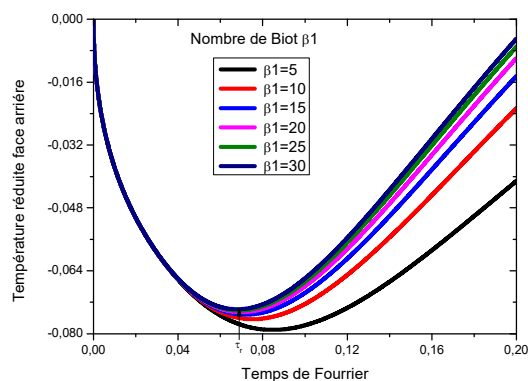


Figure 2 : Evolution de la température réduit en fonction du temps de fourrier – influences nombre Biot $\beta 1$. $\tilde{x} = 1$.

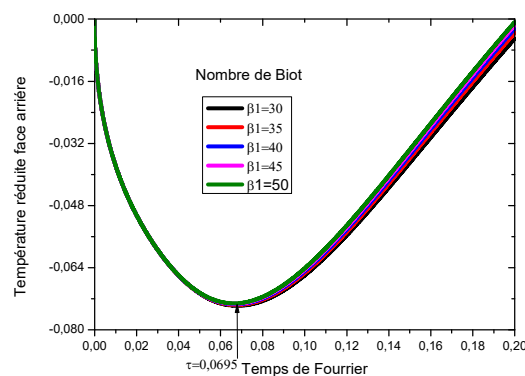


Figure 3 : Evolution de la température réduit en fonction du temps de fourrier – influences nombre Biot $\beta 1$ $\tilde{x} = 1$

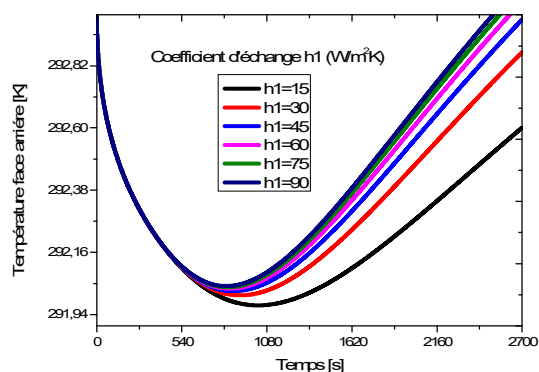


Figure 4 : Evolution de la température au cours du temps – influences du coefficient d'échange thermique $h1$. $h2=5 \text{ W/m}^2\text{K}$; $x=5\text{cm}$.

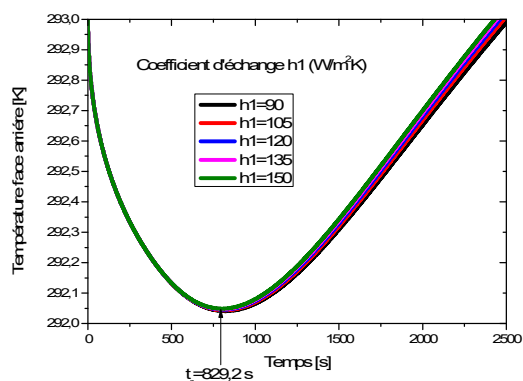


Figure 5 : Evolution de la température au cours du temps – influences du coefficient d'échange thermique $h1$. $h2=5 \text{ W/m}^2\text{K}$; $x=5\text{cm}$.

Pour différentes valeurs du nombre de Biot, les courbes de température réduite en fonction du temps des figures 2 et 3 montrent la même évolution. Les courbes présentent un minimum de température pour un temps de Fourier compris entre 0.05 et 0.09. Nous notons τ_r la date qui sépare les deux comportements différents du mur :

- Pour $\tau < \tau_r$, le mur a un comportement idéal en isolant thermique et les phénomènes de rétention de la chaleur sont importants.
- Pour $\tau > \tau_r$, le comportement en isolant du mur diminue d'efficacité et il devient de plus en plus conducteur au fur du temps.

Ce minimum de température reste constant lorsque le nombre de Biot à la face avant est supérieur à 30 ; ce qui va nous permettre de déterminer $\tau_r=0.0695$

L'efficacité de l'isolant thermique dépend fortement des contraintes climatiques.

Les courbes des figures 4 et 5 montrent la même évolution de température à la face arrière en fonction du temps. Le phénomène de refroidissement et de réchauffement sont notés séparés par un instant $t=t_r$.

- Pour $t < t_r$, le mur a un comportement idéal en isolant thermique et les phénomènes de rétention de la chaleur sont important car il y'a diminution de la température.
- Pour $t > t_r$, le comportement en isolant du mur diminue d'efficacité et il devient de plus en plus conducteur au fur du temps car il y'a élévation de la température

Le minimum de la température atteint est constant lorsque le coefficient d'échange à la face avant est supérieur à $90 \text{ W/m}^2\text{K}$ et $t_r=829.2\text{s}$.

Tableau 1 : Influence du nombre Biot à la face avant sur la constante de temps de refroidissement)

Nombre de Biot face avant β_1	5	10	15	20	25	30
Constante de temps de refroidissement τ_r	0.08776	0.07669	0.07432	0.0724	0.07191	0.0695

Tableau 2 : Influence du coefficient d'échange face avant à la face avant sur de temps de refroidissement

Coefficient d'échange face avant $h_1(\text{W/m}^2\text{K})$	15	30	45	60	75
Temps de refroidissement $t_r(\text{s})$	1020	911.6	865.2	844.4	834.4

Le tableau 1 et tableau 2 donnent respectivement les différentes valeurs de τ_r pour quelques valeurs du nombre de Biot à la face avant et différentes valeurs de t_r pour quelques valeurs du coefficient d'échange face avant. L'augmentation du nombre de Biot et celle du coefficient d'échange entraîne respectivement une diminution de τ_r et de t_r . Ces phénomènes montrent que l'efficacité de l'isolant thermique diminue quand les échanges de chaleur sont importants à la face du mur.

Pour des nombres de Biot supérieur à 30, les effets des échanges climatiques deviennent faibles pour $t > t_r$ (figure 3) ; les phénomènes de conduction sont important et le matériau est à l'équilibre thermique [7].

De même que pour des coefficients d'échanges à la face supérieur à $90 \text{ W/m}^2\text{K}$ le matériau atteint l'équilibre thermique (figure 5).

A partir de l'expression du temps de Fourier on détermine l'expression de la diffusivité thermique théorique α_{th} du matériau.

$$\alpha_t = 0,0695 \frac{L^2}{t_r} \quad (35)$$

0.0695 représente la constante de temps refroidissement à l'équilibre thermique.

L représente l'épaisseur du matériau

t_r est le temps de refroidissement de la face arrière que l'on détermine à partir de la courbe d'évolution de la température en fonction du temps d'excitation.

Tableau 3 : Influence du coefficient d'échange sur la diffusivité thermique

$h_1(\text{W/m}^2\text{K})$	15	30	45	60	75
$t_r(\text{s})$	1020	911.6	865.2	844.4	834.4
$L(\text{m})$	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
$\alpha_t(\text{m}^2/\text{s})$ (Valeur théorique)	$1,703.10^{-7}$	$1,905.10^{-7}$	$2,008.10^{-7}$	$2,057.10^{-7}$	$2,083.10^{-7}$
$\alpha_c(\text{m}^2/\text{s})$ (Valeur expérimentale)	$2,07. 10^{-7}$	$2,07. 10^{-7}$	$2,07. 10^{-7}$	$2,07. 10^{-7}$	$2,07. 10^{-7}$
$\Delta\alpha(\text{m}^2/\text{s}) \frac{\Delta\alpha}{\alpha}$	0,17	0,07	0,02	0,006	0.006

Tableau 4: Influence du coefficient d'échange sur la diffusivité thermique

$h1(W/m^2K)$	90	105	120	135	150
$t_r(s)$	829.2	829.2	829.2	829.2	829.2
$L(m)$	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
$\alpha(m^2/s)$ (Valeur théorique)	$2,095. 10^{-7}$	$2,095. 10^{-7}$	$2,095. 10^{-7}$	$2,095. 10^{-7}$	$2,095. 10^{-7}$
$\alpha(m^2/s)$ (Valeur expérimentale)	$2,07. 10^{-7}$	$2,07. 10^{-7}$	$2,07. 10^{-7}$	$2,07. 10^{-7}$	$2,07. 10^{-7}$
$\Delta\alpha(m^2/s) \frac{\Delta\alpha}{\alpha}$	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Les tableaux 3 et 4 donnent quelques valeurs de la diffusivité thermiques calculées à partir de l'expression (35). Ces dernières comparées à la valeur expérimentale de la diffusivité thermique donne une erreur minimale $\Delta\alpha=0.006$ et une erreur maximale $\Delta\alpha=0.17$. Ces faibles erreurs de calcul montrent que notre la méthode de calcul peut être considérée comme une méthode d'estimation de la diffusivité thermique des matériaux.

4 CONCLUSION

La méthode de détermination de la diffusivité thermique basée sur une résolution numérique a permis de trouver une valeur théorique de la diffusivité thermique très proche de la valeur expérimentale. La valeur de la diffusivité théorique est obtenue lorsque le matériau a atteint son état d'équilibre thermique. Le comportement de bon isolant est visualisé à partir du temps de refroidissement de la face arrière qui traduit le phénomène de rétention de la chaleur par le matériau.

La valeur de la diffusivité thermique montre que la filasse plâtre peut être utilisée dans l'isolation thermique de l'habitat.

RÉFÉRENCES

- [1] Marechal J.C. and Devisme J.M. « Diffusivité thermique des matériaux de construction: Méthode du signal périodique ». Anales I.T.B.T.P n° 357, Janvier 1978.
- [2] A. Degiovanni, M. Laurent. Une nouvelle technique d'identification de la diffusivité thermique pour la méthode " flash ". Revue de Physique Appliquée, 1986, 21 (3), pp.229-237.
- [3] D.L. Balageas. Nouvelle méthode d'interprétation des thermo grammes pour la détermination de la diffusivité thermique par la méthode impulsionnelle (méthode " flash "). Revue de Physique Appliquée, 1982, 17 (4), pp.227-237.
- [4] K. Ould Cheikh, I. Diagne, M. L. Sow, M. S. Ould Brahim, A. Diouf, K. Diallo, M. Dieng and G. Sissoko. Interpretation of the phenomena of heat transfer from representations of Nyquist and Bode plots - 2013 - Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 5(4): 1118-1122, ISSN: 2040-7459.
- [5] Voumbo, M. L., A. Wareme and G. Sissoko, 2010. Characterization of Local Insulators: Sawdust and Wool of Kapok. Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol.,2(2): 138-142.
- [6] Y. Traore, I. Diagne, C. Sarr, M. S. Ould Brahim, A. K. Diallo, H. Ly Diallo and G. Sissoko. Influence of thermal exchange coefficient on the heat retention rate of a concrete wall contiguous to a thermal insulation tow-plaster. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. Vol. 11, N° 5, 2016.
- [7] Zhiguo.Qu, H.Xu, W.Tao. Numerical simulation of non-equilibrium conjugate heat transfer in tubes partially filled with metallic foams-Journal of thermal science and technology-vol 7-no 1,2012,pp.151-165.
- [8] S.hadi, M.Nishitani A.T. Wijayanta , K .Kurata and H .Takamatsu.Measurement of thermal conductivity and thermal diffusivity of solid materials using a novel stamp sensor :Feasibility study with numerical analysis-Journal of thermal science and technology-vol 7-no 4,2012,pp.536-538.
- [9] Yi .xu , L. Jiang, J. Liu ,Y. Zhang , J. Xu and G.He .Experimant study and modeling on effective thermal conductivity of EPS lightweight concret -Journal of thermal science and technology-vol 11-no 2,2016,pp.1-13.

Etude de la résistance thermique du transfert de chaleur d'un mur simple à travers un matériau isolant filasse-plâtre en régime dynamique transitoire : influence du coefficient d'échange thermique

[Study of the thermal resistance transfer thermal of heat from a single wall through a Tow-plaster insulating material in transient dynamic regime : influence coefficient of thermal exchange]

Seydou Faye, Séni Tamba, Youssou Traore, Dame Diao, Pape Touty Traore, Ibrahima Diatta, and Gregoire Sissoko

Laboratory of Semiconductors and Solar Energy, Physics Department, Faculty of Science and Technology, University Cheikh Anta Diop, Dakar, Senegal

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The study of heat transfer under dynamic transient conditions established the tow-plaster material thermal resistance. We present a one-dimensional heat transfer study using a Tow-plaster material. We show the thermal resistance evolution of in the material subjected to climatic solicitation in transient dynamic regime. This is a one-dimensional, fully analytical modeling. This model allows us, on the one hand, to express the thermal resistance in the form of a sum of three resistances and thus to show the tow-plaster material relative thermal resistance. This study is highlighting in relation to the thermal behavior of the material by showing the influence of the coefficients of exchange.

KEYWORDS: Transient regime, thermal resistance, tow-plaster.

RESUME: L'étude du transfert de chaleur en régime dynamique de transitoire établi a permis de définir la résistance thermique du matériau filasse-plâtre.

Nous présentons une étude de transfert de chaleur unidimensionnelle à travers un matériau de filasse-plâtre. Nous montrons l'évolution de la résistance thermique dans le matériau soumis à des sollicitations climatiques en régime dynamique transitoire. Il s'agit d'une modélisation unidimensionnelle entièrement analytique. Ce modèle nous permet d'une part, d'exprimer la résistance thermique sous la forme d'une somme de trois résistances et de mettre ainsi en évidence la résistance thermique relative du matériau filasse-plâtre. Cette étude est mise en évidence par rapport au comportement thermique du matériau en montrant les influences des coefficients d'échanges.

MOTS-CLEFS: Régime dynamique transitoire, résistance thermique, filasse-plâtre.

1 INTRODUCTION

La filasse, produit naturel biodégradable est utilisée comme isolant thermique en association avec le plâtre comme liant. Plusieurs méthodes en régime statique [1,2] et en dynamique transitoire [3] ou fréquentiel établi [4] sont proposées.

L'isolation thermique [5,6] joue un rôle important dans les applications thermiques et la production de froid. Nous proposons une méthode analytique de résolution de l'équation de la chaleur en imposant des coefficients d'échange thermique

[7,8] variables aux niveaux des deux faces pour déterminer la résistance thermique [9,10] du matériau filasse-plâtre. Nous mettons en exergue la qualité de l'isolant thermique [11,12] filasse-plâtre.

2 MODÈLE D'ÉTUDE

2.1 DISPOSITIF D'ÉTUDE

Dans notre étude nous avons un mur simple d'une épaisseur de 5cm. Ce mur est un matériau composé d'un mélange de filasse-plâtre. Les milieux ambiants extérieurs ont une température de $T_a = 30^{\circ}\text{C}$ et la température initiale du matériau $T_i = 10^{\circ}\text{C}$. La diffusivité thermique moyenne est $\alpha = 2,07 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ et la conductivité thermique est $\lambda = 0.15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ [5,13] d'un matériau filasse-plâtre fabriqué au laboratoire¹.

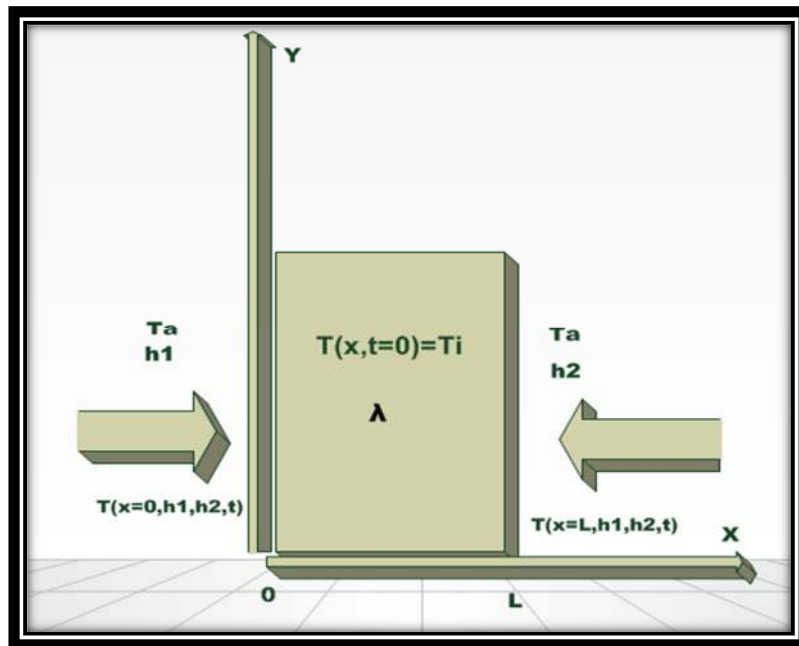


Figure 1: Echantillon à étudier constituée de l'isolant thermique filasse-plâtre $L = 0.05\text{m}$, $T_a = 30^{\circ}\text{C}$ et $T_i = 10^{\circ}\text{C}$.

L: Longueur du mur (m)

h_1 : est le coefficient d'échange thermique à la face avant.

h_2 : est le coefficient d'échange thermique à la face arrière.

T_a : La température ambiante du matériau

T_i : La température initiale du matériau

Le matériau filasse-plâtre est supposé à une température initiale $T(x, h_1, h_2, t = 0) = T_i = 10^{\circ}\text{C}$

L'introduction de la Résistance thermique R_{th} a permis de caractériser de manière succincte le transfert thermique à partir d'une analogie électrique thermique.

La résistance thermique exprime sa résistance au passage d'un flux de conduction thermique.

La résistance thermique R_{th} est donnée par l'expression suivante [14] :

$$R_{th} = \frac{1}{S} \left[\frac{1}{h_1} + \frac{L}{\lambda} + \frac{1}{h_2} \right] \quad (IV.3)$$

Avec

$$R_{cv1} = \frac{1}{h_1 S} : \text{La résistance thermique d'un mur plan à la face avant.}$$

$R_{cd} = \frac{L}{\lambda S}$: apparaît comme la résistance thermique d'un mur plan d'épaisseur L, de conductivité thermique λ et de surface latérale S.

$$R_{cv2} = \frac{1}{h_2 S} : \text{La résistance thermique d'un mur plan à la face arrière.}$$

La surface $S=1\text{m}^2$;

$R_{th} = \left[\frac{1}{h_1} + \frac{L}{\lambda} + \frac{1}{h_2} \right]$: L'expression de la résistance thermique d'un mur soumis à des sollicitations climatiques extérieures en régime permanent.

$$R_{th} = R_{cv1} + R_{cd} + R_{cv2}$$

2.2 THÉORIE

Nous avons une équation de la chaleur à une dimension

$$\frac{\partial^2 T(x, h_1, h_2, t)}{\partial x^2} - \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T(x, h_1, h_2, t)}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho.c} \quad (2)$$

α : est le coefficient de diffusivité thermique ($\text{m}^2.\text{s}^{-1}$)

λ : est la conductivité thermique ($\text{W}.\text{m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$)

ρ : est la masse volumique du matériau ($\text{Kg}.\text{m}^{-3}$)

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda \frac{\partial T(x, h_1, h_2, t)}{\partial x} \Big|_{x=0} = h_1 [T(0, h_1, h_2, t) - T_a] \end{array} \right. \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda \frac{\partial T(x, h_1, h_2, t)}{\partial x} \Big|_{x=L} = -h_2 [T(L, h_1, h_2, t) - T_a] \end{array} \right. \quad (4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T(x, h_1, h_2, t=0) = T_i \end{array} \right. \quad (5)$$

En posant :

$$\theta(u, \tau) = \frac{T(x, h_1, h_2, t) - T_a}{T(x, h_1, h_2, t=0) - T_a} = \frac{T(x, h_1, h_2, t) - T_a}{T_i - T_a} \quad (6)$$

Après la résolution de l'équation en tenant compte des conditions aux limites nous obtenons la température réduite.

$$\theta(u, \tau) = \sum_n [a_n \cos(\beta_n u) + b_n \sin(\beta_n u)] H(0) e^{-\frac{\tau}{\tau_d}} \quad (7)$$

L'expression finale de la température est donnée par la relation

$$T(x, h_1, h_2, t) = T_a + (T_i - T_a) \cdot \delta \theta_0 \cdot \sum_n a_n^2 \left[\cos\left(\frac{x}{L} \cdot \beta_n\right) + \frac{h_1 \cdot L}{\lambda \cdot \beta_n} \sin\left(\frac{x}{L} \cdot \beta_n\right) \right] [H_{1n}(0) + H_{2n}(0)] e^{-\frac{\alpha \cdot t}{L^2} [\beta_n^2]} \quad (8)$$

Nous utilisons la condition de normalisation pour trouver la constante a_n :

$$\int_0^1 U(u)^2 du = 1 \quad (9)$$

$$H(0) = \int_0^1 U(u) \cdot \theta(u, 0) du \quad (10)$$

$$\text{Avec : } U(u) = a_n \cos(\beta_n u) + b_n \sin(\beta_n u) \quad (11)$$

$$H(0) = [H_{1n}(0) + H_{2n}(0)] \quad (12)$$

L'expression de la densité de Flux de chaleur est donnée par la formule suivante

$$\Phi(x, h_1, h_2, t) = -\lambda \frac{\partial T(x, h_1, h_2, t)}{\partial x} \quad (13)$$

L'expression de la densité de flux de chaleur est donnée par :

$$\Phi(x, h_1, h_2, t) = \lambda \cdot (T_i - T_a) \cdot \delta \theta_0 \cdot \sum_n a_n^2 \left[\frac{\beta_n}{L} \sin\left(\frac{x}{L} \cdot \beta_n\right) - \frac{h_1}{\lambda} \cos\left(\frac{x}{L} \cdot \beta_n\right) \right] [H_{1n}(0) + H_{2n}(0)] e^{-\frac{\alpha \cdot t}{L^2} [\beta_n^2]} \quad (14)$$

Nous obtenons l'expression de la variation de température :

$$\Delta T(x, h_1, h_2, t) = T(0, h_1, h_2, t) - T(x, h_1, h_2, t) \quad (15)$$

En appliquant la différence de température nous obtenons l'expression (16).

$$T(0, h_1, h_2, t) - T(x, h_1, h_2, t) = (T_i - T_a) \cdot \delta \theta_0 \cdot \sum_n a_n^2 [H_{1n}(0) + H_{2n}(0)] e^{-\frac{\alpha \cdot t}{L^2} [\beta_n^2]} \left\{ 1 - \left[\cos\left(\frac{x}{L} \cdot \beta_n\right) + \frac{h_1 \cdot L}{\lambda \cdot \beta_n} \sin\left(\frac{x}{L} \cdot \beta_n\right) \right] \right\} \quad (16)$$

La résistance thermique exprime sa résistance au passage d'un flux de conduction thermique ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$).

Plus la résistance thermique est grande, plus le matériau est isolant. La résistance thermique dépend de l'épaisseur et de la conductivité thermique.

La Résistance thermique qui est le rapport entre la variation de la température et la densité de flux de chaleur, est donnée par l'expression 17. [15,16,17]

$$R_{th}(x, h_1, h_2, t) = \frac{\Delta T(x, h_1, h_2, t)}{\Phi(x, h_1, h_2, t)} \quad (17)$$

$\Delta T(x, h_1, h_2, t)$ étant l'écart de température entre les deux faces du matériau.

$\Phi(x, h_1, h_2, t)$ le flux de chaleur qui traverse le matériau filasse-plâtre.

Donc par l'analogie électrique thermique nous obtenons l'expression de la Résistance thermique en fonction des différents paramètres thermo-physique.

$$R_{th}(x, h_1, h_2, t) = \frac{1 - \left[\cos\left(\frac{x}{L} \cdot \beta_n\right) + \frac{h_1 \cdot L}{\lambda \cdot \beta_n} \sin\left(\frac{x}{L} \cdot \beta_n\right) \right]}{\left[-\frac{\lambda \beta_n}{L} \sin\left(\frac{x}{L} \cdot \beta_n\right) + h_1 \cos\left(\frac{x}{L} \cdot \beta_n\right) \right]} \quad (18)$$

Cette expression nous permet de tracer les courbes de la résistance thermique en fonction des différents paramètres thermophysiques.

3 RÉSULTATS

3.1 ECOULEMENT DE LA CHALEUR À TRAVERS LE MATÉRIAU

Nous allons tracer l'évolution de la température en fonction en fonction des différents paramètres :

- L'évolution de la Résistance thermique en fonction de la profondeur sous l'influence du coefficient d'échange à la face avant.
- L'évolution de la Résistance thermique en fonction de la profondeur sous l'influence du coefficient d'échange à la face arrière.
- L'évolution de la Résistance thermique en fonction du coefficient d'échange à la face avant sous l'influence de la profondeur.

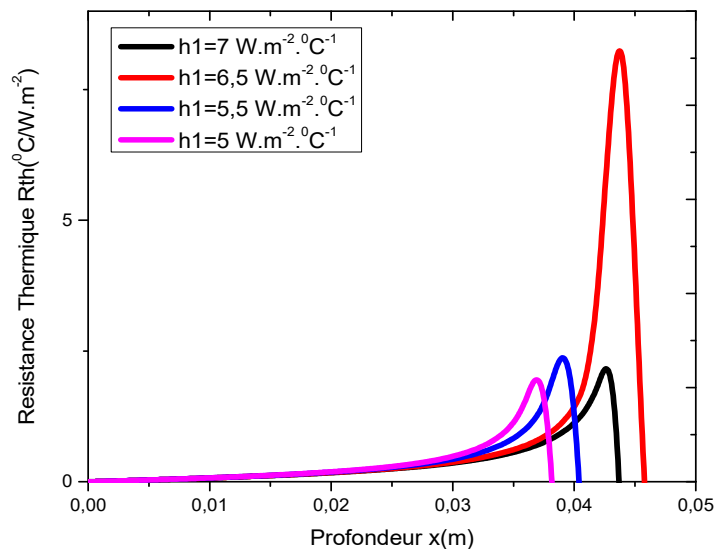


Figure 1 : Evolution de la Résistance thermique en fonction de la profondeur sous l'influence du coefficient d'échange à la face avant avec $h_2 = 0.005 \text{ W.m}^{-2}.\text{C}^{-1}$ et $t = 100 \text{ s}$.

Dans ce profil nous avons tracé la résistance thermique en fonction de la profondeur pour différentes valeurs du coefficient d'échange à la face avant. Nous constatons pour les faibles valeurs de la profondeur, la résistance thermique s'annule jusqu'à un certains valeur. La résistance thermique commence à augmenter à partir de $x = 0.03 \text{ m}$. Au fur et à mesure qu'on s'approche les grandes valeurs de la profondeur, la résistance thermique augmente progressivement jusqu'à atteindre un maximum c'est-à-dire le gradient positif ($dR_{th}/dx > 0$). Cette augmentation signifie l'emménagement de la chaleur à l'intérieur du matériau filasse-plâtre. Ce maximum correspond au gradient nul ($dR_{th}/dx = 0$) c'est-à-dire le stockage de la chaleur. Et enfin nous remarquons une diminution de la résistance thermique correspond au gradient négatif ($dR_{th}/dx < 0$). Cette diminution correspond à la dissipation de la chaleur dans le matériau filasse-plâtre. L'augmentation de la résistance thermique traduit une

perte de plus en importante dans le matériau correspondant ainsi à une caractéristique favorable de l'isolant thermique [12]. A partir de l'allure de chaque courbe de ces deux figures, on constate qu'après le maximum de la résistance thermique. Après elle commence à diminuer brutalement.

Tableau 1 : Valeurs de la profondeur pour chaque maximum

$h_1 (W.m^{-2}.C^{-1})$	7	6.5	6	5
$x(m)$	0.045	0.045	0.04	0.037

Nous remarquons lorsque la profondeur augmente le maximum se déplace.

Nous allons tracer la résistance thermique relative en fonction de la profondeur sous l'influence du coefficient d'échange à la face avant pour voir le déplacement en profondeur.

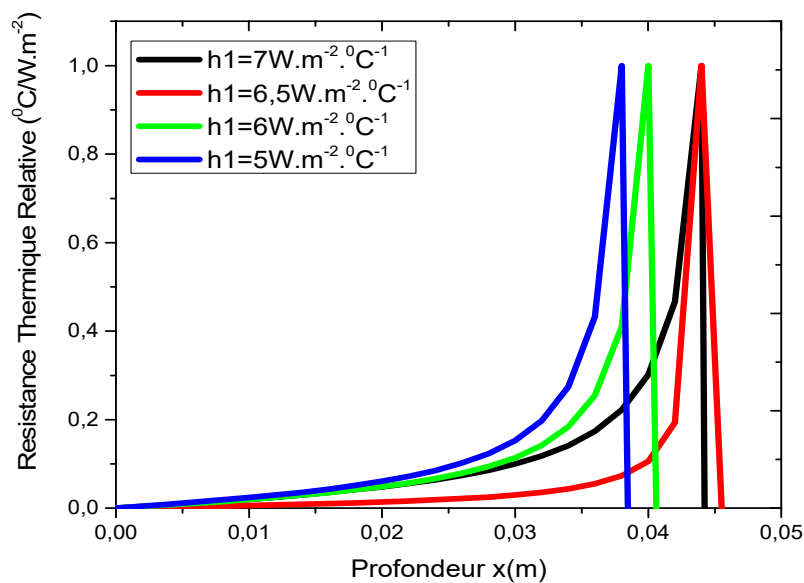


Figure 2: Evolution de la Résistance thermique Relative en fonction de la profondeur sous l'influence du coefficient d'échange à la face avant, $h_2=0.05 W.m^{-2}.C^{-1}$ et $t=100s$

Nous remarquons pour R_{th} égale à l'unité, la résistance thermique relative se déplace en profondeur ce qui correspond à la dissipation de la chaleur thermique à l'intérieur du matériau

Tableau 2 : Valeurs de la profondeur pour chaque maximum

$h_1 (W.m^{-2}.C^{-1})$	7	6.5	6	5
$x(m)$	0.045	0.045	0.04	0.037

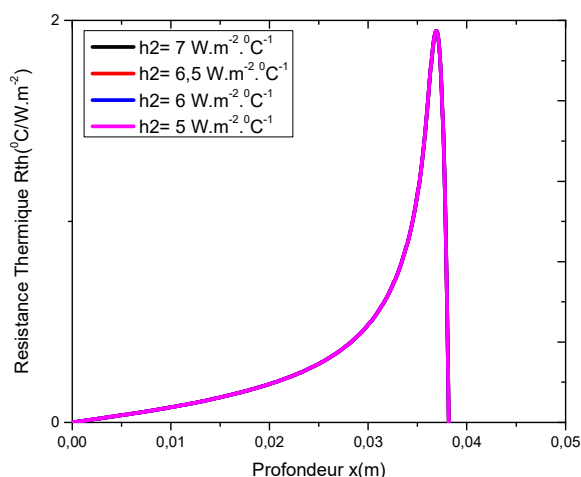


Figure 3: Evolution de la Résistance thermique en fonction de la profondeur sous l'influence du coefficient d'échange à la face arrière. , $h_1=7W.m^{-2}.^{\circ}C^{-1}$ et $t=100s$

Dans ce profil nous avons tracé la résistance thermique en fonction de la profondeur sous l'influence du coefficient d'échange à la face arrière. Nous avons une augmentation progressivement de la résistance thermique pour les faibles valeurs de la profondeur jusqu'à atteindre un maximum de $R_{th}=1.9W.m/^{\circ}C^{-1}$ pour $x=0.035m$. Après nous obtenons une brusque diminution de la résistance thermique.

Sous l'influence du coefficient d'échange à la face arrière, le déplacement en profondeur de la résistance thermique n'est pas visible.

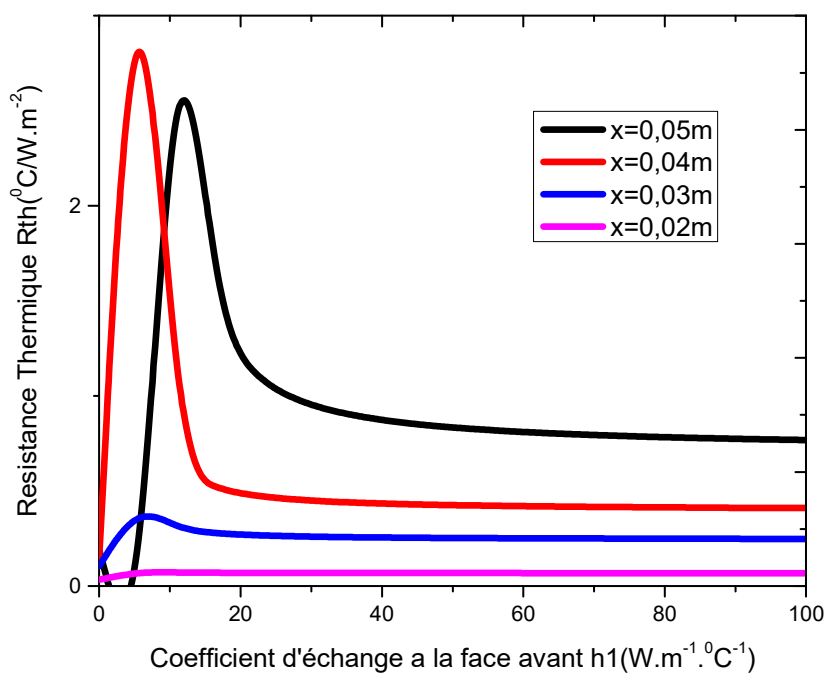


Figure 4 : Evolution de la Résistance thermique en fonction du coefficient d'échange à la face avant sous l'influence de la profondeur, avec $h_2=0.05W.m^{-2}.^{\circ}C^{-1}$ et $t=10s$

Dans ce profil nous avons tracé la résistance thermique en fonction du coefficient d'échange à la face avant.

Nous constatons pour les faibles valeurs du coefficient d'échange à la face avant c'est-à-dire pour h comprise entre 0 et $10 \text{ W.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$, la résistance thermique augmente brusquement pour un maximum. Ce qui explique que le matériau filasse-plâtre emmagasine toute l'énergie dont il a besoin.

A partir de et $10 \text{ W.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$ elle commence à décroître jusqu'à atteindre une valeur constante. Ce qui montre que le matériau filasse-plâtre restitue l'énergie pour atteindre une valeur minimale.

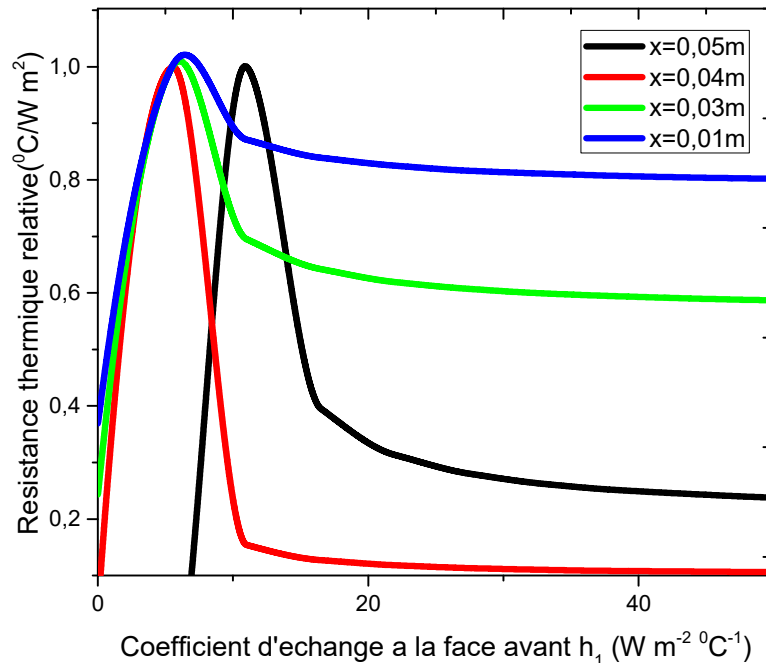


Figure 5 : Evolution de la Résistance thermique Relative en fonction du coefficient d'échange a la face avant sous l'influence de la profondeur, avec $h_2=0.05 \text{ W.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$ et $t=10\text{s}$

Tableau 3 : Valeurs de la profondeur pour chaque maximum

$x(m)$	0.01	0.03	0.04	0.05
$h_1(\text{W.m}^{-2}.\text{°C}^{-1})$	7	7	7	15

Nous remarquons que la profondeur et le coefficient d'échange d'échange à la face avant augmentent en même temps ce qui entraîne le déplacement en profondeur de la résistance thermique. C'est-à-dire il y a restriction de la chaleur dans le matériau.

4 CONCLUSION

Un modèle analytique unidimensionnel a été développé pour apprécier l'influence du coefficient d'échange sur l'évolution de la résistance thermique de conduction d'un matériau filasse-plâtre.

L'étude du transfert thermique en coordonnées cartésiennes à une dimension a été proposée pour la caractérisation du matériau filasse-plâtre. A partir du modèle mathématique, les courbes d'évolution de la résistance thermique du matériau, ont permis de montrer les zones de fréquences très importantes entraînant un transfert de chaleur. Lorsque la profondeur augmente la résistance thermique diminue. Plus ce R_{th} est grand, moins la paroi laisse facilement s'échapper la chaleur.

REFERENCES

- [1] Marechal J.C. and Devisme J.M., Metrology thermal insulation materials by measuring the flux in transient regime. Materials and constructions, (translated French), Annales I.T.B.T.P vol.7 n°41, 1974.
- [2] A. Bejan, 1983, The boundary layer regime in a porous layer with uniform heat flux from side, International Journal of Heat Mass Transfer, vol. 26, N° 9, pp. 1339-1346.
- [3] Voumbo, M. L., A. Wareme and G. Sissoko, 2010. Characterization of Local Insulators: Sawdust and Wool of Kapok. Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol. 2(2): 138-142.
- [4] Ould Brahim, M.S., I. Diagne, S. Tamba, F. Niang and G. Sissoko, 2011, Characterization of the minimum effective layer of thermal insulation material tow-plaster from the method of thermal impedance. Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol., 3(4): 337-343.
- [5] M. L. Voumbo, « Contribution à l'étude des caractéristiques thermophysiques des matériaux locaux: application au kapok », Thèse de Doctorat d'état, FST/UCAD, Février 2008, Sénégal.
- [6] Slimane Melka, Jean-Jacques Bézian « L'isolation thermique par les matériaux granulaires » Rev Gén Therm (1997) 36, 345-353.
- [7] M. Lamsaadi, M. Naimi, and M. Hasnaoui, 2006, Natural convection heat transfert in shallow horizontal rectangular enclosures uniformly heated from the side and filled with non-newtonian power law fluids, Energy conversion and management, vol. 47, N° 15-16, pp 2535-2551.
- [8] Tsirel'Man N.M., August 1973, Determining the convective heat transfer coefficient from the laws of constant-temperature front propagation, J.Eng.Phys.vol.25, No 2,.
- [9] A. Degiovanni et Xiaojing Yin Zhang « Modèle de résistances thermiques de contact entre deux surfaces cylindriques : approche microscopique 3 D » Inf. I. Heat Mass Transfer. Vol. 41, No. 3, pp. 601-612, 1998.
- [10] Najib Laraqi, Jean-Pierre Bardon « L'influence de l'excentration des asperités sur la resistance thermique de construction statique ou glissante » C.R.Acad Sci. Paris, t.326 Serie II b pp 547-552, 1998.
- [11] A. Wereme, L. M. Voumbo, M. Ndiaye, S. Gaye et G. Sissoko, « caracterisation des isolants thermiques cylindriques par phenomene transitoire : application au kapok » Journal des Sciences Volume 6, N°2, 2006.
- [12] M. S. Ould Brahim, S.Tamba, M.Sarr, A. Diène, I. Diagne, F. Niang, G. Sissoko : « caractérisation d'un matériau isolant thermique filasse-plâtre à partir de l'impédance thermique en régime dynamique fréquentiel » Journal des Sciences, Volume 10, N° 3, pp 46 – 54, 2010.
- [13] Y. Jannot , A. Degiovanni, G. Payet, «Thermal conductivity measurement of insulating materials with athree layers device» International Journal of Heat and Mass Transfer 52 (2009), 1105–1111 Vol.7, N°3, pp. 48 -52, 2007.
- [14] J.C Marechal. & J.M. Devisme "Diffusivité thermique des matériaux de construction: Méthode du signal périodique". Annales I.T.B.T.P n° 357, Janvier 1978.
- [15] Jean-Marie Devisme, Thierry Langlet, Omar Douzane, Jean-Marc Roucoult, Michèle Quéneudec « Étude théorique et expérimentale de fluxmètres à «gradient transversal » pour la thermique du bâtiment » Int. J. Therm. Sci. 40, 205–215, 2001.
- [16] Franck Cabriell, Jean-Pierre Bardon, Daniel Guilbaud, Jean-Claude Rouffignac « Etude expérimentale de la résistance thermique de contact entre l'étain en cours de fusion et un creuset refroidi » Rev Gén Therm (1997) 36, 354-370.
- [17] Jean-Jacques Salgon, Olivier Quemener, Meziem Belghali, Jacques Bransier « Resistance thermique de contact statique. Evaluation expérimentale des performances d'un modele a deux resistances issu d'une description probabiliste des deformations de l'interface » Rev Gén Therm (1998) 37, 284-294.

ACCUMULATION OF NITROGEN AND PHOSPHOROUS BY VETIVER GRASS (*CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES*) IN A MODEL CONSTRUCTED WETLAND TREATMENT SYSTEM FOR POLISHING MUNICIPAL WASTEWATER

Austine Otieno¹, George Karuku¹, James Raude², and Oscar Koech¹

¹Department of Land Resource Management and Agricultural Technology (LARMAT),
University of Nairobi,
P.O. Box 29053-00625, Nairobi, Kenya

²Soil, Water and Environmental Engineering Department (SWEED),
Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology,
P.O. Box 62000-00200, Nairobi, Kenya

Copyright © 2018 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: Kenya is classified as water scarce country yet the existing fresh water resources are under constant threat of pollution resulting from wastewater inflows. Wastewater contains nitrates and phosphates that stimulate excessive plant growth when released into water bodies thus deteriorating their quality. The purpose of the study was to evaluate the performance of Vetiver grass in the uptake of Nitrogen and Phosphorous from the three (horizontal, vertical and hybrid subsurface flow wetland systems) model constructed wetland units for treating municipal wastewater. Nitrogen and phosphorous accumulation in the roots and shoots of the Vetiver grass was determined and the data subjected to ANOVA at 5% confidence level. Vetiver grass accumulated 18,100 mg and 35.3 mg/kg Nitrogen and Phosphorous, respectively in the hybrid system compared to 9,400 mg Nitrogen and 19 mg/kg Phosphorous, in the horizontal subsurface flow system and 10,400 Nitrogen and 18.3mg/kg Phosphorous in the vertical subsurface flow system. Accumulation of nitrogen and phosphorous by Vetiver grass in all the wetland systems were significantly different ($P \leq 0.05$). There was also significant ($P \leq 0.05$) difference of N and P accumulation in the shoots and the roots with N accumulating more in the shoots while P in the roots.

KEYWORDS: Vetiver Grass N and P uptake, constructed wetland, horizontal flow, vertical flow, hybrid system.

1 INTRODUCTION

Fresh water has increasingly become one of the rare valuable resources under the constant threat of pollution. The rapid build-up of toxic pollutants in soil and water bodies not only affects natural resources, but also causes major strains on ecosystems thereby affecting their functions [1],[2]. The deteriorations in water quality resulting from eutrophication are estimated to reduce biodiversity in water bodies and wetlands by about one-third globally [3]. Nutrients discharged into water bodies stimulates excessive plant growth which results into decreased water quality [4],[5],[6]. Inadequately treated wastewater and agricultural run-off into water bodies has contributed significantly to most of the eutrophication in water bodies seen today [7]. The use of conventional wastewater treatment system has proved to be costly and ineffective [8], [9] and this necessitates the need to develop low energy, effective and low cost technologies in developing countries like Kenya for efficient treatment.

Phyto-remediation as a green technology is one of the main environmentally friendly technologies that is gaining wider use for wastewater treatment [10], [11]. Diamond[12], defines phyto-remediation, as the use of plants and their associated microorganisms to stabilize or remove contamination in water. Plant roots exude a wide variety of organic compounds which

support the microbial community and can facilitate the absorption of some heavy metals [13] that are hazardous to both human and livestock.

The use of Vetiver grass for phyto-remediation has gained wider use in the recent years as it has proved to be very effective, low cost natural methods of environmental protection [14],[15],[16]. Vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides*) belongs to the gramineae family and was first used for soil and water conservation in India in the 1980s by the World Bank [17]. Since then, its role has been successfully extended to wastewater treatment works [18],[19]. In the process of wastewater treatment, the Vetiver grass absorbs essential plant nutrients such as nitrogen (N) and phosphorus (P) and stores them for other physiological uses [20],[21]. The objective of this study was to evaluate the effectiveness of Vetiver grass in the uptake and accumulation of N and P from municipal wastewater passing through horizontal, vertical and hybrid subsurface flow constructed wetland treatment systems.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY SITE DESCRIPTION

The study was conducted at the Gusii wastewater treatment plant located in Suneka Division in Kisii County, Kenya at latitude 0° 39' 30" S and longitude 34° 42' 30" E. The area has a highland equatorial climate resulting into bimodal rainfall pattern with the long rains occurring between February and June, and short rains taking place between September and December. The area receives an average annual rainfall of 1500mm [22]. The month of January and July are generally dry and the maximum temperatures in the area range between 21°C to 30°C, while the minimum temperatures ranges between 15°C to 20°C [23]. Kisii County is characterized by hilly topography and is endowed with several permanent rivers draining into Lake Victoria [22],[23].

Seventy five percent of the county has deep red volcanic soils (Nitisols) rich in organic matter, while the remaining area comprises of clay, red loams, sandy soils, black cotton soils classified as Vertisols and organic peat soils classified as Phanosols [22],[24]. Mixed farming is the main economic activity in the area and over eighty percent of the agricultural land is devoted to food and cash crops mainly maize, finger millet, sorghum, beans, sweet potatoes, tea, coffee and sugarcane [25].

2.2 EXPERIMENTAL DESIGN AND LAYOUT

The treatments consisted of horizontal, vertical and hybrid subsurface flow wetland systems with each treatment replicated four times. The horizontal subsurface flow wetland had a length of 3.2m, width of 0.8m and depth of 0.3m. The vertical subsurface flow wetland had a length of 3.2m, width of 0.8m and depth of 0.4m. The first stage of the hybrid system consisted of vertical flow system having length of 3.2m, width of 0.8m and depth of 0.4m and the second stage was a horizontal flow system of length 3.2m, width of 0.8m and depth of 0.3m. The wetland units were lined with high density polythene 0.3mm thick filled with coarse river sand with a porosity of 34.3% and silt content of 9.9% as substrate. The constructed wetland units were planted with Vetiver grass at a spacing of 10cm within rows and 15cm between rows in all the wetland units. The horizontal subsurface system was operated on a continuous basis with wastewater flow rate of 0.036m³d⁻¹ while the vertical system was operated with two batches per day each constituting 0.018m³ of wastewater and evenly spread over the surface of the vertical subsurface flow wetland units through perforated pipes. The pipes were perforated and had 6mm diameter spaced at 80mm. The flow rates at the inlets of the wetland systems were determined using a measuring cylinder and a stop watch as shown in Figure 1.

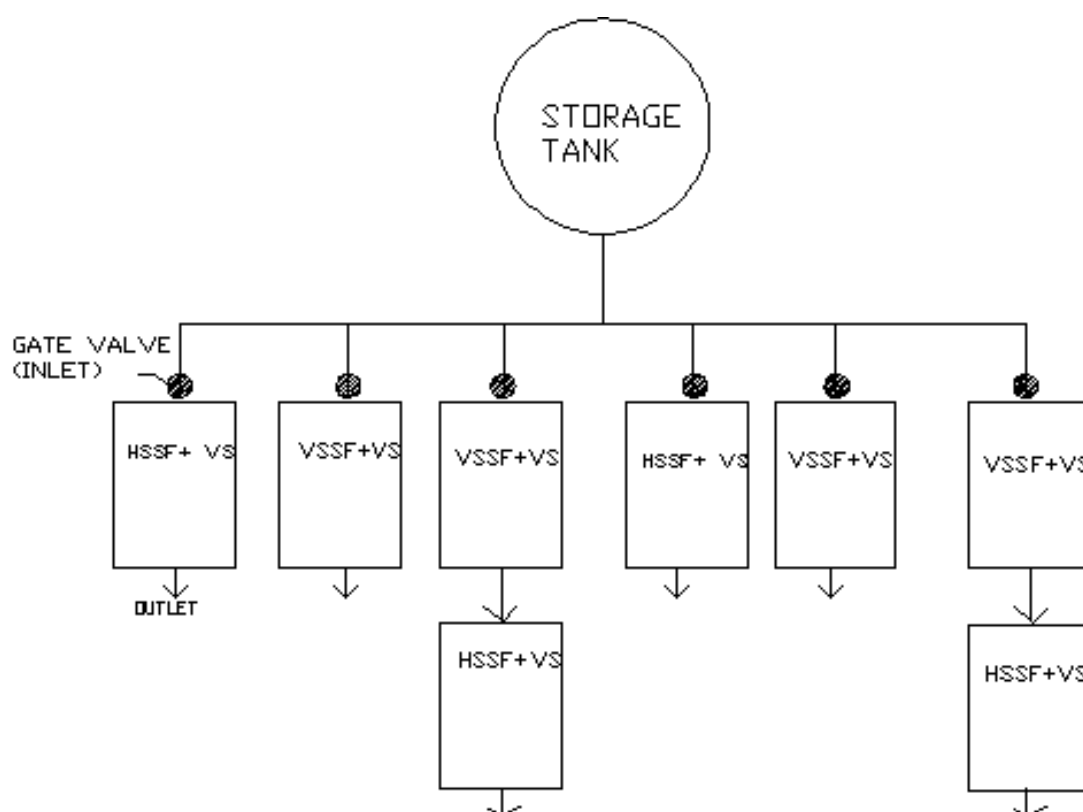


Fig. 1. Layout of the experimental units

Legend: HSSF=Horizontal subsurface flow wetland, VSSF=Vertical subsurface flow wetland, VS= Vetiver Grass

2.3 PLANTING AND ESTABLISHMENT OF VETIVER GRASS

The Vetiver grass slips of 300mm height were obtained from Kenya Agricultural and Livestock Research Organization (KALRO) in Kisii and planted at a spacing 100 mm within and 150 mm between rows in the substrate of the Horizontal, Vertical and Hybrid subsurface flow wetland systems. Diammonium Phosphate (DAP) fertilizer was used at planting to enable root establishment since the substrate had low N and P content of 1200 and 19 mg/kg, respectively. For a period of one month since planting, they were watered with fresh water and subsequently in the 2nd and 3rd month with wastewater from the maturation pond. The Vetiver grass in all the wetland units began to continuously receive wastewater based on the experimental flow rate of $0.036\text{m}^3\text{d}^{-1}$ at the beginning of the fourth month for a period of 8 weeks into the Horizontal subsurface flow system. In the Vertical subsurface systems, it was intermittently fed with two batches daily with each batch having 0.018 m^3 . Figure 2 and 3 shows the Vetiver grass at planting and at three months period since planting, respectively.



Fig. 2. Planting Vetiver Grass (3/1/2016)



Fig. 3. Vetiver Grass at three months since planting (2/4/2016)

2.4 HARVESTING OF VETIVER GRASS AND DATA COLLECTION

Five stems of Vetiver grass were randomly harvested from each wastewater polishing unit at the 138th day after planting. The shoots and roots from each wetland unit was air dried, weighed and analyzed for N and P concentration using atomic absorption spectroscopy[26],[27]. The data obtained was subjected to a two way ANOVA at 5% level of significance. Means were separated using LSD test to determine if there were significant differences between treatment pairs.

3 RESULTS

3.1 ESTABLISHMENT OF VETIVER GRASS

Figure 4 shows the variation of Vetiver grass shoot height with time in the constructed wetland systems during the monitoring period at the 96th, 110th, 124th and 138th day after planting corresponding to two weeks interval as from 7/4/2016 upto 19/5/2016. Vetiver grass achieved significantly ($P \leq 0.05$) higher mean height of 1.52m in the vertical subsurface flow system, compared to the horizontal flow system at 1.46m as from the 96th upto 138th day after planting. In the hybrid set up, growth of Vetiver grass in the first stage (Vertical subsurface flow) and in the second stage (Horizontal subsurface flow) varied significantly ($P \leq 0.05$). The grass in the first stage grew taller to a mean height of 1.52m compared to the height in the second stage of 1.44m as from the 96th upto 138th day since planting. In all the wetland systems however, there was progressive increase in Vetiver grass height during the monitoring period.

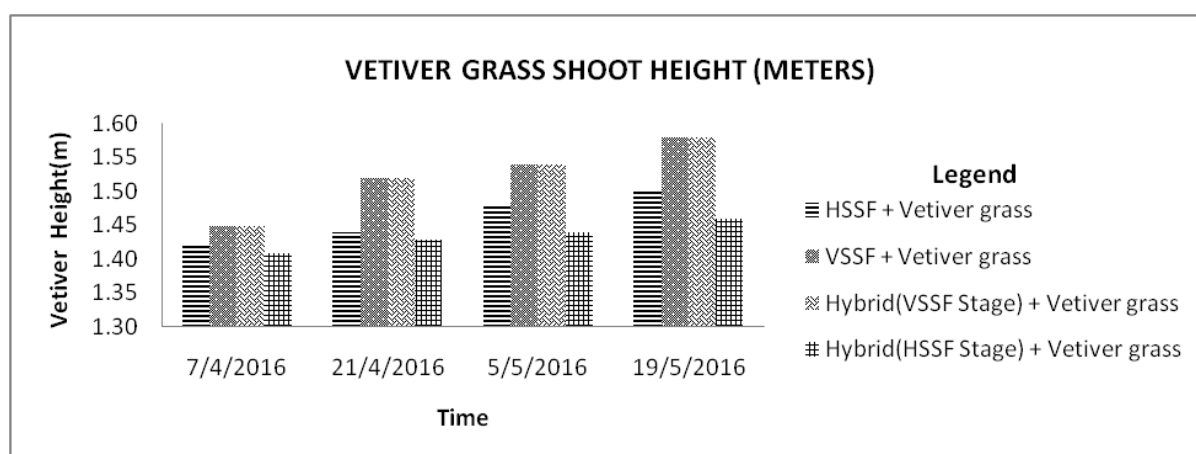


Fig. 4. Variations of Vetiver grass shoot height during the monitoring period.

3.2 NITROGEN ACCUMULATION IN THE ROOTS AND SHOOTS OF VETIVER GRASS IN THE VARIOUS TREATMENTS

Table 1 shows the accumulation of N in the roots and shoots of Vetiver grass in the Horizontal, Vertical and Hybrid subsurface flow constructed wetland systems during the monitoring period. Nitrogen accumulation in the roots and shoots of Vetiver grass in the Horizontal subsurface flow system was 4200 mg and 5200 mg/kg, respectively as at 138th day after planting. Accumulation of N in the Vertical subsurface flow constructed wetland system in the roots and shoots of Vetiver grass was 4500 mg and 5900 mg/kg, respectively as at 138th day after planting. In the hybrid system, accumulation of N in the roots and shoots was 770mg and 10400mg/kg, respectively as at 138th day after planting. Nitrogen accumulated was significantly ($P \leq 0.05$) more in the shoots than in the roots of Vetiver grass in all the systems at the end of the monitoring period which corresponded to 138th day after planting. In total, Vetiver grass accumulated significantly ($P \leq 0.05$) the highest N content of 18,100 mg/kg in the hybrid system, followed by vertical system at 10,400 mg/kg and finally in the horizontal system at 9,400 mg/kg as at 138th day after planting.

Table 1. Nitrogen accumulation in the roots and shoots of Vetiver Grass

Wetland System	N-root (mg/kg)	N-shoot (mg/kg)	Total Accumulation (N-root + N-shoot) (mg/kg)
HSSF + VS	4200 ^a	5200 ^a	9400 ^a
VSSF + VS	4500 ^b	5900 ^b	10400 ^b
HB(VSSF stage + VS)	4500 ^b	5900 ^b	10400 ^b
HB(HSSF stage + VS)	3200 ^c	4500 ^c	7700 ^c

Legend: HSSF=Horizontal subsurface flow system, VSSF=Vertical subsurface flow system, HB= Hybrid subsurface flow system, VS= Vetiver Grass, N-root= Nitrogen accumulation in root, N-shoot= Nitrogen accumulation in shoot, Total accumulation with the same letter (a,b,c) in the same column are not significantly different at 5% confidence level.

3.3 PHOSPHOROUS ACCUMULATION IN THE ROOTS AND SHOOTS OF VETIVER GRASS IN THE VARIOUS TREATMENTS

Table 2 shows the P accumulation in the roots and shoots of Vetiver grass in the horizontal, vertical and hybrid subsurface flow constructed wetland systems. Phosphorous accumulation in the roots and shoots of Vetiver grass in the Horizontal subsurface flow system was 10.50 and 8.50 mg/kg, respectively compared to Vertical subsurface flow system at 9.80 and 8.50 mg/kg, respectively as at 138th day after planting. In the hybrid system, accumulation of phosphorous in the roots and shoots was 18.5 and 16.8 mg/kg, respectively as at 138th day after planting. Phosphorous accumulated significantly ($P \leq 0.05$) more in the roots than in the shoots of Vetiver grass in all the wetland systems. In total, Vetiver grass accumulated significantly ($P \leq 0.05$) the highest amount of P at 35.3 mg/kg in the hybrid system, followed by the horizontal system at 19 mg/kg and finally in the vertical system at 18.3 mg/kg as at 138th day after planting. It was also observed in this study that P accumulation in Vetiver grass in all the wetland systems were significantly ($P \leq 0.05$) lower compared to N. For instance, in the hybrid system, Vetiver grass accumulated 35.3 mg/kg P compared to 19,100 mg/kg N.

Table 2. Phosphorous accumulation in the roots and shoots of Vetiver Grass

Wetland System	P-root (mg/kg)	P-shoot (mg/kg)	Total Accumulation (P-root + P-shoot) (mg/kg)
HSSF + VS	10.50 ^a	8.50 ^a	19.00 ^a
VSSF + VS	9.80 ^b	8.50 ^a	18.30 ^b
HB(VSSF stage + VS)	9.00 ^c	8.00 ^b	17.00 ^c
HB(HSSF stage + VS)	9.50 ^d	8.80 ^c	18.30 ^b

Legend: HSSF=Horizontal subsurface flow system, VSSF=Vertical subsurface flow system, HB= Hybrid subsurface flow system, VS= Vetiver Grass, P-root= Phosphorous accumulation in root, P-shoot= Phosphorous accumulation in shoot, Total accumulation with the same letter(a,b,c,d) in the same column are not significantly different at 5% confidence level.

4 DISCUSSION

4.1 ESTABLISHMENT OF VETIVER GRASS

Continuous water flow in the horizontal system could have occupied the voids thereby creating waterlogged conditions thus inhibiting Vetiver grass uptake of nutrients and thereby lowering its growth. Parent et al. [28] observed that as water saturates the soil pores, gases are displaced and reduction in gas diffusion occurs which reduces photosynthesis and translocation of photoassimilates. Steffens et al. [29] made a similar observation in a study to investigate the effect of waterlogging on growth and plant nutrient concentrations where waterlogging resulted in a significant decrease of shoot dry weight production. They explained this observation that due to oxygen deficiency in the root medium of waterlogged soils, synthesis of ATP may be inhibited thus lowering energy status of the plant which consequently leads to a decrease in nutrient uptake.

Despite the saturated conditions in the horizontal subsurface flow wetland system, the progressive growth observed indicates that Vetiver grass has strong adaptation to excess moist conditions. Boonsong and Chansiri[30] using Vetiver grass cultivated with floating platform technique demonstrated its ability to thrive in waterlogged conditions. They observed that after eight weeks, in both experimental set up with highly concentrated wastewater and low concentrated wastewater, the

survival percentages of Vetiver grass were ranging from 75-100%. Yeboah et al. [31] in a study on purification of industrial wastewater with Vetiver grasses grown hydroponically, also observed shoot height was increasing progressively thus demonstrating it could thrive optimally in waterlogged conditions.

The variation in shoot height in the hybrid system could be attributed to the better uptake of nutrients by Vetiver grass in the first stage (vertical subsurface flow) which is well aerated and thus wastewater that flowed to the second stage (horizontal subsurface flow) had lower nutrient content. In all the wetland systems however, the progressive increase in Vetiver grass height during the monitoring period could be attributed to the increase in the uptake of nutrients with physiological age of Vetiver grass. Xia et al. [32] similarly observed that the purifying capacity of Vetiver grass in the vertical subsurface flow wetland treating oil refined wastewater gradually increased with the gradual growth and development resulting in gradual increase of biomass.

4.2 NITROGEN ACCUMULATION IN THE ROOTS AND SHOOTS OF VETIVER GRASS IN THE VARIOUS TREATMENTS

The significantly higher N accumulation in the shoots than in the roots could be an indication that Vetiver grass has higher translocation rate of nitrogen from roots to shoots to meet its high nitrogen requirement for stem and leaf growth. Gerrard [33] observed that when Vetiver grass was grown hydroponically in raw sewage, the accumulation of N was significantly higher in the shoot at 2.35 compared to 1.54% in the roots. Akbarzadeh et al. [34] observed that Vetiver grass grown hydroponically on domestic wastewater had significantly higher total nitrogen accumulation in the shoots than in the roots. They attributed their observations to rapid growth rate and high biomass yield in the grass.

In total, the significantly higher accumulation of N by the Vetiver grass planted in the hybrid system compared to the other systems could be attributed to the N uptake by Vetiver grass over a length of 6.4m in the hybrid system compared to 3.2m in both the horizontal and vertical system. However, the significantly higher accumulation of N in the vertical system than in the horizontal system could be due to the better aeration in the vertical subsurface flow system that favours oxidation of ammonia in wastewater to nitrate (NO_3^-) and ammonium (NH_4^+) that is easily taken up by Vetiver grass [35], [36]. Reddy [37] in a study on N cycling in a flooded soil ecosystem planted with rice also noted that in aerobic soils where nitrification can occur, nitrate is usually the predominant form of available nitrogen that is absorbed as opposed to waterlogged conditions that inhibit the biological oxidation of ammonia. Mengel and Kirkby [38] in a study on plant nutrition, noted that ammonium accumulates in the soil when N conversion is limited or completely stopped if waterlogged soil conditions persists, further supports the findings of this study.

4.3 PHOSPHOROUS ACCUMULATION IN THE ROOTS AND SHOOTS OF VETIVER GRASS IN THE VARIOUS TREATMENTS

The significantly higher phosphorous accumulation in the roots than in the shoots in all the wetland systems could indicate that Vetiver grass utilizes more P for root development. Gerrard [33] observed that when Vetiver grass was grown hydroponically in raw sewage, the accumulation of P was significantly higher in the root at 0.41% compared to 0.29% in the shoots. Boonsong and Chansiri [30] observed that P accumulation in the shoots of Vetiver grass grown in the highly concentrated wastewater was significantly lower compared to the accumulation in the roots. They explained that phosphorous was the macronutrient required in high amounts for root development.

The higher accumulation of P by Vetiver grass in hybrid system than in the other systems could be attributed to the uptake of phosphates by Vetiver grass over a length of 6.4m in the hybrid system compared to 3.2m in both the horizontal and vertical system. However the significantly higher accumulation of P in the horizontal system than in the vertical system could be due to longer contact time between Vetiver grass roots and wastewater as opposed to vertical system whereby wastewater is uniformly spread over the whole surface area and flows downwards under gravitational influence. This influence of gravity could cause wastewater to drain out faster thereby shortening contact time with Vetiver grass roots. The observation that P accumulation by Vetiver grass was significantly lower than N in all the wetland system is a fact attributed to adsorption of P by the sandy substrate making it unavailable for Vetiver grass uptake. Holford [39] similarly noted that more than 80% of the phosphorous in soil become immobile and unavailable for plant uptake due to adsorption, precipitation or conversion to the organic form. According to Hoffman et al. [40], phosphorous removal can be achieved in constructed wetland by adsorption and precipitation and only a small amount is taken up by plant growth. Wagner et al. [41] observed that Vetiver requirement for P was not as high as for N and no growth response occurred at rates higher than 250 kg/ha/year under P supply while for N supply, the growth increased significantly upto an application rate of 6000kg/ha/year.

5 CONCLUSIONS

Vetiver grass accumulated 18,100 mg/kg and 35.3 mg/kg Nitrogen and Phosphorous, respectively in the hybrid system as compared to 9,400 Nitrogen and 19 mg/kg Phosphorous, in the horizontal subsurface flow system and 10,400 Nitrogen and 18.3mg/kg Phosphorous in the vertical subsurface flow system. Hence it can be concluded that Vetiver grass accumulates more N and P in the hybrid systems than in single systems (horizontal and vertical system) and it up takes more nitrogen from wastewater in well aerated soils in vertical subsurface flow systems than under waterlogged conditions in the horizontal subsurface flow systems. Phosphorous uptake is generally low compared to nitrogen and it is independent of substrate aeration but on the contact time between wastewater, substrate and Vetiver grass. Purifying ability of Vetiver grass also increases with time.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are sincerely grateful to the Gusii Water and Sanitation Company for allowing us to set up the experimental units at their wastewater treatment plant site. Thanks also to the Kenya Agricultural and Livestock Research Organization for offering us the Vetiver grass. Special thanks to the Euroconsult Mott MacDonald for offering financial support to conduct the study.

REFERENCES

- [1] M. Arias-Estévez, E. López-Periago, E. Martínez-Carballo, J. Simal-Gándara, J.C. Mejuto and L. Garcia Rio, "The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources," *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol.123, no.4, pp.247-260,2008.
- [2] A.M. Paz-Alberto and G.C. Sigua, "Phytoremediation: a green technology to remove environmental pollutants," *American Journal of Climate Change*, vol. 2, pp.71–86, 2013.
- [3] UNESCO, *Managing water under uncertainty and risk: executive summary*, The United Nations World Water Development Report 4, UNESCO CLD, Paris, 2012.
- [4] K.K.Arend,D.Beletsky, J.V.DePINTO, S. A. Ludsin, J. J. Roberts, D. K. Rucinski and T. O. Hook, "Seasonal and interannual effects of hypoxia on fish habitat quality in central Lake Erie," *Freshwater Biology*, vol.56, no.2, pp.366-383, 2011.
- [5] O.C. Herfindahl and A.V. Kneese, *Quality of the environment: an economic approach to some problems in using land, water, and air*. Routledge, 2015.
- [6] Z. Yan, W. Han, J. Peñuelas, J. Sardans, J.J. Elser, E. Du and J. Fang, "Phosphorus accumulates faster than nitrogen globally in freshwater ecosystems under anthropogenic impacts," *Ecology Letters*, vol.19, no.10, pp. 1237-1246, 2016.
- [7] T. Cai, S.Y. Park and Y. Li, "Nutrient recovery from wastewater stream by microalgae:status and prospects," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.19, pp.360-369,2013.
- [8] D.Kumar,S.K.Sharma and S.R. Asolekar, "Significance of incorporating constructed wetlands to enhance reuse of treated wastewater in India," *Natural Water Treatment Systems for Safe and Sustainable Water Supply in the Indian Context:Saph Pani*, vol. 161, 2016.
- [9] I.Chirisa,E.Bandauko,A.Matamanda and G.Mandisvika, "Decentralised domestic wastewater systems in developing countries: the case study of Harare(Zimbabwe)," *Applied Water Science*, vol.7, no.3, pp.1069-1078,2017.
- [10] A. Mojiri, L. Ziyang, R.M. Tajuddin, H. Farraji and N. Alifar, "Co-treatment of landfill leachate and municipal wastewater using the ZELIAC/zeolite constructed wetland system," *Journal of environmental management*, vol. 166, pp. 124-130, 2016.
- [11] J. Vymazal and T. Březinová, "Accumulation of heavy metals in aboveground biomass of *Phragmites australis* in horizontal flow constructed wetlands for wastewater treatment: A review," *Chemical Engineering Journal*, vol. 290, pp. 232-242, 2016.
- [12] J.O. Diamond, Quantifying the Removal of Trichloroethylene via Phytoremediation a Hill Air Force Base, Utah Operational Unit 2 Using Recent and Historical Data,2016.
- [13] Y. Zhang, X. Yang, S. Zhang, T. Tian, W. Guo and J. Wang, "The influence of humic acids on the accumulation of lead (Pb) and cadmium (Cd) in tobacco leaves grown in different soils," *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, vol.13, pp. 43-43, 2013.
- [14] J.C. Greenfield, *Vetiver Grass – An Essential Grass for the Conservation of Planet Earth*. Infinity Publishing: Haverford, 2002.
- [15] S. Raharjo, S. Suprihatin, N.S. Indrasti and E. Riani, "Phytoremediation of vaname shrimp (*Litopenaeus vannamei*) wastewater using vetiver grass system (*Chrysopogon zizanioides*, L) in flow water surface-constructed wetland," *AACL Bioflux*, vol.8, no.5, pp.796-804, 2015.

- [16] N. Darajeh, A. Idris, H.R.F. Masoumi, A. Nourani, P. Truong and N.A. Sairi, "Modeling BOD and COD removal from Palm Oil Mill Secondary Effluent in floating wetland by *Chrysopogon zizanioides* (L.) using response surface methodology," *Journal of Environmental Management*, vol.181, pp. 343-352, 2016.
- [17] P.Truong and R. Loch,"Vetiver system for erosion and sediment control,"*In Proceeding of 13th international soil conservation organization conference*, pp.1-6, 2004.
- [18] A. Soni and P. Dahiya, "Screening of Phytochemicals and Antimicrobial Potential of Extracts of Vetiver *Zizanioides* and *Phragmites* Karka Against Clinical Isolates," *International Journal of Applied Pharmaceutics*, vol.7, no.1, pp. 22-24, 2015.
- [19] E. Shahsavari, A. Aburto-Medina, M. Taha and A.S. Ball, *Phytoremediation of PCBs and PAHs by Grasses: A Critical Perspective. In Phytoremediation*. Springer International Publishing, 2016.
- [20] B. Dhir, *Phytoremediation: Role of Aquatic Plants in Environmental Clean-Up*. Springer,2013.
- [21] C. Islands, Scientific Name. Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Volume 11 Modified Stems, Roots, Bulbs, 2016.
- [22] I.W. Wamalwa, B.K. Mburu and D.G. Mang'urui, "Agro Climate and Weather Information Dissemination and Its Influence on Adoption of Climate Smart Practices among Small Scale Farmers of Kisii County, Kenya, " *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, vol.6, no.10,2016.
- [23] R. Jaetzold, H. Schmidt, B. Hornetz and C. Shisanya, *Natural Conditions and Farm Management Information (2nd ed).Farm Management Handbook of Kenya (Part A: West Kenya. Subpart A2: Nyanza Province)*. Nairobi. Ministry of Agriculture in Kenya, in cooperation with Germany Agency for Technical Cooperation (GTZ), 2009.
- [24] W.G. Wielemaker and H.W. Boxem, *Soils of the Kisii area*. Pudoc, 1982.
- [25] Kisii Central District Report . Crops Development Annual Report. Ministry of Agriculture,2008.
- [26] R.L. Thomas, R.W. Sheard and J.R.Moyer,"Comparison of conventional and automated procedures for nitrogen, phosphorous and potassium analysis of plant material using single digestion," *Agronomy Journal*, vol.59, no.3, pp.240-243, 1967.
- [27] J.A.Parkinson and S.E.Allen,"A wet oxidation procedure suitable for the determination of nitrogen and mineral nutrients in biological material," *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, vol.6, no.1,pp.1-11,1975.
- [28] C.Parent, N.Capelli,A.Berger,M.Crevecœur and J.F.Dat,"An overview of plant responses to soil waterlogging,"*Plant Stress*, vol.2,no.1,pp.20-27,2008.
- [29] D.Steffens,B.W.Hutsch,T.Eschholz,T.Losak and S.Schubert,"Waterlogging may inhibit plant growth primarily by nutrient deficiency rather than nutrient toxicity,"*Plant Soil and Environment*,vol.51,no.12,pp.545,2005.
- [30] K. Boonsong and M. Chansiri, "Domestic wastewater treatment using vetiver grass cultivated with floating platform technique," *Assumption University: Journal of Technology*, vol.12, no.2, pp. 73-80,2008.
- [31] S.A. Yeboah, A.N.M. Allotey and E. Biney, "Purification of industrial wastewater with Vetiver Grasses(*Vetiveria Zizanioides*):The case of food and beverages wastewater in Ghana," *Asian Journal of Basic and Applied Sciences*,vol.2, no.2, pp.310-316,2015.
- [32] H. Xia, S. Liu and H. Ao, Study on purification and uptake of garbage leachate by vetiver grass, In: Proc. of the 2nd International Conference on Vetiver, Thailand,2000.
- [33] A.M.Gerrard,"The ability of vetiver grass to act as a primary purifier of wastewater; an answer to low cost sanitation and fresh water pollution,"*Methodology*,vol.5,pp.6,2010.
- [34] A.Akbarzadeh, S.Jamshidi and M.Vakhshouri,"Nutrient uptake rate and removal efficiency of *Vetiveria zizanioides* in contaminated waters,"*Pollution*, vol.1, no.1, pp.1-8,2015.
- [35] S.K. Billore,N.Singh, H.K.Ram, J.K.Sharma, V.P.Singh, R.M. Nelson and P.Dass,"Treatment of molasses based distillery effluent in a constructed wetland in central india,"*Water Science and Technology*,vol.44,no.11-12. Pp.441-448, 2001.
- [36] K.N. Njau and H. Mlay, Wastewater treatment and other research initiatives with vetiver grass. In Tercera conferencia internacional y exhibición. Vetiver y agua. Guangzhou, República Popular. China (pp. 231-240), 2003.
- [37] K.R.Reddy, *Nitrogen cycling in a flooded-soil ecosystem planted to rice(Oryza sativa L.)*.In *NitrogenCycling in Ecosystems of Latin America and Carribean*. Springer,1982.
- [38] K. Mengel and E.A .Kirkby, *Principles of plant nutrition (4th Ed.)*.IPI.Bern, 1987.
- [39] I.C.R. Holford,"Soil phosphorous :its measurement, and its uptake by plants,"*Soil Research*, vol.35,no.2,pp.227-240,1997.
- [40] H.Hoffmann, I.C. Platzer, I.M.Winker and E. Muench, *Technology review of constructed wetland-subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment*. Internationale Zusammenarbeit(GIZ) GmbH Sustainable sanitation-Ecosan program, Eschborn,Germany,2011.
- [41] S. Wagner, P. Truong and A. Vieritz, Response of vetiver grass to extreme nitrogen and phosphorus supply. Proceedings of the Third International Conference on Vetiver and Exhibition,Guangzhou, China,2003.

L'ALCOOLISME CHEZ LES JEUNES DANS LA COMMUNE URBAINE D'IBANDA : UN REGARD SUR QUELQUES PISTES DE SOLUTION

BIGIRIMANA RUCHOGEZ AUGUSTIN

Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, Université de Kisangani,
RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study is the fruit of the investigations (searches) which were done during two years (from 2015 to 2016) about the question of "How young people of Ibanda City (Freetown) in Bukavu plunge in practice and in the life of alcoholism. Practically, though the notice we would like to know this bad behavior of this category of people, who is, however the future hope, and suggest some ways (traks), in different domains, in order to save what can be saved on time.

KEYWORDS: alcoholism, toxicomanie, solution.

RESUME: Cette étude est le fruit des investigations menées de 2015 à 2016 autour de la question ayant trait à la pratique et à la vie de l'alcoolisme chez les jeunes dans la commune urbaine d'Ibanda. D'une manière pratique, l'étude met notamment un accent particulier sur le comportement de la déviance, due à la prise à la prise des boissons alcooliques, chez cette catégorie de la population, qui est pourtant l'espoir d'aujourd'hui et de demain pour la société, et propose quelques pistes de solution pour que ce qui peut être sauvé le soit avant qu'il ne soit trop tard.

MOTS-CLEFS: alcoolisme, toxicomanie, solution.

1 INTRODUCTION

Dans cette étude, nous proposons, non seulement, d'analyser les causes qui conduisent les jeunes à mener la vie d'alcoolisme, mais aussi de proposer une thérapeutique adaptée. En effet, dans la Commune urbaine d'Ibanda, on observe plusieurs débits de boissons ; les « Nganda », les dépôts relais, les bistrotts communément appelés « Malewa », les hôtels, etc... des gens y affluent à l'instar des fidèles qui se rendent à l'église, et ce, du matin jusqu'aux heures tardives de la nuit. Ces débits de boissons sont en train d'être créés pour pallier aux graves questions de survie. Par ailleurs, on constate que ces initiatives qualifiées, à tort ou à raison, de mini-projets pour le développement, deviennent des lieux d'accueils des jeunes en vue, entre autres, de la consommation des boissons alcoolisées, laquelle consommation les amènent, petit à petit, vers la déviance. Le même phénomène a été décrit par Maggie et Kristie (2002), dans « Tackling alcohol problems », quand elles soutiennent que « Out of the 40 million people living in South Africa, 35% (that is about 14 million) are 15 years old or younger. There are 25 million people who are under the age of 30, about 63% of population ».

L'Institut suisse de prophylaxie de l'alcoolisme (ISP) (1993 :4) a étudié les causes de l'alcoolisme chez les jeunes et a trouvé les raisons suivantes ; « Pour les jeunes, boire est synonyme d'être adulte, ils veulent prouver à leur entourage qu'ils ne sont plus des petits enfants. Ainsi, d'un côté ils se révoltent contre les adultes, et de l'autre côté, ils montrent qu'ils veulent eux aussi être comme des grands. Plus les parents consomment eux-mêmes l'alcool, et plus grandes sont les chances que l'enfant suive leur exemple. Il est prouvé que les enfants boivent davantage lorsqu'ils sont d'une famille où les alcooliques (sic) font partie de la vie de chaque jour ».

La même étude a été menée par le Programme de lutte contre les toxicomanies de l'OMS (1993 ;1) qui situe les causes et les conséquences des toxicomanies au sein de la famille. Selon Evariste Mahamba, dans SYFIA Grands Lacs, n°50 (2009 ;7), la baisse du prix de l'alcool « met en effet celui-ci à la portée des jeunes ». Quant à Habamungu (Cahier du CERUKI, n°38, 2009 ;130), les causes de l'alcoolisme seraient pour la commune urbaine d'Ibanda, dues, à la faiblesse du contrôle social, à la délinquance juvénile, à l'oisiveté, etc. tous ceux qui se sont donc investis dans les recherches sur l'alcoolisme sont convaincus que c'est une pathologie qui cause beaucoup des conséquences chez l'individu aussi bien surtout son espace environnemental.

ISPA indique par exemple, que l'alcoolisme fait sept fois plus de conséquences chez les hommes que chez les femmes et que celui-ci est plus dangereux pour les femmes que pour les hommes. On signale, par exemple que le fœtus d'une femme alcoolique en est affecté et que l'enfant naîtra avec des malformations. Le Bureau Information Education-Communication de Djaména-Tchad (2000 ;3-13) conclut que l'abus d'alcool provoque la gastrite et favorise le cancer de l'œsophage et de l'estomac ; la foie, l'intoxication du bébé pendant l'allaitement, l'augmentation de la dopamine du cerveau ; et incite à la débauche sexuelle ; un des moyens de propagation du SIDA et des infections sexuellement transmissibles (IST), etc.

Face à ce phénomène qui constitue un danger public, on peut se demander si les jeunes de la commune urbaine d'Ibanda qui s'adonnent aux boissons alcoolisées ont des connaissances de ce que cela peut avoir comme retombées sur leur propre vie et sur celle de toute la communauté.

En d'autres termes, notre problématique pourrait se résumer en interrogations suivantes :

Quelles seraient les véritables causes de l'alcoolisme des jeunes de la commune urbaine d'Ibanda ?

Quelle est la catégorie de boissons alcoolisées que ces jeunes préfèrent-ils ? Et pourquoi ?

Sont-ils au courant du danger qui les guette ?

Quels sont les mécanismes appropriés pour lutter contre l'engouement des jeunes d'Ibanda à l'alcool ?

Cette étude aura comme mérite d'identifier les différentes sortes de boissons alcoolisées qui circulent entre les mains des jeunes d'Ibanda qui est aussi une réalité à Bukavu.

Le travail que voici est délimité du point de vue spatio-temporel. En fait, il porte sur les investigations réalisées dans la commune d'Ibanda pendant la période de 2015 à 2016 ; période au cours de laquelle la commune a enregistré un nombre important des débits de boissons et des maisons dites de « tolérance ».

2 APPROCHE METHODOLOGIQUE

Notre étude a porté sur la commune urbaine d'Ibanda dont la population est estimée à plus ou moins 136 355 âmes dont 135 687 congolais et 668 étrangers, selon le rapport du recensement du bureau de l'état de la commune d'Ibanda de 2013. Pour déterminer la taille de notre échantillon, nous nous sommes servi de la formule de Krejcie et de Morgan (cité par Ilunga, 2009). Pour ces auteurs, lorsqu'on a une population de 100 000 individus, on peut travailler avec un échantillon de 388 individus tout en respectant le critère de pondération selon l'importance numérique de sept quartiers de cette commune. Pour mieux cerner le problème d'alcoolisme des jeunes d'Ibanda, plusieurs techniques de recherche ont été sollicitées, notamment le questionnaire, l'interview et l'observation. Toutefois nous pensons avec H. Chauchat (1985 :5) que « le questionnaire est, de toutes les méthodes d'observation, la méthode la plus connue et la plus fréquemment utilisée ». nous avons ensuite complété cette technique par la méthode documentaire qui nous a permis de circonscrire notre cadre théorique relative à l'objet d'étude. Dans le tableau 1, nous présentons les données relatives aux enquêtes.

Tableau n°1 : Identité des enquêtés

Eléments d'identité		Fréquence ou nombre		%
Résidence ou quartiers	<u>Quartiers</u>	Pop/quart.	Echantillon	
	Route d'uvira	22873	59	15,2
	Muhungu	8443	22	5,67
	Ndendere	10978	28	7,21
	Pesage	39730	102	26,28
	Mukukwe	24900	64	16,49
	Nyalukemba	14119	36	9,27
	Nyamoma	30061	77	19,84
	Total	151104	388	100%
Sexe	Masculin	233		60,05
	Féminin	155		39,94
	Total	388		100%
Niveau d'études	Secondaire	339		87,37
	Universitaire	49		12,62
	Total	388		100%
Age	15-18	216		55,67
	18-20	133		34,27
	20-25	39		10,05
	Total	388		100%
Fonction	Occupés	22		5,67
	Travailleurs	50		12,88
	Débrouillards	238		61,34
	Sans	78		20,1
	Total	388		100%

De ces quartiers identifiés, il ressort que 155 personnes de sexe masculin, soit 39,94% et 233 individus du sexe féminin, soit 60,05% ont été répertoriés. La majorité de nos enquêtés (339, soit 87,37%) ont fait les études secondaires et retrouvent dans la tranche d'âge allant de 15 et 20 ans. Et un grand nombre d'autres errent. Dans le jargon sud-kivutien, on dit qu'ils se « débrouillent » : il s'agit de 238 personnes, soit 61,34%.

Au regard du nombre des consommateurs qui figurent dans le tableau ci-haut, on constate que les hommes (jeunes gens) s'adonnent trop à la consommation des boissons alcoolisées par rapport aux jeunes filles. Ceci peut s'expliquer par le fait que les filles sont plus accrochées aux travaux de ménage ; ce qui n'est pas le cas chez les jeunes garçons qui passent à longueur des journées leur temps à vadrouiller. On dénombre parmi nos enquêtés qui ont un niveau d'étude secondaire un nombre moins important des salariés. La plupart d'entre eux opèrent dans l'informel.

3 ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

3.1 DE LA PRISE DES BOISSONS ALCOOLISEES ET DE LEURS TYPES

Le fabricant et/ou l'offreur des boissons alcoolisées vise le lucre et pour faire plaisir à ses clients va jusqu'à diversifier les goûts selon les demandes pour attirer un grand nombre de consommateurs. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°2 : Consommation et types des boissons alcoolisées

Question	Réponses	Nombre Pourcentage		%
	Position			
a. prenez-vous des boissons alcoolisées?	Oui	388		100
	Non	0		0
	Total	388		100
b. Laquelle, par exemple	Types			
	Amstel	227		58,5
	Mitzing			
	Primus			
	Turbo king	181		41,48
	Liqueurs "Furaha			
	Liqueurs "Kahuzi"			
	" Kasigsi"			
	Musululu			
	Total	388		100%

Des investigations réalisées sur terrain, nous nous sommes compte que nombreux des consommateurs (227 enquêtés, soit 58,50%) prennent la bière de leur choix ; c'est-à-dire qui correspond à leur goût et trouvent des moyens de s'en procurer. Par ailleurs, 161 enquêtés, soit 41,49%, sont forcés par la conjoncture de consommer les boissons locales ou des liqueurs importés qui défient toutes les bourses. C'est dans cette catégorie qu'on trouve des gens qui mélangent du Coca cola avec du whisky local ou importé communément identifié sous les noms de « Furaha » ou du « Kahuzi ». Ces liqueurs leur permettent de s'enivrer vite et atteindre facilement « l'état d'extase ». Lorsqu'on compare ces données avec l'activité des jeunes, fonctionnaires ou « débrouillards » (Tableau 1). On a l'impression que 79,89% de ces jeunes font du gaspillage et rognent leur poche pour le loisir.

Toutefois, la quantité des boissons consommée est souvent fonction des moyens et de la capacité physique de chacun. Mais bon nombre des jeunes ont réagi au cours de l'interview en disant qu'ils en prennent beaucoup à l'occasion des fêtes ou de toutes autres manifestations de réjouissance. D'aucuns estiment que deux bouteilles de bière par exemple n'étanchent pas leur soif ; cette minime quantité, semble-t-il, vient dessécher la gorge.

3.2 DU DEBUT ET DE LA CONSOMMATION DES BOISSONS ALCOOLISEES

La prise de l'alcool a toujours eu un début. Notre objectif est de savoir quand chacun de nos enquêtés a commencé à s'adonner aux boissons alcoolisées et connaître ensuite s'ils maintiennent leur position de continuer à consommer l'alcool. Les résultats sont présentés dans le tableau n°3.

Tableau n°3 : Début et continuité de la consommation des boissons alcoolisées

Questions	Réponses	Fréquence	Pourcentage
a. Depuis quand avez-vous commencé à en prendre?	Période		
	Mon âge d'enfance	72	18,56
	Mon âge d'adolescence	145	37,37
	Mon jeune âge (adulte)	122	31,44
	Cette année	49	12,62
	Total	388	100%
b. Continuez-vous à les consommer?	oui	388	100
	non	0	0
	Total	388	100%

Il ressort de l'enquête que beaucoup ont commencé à prendre des boissons alcoolisées pendant ou à peine sorti de l'adolescence (37,37%) et d'autres au lendemain de leur âge adulte (31,44%). Un autre groupe d'individu a commencé à boire l'alcool encore tout petit. Selon les témoignages de certains jeunes, des proches parents ajoutent quelques gouttes de bière

dans le sucré des enfants ou tout simplement leur font goûter de la bière, du vin ou autre liqueur dès leur âge couvre (enfance). Cette minorité 18,55% de cas et surpasse le groupe de ces jeunes qui ont commencé à boire l'alcool au cours de l'année 2015 (12,62%). Quoiqu'il en soit, la pratique de l'alcoolisme est un phénomène qui torture la jeunesse urbaine de Bukavu et plus particulièrement la Commune urbaine d'Ibanda qui, par leur mauvais comportement ternisse l'image de leur commune.

Comme on vient de le constater, la consommation des boissons alcoolisées a des effets d'entraînement. Les jeunes gens se mettent à presque tout apprendre tout découvrir. Ils veulent s'affirmer et monter qu'ils sont capables de discuter sur une même table avec des sages et/ou notables de la commune.

3.3 DES MOTIFS ET/OU DES RAISONS AYANT MOTIVE LA CONSOMMATION DES BOISSONS ALCOOLIQUES ET DES AVANTAGES QU'ON Y TIRE

Rien ne se fait sans cause. Les personnes qui se livrent aux boissons alcoolisées avancent des justifications allant des aspects positifs aux aspects négatifs que nous avons regroupées dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°4 : des motifs et des avantages tirés de la prise des boissons alcoolisées

Question	Réponses	Fréquence	%
Pourquoi prenez-vous des boissons alcoolisées? Qu'est-ce que vous y gagnez?	utile à l'organisme	33	8,5
	Avoir des informations	94	24,22
	Cadre d'échange, de dialogue	127	32,73
	Se détendre, avoir du plaisir	67	17,26
	Chasser le stress, les soucis	22	5,67
	Etancher la soif	45	11,59
Total		388	100%

Il est ressorti de notre enquête que la plupart des jeunes gens s'enivrent ou prennent des boissons très concentrées pour des raisons diverses. Certains affirment que l'alcool réconcilie et constitue un cadre de dialogue permanent, soit 32,22%. En effet, 56,95% ont soutenu que le fait de se retrouver dans des cabarets permet à certains individus de définir leur avenir ; en ce sens que les langues de beaucoup se délient après qu'ils se soient soulés, et c'est à des occasions pareilles qu'on décroche de l'emploi ou des commissions bancables. Enfin, d'autres personnes boivent pour se détresser. Les journées de travail sont pour la plupart des cas ennuyeux ; boire devient un chasse-ennui.

La Commune urbaine d'Ibanda est aussi réputée comme étant une commune culturelle. Chaque dimanche enfants, jeunes ou adultes courent, jouent au ballon ou s'entraînent dans un club quelconque. Les vieilles gloires, c'est-à-dire les seniors (Vétérans) livrent des matches amicaux pour fortifier leurs muscles. On observe curieusement qu'après le match que tous les joueurs vétérans se retrouvent autour d'un verre de convivialité. Ce moment fort est qualifié de « troisième mi-temps ». Or, autour de ces vieilles gloires, on voit des jeunes gens aussi buveurs que contribuables qui s'associent à la manifestation. Cette troisième mi-temps prend des allures des banquets et se prolongent toute la journée. Dans le jargon des jeunes de Bukavu on dit qu'« on n'y entre OK, on n'y sort KO ».

Les débits des boissons apparaissent également comme des lieux des « rendez-vous » des jeunes. Ils y vont non pas sous la bénédiction des parents mais parce qu'ils sont devenus incontrôlés. D'où la présence de beaucoup des maisons de tolérance qui constituent un danger public, car elles déforment davantage les jeunes.

3.4 DE L'ENTRAÎNEMENT DANS LA CONSOMMATION DES BOISSONS ALCOOLIQUES ET DE SES CONSÉQUENCES

Dans le chef des jeunes, beaucoup ont été entraînés par d'autres camarades à prendre l'alcool. Mais si celui-ci est considéré comme un trophée, on doit savoir qu'il n'y a pas de médaille sans revers. C'est ce revers que nous analysons à partir du tableau n°5.

Tableau n°5 : Entrainement dans la consommation des boissons alcooliques et les quelques méfaits y relatifs.

Question	Réponses	Fréquence	Pourcentage
a. Qui vous a entraîné (e) ou appris (e) à prendre des boissons alcoolisées?	Moi-même	122	31,44
	Mes parents	50	12,78
	Mes amis	177	45,61
	Des voisins	39	10,05
	Personne	0	0
	Total	388	100%
b. Pensez-vous que la consommation des boissons alcoolisées puisse avoir des conséquences négatives?	Oui	316	81,44
	Non	72	18,55
	Total	388	100%
c. Laquelle ou lesquelles?	Maladie	99	25,51
	Querelles	67	17,26
	Dilapidation de la fortune	17	4,38
	Débauche	45	11,59
	Mort	6	1,54
	Irresponsabilité	5	1,28
	Abandon des études	6	1,54
	Pauvreté	11	2,83
	Rentrée tardive à la maison	39	10,05
	Déraisonnement	22	5,57
	Aucune	71	18,29
	Total	388	100%

Il ressort de nos investigations que nombreux ont été entraînés par des amis (45,61%) et d'autres ont été initiés à prendre des boissons alcoolisées par eux-mêmes. La plupart des enquêtés (81,44%) ont reconnu que la prise desdites boissons comporte des conséquences. Non seulement ça peut notamment causer des maladies (25,51%), y compris la rechute, mais ce phénomène occasionne des querelles (17,26%) et pousse certaines gens dans la vie de débauche (11,59%).

3.5 DE L'ATTITUDE VIS-A-VIS DE L'ABANDON DE LA CONSOMMATION DES BOISSONS ALCOOLIQUES

En matière d'abandon et/ou d'interruption momentanée de la consommation des boissons alcooliques, les positions des consommateurs divergent. Certains optent pour la rupture d'autres pour la continuité. Une autre catégorie des jeunes préfèrent ou optent pour un arrêt momentané de consommation. C'est ce que nous lisons dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°6 : Attitude à prendre vis-à-vis de l'arrêt de la prise des boissons alcooliques

Question	Réponse	Fréquence ou nombre	Pourcentage %
Pouvez-vous abandonner la consommation des boissons alcooliques?	Oui	210	54,12
	Non	178	46,61
	Total	388	100%

De notre enquête, il ressort que 210 enquêtés (54,12%) sont prêts à abandonner ou peuvent un jour abandonner la consommation de boissons alcooliques/

4 QUELQUES PISTES DE SOLUTION

Nous pensons qu'il sied que certaines mesures soient prises et appliquées, à plus d'un niveau pour sauver notre jeunesse. Aussi, des mesures, comme pistes de solution, peuvent être prises et appliquées, notamment aux niveaux de l'Etat, de la famille, de l'Eglise et de propriétaires des débits de boissons alcoolisées.

Les quelques mesures que nous suggérons sont considérées comme des stratégies pratiques pouvant aider à réduire la recrudescence du phénomène alcoolisme dans le milieu urbain et pourquoi pas sur toute la Province du Sud-Kivu.

4.1 AU NIVEAU DE L'ETAT

Le pouvoir, étant le protecteur de la nation, doit prendre des mesures qui s'imposent sous forme des lois que tout le peuple doit observer. Pour le cas précis, l'Eta peut notamment :

Interdire aux tous jeunes mineurs à consommer les boissons alcoolisées ;

Arrêter ceux qui en prennent durant les heures de service, et que la police s'y investisse ;

Interdire aux enfants et aux adolescents de fréquenter les débits de boissons ;

Interdire aux bars (Nganda) de vendre à leurs clients de la bière pendant les heures de service ;

Interdire l'implantation des débits de boissons alcoolisées dans les milieux éducatifs et/ou dans les environs (Ecoles, universités, etc.) ;

Créer de l'emploi pouvant permettre à un grand nombre de jeunes d'être occupés et de ne pas , entre autres, vadrouiller et s'adonner à la consommation des boissons alcoolisées pour une quelconque raison que ce soit.

4.2 AU NIVEAU DES INSTITUTIONS MÉDICALES

Les institutions médicales, en plus de leur mission de prévention et du traitement des maladies, ont la noble mission de sauver la jeunesse. Ainsi, ces institutions (dispensaires, centres médicaux, cliniques, polycliniques, hôpitaux) diront et appelleront tout le temps aux jeunes et aux patients que la prise des boissons alcoolisées est prohibée et que lesdites boissons sont nocives à la santé. S'en abstenir serait donc la meilleur de solutions.

4.3 AU NIVEAU DES RÉSEAUX MÉDIATIQUES

Les réseaux médiatiques (chaînes de radio, presse écrite) ne sont pas là seulement pour livrer les informations et la publicité. Il s'agit aussi d'un secteur d'éducation des masses : un parlement virtuel, qui doit intégrer dans leurs programmes des séances d'animations sur les méfaits de boissons alcoolisées et inviter les jeunes gens à couper court avec la consommation desdites boissons.

4.4 AU NIVEAU DE L'EGLISE

L'Eglise dans sa mission de conversion des âmes, doit inviter les chrétiens et/ou les croyants à ne pas prendre des boissons alcoolisées notamment pour deux raisons, à savoir :

L'état d'ébriété amène la plupart des gens à se méconduire, et à perdre le contrôle et à verser dans le mal ; et

L'alcoolisme fait partie des antivaleurs qu'il faut à tout prix, éviter pour que l'on puisse marcher sur le droit chemin.

Les confessions religieuses ont le devoir de rappeler que l'alcoolisme est une toxicomanie à éviter. Dans la Grande Encyclopédie (1976 : 12057-12058), il est écrit : « Toute toxicomanie qui se prolonge assez pour assujettir et détériorer la personnalité, qu'elle soit majeure ou mineure, peut aboutir à la déviance sociale ».

4.5 AU NIVEAU DE LA FAMILLE

La famille est le noyau, la cellule base de la nation. C'est dans la famille que l'enfant doit recevoir son éducation et/ou sa première éducation. Dans leurs devoirs, les parents interdiront aux enfants tout excitant du type alcool et éviteront de les initier à en prendre. Toujours est-il que les parents s'abstiendront eux-mêmes de s'enivrer devant leurs enfants pour empêcher ceux-ci de ne pas les imiter dans cette sale habitude. Les enfants sont des grands imitateurs ; or des études ont démontré que certains enfants commencent à boire par imitation des parents/

5 CONCLUSION

Notre étude en intitulé a poursuivi un double objectif à savoir :

L'identification des facteurs motivationnels qui conduisent les jeunes de la commune urbaine d'Ibanga à s'adonner à l'alcoolisme et connaître les types des boissons alcoolisées préférées par ces jeunes gens ;

Emettre des suggestions possibles pouvant aider toutes les institutions qui ont un pouvoir décisionnel ou communicationnel à la lutte contre l'alcoolisme des jeunes.

Pour atteindre notre objectif, nous avons élaboré un questionnaire d'enquête qui a été soumis à un échantillon de 388 sujets, tous alcooliques.

Après analyse des résultats, nous avons abouti aux conclusions selon lesquelles les différents quartiers d'Ibanga connaissent la présence des jeunes gens toxicomanes. On a constaté que les facteurs antérieurs à la naissance et ceux qui résultent du milieu jouent beaucoup sur les causes de l'alcoolisme des jeunes d'Ibanga.

L'alcoolisme, faisant partie des maux, est à combattre à tous les niveaux ; et c'est par des stratégies et/ou des mesures tant préventives que curatives qu'on peut y arriver. L'alcoolisme appauvrit sur plusieurs plans, l'avons-nous dit. Tidiane Diakité (Tidiane D : 1986) ironisent ainsi le progrès, dans **Afrique, malade d'elle-même** : « On parle de progrès là où le déclin se manifeste ; on qualifie de courageux un peuple qui consacre le plus cher de son temps à danser, à boire et à mendier ». Toutefois, on ne doit pas imputer à tort le non encadrement, l'alcoolisme des parents avant et après la naissance, tous les maux des jeunes de la commune urbaine d'Ibanga.

REFERENCES

- [1] Brady M & Kristie R-M., *Tracing alcohol problems, Australian Government, AUSAID, 2002.*
- [2] Bureau information Education-Communication, *Les effets de l'alcool sur l'organisme, Recherche-Action en Alcoologie, N'Djaména-Tchad ?*
- [3] Bureau de l'Etat civil, *Rapport du recensement de la population, 4^{ème} trimestre, Commune d'Ibanga, 2011*
- [4] Courtejoie, B.P-J et alii, *alcoolisme*, BERPS, Kangu-mayumbe (République du Zaïre),1983, 175 p.
- [5] Diakité T, *L'Afrique, malade d'elle-même*, Ed. Karthala, Paris, 1986.
- [6] Fédération Internationale de la Croix-Bleue, *L'alcool et le corps humain*, Genève, Avril 1987.
- [7] FEVA, *L'alcool dans notre société*, 2^{ème} édition, Luxembourg, Lausanne, septembre, 1989, remaniée en 1992.
- [8] Ilunga L..., *Séminaire de Méthode de Recherche*, (inédit), UPN-ISP/BUKAVU, 2009-2010.
- [9] Mahamba, E ., *la société civile contre l'alcool chez les jeunes*, SYFIA Grands Lacs, Bimensuel n°50 du 31 Août au 13 septembre, 2009.
- [10] Odette Roy Fombrum, *Morale civique*, Ed. St Paul, Kinshasa, s.d ;
- [11] Programme de lutte contre les toxicomanies, *La prévision des toxicomanies au sein de la famille, le point de la situation par l'OMS*, OMS,1993.
- [12] Quirini, P., *civisme 6^{ème}* , Kinshasa, 1992.
- [13] SFA/ISPA, *Alcoolisme dans la famille*, Lausanne, Ed.ISPA,1993.

