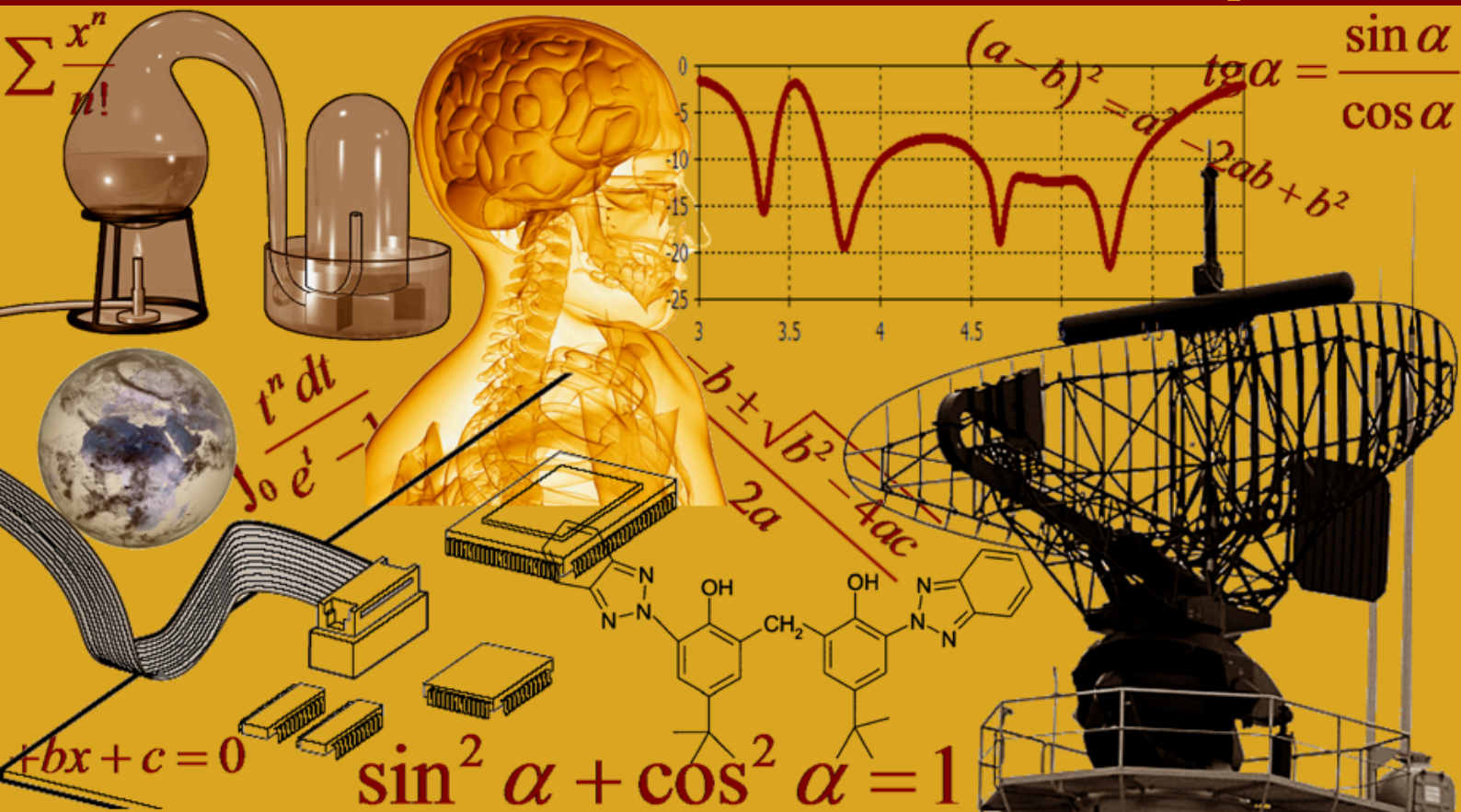


Vol. 21 N. 2 April 2016



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

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

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

Contributions must be original, not previously or simultaneously published elsewhere. Accepted papers are available freely with online full-text content upon receiving the final versions, and will be indexed at major academic databases.

Table of Contents

Diversité variétale et évaluation participative des variétés de canne à sucre cultivées au Bénin	224-237
Single Axis Automatic Sun Tracking System based on Fuzzy Logic Control	238-248
LES CONFLITS DOMANIAUX SUR LE PLATEAU ADJA AU BENIN : CAS DE DJAKOTOME	249-254
PATHOGENIE COMPAREE DE VERTICILLIUM DAHLIAE VIS-A-VIS DE DEUX VARIETES DE FRAISIER LARGEMENT CULTIVEES AU MAROC	255-264
Contribution à l'inventaire des Bryophytes de la forêt du Gharb (Maroc atlantique)	265-269
Tumeur de la granulosa adulte de l'ovaire associée à un polype de l'endomètre : quelle sont les caractéristiques anatomo-cliniques de cette association ?	270-274
Les tumeurs fibrothécales de l'ovaire : démarche diagnostique et thérapeutique - A propos de deux cas	275-280
Tuberculose ovarienne mimant un cancer ovarien : à propos d'un cas	281-284
Etude d'impacts des rejets liquides de l'usine STL (Société de Terril de Lubumbashi) sur la rivière Lubumbashi : Lubumbashi, Haut-Katanga/RD Congo	285-292
Experimental Investigation and Optimization of Process Parameters in Abrasive Water Jet Drilling on AL6061	293-300
Studies on weldment structure in Ti/Al dissimilar metal joints using Laser beam welding	301-309
SEM studies on age hardened Laser welded dissimilar Ti/Al sheet metal weldments	310-320
Etude qualitative du régime alimentaire de Hippopotamyrus psittacus (Boulenger, 1897 : Osteiglossiformes, Mormyridae) du fleuve Congo à Kisangani (RD Congo)	321-329
Ecologie alimentaire de Ichtyoborus besse congolensis (Giltay, 1930 ; Teleostei: Distichodontidae) de rivière Biaro et son affluent Yoko dans la Réserve forestière de Yoko (RD Congo)	330-341
Sur Quelques Applications de la Transformation de Laplace	342-350
THE USE OF NEW WORDS IN THE KISWAHILI OF BUKAVU	351-359
Contribution à l'évaluation de la qualité des effluents industriels et de leurs impacts sur les milieux récepteurs (ville de Kinshasa - République Démocratique du Congo, RDC)	360-366
Natural Convection Heat Transfer of the nanofluids in a Square Enclosure with an Inside Cold Obstacle	367-375
Gestion des coûts logistiques de l'entreprise BIMO au Maroc	376-386
Enhanced Cluster Based Boosting in High Dimensional Data	387-396
Leadership féminin et activités politiques : penser l'impensable en RD Congo	397-401
Performance de matériaux rocheux (schiste, cuirasse et granite) pour l'élimination des orthophosphates des eaux usées	402-413
INFLUENCE OF BRANDING ON CONSUMER BUYING BEHAVIOR	414-425
Les sites à haut risque à Bukavu : problèmes sociaux, environnementaux et sanitaires	426-445
Combining Agile Model with Lean Principles to Improve Scrum Model Methodology in Software Companies	446-455

Diversité variétale et évaluation participative des variétés de canne à sucre cultivées au Bénin

[Varietal diversity and participatory evaluation of sugarcane varieties cultivated in Benin]

O. S. Ekpélikpézé¹, Y. L. Loko¹, A. Dassou¹, A. Dansi¹, C. Agbangla², and A. Sanni³

¹Laboratoire de Biotechnologies, Ressources Génétiques et Amélioration des Espèces Animales et Végétales (BIORAVE),
Faculté des Sciences et Techniques de Dassa, Université Polytechnique d'Abomey, BP 14 Dassa-zoumé, Benin

²Laboratory of Genetics and Biotechnology, Faculty of Sciences and Technology (FAST), University of Abomey-Calavi (UAC),
Abomey-Calavi, 01BP526, Cotonou, Benin

³Laboratory of Biochemistry and Molecular Biology, Faculty of Sciences and Technology (FAST), University of Abomey-Calavi
(UAC), P.O. Box 526 Cotonou, Benin

Copyright © 2016 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: Sugarcane is an important food and cash crop in Benin. In order to gather information that will help preserving its diversity and to identify best performing varieties that could meet the needs of both producers and consumers in Benin, fifty-two (52) villages were surveyed. The survey focuses on diversity inventory and varietal preferences, two key elements for breeding programs. Subject to synonymy, a total of 89 sugarcane accessions were collected in the villages surveyed. The number of accessions ranged from 1 to 5 (2 on average) per village. The analysis of the distribution and extent of the farmers' named varieties revealed that only one variety is cultivated by many households on large area. The average rate of varietal loss was 45.90% and the reasons reported by farmers were either of agronomic (61.88% of responses), economic (23.76% of responses) and technological (14.36% of responses) nature. The participatory evaluation of 66 varieties recorded (subject to synonymy), revealed a variation in the number of performing varieties according to the parameters considered. Eleven varietal preference criteria that can be used for breeding programs were identified and prioritized. Agronomic trials and biochemical analysis were proposed to confirm the performance of the varieties identified.

KEYWORDS: Sugarcane, agro-morphological characterization, varietal preference criteria, diversity, participatory evaluation.

RÉSUMÉ: La canne à sucre est une plante alimentaire qui constitue au Bénin aussi bien une culture de subsistance qu'une culture commerciale. Dans le but de recueillir des informations qui aideront à préserver sa diversité et d'identifier les variétés performantes qui pourraient répondre à la fois aux besoins des producteurs et des consommateurs, cinquante-deux (52) villages ont été enquêtés au Bénin. Les enquêtes étaient basées sur l'inventaire variétal des cannes à sucre et les critères de préférences variétales indispensables pour tout programme de sélection et d'amélioration variétale. Sous réserve de synonymie, un total de 89 accessions de canne à sucre a été collecté dans les villages enquêtés. Le nombre d'accessions a varié de 1 à 5 par village avec une moyenne de deux. L'analyse de la distribution et de l'étendue révèle qu'environ une accession en moyenne est cultivée par beaucoup de ménages sur une grande superficie. Le taux de perte de diversité variétale moyen est de 45,90% et les raisons d'abandons sont d'ordre agronomique (61,88%), économique (23,76%) et technologique (14,36 %). Sous réserve de synonymie, 66 accessions de canne à sucre ont été évaluées dans leurs zones de production par des groupes de producteurs sur la base d'une échelle de valeur et les résultats ont révélés une variation du nombre d'accessions performantes suivant les paramètres considérés. Onze critères de préférence variétale

pouvant être utilisés par des programmes de création et d'amélioration variétale ont été identifiés et priorisés. Essais agronomiques et analyses biochimiques ont été proposés pour confirmer la performance des accessions identifiées.

MOTS-CLEFS: Canne à sucre, caractérisation agro-morphologique, critères de préférence variétale, diversité, évaluation participative.

1 INTRODUCTION

Culture négligée et sous utilisée au Bénin, la canne à sucre (*Saccharum* spp.) est une graminée originaire de l'Asie du Sud-Est (Souza *et al.*, 2010). C'est un complexe polyploïde provenant d'une hybridation interspécifique suivie de backcross impliquant trois espèces principales, à savoir *Saccharum officinarum* L., *Saccharum spontaneum* L. et *Saccharum Sinensis* qui est cultivée surtout dans les pays tropicaux et subtropicaux (Nair, 2009; Singh *et al.*, 2010). Elle joue un rôle économique capital dans ces pays car elle constitue la principale source de production de sucre et d'alcool dans le monde (Jangpromma *et al.*, 2010 ; Thiago *et al.*, 2011). Si les marchés du sucre et du rhum ont toujours été l'apanage de cette culture, d'autres marchés s'ouvrent, comme l'énergie et les carburants, la chimie, la construction, le papier ou encore le fourrage et les compléments alimentaires pour bétail (Buddadee *et al.*, 2008 ; Hamelinck *et al.*, 2005 ; Rondeau, 2002 ; Kessari, 2003 ; Castellan *et al.*, 2004 ; Penatti *et al.*, 2005). Le bioéthanol, obtenu à partir du sucre ou de la plante entière, est déjà utilisé comme carburant dans certains pays, tel le Brésil, premier producteur de canne à sucre (Castellan, 2004). La bagasse (résidu de broyage des tiges de canne) est utilisée pour l'énergie électrique ou pour la fabrication de panneaux de particules agglomérées pour l'ameublement. Le furfural (obtenu à partir de la cellulose des tiges) est une molécule très demandée par l'industrie chimique (résines, plastiques, herbicides, acides, etc.). Le saccharose de la canne à sucre est également utilisé pour la fabrication d'un plastique végétal biodégradable (Uppal, 2008).

Malgré l'importance alimentaire, économique, industrielle de la canne à sucre, la culture de la canne à sucre est sujette à de nombreuses contraintes biotiques et abiotiques qui peuvent conduire à l'abandon et la disparition de certains cultivars (Rott et Davis, 2000 ; Bradshaw, 2010). Au Bénin, aucune étude n'a été conduite sur la documentation de la diversité variétale de la canne à sucre ainsi que le taux de perte de diversité variétale alors qu'ils constituent une condition sine qua non pour la mise en place des stratégies de conservation *in situ* de la diversité existante (Dansi *et al.*, 2013, Loko *et al.*, 2013). Les critères paysans de préférence variétale et leur variation à travers les zones agro-écologiques et ethniques restent encore inconnues alors qu'utiles dans la conception de programmes de sélection concrets susceptibles de faciliter l'adoption de cultivars améliorés (Dansi *et al.*, 2010). De plus, les performances agronomiques des cultivars de canne à sucre existants au Bénin ne sont documentées nulle part pour être exploités par la recherche scientifique et le développement. La présente étude a donc eu pour but de :

- Evaluer la diversité actuelle des cultivars de canne à sucre maintenus dans les différentes zones de production au Bénin;
- Analyser les taux de perte de cultivars de canne à sucre et leurs variations à travers les villages;
- Hiérarchiser les facteurs qui affectent la diversité de canne à sucre au Bénin pour une meilleure orientation des stratégies d'intervention en matière de conservation ;
- Identifier par évaluation participative et à travers différentes zones de production des cultivars de canne à sucre performants, par trait agronomique et physicochimique d'importance économique

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La République du Bénin est située en Afrique de l'Ouest entre les latitudes 6°10 N et 12°25 N et les longitudes 0°45 E et 3°55 E (Akoègninou *et al.*, 2006). Elle couvre une superficie totale de 112622 km² et est subdivisée en 12 départements répartis dans 3 zones climatiques, à savoir le sud, le centre et le nord (Akoègninou *et al.*, 2006). Le Bénin est habité par 29 groupes ethniques (Adam et Boko, 1993). Sur le plan climatique, le sud et le centre renferment les zones agroécologiques relativement humides avec deux saisons de pluies et des précipitations moyennes annuelles variant de 1100 à 1400 mm/an (Yabi et Afouda, 2012). Le nord couvre les zones agroécologiques arides et semi-arides caractérisées par des pluies imprévisibles et irrégulières oscillant entre 800 et 950 mm/an, avec une seule saison des pluies. Les températures moyennes annuelles varient de 26°C à 28°C et peuvent exceptionnellement atteindre 35 à 40°C dans les localités du nord (Akoègninou

et al., 2006). Au total, 17 groupes socioculturels (Adja, Cotafon, Houémè, Saxwè, Watchi, Xwla, Goun, Aizo, Fon, Nago, Yom, Zerma, Dendi, Lokpa, Tchabè, Ditamari et Bariba) sont rencontrés dans la zone d'étude.

2.2 SÉLECTION DES VILLAGES

Les villages prospectés ont été choisis sur la base des entretiens avec les Responsables du Développement Rural (RDR) des Centres Régionaux de Promotion Agricole (CeRPA, ex CARDER) des différentes communes productrices de canne à sucre identifiées (Sèmè-Podji, Lokossa, Athiémé, Comè, Grand-Popo, Bopa, Copargo, Houéyogbé, Péhunco, Kérou, Djougou, Bassila, Kpomassè, Porto-Novo, Covè, Dangbo, Pobè et Zagnanado.), des entretiens avec des chefs de village et des visites de marchés. Au total 52 villages ont été choisis et prospectés dans les différents départements et aires ethniques de manière à avoir une bonne couverture de la zone d'étude (Tableau 1).

2.3 COLLECTE DES DONNÉES

Dans chaque village, des associations locales de producteurs ont participé à l'étude afin de faciliter l'identification des ménages (produisant la canne à sucre) à enquêter et la collecte de données (Loko *et al.*, 2013). Dans les villages, en moyenne 10 ménages de producteurs de canne à sucre des deux sexes et de différents âges ont été sélectionnés au hasard pour des entrevues individuelles en utilisant la méthode de transect décrite par Dansi *et al.*, (2008). Un total de 520 producteurs a été enquêté et les données collectées sont relatives aux données sociodémographiques (âge, taille du ménage, nombre de bras valides, superficie emblavée, niveau d'éducation) et la diversité de variétés de canne à sucre produites par ménage.

Dans chaque village, les données ont été recueillies durant les expéditions dans les différents sites grâce à l'application d'outils et techniques de la recherche participative tels que l'observation directe, les enquêtes de groupe, les entretiens individuels et les visites sur le terrain à l'aide d'un questionnaire selon Gbaguidi *et al.*, (2013). Les discussions ont été menées avec l'aide de traducteurs locaux de chaque région. Par village, un groupe de 20 à 30 producteurs de canne à sucre des deux sexes et de différents âges ont été identifiés et réunis par l'aide du chef du village ou des responsables des associations locales d'agriculteurs. L'enquête de groupe a été une approche clé pour l'inventaire variétal des cannes à sucre du Bénin et sur les critères de préférences variétales indispensables pour tout programme de sélection et d'amélioration variétale. La méthode de collecte des données utilisées est celle décrite par Dansi *et al.*, (2010), Kombo *et al.*, (2012). Il a été demandé aux producteurs, de lister les différents cultivars de canne à sucre dans leur village. La distribution et l'étendue des cultivars listés ont été appréciées par la méthode participative d'analyse des 4 carrés ou Four Square Analysis selon Gbaguidi *et al.*, (2013). La méthode participative d'analyse des 4 carrés permet de les classer en quatre classes (*cultivars cultivés par beaucoup de ménages sur de grandes superficies ; cultivars cultivés par beaucoup de ménages sur de petites superficies ; cultivars cultivés par peu de ménages sur de grandes superficies et cultivars cultivés par peu de ménages sur de petites superficies*). Ensuite les discussions ont été menées sur chaque cultivar avec pour objectif la compréhension de leur statut (position dans les cadrans). Par conséquent, les raisons qui justifient la culture de chaque cultivar par peu ou beaucoup de ménages et sur de petites ou grandes surfaces ont été relevées (Gbaguidi *et al.*, 2013). La méthode d'analyse des quatre carrés permet l'identification des cultivars élites (celles cultivées sur de grandes superficies et par beaucoup de ménages) dans au moins un des villages prospectés et l'évaluation du taux de perte de diversité variétale à partir des cultivars cultivés par peu de ménages et sur de petites superficies.

Les critères paysans de préférence variétale ont été identifiés et hiérarchisés durant une enquête individuelle en utilisant la méthode de matrice de comparaison (Dansi *et al.*, 2010). Dans le cas de cette étude, l'enquête individuelle est la méthode utilisée. Dans chaque village, chaque producteur interviewé est amené à lister les différentes variétés de canne à sucre présent dans sons champs et les caractéristiques que doit avoir un cultivar de canne à sucre pour être largement adopté dans le contexte de leur village. Ces critères de préférence ont été hiérarchisés suivant leurs importances.

Dans chaque village prospecté et en groupe, chaque cultivar a été évalué pour un ensemble de 22 variables (cycle, le nombre de thalle, la couleur externe de la peau, la couleur interne de la peau, la résistance à la virose, la résistance aux nématodes, la sensibilité aux foreurs de tiges, la sensibilité aux termites, la sensibilité aux fourmis, la tolérance aux mauvaises herbes, la tolérance à la sécheresse, le type de sol préféré, le taux de germination des boutures, la teneur en fibre, la teneur en eau, la teneur en sucre, la dureté de la peau, la conservation post-maturité au champ, la conservation post-récolte, la qualité brassicole, les performances agronomiques, et les qualités technologiques). Deux niveaux d'évaluation sont considérés pour éviter les réponses douteuses ; soit une variété est bonne pour un caractère ou elle ne l'est pas (Dansi *et al.*, 2013). Dans cette approche et pour une variable donnée, une variété est notée 1 lorsqu'elle est jugée performante en groupe par les paysans et 0 dans le cas contraire.

2.4 ANALYSES STATISTIQUES DES DONNÉES

Les données obtenues au cours des enquêtes ont été analysées par la statistique descriptive (moyenne, pourcentage, etc.) et les résultats sont présentés sous forme de tableaux, graphes de figures. Le taux de perte des cultivars en disparition (TPD) à l'échelle du village est calculé selon Gbaguidi *et al.* (2013) d'après la formule.

$$TPD = [(n-k)/N] \times 100$$

Avec n : le nombre de cultivars disparus ou en disparition, k : le nombre de cultivars nouvellement introduits et N : le nombre total de cultivars recensés dans le village

Sur la base des paramètres d'évaluation, les cultivars recensés ont été classés par la méthode UPGMA (Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic Average) avec le logiciel NTSYS-pc 2.2 (Numerical Taxonomy and Statistical Analysis, Rohlf, 2009) en considérant les cultivars de canne à sucre comme des individus et les paramètres d'évaluation comme des variables d'après Kombo *et al.*, (2012).

3 RÉSULTATS

3.1 DONNÉES SOCIODÉMOGRAPHIQUES DES ENQUÊTÉS

Les producteurs enquêtés ont été en majorité des hommes (72%). Leurs âges ont varié de 19 à 90 ans avec une moyenne de 44 ans. Toutefois, les enquêtés de la tranche d'âge de 40 à 50 ans représentant 30,96% des enquêtés sont les plus majoritaires ; ensuite suivent ceux de la tranche d'âge de 30 à 40 ans et de 50 à 60 ans représentant respectivement 28,07% et 21,53% des enquêtés. Par contre, les enquêtés de la tranche d'âge de 19 à 30 ans sont faibles (6,34%) et ceux dont l'âge est supérieur à 70 ans sont très faibles (0,96%). La majorité des producteurs enquêtés (46,53%) n'ont reçu aucune éducation formelle, seul 37,5% et 15,57% des enquêtés ont respectivement un niveau primaire et secondaire et seulement 0,38% des producteurs a un niveau universitaire. L'année d'expérience dans la production de la canne à sucre des producteurs a varié de 2 à 55 avec une moyenne de 13 ans. Les producteurs de canne à sucre enquêtés ayant entre 2 et 12 années d'expérience dans la production de la canne à sucre ont été les plus nombreux (53,65%). La taille du ménage des enquêtés a varié de 1 à 30 avec une moyenne de 8 personnes par ménage. Le nombre de bras valides a varié de 1 à 9 avec une moyenne de 3 par ménage et le nombre de main d'œuvre rémunérer pour la culture de la canne à sucre a varié de 2 à 4 personnes. La superficie emblavée a varié de 0,04 à 10 hectares avec une moyenne de 1 hectare.

3.2 DIVERSITÉ VARIÉTALE DE LA CANNE À SUCRE AU BENIN

Sous réserve de synonymie, 89 cultivars de canne à sucre ont été recensés et collectés dans la zone d'étude. Le nombre de cultivars recensés par village varie sous réserve de synonymie de 1 à 5 avec une moyenne de 2 cultivars par ménage. Au total, 47,3%, 33% et 16,7% producteurs des 520 enquêtés ont respectivement un, deux et trois variétés par ménage. 2,2% de ménages cultivent quatre variétés de canne à sucre dans la zone d'étude. Environ 0,8% de producteurs ont jusqu'à cinq variétés. L'analyse de la diversité par ethnie a montré que les Bariba, les Nago, et les Tchabè présentent la plus forte diversité variétale avec une moyenne de 3 cultivars par ménage alors que les ethnies Aïzo, Adja, Fon, Goun, Haoussa, Hwémègbé, Sahouè, Hwla, Watchi, Lokpa, présentent la plus faible diversité avec en moyenne un cultivar par ménage.

3.3 DISTRIBUTION ET ÉTENDUE DES CULTIVARS DE CANNE À SUCRE AU BENIN

La distribution et l'étendue des cultivars varient d'un village à un l'autre (Tableau 2). Sous réserve de synonymie, le cultivar Azéléké par exemple est cultivé par de nombreux ménages et sur de grandes superficies à Djèrègbé alors qu'il est cultivé par beaucoup de ménages et sur de petites superficies à Houèto. Dans la zone d'étude le cultivar Azéléké est de loin le cultivar élite le plus populaire car rencontré dans 26 des 52 villages prospectés. Il est suivi par le cultivar Azéléké vè rencontré dans 7 villages et les cultivars Gnanimori et Founfoun vè rencontrés respectivement dans 4 et 3 des villages prospectés. Les autres cultivars élites sont rencontrés seulement dans 2 ou 1 des villages prospectés (Tableau 3). Les cultivars dits élites sont reconnus à travers certaines caractéristiques : grosse tige (14,73%) des réponses, forte productivité (14,51%) des réponses, tout type de sol (2,39%), entre nœud long (0,31%), facile à manger (14,01%) des réponses, tige sucrée (13,44%) des réponses, riche en eau (11,19%) des réponses, tige non dure (7,07%) des réponses, nœud mou (5,08%) des réponses, pauvre en fibres (1,78%) des réponses, forte valeur marchande (15,49%) des réponses (Tableau 4). Cependant, ces cultivars présentent quelques traits non désirables : présence de poudre noire sur la peau qui noircit la bouche lorsqu'elle est consommée avec la peau, sensibilité aux vers par exemple (tableau 7). En outre, l'analyse de la distribution et de l'étendue

des cultivars a permis de recenser plusieurs cultivars menacés de disparition (Tableau 5). Par exemple, le cultivar Léké wéwé est en voie de disparition dans la majorité des villages (42,3%) prospectés. Il est suivi respectivement de Léké vòvò (5 villages), Founfoun wé (4 villages) et de Gnankanigùè (3 villages). Les autres cultivars en disparition sont retrouvés dans un ou deux villages.

3.4 FACTEURS AFFECTANT LA DIVERSITÉ VARIÉTALE DE CANNE À SUCRE AU BÉNIN

Au total, 10 facteurs sous-tendent la perte de diversité variétale de canne à sucre dans la zone d'étude (Tableau 6). Ces facteurs peuvent être regroupés en trois catégories : agronomiques (61,88% de réponses), technologiques (14,36% de réponses) et économiques (23,76% de réponses). Concernant les facteurs agronomiques, les plus importantes sont la dureté des tiges (24,95% de réponses), la minceur des tiges (17,68% de réponses) et la faible productivité (18,70% de réponses). La pauvreté en eau des tiges (9,42% de réponses) et la richesse en fibre des tiges (0,36% de réponses) sont les principales raisons technologiques d'abandon de cultivars. La faible valeur marchande est le seul facteur économique évoqué avec 23,76% des réponses. Au niveau des départements, la même tendance est observée avec quelques différences. S'agissant des facteurs agronomiques, la dureté des tiges (20,43% de réponses), la minceur des tiges (20,13% de réponses) et la faible productivité (18,47% de réponses) viennent en tête dans le Mono/Couffo (Tableau 4). Par contre dans l'Ouémé/Plateau, après la dureté des tiges (23,7% des réponses) viennent la faible productivité (21,34% des réponses) puis la minceur de la tige (19,62% de réponses). Dans l'Atlantique/Littoral, c'est la faible production (26,53% de réponses) qui vient en premier, suivie de la dureté de la tige (21,42% de réponses) et de la minceur de la tige (17,35% de réponses). En ce qui concerne les facteurs technologiques, la pauvreté en eau vient en première position dans tous les départements. Tandis que, la faible valeur marchande est le seul facteur économique qui s'est révélé être important dans tous les départements.

L'analyse de la corrélation entre la diversité maintenue par ménage et les paramètres sociodémographiques (âge, taille du ménage, nombre de bras valides, sexe, niveau d'éducation et la superficie emblavée) montre qu'il existe une corrélation positive significative au seuil de 5% entre la diversité variétale détenue par ménage et le nombre de bras valides utilisé dans la production de la canne à sucre ($R = -0,088$ et $P = 0,044$) d'une part et entre la diversité variétale détenue par ménage et l'expérience capitalisée dans la production de la canne à sucre ($R = -0,165$ et $P = 0$) d'autre part. Tous les autres paramètres sociodémographiques n'ont eu aucune corrélation avec la diversité maintenue à l'échelle des ménages.

3.5 CRITÈRES DE PRÉFÉRENCE VARIÉTALE

Au total, 11 critères de préférence ont été recensés dans la zone d'étude (Tableau 4). Ces critères peuvent être regroupés en trois catégories à savoir les critères de préférence d'ordre agronomique (31,94% de réponses), technologique (52,57% de réponses) et économique (15,49% de réponses). La grosseur des tiges (14,73% de réponses) et la forte productivité (14,51% de réponses) sont les critères d'ordre agronomique les plus importants. Cette tendance est observée à travers les différentes localités prospectées sauf dans les départements de l'Ouémé/Plateau et l'Atlantique/Littoral où le principal critère de préférence est la forte productivité avec respectivement 16,29% et 14,70% de réponses. La facilité des tiges à être mangées (14,01% de réponses), la forte teneur des tiges en sucre (13,44% de réponses), la richesse des tiges en eau (11,19% de réponses) et la non dureté des tiges (7,07% de réponses) sont les principaux critères technologiques. La forte valeur marchande est le seul critère de préférence économique évoqué par les producteurs de canne à sucre à travers toute la zone d'étude.

3.6 ÉVALUATION PARTICIPATIVE DES CULTIVARS DE CANNE À SUCRE

L'évaluation participative a permis d'identifier sous réserve de synonymie 4 à 57 cultivars performants par critère d'évaluation. Sous réserve de synonymie, 57 cultivars sont reconnus comme ayant un cycle variétal précoce, 42 ont une forte teneur en eau, 39 ont une forte capacité brasicole, 35 cultivars ont une bonne productivité c'est-à-dire une forte capacité de tallage, 32 ont une faible teneur en fibre, 24 sont tolérants à la sécheresse. Par contre certaines variables comme la résistance aux nématodes, à la virose et la forte teneur en sucre sont très peu riches en variétés performantes (Figure 1).

A 72% de similarité le dendrogramme a regroupé les 66 accessions de canne à sucre en 4 groupes et en 30 morphotypes (Figure 2). Les accessions du groupe G1 (20 accessions) sont résistantes à la sécheresse, un taux de germination élevé, une bonne qualité brasicole et sont difficiles à manger. Les accessions du groupe G2 (33 accessions) sont très productives et tolérantes tout type de sol, un taux de germination élevé, une teneur en eau élevée et un faible taux de sucre. Les accessions du groupe G3 (4 accessions) sont résistantes aux viroses, aux nématodes, aux fourmis, à la sécheresse, elles ont un fort taux de germination, une teneur en fibres et en sucre élevée et une bonne qualité brasicole. Les accessions du groupe G4 (9

accessions) sont résistantes à la sécheresse, aux nématodes et ont une bonne qualité brassicole, une peau dure et sont très sucrées.

4 DISCUSSION

Sous réserve de synonymie 89 accessions de canne à sucre ont été recensés. Il est probable que l'ensemble de ses noms locaux correspondent à un nombre inférieur ou supérieur d'accessions différentes. En effet, d'une manière générale, dans le système traditionnel de nomenclature vernaculaire de variétés de plantes cultivées (Dansi *et al.*, 2010 ; Kombo *et al.*, 2012 ; Loko *et al.*, 2013), les noms vernaculaires varient d'une ethnie à une autre, d'un village à un autre au sein de la zone ethnique. Chaque village dispose le plus souvent de sa propre série de noms et des critères de dénomination spécifiques. Dans ce contexte, une même accession à travers les villages peut être désigné par différents noms et des accessions différentes peuvent parfois être désignées par la même appellation (Tamiru *et al.*, 2008 ; Otoo *et al.*, 2009). Pour éviter une surestimation ou une sous estimation de la diversité variétale et faciliter l'utilisation efficiente des accessions locales, ceux-ci doivent être collectés et caractérisés aussi bien sur la base des marqueurs morphologiques que moléculaires (Loko *et al.*, 2013). La multiplication par les graines constitue une source de nouveaux génotypes (Rival *et al.*, 2008). Cette pratique serait peu connue par les producteurs du Bénin. Il serait alors indispensable de montrer aux producteurs le bien fondé de cette pratique afin d'augmenter la diversité variétale à travers les semis des graines et l'entretien des plantules issues de graines qui germeraient naturellement dans les champs.

La distribution et l'étendue des accessions de canne à sucre varient d'un village à l'autre. Du point de vue de la conservation des ressources génétiques, les accessions cultivées par beaucoup de ménages sur de grande superficie sont des accessions hautement productives. Elles s'adaptent mieux aux conditions pédologiques et climatiques et sont aptes à différentes transformations. Elles constituent les accessions élites de la zone qui ne sont pas menacées et peuvent simplement faire l'objet d'une conservation *in situ* (Brush, 2000 ; Dansi *et al.*, 2010 ; Jarvis *et al.*, 2000). Par contre celles cultivées par peu de ménages sur de petites superficies méritent une attention particulière sur le plan de la conservation. Il serait important de les collecter et de les préserver *ex situ*.

Le taux de perte de diversité moyen observé dans la zone est relativement faible (45,90%). Ce faible taux ne signifie pas une meilleure conservation mais plutôt que le seuil maximum d'abandon des accessions pourrait être atteint. Des résultats similaires ont été observés sur le fonio (Dansi *et al.*, 2010), l'igname (Dansi *et al.*, 2013; Loko *et al.*, 2013) le niébé (Gbaguidi *et al.*, 2013) et le piment (Orobiyi *et al.*, 2013). Dans la zone d'étude, la diversité maintenue à l'échelle des ménages dépend des caractéristiques sociodémographiques des producteurs tels que le nombre de bras valide et l'expérience capitalisée dans la production de la canne à sucre. Dans notre zone d'étude, les producteurs ayant un nombre de bras valide et une expérience élevés maintiennent le plus grand nombre de diversité. Ce résultat n'est pas étonnant ; une tendance identique a été observée chez les producteurs d'ignames du Bénin par Dansi *et al.*, (2001), Tostain *et al.* (2003), Baco *et al.* (2004) et Baco *et al.* (2008).

Sous réserve de synonymie, l'évaluation participative révèle l'existence de quelques accessions performantes qui peuvent être utilisées par la science et le développement pour lutter de façon efficace contre les différentes contraintes liées à la production de canne à sucre résencées à travers la zone d'étude. Toutefois il serait important de procéder à une caractérisation agromorphologique vis-à-vis de ses différents paramètres afin de confirmer certaines performances signalées par les producteurs. Parmi les 11 critères de préférence variétale identifiés, la grosseur des tiges, la forte productivité, la teneur élevée en sucre et en eau des tiges et la facilité à manger les tiges étaient les plus importants. L'importance que les producteurs accordent à ces paramètres dans le choix des variétés n'est pas surprenant. Des résultats similaires ont été déjà signalés sur le niébé et le voandzou (Gbaguidi *et al.*, 2013) ; le piment (Orobiyi *et al.*, 2013) et bien d'autres cultures telles que la banane (Gold *et al.*, 2002), le maïs (Abebe *et al.*, 2005), le sorgho (Teshome *et al.*, 2007) et le manioc (Ojulong *et al.*, 2010). On pourrait l'expliquer par le fait que les producteurs les considèrent comme premiers critères de sélection ayant un impact décisif sur leurs revenus (Teshome *et al.*, 2007; Ojulong *et al.*, 2010). Ces différents critères doivent être pris en compte dans le développement des programmes de sélection et d'amélioration variétale des ressources génétiques de la canne à sucre au Bénin.

Tableau 1 : Liste des villages, communes, département et groupes ethniques (en parenthèse) prospectés

Départements	Communes	Villages et ethnies
Atlantique	Kpomassè	Assogbénou (Fon), Assogbénou-Daho (Fon),
	Calavi	Kpé-Aholouko (Aizo)
Mono	Athiémé	Agbobada (Cotafon), Atchontoé (Cotafon), Donkondji (Adja), Sazoué (Cotafon)
		Agbodji-centre (Sahouè), Atoué (Sahouè), Tanvè-Ovoun (Sahouè)
	Bopa	Agonvè (Cotafon), Akokponawa (Shouè), Atikpéta (Cotafon), Ouèdèmè (Cotafon),
	Lokossa	Todoga (Cotafon)
		Djanglanmey (Cotafon), Ewékondji (Whla), Sèwokpondji (Watchi), Wonkihoué (Whla)
Ouémé	Grand-Popo	
	Porto-Novo	Agbokou I et II (Goun), Gbècon (Goun), Houèto (Goun)
	Sèmè-kpodji	Agongo (whla), Agonsagbo (Goun), Djéffa (whla), Djèrègbé (Goun), Kpodji (Whla), Kpodji-Agué (whla)
Plateau	Dangbo	Ké (Wémègbé), Tovè (Wémègbé)
Zou	Pobè	Gbodogui (Nago), Igbo-Idi (Nago)
	Zagnanado	Bamè (Fon)
	Covè	Toué (Fon)
Collines	Savè	Agbo (Tchabè), Alafia (Tchabè)
Borgou	Parakou	Parakou-Titirou (Bariba/ Dendi/Nago)
Atacora	Péhunco	Bocossi (Zerma)
	Kérou	Gounsaroun (Bariba), Kparatèchi (Zerma)
Donga	Djougou	Affongosso (Ditamari), Timba (Lokpa), Toko-Toko (Yom)
	Copargo	Copargo-centre (Dendi), Kodjé (Dendi), Kpalara (Yom), Pabegou (Yom), Tchakérou (Yom)
	Bassila	Déguina (Lokpa), Doguè (Haoussa)

Tableau 2 : Distribution et étendue et taux de perte de diversité variétale

N°	villages	NTC	Distribution et étendue				NCD	PDV (%)
			M+S+	M+S-	M-S+	M-S-		
1	Affongosso	2	0	0	1	1	1	50
2	Agbobada	2	1	0	0	1	1	50
3	Agbodji-centre	2	1	0	0	1	1	50
4	Agbokou I	2	0	1	0	1	1	50
5	Agbokou II	2	0	1	0	1	1	50
6	Agongo	2	1	0	0	1	1	50
7	Agonsagbo	5	3	1	0	1	1	20
8	Agonvè	4	1	0	0	3	3	25
9	Akokponawa	2	0	1	0	1	1	50
10	Assogbénoudaho	2	1	0	0	1	1	50
11	Assogbénoukpèvi	2	1	0	0	1	1	50
12	Atchontoé	2	1	0	0	1	1	50
13	Atikpéta	2	1	0	0	1	1	50
14	Atoué	3	1	0	0	2	2	66,66
15	Bamè	3	2	0	0	1	1	33,33
16	Bocossi	3	2	0	0	1	1	33,33
17	Copargo Centre	2	1	0	0	1	1	50
18	Déguina	2	0	0	1	1	1	50
19	Djanglanmè	3	2	0	0	1	1	33,33
20	Djéffa	3	1	1	0	1	1	33,33
21	Djèrègbé	3	1	1	0	1	1	33,33
22	Doguè	2	0	0	1	1	1	50
23	Donkondji	2	1	0	0	1	1	50
24	Ewékondji	1	0	1	0	0	0	0

25	Gbècon	2	0	1	0	1	1	50
26	Gbodogui	3	0	0	1	2	2	66,66
27	Gounsarou	2	1	0	0	1	1	50
28	Houèto	2	0	1	0	1	1	50
29	Igbo Idi	3	0	0	1	2	2	66,66
30	Ké	2	1	0	0	1	1	50
31	Kodjé	2	1	0	0	1	1	50
32	Kpalara	2	1	0	0	1	1	50
33	Kparatèki	2	0	0	1	1	1	50
34	Kpé-Aholouko	2	1	0	0	1	1	50
35	Kpodji	2	1	0	0	1	1	50
36	Kpodji-agué	2	1	0	0	1	1	50
37	Ouèdèmè-mèdénouta	3	1	0	0	2	2	33,33
38	Pabegou Sampioun	2	1	0	0	1	1	50
39	Pabegou Yacamahou	2	1	0	0	1	1	50
40	Parakou titirou	4	1	0	0	3	3	75
41	Savè Alafia	3	0	0	1	1	2	66,66
42	Savè-Agbo	3	0	0	1	1	2	66,66
43	Sazoué	2	1	0	0	1	1	50
44	Sèwokondji	2	1	1	0	0	0	0
45	Tanvè-ovoun	3	1	0	0	2	2	66,66
46	Tchakérou	2	1	0	0	1	1	50
47	Timba	2	0	0	1	1	1	50
48	Todoga	2	1	0	0	1	1	50
49	Toko-Toko	2	0	0	1	1	1	50
50	Toué	3	2	0	0	1	1	33,33
51	Tovè	3	1	1	0	1	1	33,33
52	Wonkihoué	1	1	0	0	0	0	0
Moyenne		2,37	0,81	0,21	0,19	1,12	1,15	45,90

Tableau 3 : Distribution et étendue de quelques cultivars de canne à sucre

N°	Nomenclature vernaculaire	Nombre de village	Distribution et étendue
	Alékédoudou	1	Parakou Titirou (+ +)
	Archibii	1	Kparatèki (- +)
	Arékébaki	2	Alafia (++), Agbo (-+)
	Azéléké	26	Djèrègbé (++), Agonsagbo (++), Agongo (++), Kpodji (++), Kpodji-Agué (++), Djèffa (++), Agbocou I (+-), Agbocou II (+-), Houèto (+-), Gbècon (+-), Ké (++), Tovè (++), Ouèdèmè-Mèdénouta (+-), Assogbénoukèvi (++), Assogbénoudaho (++), Kpé-Aholouko (++), Akokponawa (+-), Agbodji-Centre (++)Atikpéta (++), Agonvè (++), Donkondji (++), Atoué (++), Tanvè-ovoun (++), Wonkihoué (++), Atchontoé (++), Sazoué (++)
	Azéléké vèè	7	Djèffa (+-), Djèrègbé (+-), Agongo (+-), Agnsagbo (+-), Kpodji (+-), Kpodji-Agué (+-), Tovè (+-)
	Azéléké yii	1	Djanglanmey (++)
	Founfoun vè (Azéléké)	3	Atchontoé (++), Sazoué (++), Agbobada (++)
	Founfoun yibo	1	Ewékondji (+-)
	Gnakanimori	4	Kpalara (++), Pabegou Sampioun (++), Pabegou Yacamahou (++), Tchakérou (+ +)
	Karakoukpéto	1	Timba (- +)
	Léké doudou	1	Igbo Idi (+ -), Gbodogui (+ -)
	Sèmèléké wiwi	2	Toué (++), Bamè (++)
	Gbaglo	2	Bamè (- -), Toué (- -)

Tableau 4 : Critères de préférence

Catégories	Critères de préférence	Pourcentage dans la zone	Variabilité par Département					
			Ouè/Pla	Atl/Lit	Mo/Co	Zo/Col	Ata/Do	Bo/Ali
Agronomique (31,94 %)	Grosse tige	14,73	14,41	11,76	16,92	14,15	18	13,35
	Forte productivité	14,51	16,29	14,70	16,32	15,04	12,11	13,33
	Adaptabilité à tout type de sol	2,39	-	3,43	-	4,42	3,22	-
	Entrenœuds long	0,31	1,50	-	1,24	-	-	-
Culinaire et Technologique (52,57 %)	Facile à manger	14,01	15,16	13,72	15,72	12,83	16,63	12
	Tige sucrée	13,44	13,03	12,74	15,84	12,83	15,22	12
	Tige riche en eau	11,19	4,13	13,72	5,40	13,27	13,17	12
	Tige non dure	7,07	9,27	9,80	2,28	6,19	2,48	13,33
	Nœud mou	5,08	9,30	5,88	9,36	6,19	1,75	-
Economique (15,49 %)	Pauvreté en fibres	1,78	-	-	-	-	-	10,66
	Forte valeur marchande	15,49	16,91	14,25	16,92	15,08	17,42	13,33

Tableau 5 : Cultivars en voie de disparition dans la zone d'étude

Nom des cultivars	Nombre de village	Liste des villages
Léké wéwé	22	Agonsagbo, Agongo, Djèrègbé Kpodji, Djeffa, Kpodji-Agué Agbocou I, Agbocou II, Gbècon Houéto, Kpé Aholouko, Wonkihoué, Agonvè, Atikpéta, Ouèdèmè-Mèdénouta, Akokponawa, Todoga, Tanvè Ovoun, Ké, Tovè, Assogbénou kpèvi, Assogbénou daho,
Gbaglo	2	Bamè, Toué
Founfoun gballo	1	Ewékondji
Léké vòvò	5	Agonvè, Atikpéta Ouèdèmè-Mèdénouta, Todoga, Djanglanmey
Dawéléké	2	Tanvè-Ovoun, Atoué
Léké kpikpa	1	Igbo Idi
Léké Akparon	1	Léké Akparon
Soukletchi hé	1	Sèwokondji
Founfoun wé	4	Agbobada, Sazoué, Donkondji, Atchontoé
Alékéolomihessou	1	Parakou Titirou
Alékéolomiwé 1	1	Parakou Titirou
Alékéolomiwé 2	1	Parakou Titirou
Archibogoun	1	Kparatéki
Gahatin Dombourou	1	Bocossi
Alékédombourou	1	Gounsarou
Arékéfari	2	Agbo, Alafia
Arékétourawa	2	Agbo, Alafia
Karaipéri	2	Toko-Toko, Déguina
Batchita	1	Doguê
Gnankanipieri	1	Pabegou Yacamahou
Gnankaniguê	3	Pabegou Sampioun, Kpalara, Tchakérou
Karakparè	2	Kodjé, Copargo Centre
Ipègnokanguèipèyi	1	Affongosso
Karakouhouloumou	1	Timba

Tableau 6 : Raisons qui sous- tendent la perte de diversité

Catégories	Raisons	% dans la zone	Variabilité par Département					
			Oue/Pla	Atl/Li	Zo/Co	Mo/Cou	Ata/Don	Bo/Al
Agronomique (61,88 %)	Dureté de la tige	24,95	23,7	21,42	22,30	20,43	30,60	30,8
	Minceur de la tige	17,68	19,62	17,35	20,10	20,13	21	16,63
	Faible productivité	18,70	21,34	26,53	21,19	18,47	12,24	13,32
	Sensibilité aux maladies	0,08	0,6	-	-	0,18	-	-
	Sensibilité aux termites	0,28	-	-	-	0,14	-	-
	Manque de semence	0,19	0,6	-	-	1,12	-	-
Culinaire et technologique (14,36 %)	Pauvreté en eau	9,42	7,90	5,10	12,50	13,48	6,69	7,20
	Richesse en fibres	0,36	-	-	-	-	1,02	1,14
	Pauvreté en sucre	4,58	4,4	0	0	5,47	2,2	12,7
Economique (23,76 %)	Faible valeur marchande	23,76	25,20	29,6	23,91	20,58	26,25	18,21

Tableau 7 : Traits désirables et non désirables de quelques cultivars

Noms des variétés	Traits désirables	Traits non désirables
Azéléké	Très productif, tolère tout type de sol, tiges sucrées, apprécié par les clients, tige grosse non dure et facile à manger	Présence de poudre noire sur la peau, très sensible aux vers, et aux termites
Léké wéwé	Très sucré, entre dans le traitement de nombreuses maladies, résistant à la sécheresse et aux maladies	Tige dure, difficile à manger,
Léké vovo	Très sucré,	Faible valeur marchande, tige mince et dure, non appréciée par les clients
Sèmèléké vovo	Très productif, tolère tout type de sol, sucré apprécié par clients	Non consommable avec la peau
Founfoun yii	Très productif, tolère tout type de sol, sucré, apprécié par clients	Mauvaise conservation post récolte
Konakri (founfounyibo)	Très productif, tolère tout type de sol, sucré apprécié par clients	Noircit la bouche lorsqu'elle est consommée avec la peau
Founfoun wé	Très sucré, bonne qualité brassicole, entre dans le traitement de nombreuses maladies	Peau dure, mince, productivité faible, valeur marchande faible
Azéléké wandanwanda	Sucré	Peau striée, non appréciée par les clients
Dawé léké	Très sucré, bonne qualité brassicole, entre dans le traitement de nombreuses maladies	Tige très dure, difficile à manger, valeur marchande faible, faible productivité
Azéléké winniwinni	Très sucré	Tige mince

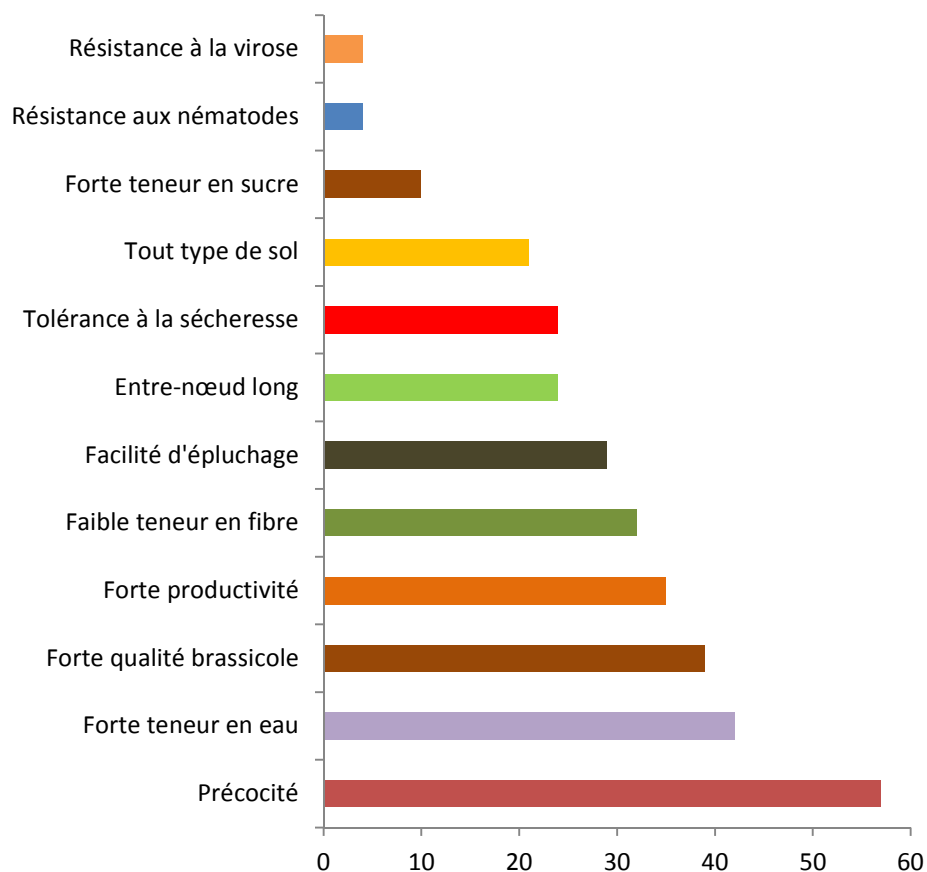


Figure 1 : Variabilité du nombre d'accessions de canne à sucre performantes identifiées par trait d'importance économique et technologique à travers l'évaluation participative au Bénin

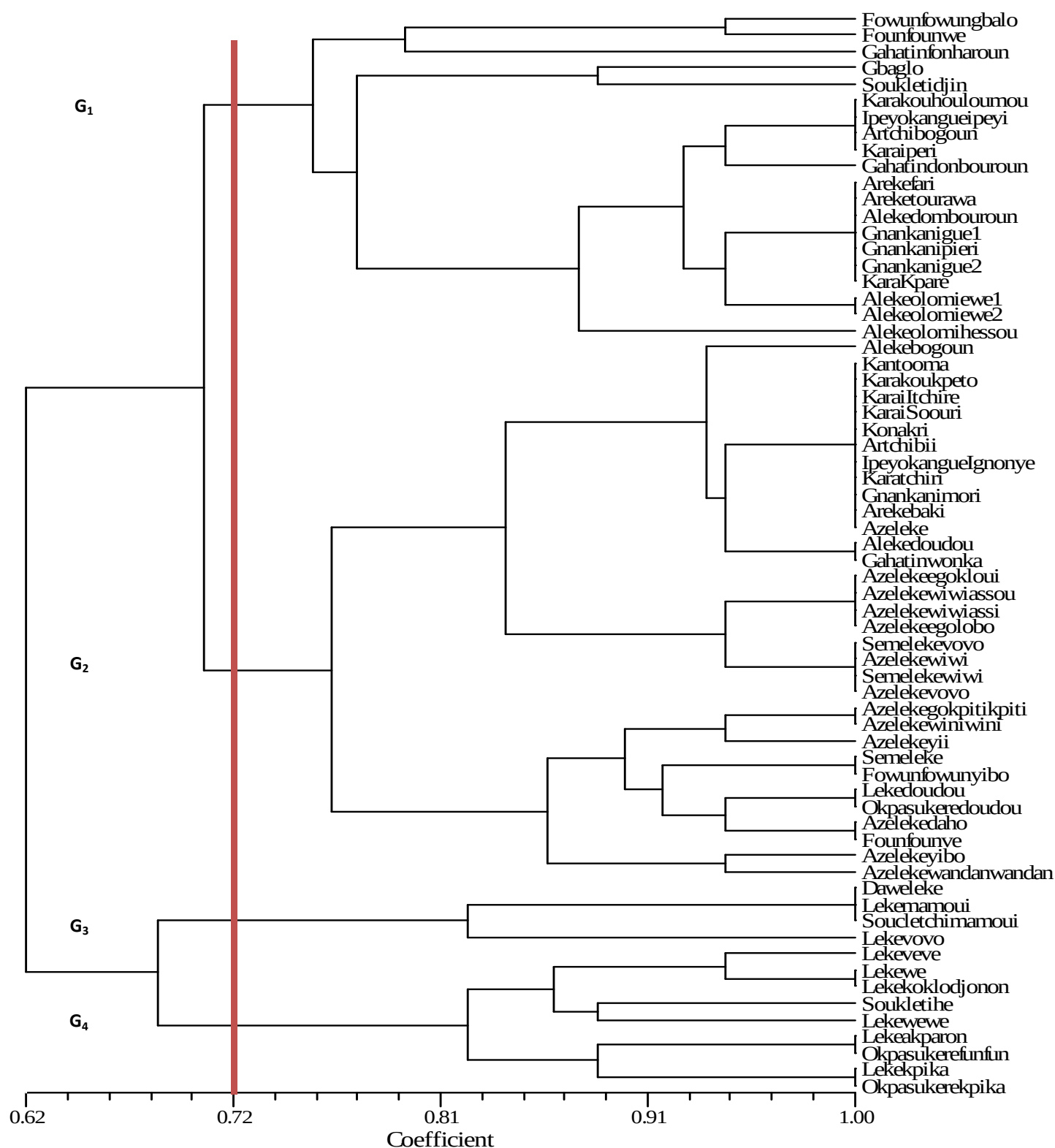


Figure 2 : Dendrogramme montrant la similarité entre les accessions de canne à sucre en termes de performances agronomiques et technologique

5 CONCLUSION

Cette étude a révélé l'existence d'une diversité importante de canne à sucre au Bénin. Cependant, cette diversité est fortement menacée de disparition en raison de certains critères d'ordre agronomique, technologique et économique. L'évaluation participative a révélé l'existence de variétés performantes qui peuvent être utilisées par la recherche (création ou amélioration variétale) ou le développement (introduction ou échange variétale). Pour une meilleure conservation et utilisation de la diversité existante, les 89 accessions doivent faire l'objet d'une caractérisation agromorphologique moléculaire et biochimique pour régler les problèmes de synonymie d'une part et d'autres parts orienter les programmes de sélection et d'amélioration variétale et enfin, identifier les éventuels doublons afin d'avoir une base de données fiable.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons notre profonde reconnaissance au laboratoire des Biotechnologies, Ressources Génétiques et Amélioration des Espèces Animales et Végétales (BIORAVE) pour son soutien financier. A tous les Responsables du Développement Rural des communes prospectées (RDR) notamment Houndanon Lin Lazare, RDR de la Commune de Sèmè-podji, à Vignondé Armelle Kouessiba et à tous les producteurs enquêtés au cours des prospections en particulier Hounsou Benoît Loko de Djèrègbé, nous leur disons merci pour leur contribution à la réalisation de ce travail.

REFERENCES

- [1] Abebe G., Assefa T., Harrun H., Mesfine T., Al-Tawaha A-R.M. (2005). Participatory selection of drought tolerant maize varieties using mother and baby methodology: a case study in the semi-arid zones of the Central Rift Valley of Ethiopia. *World J Agric Sci* 1 (1): 22–27.
- [2] Adam S., Boko M. 1993. Le Bénin. Les éditions du Flamboyant/EDICEF, Cotonou, République du Bénin, 96 p.
- [3] Akoégninou A., van der Burg W.J., van der Maesen L.J.G. (eds). (2006). Flore analytique de Bénin. Backhuys Publishers, Leiden, 1034 p.
- [4] Baco M.N., Biao G., Pham J.L., Lescure J.P. (2008). Facteurs géographiques et sociaux de la diversité des ignames cultivées au Nord Bénin. *Cahiers Agricultures*, 17 (2): 172-177.
- [5] Baco, M.N., Tostain, S., Mongbo, R.L., Dainou, O., Agbangla, C. (2004). Gestion dynamique de la diversité variétale des ignames cultivées (*Dioscorea cayenensis* - *D. rotundata*) dans la commune de Sinendé au nord Bénin. *Plant Genet. Resour. Newslett.*, 139: 1824.
- [6] Bradshaw J.E. (2010). Root and Tuber Crops. Springer, Volume 7 de Handbook of plant breeding, 295 p.
- [7] Brush S.B. (2000). Genes in the Field. Lewis Publishers: United Kingdom.
- [8] Buddadee B., Wirojanagud W., Watts D.J., Pitakaso R. (2008). The development of multi-objective optimization model for excess bagasse utilization: a case study for Thailand. *Environmental Impact Assessment Review*; 28: 380e 91.
- [9] Castellan. A. (2004). Des produits nouveaux peuvent ils contribuer à mieux valoriser la filière canne à sucre, notamment à La Réunion, Diaporama présenté lors du Séminaire « Quelles Recherches Prioritaires pour l'avenir de la filière canne-sucre à l'horizon 2007 2013 ? », St Denis, La Réunion, 20-24 Septembre 2004.
- [10] Dansi A., Dantsey-Barry H., Dossou-Aminon I., N'Kpenu E.K., Agré A.P., Sunu Y.D., Kombaté K., Loko Y.L., Dansi M., Assogba P., Vodouhè R. (2013). Varietal diversity and genetic erosion of cultivated yams (*Dioscorea cayenensis* Poir - *D. rotundata* Lam complex and *D. alata* L.) in Togo. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 5(4), 223-239.
- [11] Dansi A., Adoukonou-Sagbadja H., Vodouhé R. (2010). Diversity, conservation and related wild species of Fonio millet (*Digitaria* spp) in the northwest of Benin. *Genet. Resour. Crop Evol*, 57: 827-839.
- [12] Dansi A., Adjatin A., Adoukonou-Sagbadja H., Faladé V., Yedomonhan H., Odou D., Dossou B. (2008). Traditional leafy vegetables and their use in the Benin Republic. *Genet Resour Crop Evol*, 55: 1239-1256.
- [13] Dansi, A., Mignouna, H.D., Pillay, M., Zok, S. (2001). Ploidy variation in the cultivated yam (*Dioscorea cayenensis*-*Dioscorea rotundata* complex) from Cameroon as determined by flow cytometry. *Euphytica*, 119: 301–307.
- [14] Gbaguidi A.A., Dansi A., Loko L.Y., Dansi M., Sanni A. (2013). Diversity and agronomic performances of the cowpea (*Vigna unguiculata* Walp.) landraces in Southern Benin. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 3(4): 121-133.
- [15] Gold C.S., Kiggundu A., Abera A.M.K., Karamura D. (2002). Selection criteria of Musa cultivars through a farmer participatory appraisal survey in Uganda, *Exp Agric* 38: 29-38.
- [16] Hamelinck C., Hooijdonk G.V., Faaij A. P. C. (2005). Ethanol from lignocellulosic biomasse: technico-economic performance in short; middle; and long term. *Biomasse and Bioenergy*, 28, 384-410.

- [17] Jangpromma N., Kitthaisong S., Lomthaisong K., Daduang S., Jaisil P. and Thammasirirak S. (2010). A Proteomics Analysis of Drought Stress-Responsive Proteins as Biomarker for Drought-Tolerant Sugarcane Cultivars. *Am. J. Agric. Biol. Sci.*, 6: 89-102. DOI: DOI: 10.3844/ajbbsp.2010.89.102
- [18] Jarvis D., Myer L., Klemick H., Guarino L., Smale M., Brown A.H.D., Sadiki M., Sthapit B., Hodgkin T. (2000). A Training Guide for In situ Conservation On-Farm: Version1, International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, Italie, 190p.
- [19] Kessari. M.E., (2003). Les co-produits de la canne à sucre, Etat des lieux et perspectives, Rapport de stage 1ère année cycle ingénieur, Institut Supérieur d'Agriculture de Beauvais (ISAB), CIRAD CA, 59p.
- [20] Kombo G.R., Dansi A., Loko L.Y., Orkwor G.C., Vodouhe R., Assogba P., Magemma J.M. (2012). Diversity of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars and its management in the department of Bouenza in the Republic of Congo, *Genet Resour Crop Evol* 10: 1007-10722.
- [21] Loko Y.L., Dansi A., Linsoussi C., Tamo M., Vodouhè R., Akoegninou A., Sanni A. (2013). Current status and spatial analysis of Guinea yam *Dioscorea cayenensis* Lam. - *D. rotundata* Poir. complex) diversity in Benin. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 3(7): 219-238.
- [22] Nair N.V. (2009). Sugarcane agriculture and sugar Industry-Current Scenario and Future Prospect. International training course on Breeding Sugarcane for Sugar- Industrial Complex, Sugarcane Breeding Institute, Coimabtoe, 12-16.
- [23] Ojulong HF, Labuschagne MT, Herselman L, Fregene M (2010). Yield traits as selection indices in seedling populations of cassava. *Crop Breed Appl Biotechnol* (Online) 10(3).
- [24] Orobiyi A., Dansi A., Assogba P., Loko L.Y., Dansi M., Vodouhè R., Akouègninou A., Sanni A. (2013). Chili (*Capsicum annum* L.) in southern Benin: production constraints, varietal diversity, preference criteria and participatory evaluation. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 3(4): 107-120.
- [25] Otoo E., Akromah R., Kololesnikova-Allen M., Asiedu R. (2009). Ethno-botany and morphological characterisation of the yam pona complex in Ghana. *Afr Crop Sci Conf Proc* 9:407-414.
- [26] Penatti. C.P., De Araujo. J.V., Donzelli. J.L, De Souza. S.A.V., Forti. J.A., Ribeiro. R., (2005). Vinasse : a liquid fertilizer, Proceedings of the XXV congress of International Society of Sugar Cane Technologists, vol. I, Guatemala, 30 January – 4 February, p 403-412.
- [27] Rival L. and Mckey D. (2008). Domestication and diversity in Cassava (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae). *Current Anthropologie*, 9: 1119-1128.
- [28] Rohlf F.J. (2009). NTSYSpc: numerical taxonomy system. ver. 2.21c. Exeter Software: Setauket: New York.
- [29] Rondeau. P. (2002). Canne et énergie renouvelable : Contribution à la réduction d'émission de gaz à effet de serre, Rencontres internationales pluridisciplinaires, Perspectives de développement de la canne en milieu insulaire, Stella Matutina, Ile de La Réunion, 9p.
- [30] Rott P. and Davis M. (2000). Leaf scald. P 339. In: A guide to sugarcane diseases, ed. Rott P, Bailey R, Comstock J, Croft B, Saumtally A, Montpellier: CIRAD-ISSCT. Setauket: New York.
- [31] Singh R.K., Mishra S.K., Singh S.P., Mishra N. and Sharma M.L. (2010). Evaluation of microsatellite markers for genetic diversity analysis among sugarcane species and commercial hybrids. *Australian journal of crop Science AJCS* 4(2):116-125.
- [32] Souza D.R.D., Stingel E., Almeida L.C.D., Munhae C.B. and Mayhe-Nunes A.J. et al. (2010). Ant diversity in a sugarcane culture without the use of straw burning in southeast, Sao Paulo, Brazil. *Am. J. Agric. Biol. Sci.*, 5:183-188. DOI: DOI: 10.3844/ajabbsp.2010.183.188
- [33] Tamiru M., Becker C.H., Maas B.L. 2008. Diversity, distribution and management of yam landraces (*Dioscorea* spp.) in Southern Ethiopia. *Genet Resour Crop Evol*, 55:115-131.
- [34] Teshome A., Patterson D., Asfew Z., Torrance J.K., Arnason J.T. (2007). Changes of Sorghum bicolor landrace diversity and farmers' selection criteria over space and time, Ethiopia. *Genet Resour Crop Evol* 54:6.
- [35] Thiago G Marconi, Estela A Costa, Hercília RCAN Miranda, Melina C Mancini, Cláudio B Cardoso-Si, Karine M Oliveira, Luciana R Pinto, Marcel o Molli nari, Antônio AF Garcia and Anete P Souza. 2011. Functional markers for gene mapping and genetic diversity studies in sugarcane. Marconiet al . *BMC Research Notes* 2011, 4:264 <http://www.biomedcentral.com/1756-0500/4/264>
- [36] Tostain S., Okry F.K., Baco N.M., Mongbo R.L., Agbangla C., Daïnou O. (2003). La «domestication» des ignames *Dioscorea abyssinica* dans les sous-préfectures de Sinende et de Bantè au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*, 4 (1) : 33-54.
- [37] Uppal H. 2008. Potentiel of sugarcane bagasse for production of furfural and its derivatives. *Sugar Technologies*. 10(4): 298-301. variety selection in the Ethiopian cereal Tef (*Eragrostis tef*). *ExpAgric* 42(1): 91-101.
- [38] Yabi I., Afouda F. 2012. Extreme rainfall years in Benin (West Africa). *Quaternary International*, 1:1-5, doi:10.1016/j.quaint.2010.12.010

Single Axis Automatic Sun Tracking System based on Fuzzy Logic Control

G. Sundar and D. Sathish

Department of Electrical and Electronics Engineering,
Arulmigu Meenakshi Amman College of Engineering,
Kanchipuram, Tamil Nadu, India

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper proposes a single stage current source inverter based photovoltaic system with single axis automatic sun tracking system. The system consists of transformer less single stage conversion for tracking the maximum power point which is maintained by a fuzzy logic controller. The Hardware system presents the fuzzy logic control based sun tracking system using an Arduino controller. To improve the power quality and system efficiency, a double-tuned parallel resonant circuit is added to eliminate the 2nd and 4th order harmonics at the inverter side. A Stepper motor aids in tracking the sun axis and keeps the panel in line direction with sun all day long. The efficiency of the solar cells has been enhanced by the proposed design system. The proposed fuzzy logic controller has been implemented and tested using MATLAB Simulink environment. Moreover, the said sun tracking power generation system has been tested in real time using an Arduino controller.

KEYWORDS: Maximum power point tracking, Arduino controller, Fuzzy logic controller, Power quality.

1 INTRODUCTION

Consumption of electrical energy in the world is constantly growing. Most of the used and produced electrical energy is obtained by the combustion of fossil fuels or by nuclear processes. Thermal power plants and nuclear power plants are natural polluters of the environment. Alternative energy sources that we are surrounded with on the other hand, are pure ecological energy sources. The main alternative energy sources include solar energy, geothermal energy, wind energy, wave energy, bio-energy and hydrogen technologies. One particularly important source of energy is solar energy. Solar energy can play a very important role in providing most of the heating, cooling and electricity needs of the world and also has the potential to solve our environmental problems. The sun is infinite and clean energy source and it sends to earth about 10,000 times as much energy of the world's energy consumption. So, solar energy has attracted a great interest during the last two decades. Converting solar radiation energy into electrical energy and usage of this method of production of the necessary energy becomes an important condition for further development and progress of the planet [1], [2].

Single stage inverters have gained attention, especially in low voltage applications. Different single stage topologies have been proposed, and a comparison of the available interface units is presented [3]. However, the voltage buck properties of the VSI increase the necessity of using a bulky transformer or higher DC voltage. The conventional voltage source inverter is the most commonly used interface units in grid-connected PV system technology due to its simplicity and availability. Several multilevel inverters have been proposed to improve the AC-side waveform quality, reduce the electrical stress on the power switches. The current source inverter has not been extensively investigated for grid- connected renewable energy systems [4], [5].

Grid-connected PV systems using a CSI have been proposed due to DC input current is continuous and system reliability, . The three-phase CSI for PV grid connection proposed in successfully delivered PV power to the grid, without sensing the AC output current, with a total harmonic distortion of 4.5% [6], [7]. However, an AC current loop is essential in the grid-connected application in order to limit the current and quickly recover the grid current variation during varying weather

conditions. A dynamic model and control structure for a single-stage grid connected PV system using a Current source Inverter is proposed. The current injected into the grid has a low THD and unity power factor under various weather conditions. However, the controller consists of only current loops, which affect system reliability.

Dissimilar the three-phase grid-connected CSI, the single-phase system has even harmonics on the DC side, which affect MPPT, reduce the PV lifetime, and are associated with odd order harmonics on the grid side [8]. Therefore, eliminating the even harmonics on the DC side is essential in PV applications [9], [10]. Various techniques have been proposed to reduce the even harmonic effects in CSI PV applications. The conventional solution to the DC current oscillation is to use a large inductor, which is capable of eliminating the even-order harmonics. Practically, the CSI inverter produces high DC current; therefore, an inductor with a large value is usually bulky and large in size [11]. Thus, this technique is practically unacceptable. To eliminate the harmonics without using large inductive, two solutions have been proposed in the literature, namely feedback current control and hardware techniques. Specially designed feedback current controllers intended to eliminate the odd harmonics on the AC side without using large inductance are proposed in the literature. In, the oscillating power effect of the grid is minimized by employing a tuned proportional resonant controller at the third harmonic. The carrier signal is varied with the second-order harmonic component in the DC-link current to eliminate its effect on the current grid. These techniques are not suitable for a single-stage grid connected PV system, because the DC current oscillation is large, which causes high system losses and reduces its lifetime. In the hardware solution proposed in, second order harmonics are eliminated by using an additional parallel resonant circuit on the DC-side inductor. The Arduino controller provides the fast switching operation. LDR sensor is used to track the maximum power in a relatively short time. Even though the hardware solution adds costs, and size, it is considered to be a practical solution for CSI-based PV systems [12], [13].

In this paper, a single-phase grid connected PV system based CSI is proposed. A doubled tuned resonant parallel circuit is also proposed to eliminate the second and fourth order harmonics on the DC side. FLC is used in tracking the MMPT and also manual tracking is achieved with the X axis of the solar panel by Arduino controller.

2 CURRENT SOURCE INVERTER TOPOLOGY

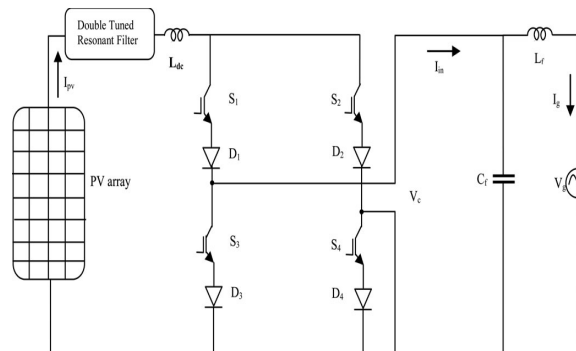


Fig. 1. Single-phase grid connected current source inverter

A single phase transformer less load connected PV system using a CSI is shown in Fig. 1. The inverter has four insulated gate bipolar transistors IGBTs (S_1 – S_4) and four diodes (D_1 – D_4). Each diode is connected in series with an IGBT switch for reverse blocking capability. To eliminate the switching harmonics, a CL filter is connected into the inverter AC side. Two LDR is fixed on the two ends of the solar panel to track the maximum power obtained from the solar cells. In a single phase CSI, the pulsating instantaneous power of twice, the system frequency generates even harmonics in the DC link current [14]. Undesirably, these even harmonics affect MPPT on PV system applications and reduce the PV lifetime. These harmonics reflect onto the AC side as low order odd harmonics in the current and voltage. The filter is capable of smoothing the DC-link current by using relatively small inductances [15]. Even though the impact of the second-order harmonic is significant in the DC-link current, the fourth-order harmonic can also affect the DC-link current, especially when the CSI operates at high modulation indices. To reduce the necessary DC-link inductance, a parallel resonant circuit tuned to the second-order harmonic is employed in series with the DC-link inductor. Therefore, in an attempt to improve the parallel resonant circuit, this paper proposes a double-tuned parallel resonant circuit tuned at the second- and fourth-order harmonics, as shown in Fig. 2.

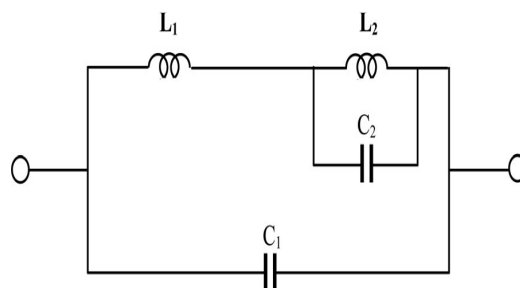


Fig. 2. Double-tuned resonant filter

In order to tune the resonant filter the harmonic frequency, the impedance of C_1 and the total impedance of L_1 , L_2 , and C_2 should have the values of opposite sign. Thus we assume the component resistances are small, and thus can be neglected in the calculating procedure. The capacitances are represented by the following equations:

$$C_1 = \frac{L_2 C_2 - \frac{1}{\omega^2}}{\omega^2 L_1 L_2 C_2 - L_1 - L_2} \quad (1)$$

$$C_2 = \frac{-L_2}{\frac{L_2}{C_1} - \omega^2 L_1 L_2} + \frac{1}{\omega^2 L_2} \quad (2)$$

Where C_1 and C_2 are the resonant filter capacitances, L_1 and L_2 are the resonant filter inductances, Z_{C1} is C_1 impedance, Z_t is the total impedance of L_1 , L_2 , and C_2 , and ω is the angular frequency. By selecting the inductance values, which are capable of allowing the maximum di/dt at rated current, the angular frequency of the second harmonics and the angular frequency of the fourth harmonic are used. The filter is capable of eliminating both the second- and fourth-order harmonics.

To select the optimum values for the proposed filter components, the effects of varying resonant circuit inductance are analyzed.

3 MODIFIED CARRIER BASED PWM

The Modified carrier-based pulse width is proposed to control the switching pattern of CSI. To provide a continuous path for the DC-side current and one bottom be turned ON during every switching period -circuit current after every active switching action. To understand the switching patterns of the proposed CPWM, is divided into ten regions ($t_1 - t_{10}$), and each region represents one carrier period.

Table 1. Switching combination sequence

Region	Combination Sequence
t_1	$(S_1-S_3) (S_1-S_4) (S_2-S_4) (S_1-S_4)$
t_2	$(S_1-S_3) (S_1-S_4) (S_2-S_4) (S_1-S_4)$
t_3	$(S_1-S_3) (S_1-S_4) (S_2-S_4) (S_1-S_4)$
t_4	$(S_1-S_3) (S_1-S_4) (S_2-S_4) (S_1-S_4)$
t_5	$(S_1-S_3) (S_1-S_4) (S_2-S_4)$
t_6	$(S_1-S_3) (S_2-S_4) (S_2-S_4) (S_2-S_3)$
t_7	$(S_1-S_3) (S_2-S_4) (S_2-S_4) (S_2-S_3)$
t_8	$(S_1-S_3) (S_2-S_4) (S_2-S_4) (S_2-S_3)$
t_9	$(S_1-S_3) (S_2-S_4) (S_2-S_4) (S_2-S_3)$
t_{10}	$(S_1-S_3) (S_2-S_4) (S_2-S_4)$

Table 1 shows the switch combination for each of the ten regions. The CSI is operating in an island mode and has the following specification. The DC voltage V_{dc} is 50 V; in the double-tuned resonant filter $L1 = 10$ mH, $L2 = 5$ mH, $C1 = 125$ μ F, and $C2 = 250$ μ F, the capacitor on the AC side is 20 μ F, the inductance is 1 mH, the resistive load is 50 Ω , the output voltage is 110 V, and the switch frequency is 4 kHz.

4 FUZZY LOGIC CONTROL TECHNIQUE

To design a grid connected PV system using a CSI, the relationship between the PV output voltage and the grid voltage by neglecting inverter losses, the PV output power is equation,

$$V_{PV} I_{PV} = \frac{1}{2} I_{g, peak} V_{g, peak} \cos \theta \quad (3)$$

Where θ is the phase angle, V_{PV} and I_{PV} are the PV output voltage and current, respectively, while $V_{g, peak}$ and $I_{g, peak}$ are the grid peak voltage and current, respectively. The current is equal to the Photovoltaic output current multiplied by the inverted index M

$$I_{g, peak} = M I_{PV} \quad (4)$$

These equations describing the relationship between the solar output voltage and the grid voltage are, therefore, in order to interface the PV system to the grid using a CSI, the PV voltage should not exceed half the grid peak voltage [16]. The CSI is utilized to track the PV MPP and to interface the PV system to the grid. In order to achieve these requirements, three control loops are employed, namely MPPT, an AC current loop, and a voltage loop. To operate the PV at the MPP, MPPT is used to identify the optimum grid current peak value. Any conventional MPPT technique can be used [17], [18]. However, to prevent significant losses in power, the tracking technique should be fast enough to handle any variation in load or weather conditions. Therefore, a fuzzy logic controller (FLC) is used to quickly locate the MPP [19].

The inputs of the FLC are

$$\Delta P = P(K) - P(K-1) \quad (5)$$

$$\Delta IPV = IP(K)V - IP(K-1)V \quad (6)$$

The output Equation is

$$\Delta I_{g, ref} = I_{g, ref}(k) - I_{g, ref}(K-1) \quad (7)$$

Where ΔP and ΔIPV are the PV array output power and current change, As mentioned before, all machines can process crisp or classical data, such as either '0' or '1'. In order to enable machines to handle vague language input such as 'Somehow Satisfied', the crisp input and output must be converted to linguistic variables with fuzzy components [20]. $\Delta I_{g, ref}$ is the grid current amplitude change reference, $I_{g, ref}$ is the grid current reference, and k is the sample instant. The variable inputs and output are divided into four fuzzy subsets: PB (Positive Big), NB (Negative Big), PS (Positive Small) and NS (Negative Small). To operate the fuzzy combination, a Mamdani's method is used. The behavior found on the controller input and the output, the shapes and fuzzy subset partitions of the membership function of both input and output are shown in Fig. 3.

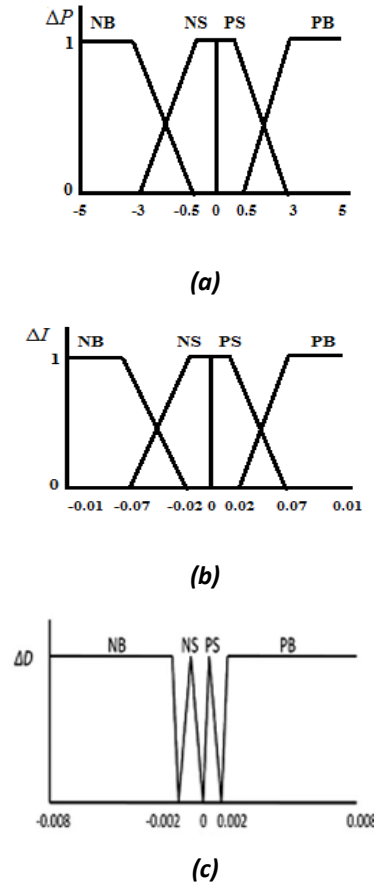


Fig. 3. Membership function: (a) input ΔP , (b) input ΔI , and (c) output ΔD

To ensure synchronization between the grid current and voltage, a sinusoidal signal generated by a phase-locked-loop (PLL) is multiplied by the MPPT output. The Fuzzy Logic Controller provides the constant high power by comparing with it with the value taken before 5 seconds. Thus, every five seconds the controller checks it for the deviation of the change in power to maintain the maximum power from the panel for precise control of the single-phase inverter, proportional Arduino controller is employed in the voltage and current loop controllers. The block diagram of the FLC based MPPT is shown in Fig. 4.

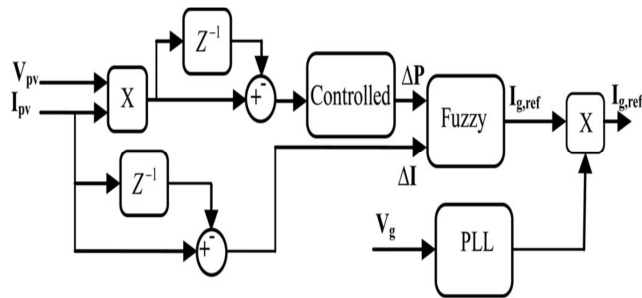


Fig. 4. Block diagram of the FLC-based MPPT

The fuzzy subset duty cycle changes in real numbers

$$\Delta I_{g,ref} = \frac{\sum_i^n \mu(I_{g,ref,i}) I_{g,ref,i}}{\sum_i^n \mu(I_{g,ref,i})} \quad (8)$$

Where $\Delta I_{g,ref}$ is the fuzzy controller output and $\Delta I_{g,ref}$ is the center of composition at the output membership function. To ensure synchronization between the grid current and voltage, a sine signal generated by a phase-locked-loop (PLL) is multiplied by MPPT output.

5 ARDUINO CONTROLLER

The Arduino is a microcontroller board based on the ATMEGA328. It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz ceramic resonator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with AC-to-DC adapter or battery to get started. The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega16U2 (Atmega8U2 up to version R2) programmed as a USB-to-serial converter.

6 SIMULATION ANGLE

In this PV module with a total rated power of 500W are tested in the proposed system. The AC-side filter capacitor is selected to attenuate high frequency harmonics that are associated with switching frequencies and their side bands, taking into account the rated AC and DC currents. So that rated power, the converter is able to supply the AC side active and reactive power demands, and compensate for filter capacitor and inductor reactive power, without sliding into over modulation. The results of the proposed system under normal weather conditions are shown in Fig. 5.

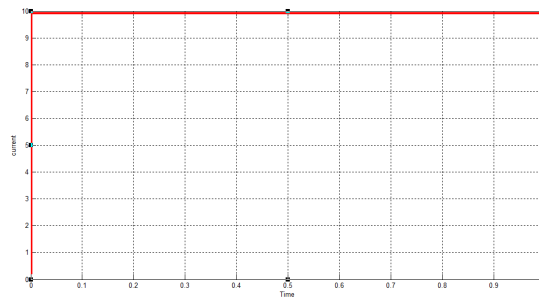


Fig. 5. PV Current

The point at which the maximum voltage and maximum current is reached is the maximum power point. The maximum power is maintained at 24 watts. Due to the variation in intensity of the light the maximum power is also varied, but the tracking system maintains the PV maximum power extracted in a relatively short time with small oscillation in steady state, as shown in Fig.6.

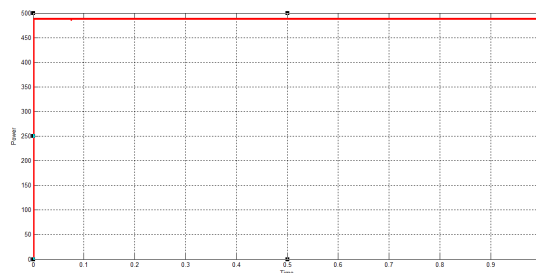


Fig. 6. PV Power

Fig.7 shows that the CSI output current is not violated, by allowing switching of one current level at the same time. In the CSI-based PV system, the controller's task is to control the DC-side current. It is observed that the range of variation in the DC-side current of CSI during fault is tightly limited due to the regulatory role of the DC-side current controller.

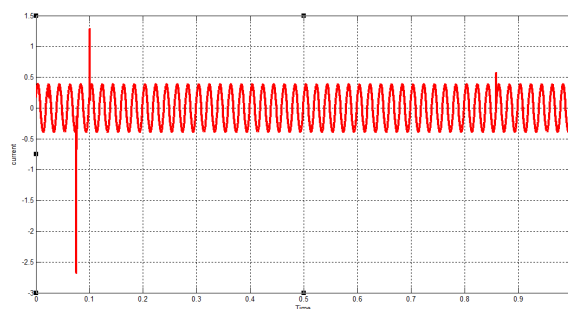


Fig. 7. CSI output current

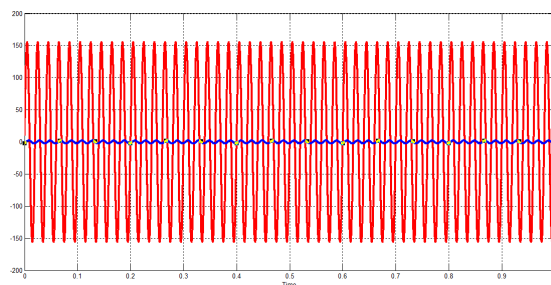


Fig. 8. Grid Voltage and Current waveform

The grid voltage and current are shown in Fig. 8 where both are synchronized and the THD of the grid current is only 1.5%. In addition, the grid active power and reactive power are shown in Fig. 9. The total system efficiency is 95%, and the power factor is almost unity.

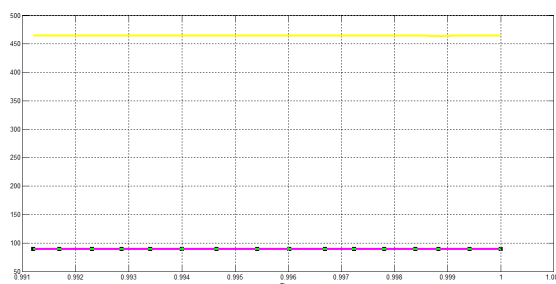


Fig. 9. Real and Reactive Power waveform

The current flowing into the grid was filtered to resemble a pure sine wave in phase with the grid voltage. As I_{grid} is almost a pure sine wave at unity power factor, the total harmonic distortion (THD) can be reduced compared with the THD. Where both are synchronized and the THD of the grid current is only 1.5%. The Fig. 10 shows the efficiency level of the system. The Fuzzy Logic Controller increases the Efficiency of the system to 72.5%. Stepper motor used for the direction control gives a precise position control and MPP is tracked efficiently throughout the day with the change in sun position.

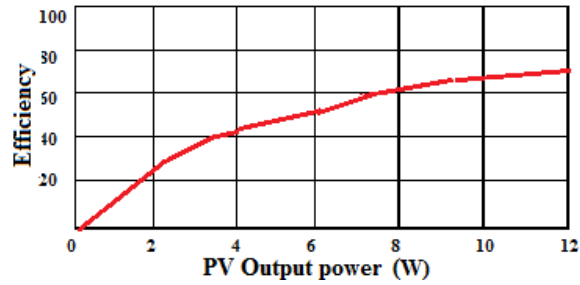


Fig. 10. Efficiency with PV output power

The Fig.10 shows the efficiency level of the system. The Fuzzy Logic Controller increases the Efficiency of the system to 72.5%. Stepper motor used for the directional control gives a precise position control and MPP is tracked efficiently throughout the day with the change in sun position. The design specifications and circuit parameters and parameters of the DC-side tuned filter is given in Table 2.

Table 2. Specifications and Parameters

S. No.	Description	Value
1	PV open circuit voltage, Voc(V)	80
2	PV Short circuit current, Isc(A)	15
3	PV array rated power, PR(W)	500
4	Resonant filter inductor, L1 (mH)	10
5	Resonant filter inductor L2 (mH)	5
6	Resonant filter capacitor C1 (μF)	125
7	Resonant filter capacitor C2(μF)	250
8	DC link inductor, Ldc (mH)	5
9	Switching frequency, Fs(KHz)	4
10	AC line inductor, L(mH)	1
11	AC line capacitor, C(μF)	20

7 EXPERIMENTAL RESULTS

The performance of the proposed Fuzzy logic based Current Source Inverter with experimental models of the solar cell movement systems with a mechanical assemble to move the panel from 180° East to West is verified experimentally is shown in Fig 11. The experimental setup consists of a solar array panel to emulate PV system operational track the maximum power point, and interface the PV system to the Load. An Arduino Microcontroller is used to generate the PWM signals and realize the proposed feedback loop controllers. The solar tracking parameters are shown in Table.3.

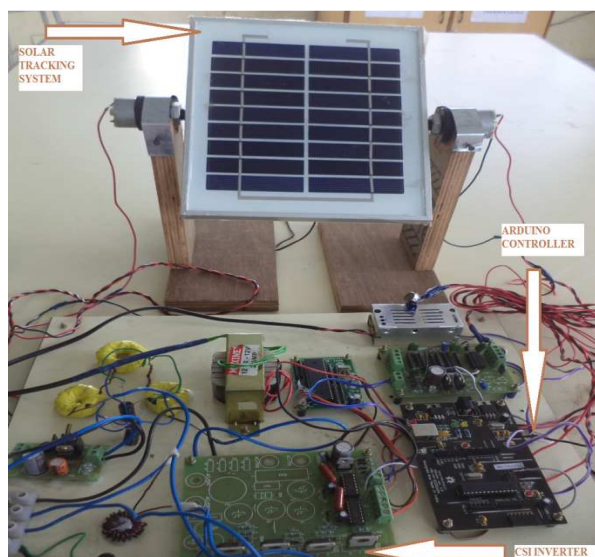


Fig. 11. Experimental setup for solar tracking

7.1 SOLAR PANEL OUTPUT VOLTAGE

The rating of the Solar panel is 10 Volts. The Maximum voltage obtained from the solar Panel is 8.7 volts. Based on dividing the voltage into four values of fuzzy the output voltage will be decided to one crisp value. The Maximum power point is identified with rules framed in fuzzy. The open circuit voltage and short circuit current is 11.2V and 0.37A respectively. The MPPT successfully locks the DC Voltage to the optimum value.

7.2 CURRENT SOURCE INVERTER OUTPUT VOLTAGE

The output voltage of the inverter is about 8 volts. The optimum PV voltage is attained in a relatively short time. Also the CSI successfully injects the PV current into the load with low total harmonic distortion. The output of an inverter voltage is a pure sine wave when increase the input voltage can achieve the same. For the experimental setup of the mechanical system, the panel rating is kept at 12 volts. Due to the Transformer less inverter circuit topology the output voltage is not a boost voltage. When the similar solar arrays are connected in series to produce the desired voltage rating

7.3 AUTOMATIC SINGLE AXIS TRACKING

The solar panel rotates based on the light incident on the LDR sensor. In order to track the sun trajectory, a horizontal axis tracker with a 12V PV panel was shown in Fig.11. The panel is tilted around the horizontal axis using DC motor connected to the panel through a gear with a 10 revolution per minute. The tracker is controlled using a two LDR sensor. The sensors are configured in a way that LDR1 and LDR2 are used to track the sun horizontally. When one receives more light than the other, the panel is not aligned properly and an error voltage results. The error voltage is used as a command to an amplifier circuit to drive the motor and align the Panel to be perpendicular to the light source beam.

Table 3. Solar Tracking Parameters

S. No.	Description	Value
1	PV open circuit voltage, V_{oc}	11.2 V
2	PV Short circuit current, I_{sc}	0.37A
3	PV Rating of the panel	12V
4	Maximum voltage obtained	8.7V
5	Inverter output voltage	8V

8 CONCLUSION

A single phase grid connected PV system using a CSI has been implemented that could meet the load requirements without using a high DC voltage or a bulky transformer. Since the system consists of a single-stage, the PV power is delivered to the load with high efficiency, low cost, and small footprint. Moreover, the THD of the grid injected current was 0.04% in the simulation results. The controller has been combined with the solar tracking system and the control was realized with the fuzzy logic controller. Fuzzy logic demonstrates efficient control, faster response and better conversion of human/ operator knowledge. The result also shown a better output over the conventional methods, Arduino UNO turned out to be an easy platform implement the control strategy. LDR resistors are used to determine the solar light intensity. Sun tracking, the generating power system is designed and implemented in real time. The sun tracking controller and the controller for grid-connected photovoltaic system are tested using MATLAB/Simulink environment. The proposed FLC shows excellent result and the solar tracking power generation with fuzzy controller is able to track the sunlight automatically. It is an efficient system for solar energy collection.

REFERENCES

- [1] J. S. Choi, D. Y. Kim, K. T. Park, C. H. Choi and D. H. Chung, "Design of Fuzzy Controller Based on PC for Solar Tracking System", International Conference on Smart Manufacturing Application, pp.9-11, April 2008.
- [2] A. Mehrizi-Sani and R. Iravani, "Potential-function based control of a microgrid in islanded and grid-connected modes," IEEE Trans. Power Syst., Vol. 25, No. 4, pp. 1883–1891, Nov. 2010.
- [3] W. Fei, J. L. Duarte, and M. A. M. Hendrix, "Grid-interfacing converter systems with enhanced voltage quality for microgrid application-concept and implementation," IEEE Trans. Power Electron., Vol. 26, No. 12, pp. 3501–3513, Dec. 2011.
- [4] S. Dasgupta, S. K. Sahoo, S. K. Panda, and G. A. J. Amaratunga, "Single- phase inverter-control techniques for interfacing renewable energy sources with microgrid—Part II: Series-connected inverter topology to mitigate voltage-related problems along with active power flow control," IEEE Trans. Power Electron., Vol. 26, No. 3, pp. 732–746, Mar. 2011.
- [5] A. Louchene, A. Benmakhlouf and A. Chaghi, "Solar Tracking System with Fuzzy Reasoning Applied to Crisp Sets", Revue des Energies Renouvelables, Vol. 10, No.2, pp. 231 – 240, 2007.
- [6] W. Tsai-Fu, C. Chih-Hao, L. Li-Chiun, and K. Chia-Ling, "Power loss comparison of single- and two-stage grid-connected photovoltaic systems," IEEE Trans. Energy Convers., Vol. 26, No. 2, pp. 707–715, Jun.2011.
- [7] S. B. Kjaer, J. K. Pedersen, and F. Blaabjerg, "A review of single-phase grid-connected inverters for photovoltaic modules," IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. 41, No. 5, pp. 1292–1306, Sep.–Oct. 2005.
- [8] N. Barsoum, "Implementation of a prototype for a traditional solar tracking system", Third UKSim European Symposium on Computer Modeling and Simulation, 2009.
- [9] B. Sahan, S. V. Araujo, C. Nordin, and P. Zacharias, "Comparative evaluation of three-phase current source inverters for grid interfacing of distributed and renewable energy systems," IEEE Trans. Power Electron., Vol. 26, No. 8, pp. 2304–2318, Aug. 2011.
- [10] B. Sahan, A. N. Vergara, N. Henze, A. Engler, and P. Zacharias, "A single-stage PV module integrated converter based on a low-power current-source inverter," IEEE Trans. Ind. Electron., Vol. 55, No. 7, pp. 2602–2609, Jul, 2008.
- [11] S. Busquets-Monge, J. Rocabert, P. Rodriguez, S. Alepuz, and J. Bordonau, "Multilevel diode-clamped converter for photovoltaic generators with independent voltage control of each solar array" IEEE Trans. Ind. Electron., Vol. 55, No. 7, pp. 2713–2723, Jul. 2008.
- [12] R. T. H. Li, H. S. -H. Chung, and T. K. M. Chan, "An active modulation technique for single-phase grid-connected CSI" IEEE Trans. Power Electronics., Vol. 22, No. 4, pp. 1373–1382, Jul. 2007
- [13] S. Nonaka, "A suitable single-phase PWM current source inverter for utility connected residential PV system" Sol. Energy Mater. Sol. Cells, Vol. 35, pp. 437–444, Sep. 1994.
- [14] W. Tsai-Fu, C. Chih-Hao, L. Li-Chiun, and K. Chia-Ling, "Power loss comparison of single- and two-stage grid-connected photovoltaic systems" IEEE Trans. Energy Convers., Vol. 26, No. 2, pp. 707–715, Jun. 2011.
- [15] Guo, Y.Z., Cha, J.Z., Liu, W. and Tian, Y.B. A System Modeling Method for Optimization of a Single Axis Solar Tracker. ICCASM 2010.
- [16] Y. Chen and K. Ma-Smedley, "A cost-effective single-stage inverter with maximum power point tracking," IEEE Trans. Power Electron., Vol. 19, No. 5, pp. 1289–1294, Sep. 2004.
- [17] T. J. Liang, Y. C. Kuo, and J. F. Chen, "Single-stage photovoltaic energy conversion system," Proc. Inst. Elect. Eng., Vol. 148, No. 4, pp.339–344, 2001.

- [18] B. M. T. Ho and H. S.-H. Chung, "An integrated inverter with maximum power tracking for grid-connected power systems" IEEE Trans. Power Electron., Vol. 20, No. 4, pp. 953–962, Jul. 2005.
- [19] B. K. Bose, P. M. Szezesny, and R. L. Steigerwald, "Microcontroller control of residential photovoltaic power conditioning system" IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. 21, No. 5, pp. 1182–1191, Sep./Oct. 1985.
- [20] I. Anton, F. Perez, I. Luque, and G. Sala, "Interaction between Sun tracking deviations and inverter MPP strategy in concentrators connected to grid" in Proc. IEEE Photovolt. Spec. Conf., pp. 1592–1595, 2002.

LES CONFLITS DOMANIAUX SUR LE PLATEAU ADJA AU BENIN : CAS DE DJAKOTOME

Ballo C. Ignace, Degbeko William S., Toffi D. Mathias, and Attanda M. Igué

Université d'Abomey-Calavi, Benin

Copyright © 2016 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 reduction of the size of farming exploitations under the influence of the demographic pressure at Djakotomè has led some farmers to call into question some given away fields especially by donation or sale. That situation is source of conflict which has been brought to the court of conciliation.

Some collected opened and analysed experiment information according to a structural, functional and representative fashion have permitted to come back out the contribution of the court of conciliation to the regulations of disagreement related to fields at Djakotomè.

The nature of the conflicts and the various protagonists' interests don't facilitate the conciliation. The minutes of conciliation or non-conciliation have been transmitted to the court of the first authority's President of Lokossa in order to be the subject of sanction or summons at the court of the first authority.

KEYWORDS: Court, conciliation and field conflicts.

RESUME: La réduction de la taille des exploitations paysannes sous l'effet de la pression démographique à Djakotomè a conduit certains agriculteurs à remettre en cause des domaines cédés, surtout par don ou vente. Cette situation est source de conflits dont le règlement passe par plusieurs instances dont le tribunal de conciliation.

Des informations empiriques collectées, dépouillées manuellement et analysées suivant un modèle à la fois structurel, fonctionnel et représentatif ont permis de ressortir les faits et des tentatives de règlement par conciliation à Djakotomè. La nature des conflits et les divers intérêts des protagonistes ne facilitent pas la tâche de conciliation.

MOTS-CLEFS: Conflits domaniaux, développement local.

1 INTRODUCTION

Le sud du Bénin est caractérisé par une forte densité de population essentiellement rurale. Aussi, la pression sur les terres agricoles est-elle très forte comparativement au reste du pays. Environ 100 000 hectares de terre seraient défrichés chaque année pour les besoins de l'agriculture (FAO, 1991). Par exemple, la taille moyenne des exploitations dans le Mono-Couffo est de 1,5 hectare par ménage de 07 à 08 personnes (PGRN, 1994). BIAOU (1998) a indiqué que la taille moyenne est aujourd'hui moins de 0,5 ha. Sur le plan législatif et réglementaire, il n'existe pas de textes appropriés régissant les conditions d'appropriation, de mise en valeur des terres agricoles et, d'une façon générale, les rapports de l'homme à la terre. La quasi-totalité des terres rurales est régie par un régime foncier coutumier basé essentiellement sur l'oralité dans un contexte où le régime de droit positif est également en cours dans nos sociétés. Le vote du code foncier et domanial du Bénin intervenu en 2013 n'a encore rien changé.

Cette situation occasionne des conflits entre les exploitants agricoles d'une part, les propriétaires fonciers et exploitants sans terre d'autre part. La pression sur les terres appauvrit les sols et impose des déplacements de paysans vers d'autres zones favorables. C'est ce qui explique la présence de colonies « Adja » dans tous les autres départements du pays avec pour objectif soit la reconversion dans d'autres secteurs d'activité, soit la quête de terres fertiles.

La localité de Djakotomè au Sud-ouest du Bénin dans le département du Couffo, sert de base à notre étude sur cette question qui préoccupe le monde paysan.

Dans cette localité, le processus d'individualisation de la propriété foncière y est déjà amorcé et se renforce (BIAOU, 1995). L'activité principale des populations étant l'agriculture, on assiste à une réduction per-capita des exploitations paysannes. Le besoin de terres, tant pour l'agriculture de subsistance que pour celle de rente s'accroît. Les modes classiques d'accès à la terre (héritage, don, achat, location, emprunt, métayage et contrat palmier) sont de plus en plus remis en cause (BIAOU 1991). L'inexistence d'un code foncier rural entraîne différents types de conflits domaniaux. Les lois foncières, seuls cadres de règlement de ces conflits, restent insuffisantes pour sécuriser les propriétaires terriens.

La présente étude tente de recenser et d'analyser les différents cas de conflits actuels, leurs fondements, manifestations et formules de règlement.

2 CADRE DE L'ÉTUDE

La localité de Djakotomè est comprise entre 6° 54' de Latitude Nord et 1° 43' de Longitude Est. Elle est limitée au Nord par les Communes d'Aplahoué et de Klouékanmè, au Sud par la Commune de Dogbo, à l'Est par la Commune de Toviklin et à l'Ouest par la République du Togo (**figure n°1**). Elle couvre une superficie de 325 km² et l'activité principale est l'agriculture. Le climat de type subéquatorial est caractérisé par quatre saisons : une grande saison pluvieuse de mars à juillet, une petite saison sèche de juillet à août, une petite saison pluvieuse d'août à novembre, une grande saison sèche de novembre à mars.

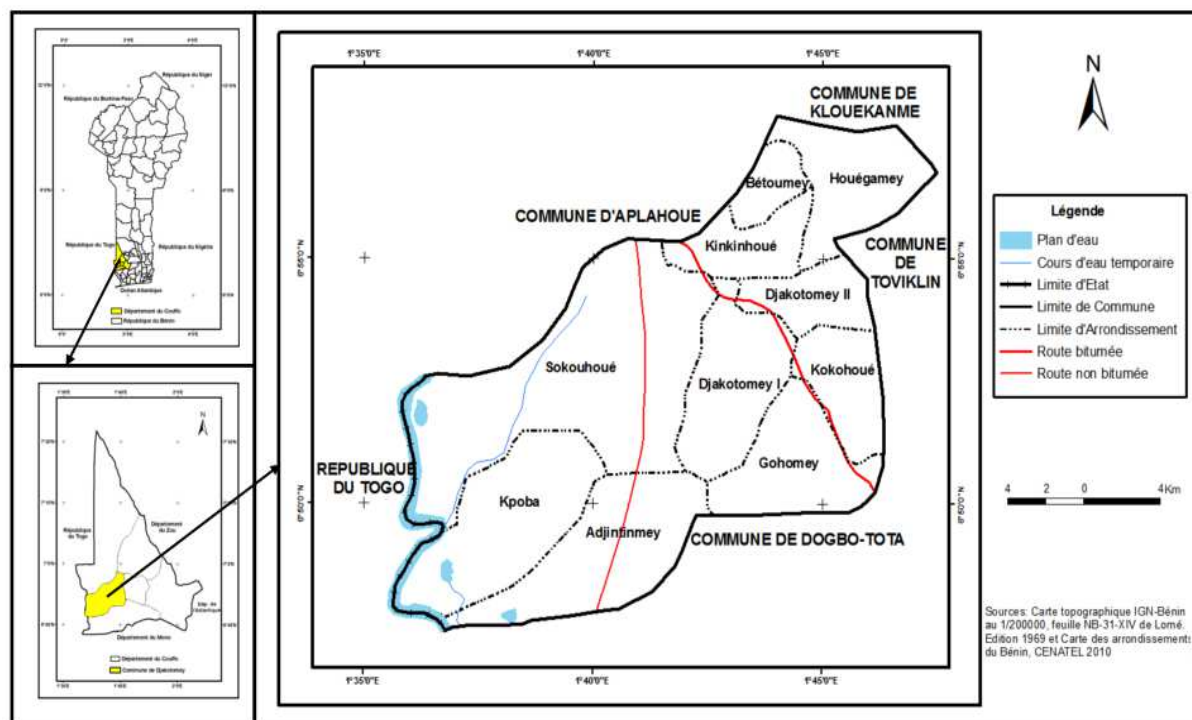


Figure n°1 : Localisation de la commune de Djakotomè

3 MÉTHODOLOGIE

La démarche méthodologique retenue comprend les travaux de terrain : entretien, observation et la recherche documentaire.

L'entretien est basé sur un questionnaire à l'endroit de différentes cibles (agriculteurs, agents du développement rural, ménages, institutions diverses, groupements de producteurs, Organisation Non Gouvernementale). La population cible est composée du personnels du Tribunal de Conciliation, d'élus locaux, des chefs ménages agricoles et de personnes ressources (Chefs traditionnels, forces de l'ordre). Au total, 76 acteurs ont été approchés dans quatre arrondissements selon un critère de choix raisonné.

L'enquête de terrain a permis de noter l'organisation et l'imbrication des éléments de l'espace. Il s'agit des habitations, des espaces cultivables, le degré de dégradation des ressources, les objets/matériels de délimitation des terres. Les types de

culture, les espaces agricoles, les espaces réservés à l'habitation, les bornes locales utilisées pour la délimitation des parcelles, l'estimation des superficies de certaines parcelles, les terrains en conflit, etc sont autant d'éléments observés et qui ont permis d'affiner les informations de terrain.

L'analyse documentaire a permis de faire le point des travaux sur le foncier en milieu Adja, de contribuer à l'analyse des données orales afin de s'assurer de la validité des données collectées. L'analyse documentaire des archives du Tribunal de Conciliation de 2005 à 2014 a été nécessaire pour comprendre la nature actuelle des conflits domaniaux et en quelles intensités ils sont posés.

Au total, un guide d'entretien individuel semi structuré, un guide d'entretien collectif ouvert, un questionnaire, un guide d'observation et une grille de lecture ont été conçus et utilisés pour la collecte de données.

4 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

4.1 CAS DE CONFLITS FONCIERS ENREGISTRÉS

4.1.1 CONTEXTES DES CONFLITS AU SUD-BENIN

Les questions foncières au Bénin procèdent d'une longue tradition. L'acquisition de terre commence dès l'installation de l'homme dans un espace pour diverses raisons (guerre, recherche de terres fertiles et/ou de brousses plus giboyeuses). Les guerres de conquête du royaume de Danhomè entre le XVII et le XIX siècle et le phénomène colonial à partir du XVI siècle sont deux événements qui ont marqué l'histoire au Bénin. Ils ont contribué à des transformations sociales et dynamiques foncières (TIDJANI, 2011).

La société traditionnelle organisée en différentes classes (royale, hommes libres, esclaves) est un élément déterminant dans la gestion spatiale du terroir. La classe royale au sommet de laquelle se trouve le roi est détenteur des pouvoirs politiques et fonciers. On observe ici des espaces retirés des patrimoines coutumiers fonciers par décision royale et attribués à des responsables territoriaux. Les hommes libres régis par une organisation lignagère traditionnelle ont sous leur responsabilité des territoires répartis en provinces et subdivisés en groupe de villages ou cantons sous l'autorité des responsables nommés par le roi. Les esclaves sont des métayers et ne sont propriétaires d'aucun domaine (CORNEVIN, 1981). Cette organisation a subi l'essor de la culture du palmier à huile avec l'expérience des aménagements de périmètres ruraux. **Le tableau n°1** met en évidence l'évolution qu'a connue la gestion foncière avant et après la colonisation.

Tableau n°1: Analyse diachronique des régimes fonciers au Bénin

Caractéristiques du Régime foncier avant la colonisation	Caractéristiques du régime foncier pendant et après la colonisation
- Acquisition de terre selon les sources orales, - Traditionnelles, rituelles, socioculturelles et transmissibles - Prescriptions strictement respectée par les populations, - Sécurisation foncière relativement assurée, - Contexte de faible effectif de population, - Protection des ressources naturelles selon les divinités - Faible prévalence des conflits	- Acquisition de terre selon les sources orales et écrites (conventions de vente) ; - Effritement des règles traditionnelles et rituelles aux profits ; - Observations des déviations des règles modernes instituées du fait de la monnaie, religions, etc. - Insécurité foncière ; - Contexte d'accroissement démographique et de mutation socio-culturelle, - Dégradation abusive des ressources naturelles - Forte prévalence de conflits fonciers,

Source : Enquête de terrain, 2014

4.1.2 TYPOLOGIES DES CONFLITS

Selon Feeny (1988), les conflits fonciers ont existé depuis l'émergence de l'inadaptation des systèmes préexistants de gestion foncière et les droits actuels d'acquisition de la terre. En effet, au fur et à mesure de l'accroissement démographique et des mutations sociales, les litiges fonciers se sont complexifiés.

BIAOU (1995) fait observer qu'au Sud-ouest du Bénin, les conflits fonciers sont liés notamment à l'absence de cadastre, à l'oralité et aux coutumes. En plus du caractère oral, DEGLA (1999) affirme que les conflits de terre au sud-Bénin sont surtout attribuables à une délimitation non précise des parcelles dans les transactions de la terre. Ces dernières années, le

phénomène de litiges domaniaux est devenu alarmant. Le **tableau n°2** montre l'accroissement à partir de 2006 de la fréquence des requêtes relatives aux litiges domaniaux enregistrés au Tribunal de Première Instance de Lokossa.

4.1.3 FRÉQUENCE DES CONFLITS

Tableau n°2 : Fréquence des requêtes dues aux litiges domaniaux

Année	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Mois						
Janvier	12	15	25	22	10	15
Février	14	10	8	13	19	27
Mars	2	11	19	18	30	19
Avril	2	15	33	32	34	34
Mai	12	18	2	27	27	42
Juin	20	10	0	29	19	22
Juillet	24	18	11	10	26	30
Août	20	7	38	7	15	23
Septembre	14	21	26	34	9	4
Octobre	20	9	17	18	38	9
Novembre	12	9	12	20	23	20
Décembre	15	11	13	19	6	23
Total	167	154	204	249	256	268

Source : Enquête de terrain, 2015

Pour aplanir les divergences à l'origine des conflits fonciers, il est important d'analyser leurs natures et leur typologie au regard des causes qui les engendrent, les acteurs impliqués, les espaces concernés et les droits mis en cause. Le **tableau n°3** présente la nature des conflits fonciers selon le mode d'accès à la terre. L'analyse des données montre que les conflits sont observés sur les terres acquises par achat (49,5%), le contrat palmier (21%) et la location (20%).

Tableau n° 2 : Répartition des conflits fonciers par modes d'accès à la terre

Mode d'accès à la terre	Pourcentage (%)
Héritage	0,5
Héritage partagé	2
Achat	49,5
Emprunt	3
Métayage	4
Location	20
Don	4
Contrat palmier	17
Total	100

Enquête de terrain, 2014

4.1.4 MANIFESTATIONS DES CONFLITS

Au total, l'analyse des procès verbaux de conciliation ou de non conciliation montre que les différents cas de litige rencontrés peuvent se résumer à des situations de violation de limites, d'occupations non autorisées, de tentative de transformation d'une détention précaire ou provisoire en une occupation définitive ou encore d'usurpation de titre.

La virulence des conflits engendre des suspensions des travaux champêtres au niveau des parcelles en exploitation, des violences et affrontements physiques, des destructions de cultures, l'interdiction de cultures pérennes telles la plantation de palmier à huile, le reboisement. 16% des cas de conflits sont à l'origine de destruction de cultures au Sud-Bénin et 12% concernent l'interdiction d'activités agricoles. Quelques fois, les pertes en vie humaines sont signalées. En 2006, 5% des conflits fonciers enregistrés au sud-bénin (tout milieu confondu) sont à l'origine des pertes en vie humaine (OCS (2006).

En somme, la recrudescence des conflits fonciers ces dernières années est le fait de la rareté de terres cultivables qui s'aggrave chaque année. Ceci crée un autre problème, celui de la pression exercée sur les terres suivi de leur dégradation, de la réduction de plus en plus des superficies per-capita, la presque inexistence de la jachère et la réduction sensible de la fertilité des sols.

4.2 LES INSTANCES CLASSIQUES DE GESTION DES CONFLITS

Les niveaux de règlement des conflits varient selon leur gravité. Mais tout commence au niveau des ménages. Les conflits concernant les problèmes fonciers surgissent entre paysans et sont portés ensuite devant les instances judiciaires, DISSOU (1982). Les instances traditionnelles sont donc les premières à être saisies. Le chef de ménage est indiqué pour ramener la paix entre les différents protagonistes. Mais, des désaccords surviennent parfois entre les héritiers d'une même collectivité et sont gérés par un conseil de collectivité à la tête duquel se trouve un chef entouré de quelques personnes ressources. Les différends le plus souvent ne sont pas tranchés à ce niveau. L'échec des médiations oblige à recourir aux instances administratives. Ce sont d'abord les autorités locales (conseillers, chefs de village et d'arrondissement) qui jouent un rôle capital dans le règlement des conflits. Ils sont en même temps les garants de la tradition en matière de respect des normes régissant les problèmes fonciers et l'application du droit foncier positif. Au niveau du Maire, s'active le tribunal de conciliation assisté du chef du bureau des affaires domaniales de la Mairie pour le règlement des contentieux en matière foncière. Leur mission consiste à éclairer et à concilier les protagonistes. Lorsque ces derniers en arrivent à des violences physiques, la brigade de gendarmerie intervient pour constater les dégâts et situer les responsabilités. Le Chef de la brigade peut transférer le dossier ainsi constitué au Tribunal de 1^{ère} instance si nécessaire. Les décisions relatives aux conflits fonciers peuvent faire objet de saisine à la Cour d'Appel.

4.3 RÈGLEMENTS

Les décisions de règlement prononcées par les différents acteurs en charge de la gestion des conflits ont pour fondement à la fois le droit positif et les pratiques coutumières. Les cas de vente qui ne sont pas appuyés par un titre de convention délivrés par une autorité compétente en occurrence le chef de village et d'arrondissement ne sont pas considérés. De même, les achats de terrains certifiés et illégalement occupés par les présumés sont rejetés. Les dons de parcelle sont reconnus si et seulement s'ils sont appuyés par un acte authentique de donation. Toutefois, certains dons datant de plusieurs décennies sont reconnus comme tels. Il s'agit ici des dons de parcelle à enfant resté au service d'un tuteur à qui celui-ci a rendu des services. En récompense, ce dernier lui octroie un patrimoine foncier. Cet acte s'explique par le fait que l'enfant gardé a pratiquement servi le tuteur au même titre que les enfants de sang du tuteur.

Pour des répartitions de l'héritage laissé par un défunt, les procédures respectent les mêmes règles coutumières relatives à l'attribution de parcelle. Il s'agit ici de la transmission patrilinéaire de parcelle du parent défunt à son enfant. Lorsque ces dispositions ne sont pas respectées pour un plaignant, la revendication de droit de détention n'abouti pas. En cas de litiges liés aux modes d'appropriation tels, la location, les emprunts, les prêts et les limites ; les règlements s'appuient sur les preuves écrites et l'analyse des réponses aux questions adressées aux partis concernés. Pour les conflits impliquant les femmes, il convient de signaler qu'à ce niveau, existent des problèmes. Le droit coutumier ne reconnaissant pas les dispositions législatives qui accordent l'accès de la femme à la terre au même titre que l'homme.

Dans tous les cas, la voie du règlement à l'amiable est la stratégie de règlement qui prédomine. Mais, la plupart des situations de conflit n'aboutissent pas à un dénouement heureux. Plus de 70% des cas de conflits enregistrés selon nos enquêtes n'ont pas connu un règlement définitif. Les Tribunaux de Première Instances, les Cours d'Appels et Suprême sont sollicités.

4.4 DISCUSSIONS ET PERSPECTIVES

Au total, le système foncier actuel tel qu'il fonctionne comporte plusieurs insuffisances qui sont à la base des cas d'insécurité foncière enregistrés dans la zone. Ces insuffisances sont dues à l'inexistence d'un cadre législative, réglementaire et institutionnelle approprié d'une part et de l'autre à l'absence d'une politique adéquate de gestion foncière. Malheureusement, les mesures en cours pour corriger ces situations n'ont pas encore abouties. Ces conflits sont parfois

préjudiciables à l'exercice durable des activités agricoles. Sur le plan institutionnel, la gestion foncière actuelle revenant à plusieurs structures, conduit inévitablement à un environnement où des déviations et manque de synergies sont observés dans la gestion. Dans ces conditions, le système de suivi se révèle être inefficace. Du côté, la prévision des dysfonctionnements est quasiment compliquée et difficile à réaliser en raison de l'inexistence d'un système de gestion informatique de la question foncière.

Sur les plans législative et réglementaire, les dispositions de la loi n°65-25 du 14 août 1965 ne sécurisent pas les détenteurs de propriétés. Elles sont en désaccord avec les orientations de l'HOADA. Par contre la loi n°65-25 du 14 août 1965 portant organisation du régime de la propriété foncière au Dahomey (actuel Bénin) bien qu'offrant des conditions de sécurisation n'est pas accessible aux populations. Les coûts exorbitants qu'elle implique déroutent les producteurs agricoles. A tout ceci, il faut ajouter, la dynamique culturelle née du système coloniale, de la dynamique démographique et de la monétarisation qui engendrent l'insécurité foncière.

En définitive, il en ressort que le toilettage du cadre législatif et son adaptation au contexte actuel va contribuer à une gestion saine et un développement harmonieux du foncier. Le deuxième axe d'intervention pour le développement de ce secteur concerne la généralisation des programmes de sécurisation foncière à tout le pays. Une nouvelle disposition législative à élaborer devra admettre que le certificat foncier rural puisse permettre aux bénéficiaires d'accéder au titre foncier comme c'est le cas au niveau du régime foncier urbain. Dans cette optique, les expériences pilotes d'enregistrement doivent être capitalisées.

Enfin, pour que ces mesures d'intervention aboutissent à des résultats concluants, il faut qu'ils soient accompagnés par un programme approprié de préparation, de sensibilisation des populations bénéficiaires à la base afin que celles-ci puissent adhérer à ces réformes. Aujourd'hui, on assiste aux déclin de certains us et coutumes. Mais d'autres sont encore vivaces dans les sociétés. Pour accompagner ces réformes, l'alphabétisation qui constitue un couloir de transmission de connaissance doit être privilégiée.

5 CONCLUSION

Les faits liés aux conflits domaniaux se présentent sous plusieurs formes dans notre secteur d'étude. On constate les multiples ventes, les problèmes de délimitation de parcelles, la réclamation des domaines acquis par vente ou donation, les mésententes lors du partage des domaines hérités. Le règlement de ces différents s'opère au niveau de plusieurs instances dont le Tribunal de Conciliation.

La quasi-totalité des procès verbaux de sessions de ce dernier porte sur la non conciliation. Cette situation est due aux enjeux des conflits domaniaux sur le Plateau Adja. Ces enjeux ont leur source d'une part dans l'influence de la pression démographique sur les terres agricoles et d'autre part de la spéculation dont les terres font l'objet de nos jours. Les procès verbaux sont transmis au Président de Tribunal de 1^{ère} Instance de Lokossa pour homologation en cas de conciliation et pour opérer saisine en cas de non conciliation.

REFERENCES

- [1] BIAOU G., 1991, *Régime foncier et gestion des exploitations agricoles sur le plateau Adja, Bénin*, Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle en Economie rurale, CIRES/Université Nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan.
- [2] BIAOU G., 1995, *Influence de la tenure foncière sur les possibilités d'instaurer un système d'agriculture durable au Bénin*, in Ton P. et L. de Hann (éd 1995), *A la recherche de l'Agriculture durable au Bénin*, Université van Amsterdam
- [3] BIAOU G., 1998, *Régime foncier, crédit rural et utilisation des ressources productives dans les exploitations agricoles au Département du Mono au Bénin*, Thèse de doctorat d'Etat en Sciences Economiques, Université de Cocody, Abidjan.
- [4] DISSOU M., 1982, *La palmeraie béninoise : exploitation traditionnelle et aménagement volontaire*, Tome1, Thèse de doctorat en géographie humaine, Université de Paris X, Paris.
- [5] MJLDH et Coopération Belge au Développement, Décembre 2009, *Manuel d'information et de formation sur la justice et les droits au Bénin*, Cotonou. (125-135) Pages.
- [6] MAEP (2006) : Etude des effets/impacts du Plan Foncier Rural dans les zones pilotes. 57 pages.
- [7] OCS (2006) : Etude d'impacts des réformes foncières sur la pauvreté et la situation sociale au Bénin. 209 pages.
- [8] République du Bénin (2006) : Codes des Personnes et de la Famille, loi n°2002-07 du 24 août 2004 portant Code des Personnes de la Famille. 200 pages.

PATHOGENIE COMPAREE DE *VERTICILLIUM DAHLIAE* VIS–A–VIS DE DEUX VARIETES DE FRAISIER LARGEMENT CULTIVEES AU MAROC

[Comparative pathogenicity of *Verticillium dahliae* against two strawberry plant varieties widely cultivated in Morocco]

H. El Kaissoumi, W. Khirallah, A. Ouazzani Touhami, M. Chliyah, R. Benkirane, K. Selmaoui, and A. Douira

Université Ibn Tofaïl, Faculté des Sciences, Laboratoire de Botanique et de Protection des Plantes, B.P. 133, Kenitra, Maroc

Copyright © 2016 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 plants of two strawberry varieties 'Fortuna and Festival' were inoculated with two isolates of *Verticillium dahliae* 'VFF and VDS', isolated from strawberry fields located in the Gharb region (Morocco). The monitoring of the symptoms evolution of the *Verticillium* wilt, in function of time, on the inoculated plants has allowed to note different types of symptoms: Early yellowing followed by necrosis, stunting, wilting and death of plants especially in plants of the Fortuna variety.

Calculated severity indices and the coefficients of infection, seven days after inoculation of strawberry plants are respectively about 13.5 and 11.5%. After four weeks, they reached respectively 66 and 86% for plants of the variety 'Fortuna' and 31.45 and 44.62% for those of variety 'Festival'. After six weeks, the severity indices and the coefficient of infection are respectively 77.44 and 106.8% in the 'Fortuna' plants inoculated with 'VFF' isolate. Comparisons between indices of severity and coefficients infection in inoculated plants of both varieties have shown that this is the variety 'Fortuna' which is most sensitive to isolate 'VFF', which showed pathogen also against the 'Festival' variety. Both tested isolates 'VFF and VFS' were re-isolated from all levels of plants: roots, collars and leaf petioles

KEYWORDS: Morocco, Strawberry, inoculation, *Verticillium dahliae*, wilting, pathogenicity.

RÉSUMÉ: Les plants de deux variétés de fraisier 'Fortuna et Festival' ont été inoculés par deux isolats de *Verticillium dahliae* 'VFF et VFS', isolés des fraiseraies de la région du Gharb (Maroc). Le suivi de l'évolution des symptômes de la verticilliose, en fonction du temps, chez les plants de fraisier inoculés a permis de noter différents types de symptômes: jaunissements précoces suivis de nécroses, nanisme, flétrissement et mort des plants surtout chez les plants de la variété Fortuna.

Les indices de sévérité et les coefficients d'infection calculés, sept jours après inoculation des plants de fraisier, sont respectivement de l'ordre de 13,5 et 11,5%. Après 4 semaines, ils atteignent respectivement 66 et 86% chez les plants de la variété 'Fortuna' et 31,45 et 44,62% chez ceux de la variété 'Festival'. Après six semaines, l'indice de sévérité et le coefficient d'infection sont respectivement de 77,44 et 106,8% chez les plants de 'Fortuna' inoculés par l'isolat 'VFF'. Les comparaisons entre les indices de sévérité et les coefficients d'infection chez les plants inoculés des deux variétés ont montré que c'est la variété 'Fortuna' qui est la plus sensible à l'isolat 'VFF', isolat qui s'est montré également pathogène vis-à-vis de la variété 'Festival'. Les deux isolats testés 'VFF et VFS' ont été réisolés de tous les niveaux des plants : racines, collets et pétioles des feuilles.

MOTS-CLEFS: Maroc, fraisier, inoculation, *Verticillium dahliae*, verticilliose, pouvoir pathogène.

1 INTRODUCTION

Le fraisier, plante vivace originaire de l'Amérique, est l'une des cultures horticoles les plus répandues dans le monde. Il a été introduit au Maroc depuis les années cinquante, mais sa culture n'a démarré que vers la fin des années 70, dans les deux périmètres irrigués du Gharb- Loukkos et de Sous Massa. A partir du début des années 1990, le Maroc produisait déjà des fraises dans le Gharb (78%) et le Loukkos (22%). En 2013, la production marocaine de la fraise a été de 145 mille tonnes pour une superficie de 3500 ha [2]. La destination principale des fraises marocaines reste l'Union européenne, avec 95% du volume exporté. L'Espagne et la France, principaux partenaires du Maroc, concentrent avec le Royaume – Uni près de 90 % du marché [2]. Les rendements estimés par les producteurs ont varié de 750 à 1100 g/plante, soit 40 à 60 tonnes/ha.

Les rendements sont liés au type de plants, à la variété, à l'état de santé des plants, à la conduite technique et au climat [35]. Les variétés de fraises les plus cultivées au Maroc sont d'origine californienne [3]. En 2013, les variétés plantées au Maroc ont été nombreuses (Camarosa, Festival, Fortuna, Lusa, Magdalena, Sabrina, San Andreas, Splendor, Venicia, Ventana, etc), avec une dominance de Camarosa et de Festival, suivies de Splendor et de Fortuna [35]. En général, deux types de plants sont utilisés par les agriculteurs, à savoir les plants en motte et les plants à racines nues qui restent les plus abondants. Par ailleurs, tous les agriculteurs utilisent des plants frais [4].

Le fraisier est sujet à plusieurs contraintes phytosanitaires, les conditions climatiques et l'insuffisance des techniques de stockage favorisent l'apparition de plusieurs pathogènes responsables de la dépréciation des fraises. Il peut être attaqué par les virus [21]; [18], les bactéries [20]; [1]; [7], les acariens [37]; [14], les nématodes [15], les ravageurs [28], les mauvaises herbes [16] et les champignons [29]. Les maladies fongiques du fraisier causent des pertes économiques importantes dans les cultures du monde entier. Elles peuvent être divisées en deux classes. Dans un groupe sont inclus celles causées par des pathogènes du sol, principalement les *Phytophthora*, *Rhizoctonia* et *Verticillium*. Dans l'autre groupe, il y a les maladies causées par des pathogènes aériens tels que les espèces de *Colletotrichum*, *Botrytis cinerea*, *Sphaerotheca macularis* and *Zythia fragariae* [8].

Au Maroc, la culture de fraisier est assujettie à plusieurs maladies et ravageurs. Les principales maladies et ravageurs signalés par les agriculteurs sont l'oïdium, les acariens, les noctuelles, le *Botrytis*, les pucerons et le mildiou [5], causées respectivement par les champignons *Sphaerotheca macularis* et *Botrytis cinerea*. [36] ont signalé en plus des deux premiers pathogènes, *Phytophthora cactarum* et *P. fragariae* responsables de la maladie du cœur rouge. [23] ont signalé en plus de ces pathogènes, *Verticillium dahliae*, responsable de la verticilliose. Ce pathogène, champignon tellurique, colonise les vaisseaux conducteurs des plantes hôtes et perturbe l'absorption des éléments nutritifs et de l'eau chez les plantes infectées [31].

La verticilliose du fraisier n'a jamais été étudiée au Maroc. Dans le présent travail, le pouvoir pathogène de deux isolats de *Verticillium dahliae* a été étudié vis-à-vis de deux variétés de fraisier, largement cultivée au Maroc.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les deux isolats VFF et VFS de *Verticillium dahliae* utilisés ont été obtenus à partir des racines des plants de fraisier montrant des symptômes de flétrissement, respectivement de la variété Fortuna et de la variété Festival ramenées en 2014 respectivement des fraiseraies des douars de Dlalha et de Lanabsa de la commune de Moulay Bousselham (Gharb-loukkos) Maroc.

Les deux isolats sont mis en culture sur le milieu PSA (Pomme de terre: 200 g ; Saccharose: 20 g ; Agar-agar: 15 g ; Eau distillée: 1000 ml) et incubés à 25°C pendant 7 jours. Des disques mycéliens sont prélevés sur une culture de *V. dahliae* sur milieu PSA et introduits dans un tube à essai contenant de l'eau distillée stérile. Après agitation mécanique, 2 ml de la suspension conidienne sont étalés à la surface des boîtes de Petri contenant le milieu PSA. Après 5 jours d'incubation, à 25°C et à l'obscurité, des suspensions conidiennes sont préparées par lavage des cultures polysporales par l'eau distillée stérile et filtration à travers quatre couches de gaze stériles. La concentration est ajustée à 10^6 conidies/ml à l'aide de l'eau distillée stérile.

Les racines de jeunes plants de quatre feuilles de deux variétés de fraisier, Fortuna et Festival, sont frottées et débarrassées de la terre. Elles ont été trempées par la suite dans les suspensions conidiennes des deux isolats de *V. dahliae*, VFF et VFS pendant 45 min. Les plants inoculés sont repiqués dans des pots contenant du sol de la forêt Mamora. Ce sol est très sablonneux (91,1% de sable) à structure meuble, à pH légèrement basique [38]; [26]; [10] présentant une faible capacité d'échange cationique (7 mEq 100 g/1) et une très faible salinité. Les pots sont ensuite placés dans une serre de culture pendant six semaines. Le protocole expérimental a été conçu en blocs aléatoires avec quatre répétitions pour chaque isolat

et un plant par pot. Les racines des plants témoins sont trempées dans l'eau distillée stérile. Les plants sont arrosés tous les deux jours.

Le développement des symptômes foliaires a été suivi en fonction du temps. Tous les sept jours et pendant 6 semaines, la surface foliaire malade a été estimée selon l'échelle de Stover, modifiée par Gauhl [11] :

0 = aucun symptôme ; 1 = moins de 0,5% du limbe présentant des symptômes ; 2 = 0,6 à 5% du limbe avec symptômes ; 3 = 6 à 15% du limbe avec symptômes ; 4 = 16 à 30% du limbe avec symptômes ; 5 = 31 à 50% du limbe avec symptômes ; 6 = 51 à 80% du limbe avec symptômes ; 7 : 81 à 100% du limbe avec symptômes.

L'indice de sévérité de la maladie (IS) a été calculé selon la formule suivante:

$$IS (\%) = \frac{\sum nb}{(N-1) \times T} \times 100$$

n = nombre de feuilles pour chaque degré de l'échelle

b = degré de l'échelle arbitraire représentant la sévérité

N = nombre de degrés utilisés dans l'échelle

T = nombre total de feuilles évaluées

Le coefficient d'infection (C.I.) de la maladie est déterminé selon l'équation suivante:

$$C.I. = \text{Sévérité} \times \text{Incidence}$$

Sévérité = degré de l'échelle

Incidence : nombre total des feuilles qui présentent des symptômes.

Après deux mois de culture, les pots ont été ramenés de la serre et les plants témoins et malades des deux variétés ont été coupés au niveau du collet. Les paramètres de croissance évalués comprennent le nombre de feuilles, le poids frais et sec de la partie aérienne, le poids frais et sec de la partie racinaire.

La présence du champignon *V. dahliae* a été recherchée dans les parties des plants témoins et inoculés. Des coupes minces effectuées à partir des différents organes des plants (feuilles, pétioles, collet et racines) sont désinfectées dans l'alcool à 95°C pendant 2 mn, rincées plusieurs fois à l'eau distillée stérile, séchées rapidement sur un papier absorbant stérile puis déposées sur milieu eau gélosée (20 g de gélose/l d'eau distillée) [9]. Les sections des différents organes sont manipulées séparément pour éviter leur contamination. Les colonies de *V. dahliae* commencent à se développer après 7 jours d'incubation des boîtes à 22°C. Le pourcentage d'isolement (PR%) a été obtenue en appliquant la formule suivante :

$$Pr = Ns Px / NT \times 100$$

Ns Px : Nombre de segments contenant l'espèce fongique x.

NT : Nombre total de segments utilisés dans l'isolement.

Les résultats sont analysés par comparaison des moyennes, selon le test de Newman & Keuls au seuil de 5%. Les pourcentages sont transformés en Arcsin VP.

3 RÉSULTATS

Les symptômes observés chez les plants des variétés de fraisier, Fortuna et Festival, inoculés par les isolats de *Verticillium dahliae* (VFF et VFS) ont concerné toutes les parties de ces plants et sont identiques avec ceux observés chez les plants malades ramenés des parcelles de fraisier. Des jaunissements au niveau de certaines feuilles ont été notés 7 jours après l'inoculation des plants, ces chloroses précoces sont suivies de nécroses. Les flétrissements et la chute des feuilles ont été observés respectivement quatre et six semaines après inoculation des plants des deux variétés testées. Les plants inoculés ont montré également un nanisme et la mort des plantes a été relevée surtout chez les plants de la variété Fortuna, inoculée par l'isolat VFF de *V. dahliae* (Figure 1).

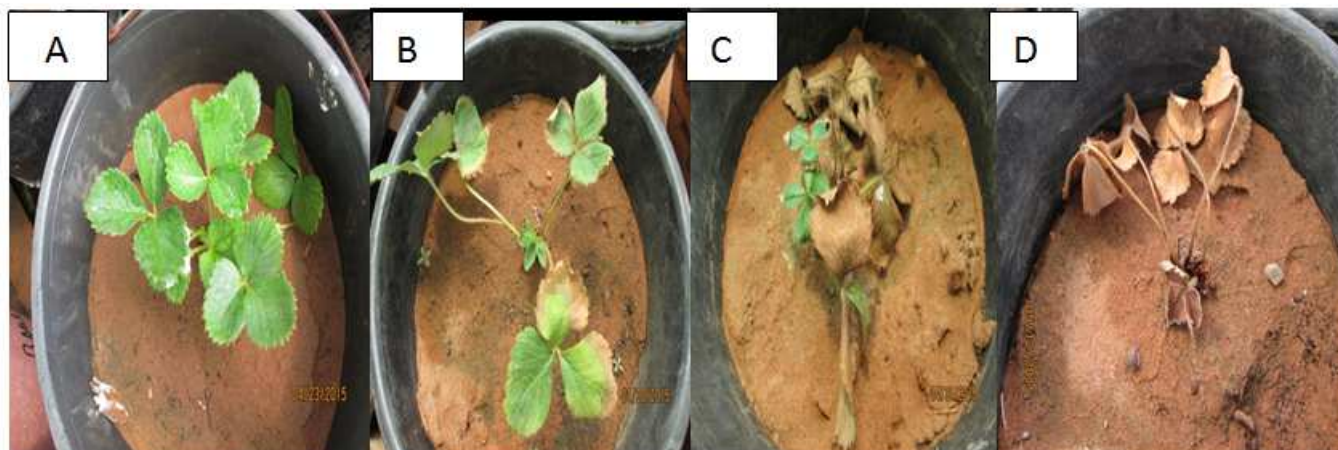


Figure 1 : Plants de fraisier de la variété Fortuna inoculés par l'isolat VFF de *Verticillium dahliae* : (A) : plant témoin ; (B) : nécroses à la périphérie des feuilles ; (C) : dessèchement des feuilles ; (D) : mort du plant.

Les indices de sévérité de la maladie et les coefficients d'infection (Tableaux 1 et 2), relevés chez les plants de la variété Fortuna, sept jours après inoculation sont encore faibles, respectivement de 8,3 et 4% pour les plants inoculés par VFS et de 13,5 et 10,5% pour ceux infectés par l'isolat VFF. Par contre, chez les plants de la variété Festival, les indices de sévérité de la maladie et les coefficients d'infection sont nuls chez les plants inoculés par l'isolat VFS et respectivement de 0 et 11,5% pour ceux infectés par l'isolat VFF.

Tableau 1 : Evolution, en fonction du temps, de l'indice de sévérité (IS%) de la maladie chez les plants de fraisier des variétés 'Fortuna et Festival' inoculés par *Verticillium dahliae*

Temps	Variétés	Isolats de <i>Verticillium dahliae</i>		
		Témoin	VFS	VFF
1 semaine	Fortuna	0 ^b	8,33 ^{ab}	13,53 ^a
	Festival	0 ^a	0 ^a	0 ^a
2 semaines	Fortuna	0 ^b	14,41 ^a	15,76 ^a
	Festival	0 ^b	6,55 ^a	14,24 ^a
3 semaines	Fortuna	0 ^a	21,25 ^a	33,12 ^a
	Festival	0 ^b	10,55 ^a	15,41 ^a
4 semaines	Fortuna	0 ^b	35,41 ^{ab}	66,14 ^a
	Festival	0 ^b	18,26 ^a	31,45 ^a
5 semaines	Fortuna	0 ^c	43,45 ^b	74,56 ^a
	Festival	0 ^c	19,70 ^b	48,36 ^a
6 semaines	Fortuna	0 ^b	51,12 ^a	77,44 ^a
	Festival	0 ^c	35,92 ^b	50,40 ^a

Deux valeurs lues sur la même ligne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %, selon le test de Newman & Keuls.

Tableau 2 : Evolution, en fonction du temps, du coefficient d'infection (CI) de la maladie chez les plants de fraisier des variétés 'Fortuna et Festival' inoculés par *Verticillium dahliae*.

Temps	Variétés	Témoin	Isolats de <i>Verticillium dahliae</i>	
			VFS	VFF
1 semaine	Fortuna	0 ^b	4 ^b	10,50 ^a
	Festival	0 ^b	0 ^b	11,50 ^a
2 semaines	Fortuna	0 ^b	6,30 ^b	13,35 ^a
	Festival	0 ^b	3 ^b	19,25 ^a
3 semaines	Fortuna	0 ^b	23,00 ^a	21,00 ^a
	Festival	0 ^c	13,50 ^b	35,32 ^a
4 semaines	Fortuna	0 ^c	48,75 ^b	86,00 ^a
	Festival	0 ^c	27,50 ^b	44,62 ^a
5 semaines	Fortuna	0 ^c	66,50 ^b	92,50 ^a
	Festival	0 ^c	31,00 ^b	52,62 ^a
6 semaines	Fortuna	0 ^c	82,50 ^b	106,80 ^a
	Festival	0 ^b	55,50 ^a	60,66 ^a

Deux valeurs lus sur la même ligne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %, selon le test de Newman & Keuls.

Quatre semaines après l'inoculation des plants, les indices de sévérité et les coefficients d'infection notés sont respectivement de 35,41 et 48,75% chez les plants de la variété Fortuna inoculés par l'isolat VFS et de 66,1 et 68% chez les plants infectés par l'isolat VFF. Chez les plants de la variété Festival, les indices de sévérité et les coefficients d'infection induits par les isolats VFS et VFF sont respectivement de 18,26 - 27,5% et de 31,45 - 44,66%.

Les indices de sévérité et les coefficients d'infection ont augmenté chez les plants de fraisier des deux variétés testées. Les valeurs les plus élevées ont été observées chez les plants de la variété Fortuna, respectivement de 77,44 et 100% (Figure 2).



Figure 2 : Plants de fraisier inoculés par *Verticillium dahliae* : (A) : plant témoin ; (B) : plant inoculé par l'isolat VF, mort du plant; (C) plant inoculé par l'isolat VFS, nécroses développées à la périphérie des feuilles.

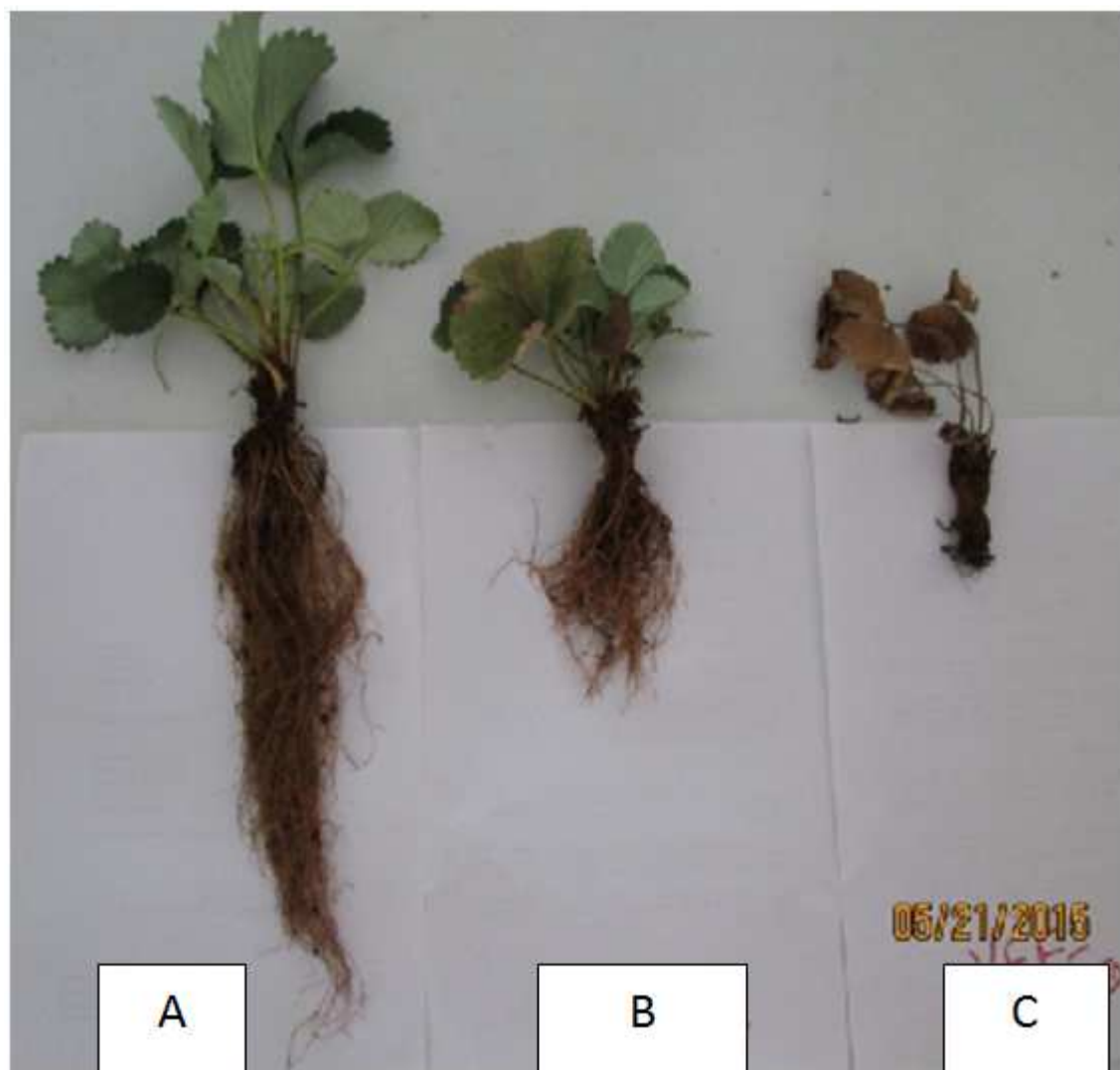


Figure 3 : Effet des isolats de *Verticillium dahliae* testés sur le développement des masses racinaire et végétative des plants de fraisier de la variété Fortuna ' : (A) : plant témoin ; (B) : plant inoculé avec l'isolat VFS ; (C) : plant inoculé avec l'isolat VFF.

Il ressort de ces résultats que les indices de sévérité de la maladie (Tableau 1) et des coefficients d'infection (Tableau 2) des isolats de *V. dahliae* (VFF et VFS) augmentent progressivement avec le temps chez les plants de fraisier (Fortuna et Festival) inoculés par ces deux isolats, mais ils sont plus importants chez les plants de la variété Fortuna.

La sévérité de la maladie observée au niveau du feuillage des plants de fraisier inoculés par *Verticillium dahliae* s'est illustrée également par la diminution des poids de la partie végétative et racinaire de ces plants (Tableau 3). 6 semaines après culture, les poids frais et sec de la partie aérienne des plants témoins des deux variétés testées Fortuna et Festival sont respectivement de 21,87 – 21,90 g et de 17,75 g – 14,23 g. Par contre, ils sont respectivement de 9,62 - 15,37 g et 1,57 – 2 g chez les plants des deux variétés inoculés par VFF et de 15 -16 g et 2,5 - 3,5 g pour celles inoculés par VFS.

Tableau 3 : Effet de l'inoculation de *Verticillium dahliae* sur le développement des masses végétative et racinaire, exprimées en poids frais et sec, des plants de deux variétés de fraisier (Fortuna et Festival).

	Parties aériennes						Système racinaires					
	Poids frais			Poids sec			Poids frais			Poids sec		
Isolats	Témoin	VFF	VFS	Témoin	VFF	VFS	Témoin	VFF	VFS	Témoin	VFF	VFS
Fortuna	21,87 ^a	9,62 ^c	15,00 ^b	17,75 ^a	1,57 ^b	2,52 ^b	33,00 ^a	12,75 ^b	16,27 ^b	20,14 ^a	1,15 ^b	2,82 ^b
Festival	21,90 ^a	15,37 ^b	16,00 ^b	14,23 ^a	2,00 ^b	3,50 ^b	35,00 ^a	18,50 ^b	23,00 ^{ab}	18,69 ^a	4,16 ^b	4,15 ^b

Deux valeurs lus sur la même ligne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %, selon le test de Newman & Keuls.

Tableau 4 : Pourcentage de réisolement de *Verticillium dahliae* à partir des plants des deux variétés de fraisier (Fortuna et Festival), 6 semaines après inoculation.

	Variétés			Fortuna			Festival		
	Isolats	Témoin	VFF	VFS	Témoin	VFF	VFS	Témoin	VFF
Organes de fraisier	Feuilles	0 ^a	5,55 ^c	6,25 ^b	0 ^a	0 ^b	7,14 ^b		
	Pétiotes	0 ^a	27,77 ^{bc}	12,5b	0 ^a	24,16 ^a	22,82 ^a		
	Collets	0 ^a	86,66 ^a	62,25 ^a	0 ^a	76,47 ^a	60,00 ^a		
	Racines	0 ^a	63,63 ^b	56,25 ^a	0 ^a	64,28 ^a	62,50 ^a		

Deux valeurs lus sur la même ligne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 % selon le test de Newman & Keuls.

Les deux isolats de *V. dahliae* testés, VFF et VFS, ont réduit également le poids du système racinaire chez les plants inoculés des deux variétés testées. Il est de 33 -35 g et de 20,4 - 18,69 g chez les plants témoins des variétés Fortuna et Festival et de 12,75 -18,5 g et 16,27 -12,3 g et de 1,15 -4,16 g et 2,82 – 4,85 g chez les plants inoculés.

Il paraît que les deux isolats de *V. dahliae* testés sont capables d'induire des lésions foliaires chez les plants de fraisier des variétés Fortuna et Festival, largement cultivées au Maroc. Ces lésions foliaires se développent avec le temps et entraînent le dessèchement total du feuillage des plants. Ces lésions ne sont que les conséquences d'une perturbation de développement du système racinaire qui se trouve affecté par le pathogène.

Les deux isolats de *Verticillium dahliae* étudiés ont été isolés à partir des racines et du collet des plants de fraisier inoculés des deux variétés testées, 6 semaines après inoculation. Les pourcentages d'isolement à partir des plants de la variété Fortuna inoculés par les isolats VFF et VFS sont respectivement de 86,66 – 36,36% et de 62,2 – 56,25 % et ceux pour Festival sont respectivement de 76,67 – 64,28% et de 60 – 62,5%.

Les isolements sont également positifs à partir des pétioles des feuilles des plants inoculés. En effet, les pourcentages d'isolement à partir des pétioles des feuilles des plants de la variété Fortuna inoculés par VFF et VFS sont respectivement de l'ordre de 27,77- 5,55% et de 12,77 – 6,25% et pour ceux de Festival de 24,16 - 0% et 22,82 – 7,14%. Les isolements ont été négatifs à partir des plants témoins.

Les deux isolats de *Verticillium dahliae* testés se sont montrés capables de coloniser les différents organes des plants de fraisier des variétés Fortuna et Festival (racines, collets et pétioles des feuilles) et d'induire différents types de symptômes: chloroses, nécroses, flétrissement, dessèchement, rabougrissement et mort des plantes. La masse végétative et racinaire est très altérée chez les plants inoculés. Mais il semble que c'est la variété Fortuna qui est la plus sensible aux isolats de *V. dahliae* VFF et VFS.

4 DISCUSSION ET CONCLUSION

Les isolats de *Verticillium dahliae* 'VFF et VFS' testés peuvent être considérés comme pathogènes sur les plants de fraisier des variétés 'Festival et Fortuna'. Ils se sont montrés capables de pénétrer les racines et de coloniser les différents organes des plants des deux variétés (racines, collets et pétioles des feuilles). Ils ont induit différents types de symptômes: chloroses, nécroses, flétrissement, dessèchement, rabougrissement et mort des plantes. Mais c'est l'isolat VFF qui a induit plus de dessèchement des feuilles et la mort des plants des deux variétés de fraisier testées.

Le suivi de l'évolution des symptômes induits par les deux isolats de *V. dahliae* sur les plants des deux variétés de fraisier a montré une augmentation progressive de la sévérité de la maladie et des altérations foliaires en fonction du temps. Ce suivi a permis de noter que ce sont les plants de la variété Fortuna qui sont les plus sensibles à la maladie. Les deux isolats de *V. dahliae* testés ont perturbé également la formation des feuilles et des racines. Selon [13], *V. dahliae* altère essentiellement les tissus vasculaires en induisant dans la majorité des cas le flétrissement chez de nombreuses espèces végétales. D'après Maas (1998), les symptômes induits par *V. dahliae*, en particulier ceux des feuilles matures en périphérie du collet ainsi que le nanisme et la mort des plants, sont la cause des baisses importantes de rendement en fruits. [33] ont signalé que la verticilliose a des effets importants sur la croissance et le rendement de fraisier. Les champs gravement affectés par *V. dahliae* ne peuvent plus être économiquement viables puisque le pathogène peut persister dans le sol sous forme de microsclérotés pendant de nombreuses années, même en l'absence de la plante-hôte (Maas, 1998). Les microsclérotés se développent sur les feuilles mortes et constituent une source d'inoculum dans le sol [30]; [27] qui pourra infecter d'autres plantes.

Le fraisier est considéré parmi les cultures les plus sensibles et les plus atteintes par *V. dahliae* [19]; [6]; [17]. [34] ont noté en Australie, au niveau des régions productrices de fraisier, que la verticilliose est plus apparente et plus destructive sur les fraisiers se développant sur des substrats clairs sablonneux. Il existe différentes variétés de fraisiers présentant des niveaux de résistance et / ou de tolérance variés à la verticilliose [33]. Cependant, lorsque la pression de la maladie est élevée, même les plantes qui n'extériorisent pas de symptômes [32] deviennent sensibles.

Verticillium dahliae attaque plusieurs espèces de plantes hôtes. Une relation entre la polyphagie et la spécificité chez *V. dahliae* a été signalée par [12]. Cet auteur a mené des études, pendant 15 ans, sur les propriétés parasitaires et pathogènes chez *V. dahliae* et a démontré en effectuant des infections croisées de la tomate, du piment doux, de l'aubergine et du fraisier avec des isolats collectés à partir de ces mêmes plantes, que tous ces isolats étaient hautement pathogènes surtout sur le fraisier. Ainsi, il a révélé l'existence de différences de virulence, chez ce pathogène de races hautement spécialisées.

Au Maroc, [23] ont signalé que le pourcentage d'isolement de *V. dahliae* à partir des fraisiers se développant dans les régions nord ouest (Gharb et Loukkos) ne dépasse pas 11,1%. Certains isolats forment des microsclérotés, d'autres sont de couleur blanc crème et présentent une croissance très lentes. *V. dahliae* a été isolé parmi une mycoflore diversifiée des organes aériens et souterrains, comme *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*, *Coniella fragariae*, *Cladosporium cladosporioides*, *Epicoccum purpurascens*, *Bipolaris spicifera*, *Nigrospora sphaerica*, *Stemphylium sarciniforme*, *Neofusicoccum parvum*, *Torula herbarum*, *Macrophomina phaseolina*, *Rhizoctonia solani*, *Cylindrocarpon destructans*, *Pythium* sp., *Phytophthora* sp., *Cunninghamella elegans*, *Aspergillus nidulans*, *Trichoderma harzianum* et autres [23]; [25]. Le pouvoir pathogènes de ces espèces fongiques, à l'exception de ceux de *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides* et *Pestalotia longisetula* [23], [24] n'est pas connu sur les variétés de fraisier largement cultivées au Maroc. Il est important de connaître d'abord la part qui revient aux différents isolats de *V. dahliae* isolés par rapport aux autres espèces fongiques détectées sur les variétés de fraisier cultivées au Maroc. Pour connaître également l'amplitude des variations du pouvoir pathogène de *V. dahliae*, il est également souhaitable d'étudier la pathogénicité d'un grand nombre d'isolats sur toutes les variétés de fraisier cultivées au Maroc.

REFERENCES

- [1] Anonyme, 2006. Diagnostic *Xanthomonas fragariae*. EPPO Bulletin 36 (1): 135-144.
- [2] Anonyme, 2014. Note de veille-Filière fruits rouges. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime - Direction de la Stratégie et des Statistiques. Note stratégique n°100.
- [3] Atta Aly M. and Ezzat M. A., 1999. Reducing quality loss of strawberries during local marketing and exportation by using different cool chains In Gerasopoulos D. (ed.). Post-harvest losses of perishable horticultural products in the Mediterranean region. Chania: CIHEAM-IAMC, Cahiers Options Méditerranéennes 42: 35-47.
- [4] Bamouh A., Ezzahouani A. et Chamekh A., 2012. Conduite culturale du fraisier au Maroc. Agriculture du Maghreb 56: 52-61.
- [5] Benicha M., 2006. Mode d'utilisation des pesticides sur la culture du fraisier dans le périmètre du Loukkos. Bulletin trimestriel d'information du Centre Régional de la Recherche Agronomique de Tanger, Tawassol 12: 1-4.
- [6] Bernier-English V., 2009. Effet de la fumigation et de l'application de compost sur l'incidence de la verticilliose (*Verticillium dahliae*) du fraisier. Mémoire. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation. Université Laval. 85 pages.
- [7] Bull C. T., Huerta A. I., and Koike S. T., 2009. First report of blossom blight of strawberry (*Fragaria × ananassa*) caused by *Pseudomonas marginalis*. Plant Disease 93 (12): 1350.

- [8] De Los Santos B., Barrau C. and Romero F., 2003. Strawberry fungal diseases. Food, Agriculture and Environment 1 (3 and 4): 129-132.
- [9] Douira A. et Lahlou H., 1989. Variabilité de la spécificité parasitaire chez *Verticillium albo-atrum* Reinke et Berthold frome à microsclérotés. Cryptogamie Mycologie, 10, 19-32.
- [10] Sghir F., Chliyah M., Touati J., Mouria B., Ouazzani Touhami A., Filali-Maltouf A., El Modafar C., Moukhli A., Benkirane R. and Douira A., 2014. Effect of a dual inoculation with endomycorrhizae and *Trichoderma harzianum* on the growth of date palm seedlings. Int. J. Pure App. Biosci. 2 (6): 12-26.
- [11] Gauhl F., Pasberg-Gauhl C., Vuylsteke D. and Ortiz R., 1995. Multilocal evaluation of black Sigatoka resistance in banana and plantain. IITA Research Guide 47. 2nd edition. Training Program, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria. 59p.
- [12] Gorova G.F., 1990. Specific and specialization of *Verticillium* fungi 5th International *Verticillium* Symposium, 25th -30th June Leningrad, USSR (Abstracts) p-25
- [13] Guillemont B. O. and Chamberland H., 2006. Tissue invasion and alteration in eggplant infected with *Verticillium dahliae*: A light and transmission electron microscopy study. Phytoprotection, 87 (1): 29-42.
- [14] Lagziri M., and El Amrani A., 2009. Effect of a microbial-based acaricidal product on spotted and predatory spider mites. African Crop Sciences Journal 17 (3): 111-123.
- [15] Lamindia J. A., 2002. Seasonal populations of *Pratylenchus penetrans* and *Meloidogyne hapla* in strawberry roots. Journal of Nematology 34 (4): 409-413.
- [16] Lansari A., 1985. Chemical weed control and effect of herbicides in strawberry (cv. Tioga) plantation in Morocco. Revue Horticole 257: 27-30.
- [17] Le Paul S., 2013. Aubergine et verticilliose. Mémoire de stage de S8 dominante GIAP de Bordeaux Sciences Agro, Ecole nationale supérieure des sciences agronomiques de Bordeaux Aquitaine, 44p.
- [18] Li L. and Yang H., 2011. First report of strawberry necrotic virus in China. Plant Disease 95 (9) : 1198.
- [19] Lockhart C. L., MacNab A. A. and Bolwyn B., 1969. A systemic fungicide for control of *Verticillium* wilt in strawberries. Canadian Plant Disease Survey, (49) 2: 46-48.
- [20] Mdarhri M., 2005. Isolement et identification de l'agent responsable de la maladie bactérienne des tâches angulaires du fraisier (*Xanthomonas fragariae*). Thèse 3ème Cycle Agronomie, Option Phytiairie, Complexe Horticole, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Agadir (Maroc), 38 pp.
- [21] Martin R. R., Tzanetakis I. E., Barnes J. E. and Elmhirst J. F., 2004. First report of strawberry latent ring spot virus in strawberry in United States and Canada. Plant Disease 88 (5): 575.
- [22] Mass J., 1998. Compendium of strawberry diseases. Second edition. APS Press, St. Paul, MN., 128 pages.
- [23] Mouden N., Benkirane R., Ouazzani Touhami A. et Douira A., 2013. Mycoflore de quelques variétés du fraisier (*Fragaria xananassa* L.), cultivées dans la région du Gharb et le Loukkos (Maroc). Journal of Applied Biosciences 61: 4490 – 4514.
- [24] Mouden N., Benkirane R., Ouazzani Touhami A. and Douira A., 2014. Pathogenic capacity of *Pestalotia longisetula* Guba reported for the first time on strawberry (*Fragaria xananassa* Duch.) in Morocco. Int. J. Pure App. Biosci. 2 (4): 132-141.
- [25] Mouden N., 2015. Etude de la situation phytosanitaire du fraisier (*Fragaria xananassa* L.) au Maroc. Diversité fongique, pouvoir pathogène et recherche des moyens de lutte. Thèse de Doctorat, Université Ibn Tofail, Faculté des sciences, Kénitra, Maroc, 305 pages.
- [26] Mouria B., Ouazzani Touhami A. et Douira A., 2007. Effet de diverses souches du *Trichoderma* sur la croissance d'une culture de tomate en serre et leur aptitude à coloniser les racines et le substrat. Phytoprotection 88 (3): 103-110.
- [27] Naser Z. W. and Al Momany A. R., 1998. Dissemination factors of *Verticillium* wilt of olive in Jordan. Dirasat, Agricultural Sciences 1(25): 16-21.
- [28] Nicolov P., 2006. Study on the fauna of the strawberry. V. Survey of the strawberry fauna. Ecology and Future – Bulgarian Journal of Ecological Science 5 (2): 38-40.
- [29] Paulus A. O., 1990. Fungal diseases of strawberry. Journal HortScience 25 (8) : 885-889.
- [30] Rijkers A. J. M., Hiemstra J. A. and Bollen G. J., 1992. Formation of microsclerotia of *Verticillium dahliae* in petioles of infected ash trees. Netherlands Journal of Plant Pathology, 98 (4): 261-264.
- [31] Roustaei A. and Baghdadi A., 2007. Study of interaction between plant nutrition (N, P, K and Ca) and verticilliosis wilt disease (*Verticillium dahliae*) in cucumber. Communications in agricultural and applied biological sciences, 72(4): 1017-22.
- [32] Shaw D., Gordon T., Larson K., Gubler W., Hansen J. and Kirkpatrick S., 2010. Strawberry breeding improves genetic resistance to *Verticillium* wilt. California Agriculture, 64 (1): 37-41.
- [33] Shaw D.V., Gordon T. R., Larson K. D. and Kirkpatrick S. C., 2005. The effect of *Verticillium* infection in runner plant propagation nurseries on resistant and susceptible strawberry genotypes. Journal of the American Society for Horticultural Science, 130 (5): 707-710.

- [34] Steffek R., Spornberger A. and Altenburger J., 2006. Detection of microsclerotia of *Verticillium dahliae* in soil samples and prospects to reduce the inoculum potential of the fungus in the soil. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 71 (4): 145-148.
- [35] Tanji A., Benicha M. et Mamdouh M., 2014. Technique de production de fraisier, Résultats d'enquêtes au Loukkos. Transfert de Technologie en Agriculture MADER/DERD_PNTTA (Ed.), Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Bulletin Mensuel d'information et de liaison du PNTTA. n°201 : 9 pp.
- [36] Walali Loudyi D. E. M. et Skiredj A., 2003. Fiches techniques : Le cognassier, le néflier, le fraisier, le pêcher et le figuier de barbarie. Transfert de Technologie en Agriculture MADER/DERD_PNTTA (Ed.), Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Bulletin Mensuel d'information et de liaison du PNTTA. n°110 (Arboriculture) : 4 pp.
- [37] Zahdali G., 2003. Evaluation des niveaux de résistance de *Tetranychus urticae* Koch à différents acaricides d'usage fréquents sur fraisier à Loukkos. Mémoire 3ème Cycle Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, 125 pp.
- [38] Zidane L., Salhi S., Fadli M., El Antri M., Taleb A. et Douira A., 2010. Étude des groupements d'adventices dans le Maroc occidental. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 14(1) : 153-166.

Contribution à l'inventaire des Bryophytes de la forêt du Gharb (Maroc atlantique)

Khadija AHAYOUN, Amina Ouazzani TOUHAMI, and Allal DOUIRA

Laboratoire de Botanique, Biotechnologie et Protection des Plantes, Département de Biologie, Faculté des Sciences,
Université Ibn Tofail, B.P.133, Kénitra, Maroc

Copyright © 2016 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: Twenty five (25) taxa of bryophytes (mosses 12 and 13 hepatics) were harvested from the cork oak forest in Gharb (Ferjane Canton: Atlantic Morocco). Two are hepatics new for Morocco, *Riccia bifurca* Hoffm. and *Riccia bifurca* var. *subinermis* Heeg, three (3) mosses are new to the forest of the Gharb (Canton Ferjane): *Pleuridium acuminatum* Lindb; *Aloina aloides* (Koch ex Schultz) Kindb and *Entosthodon fascicularis* and a species considered rare, *Riccia canaliculata*. In this study a description and illustration was given only for new taxa for Morocco.

KEYWORDS: Inventory, bryophytes, Mosses; Hepatic, Morocco; Forest Gharb, rare, illustration.

RÉSUMÉ: Vingt-cinq (25) taxons de Bryophytes (12 hépatiques et 13 mousses) ont été récoltés dans la subéraie du Gharb (Canton Ferjane: Maroc atlantique). Deux hépatiques sont nouvelles pour le Maroc, *Riccia bifurca* Hoffm. et *Riccia bifurca* var. *subinermis* Heeg, trois (3) mousses sont nouvelles pour la forêt du Gharb (Canton Ferjane): *Pleuridium acuminatum* Lindb; *Aloina aloides* (Koch ex Schultz) Kindb et *Entosthodon fascicularis* et une espèce considérée comme rare, *Riccia canaliculata*. Dans cette étude une description et illustration a été donnée seulement pour les taxons nouveaux pour le Maroc.

MOTS-CLEFS: Inventaire, Bryophytes, Mousses ; Hépatiques, Maroc; Forêt du Gharb, rare, illustration.

1 INTRODUCTION

La présente contribution bryologique relate les récoltes remarquables des années 2010-2011, réalisées par les auteurs dans la subéraie du Gharb (Canton Ferjane: Maroc Atlantique), faisant suite à d'autres publications consacrées à la bryoflore marocaine [1].

Des prospections continues ont été menées durant les années 2010-2011 dans la forêt du Gharb nous a livré des nouveautés pour le Maroc et la région.

Une description et illustration plus détaillée a été consacré uniquement aux taxons nouveaux pour notre bryoflore marocaine.

2 MATERIEL ET METHODES

ZONE D'ETUDE MAROC: FORET DU GHARB: CANTON FERJANE (MAROC ATLANTIQUE)

La présente étude a été menée dans la forêt du Gharb, Canton Ferjane, située dans la plaine du Maroc atlantique (fig.1). Le climat est subhumide tempéré, elle est caractérisée par des précipitations moyennes importantes qui dépassent 600 mm et une humidité atmosphérique également plus élevée, qui monte jusqu'à 90% la nuit en hiver et 94 % en été, accentuée par la présence de la rosée et le brouillard. Le substrat est dominé par les sables dunaires décalcarifiées et marnes argileuses.

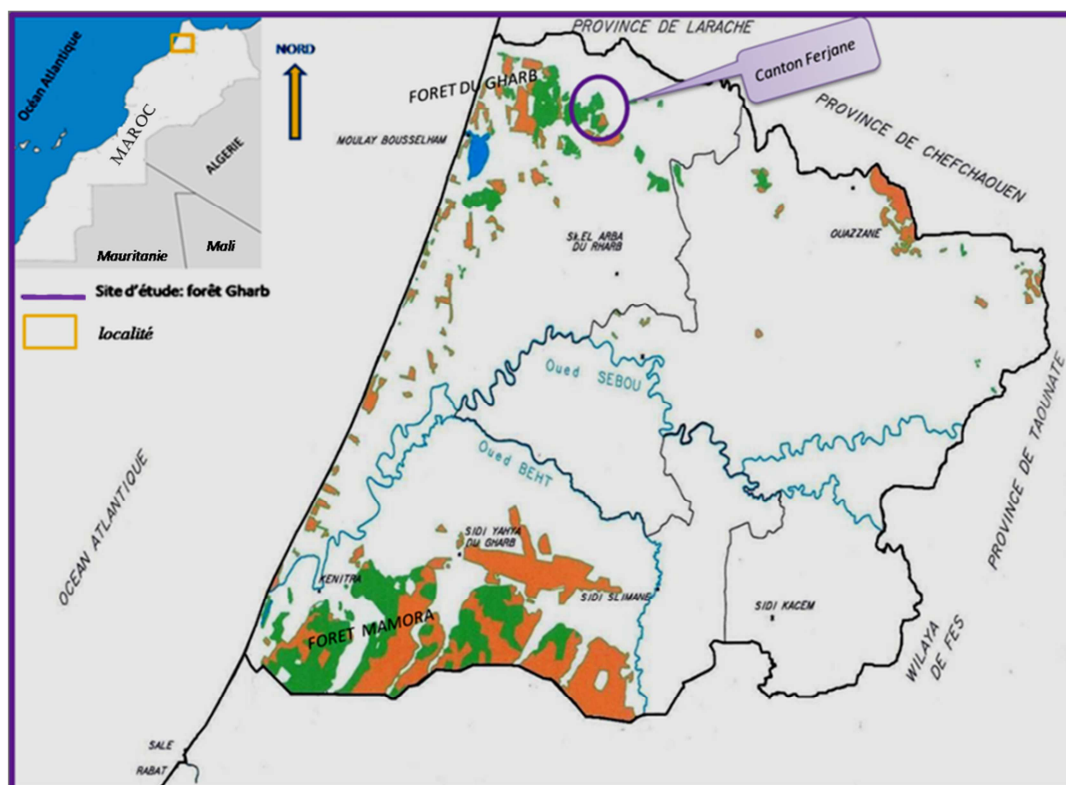


Fig. 1: Carte de situation géographique de la subéraie du Gharb: Canton Ferjane (Maroc Atlantique)

3 METHODOLOGIE

Pour la collecte, nous avons procédé à un échantillonnage aléatoire en prospectant différentes localités de la subéraie du Gharb, Canton Ferjane (fig.1). Les échantillons ont été photographiés avant et après la récolte et ramenés au laboratoire pour étude macroscopique et microscopique.

La détermination des espèces a été réalisée en utilisant des ouvrages spécialisés et des clés de détermination [6]; [15]; [19]; [3]; [20]; [16]; [8]; [12]; [13]; [14]; [10]; [18]; [4]; [5]; [11]; [7].

Les espèces précédées par l'astérisque: (*) nouvelles pour la subéraie du Gharb ;(**) nouvelles pour le Maroc; (***) représentent les taxons rares.

Dans la liste des taxons inventoriés, sont présentés successivement les mousses, puis les hépatiques. La nomenclature de la présente contribution se base sur [9] pour les mousses et sur [17] pour les hépatiques.

4 RESULTATS ET DISCUSSION

La liste finale contient 25 taxons de Bryophytes réparties dans 14 familles. Ils se développent sur différents substrats : sol; rochers; et écorce d'arbre (Tab.1).

Tableau 1: Bryophytes répertoriés dans la forêt du Gharb, Canton Ferjane (Maroc Atlantique)

Espèces	Familles
Mousses	
<i>Pogonatum nanum</i> (Hedw.) P. Beauv.	<i>Polytrichaceae</i> Schwägr
* <i>Entosthodon fascicularis</i> (Hedw.) Müll.Hal.	<i>Funariaceae</i> Schwägr.
<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	
<i>Grimmia orbicularis</i> Bruch ex Wilson	<i>Grimmiaceae</i> Am.
<i>Bryum dichotomum</i> Hedw	<i>Bryaceae</i> Schwägr.
<i>Ptychostomum capillare</i> (Hedw.) Holyoak & N. Pedersen	
<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	
<i>Tortula muralis</i> Hedw.	<i>Pottiaceae</i> Schimp.
<i>Syntrichia ruralis</i> (Hedw.) F.Weber & D.Mohr.	
<i>Trichostomum crispulum</i> Bruch.	
* <i>Aloina aloides</i> (Koch ex Schultz) Kindb	
* <i>Pleuroidium acuminatum</i> Lindb	<i>Ditrichaceae</i> Limpr.
Hépatiques	
<i>Corsinia coriandrina</i> (Spreng.) Lindb	<i>Corsiniaceae</i> Engl.
<i>Targionia hypophylla</i> L.	<i>Targioniaceae</i> Dumort.
<i>Sphaerocarpos michelii</i> Bellardi	<i>Sphaérocarpaceae</i> Heeg.
<i>Riccia gougetiana</i> Durieu & Mont	<i>Ricciaceae</i> Rchb.
*** <i>Riccia canaliculata</i> Hoffm.	
<i>Riccia warnstorffii</i> Limpr. Ex Warnst.	
** <i>Riccia bifurca</i> Hoffm	
** <i>Riccia bifurca</i> var. <i>subinermis</i> Heeg	
<i>Gongylanthus ericetorum</i> (Raddi) Nees	<i>Arnelliaceae</i> Nakai
<i>Lunularia cruciata</i> (L.) Dumort. ex Lindb.	<i>Lunulariaceae</i> H. Klinggr.
<i>Oxymitra incrassata</i> (Brot.) Sérgio & Sim-Sim	<i>Oxymitraceae</i> Müll. Frib.ex Grolle
<i>Fossombronia caespitiformis</i> De Not.	<i>Fossombroniaceae</i> Hazsl.
<i>Fossombronia angulosa</i> (Dicks.) Raddi	

Les 25 taxons de Bryophytes observés dans le site d'étude sont répartis dans 14 familles, dont 13 Hépatiques et 12 Mousses. Parmi les Bryophytes rapportées dans cette étude, deux taxons appartenant à la classe des Hépatiques sont nouveaux pour le Maroc : *Riccia bifurca* Hoffm et *Riccia bifurca* var. *subinermis* Heeg (Fig. 2 et 3). Ils sont récoltés sur un sol sablonneux, en 2011, se caractérisant par un thalle très petit, en rosette souvent incomplète, de 1-1,5 cm de diamètre, les lobes sont oblongs, émarginés au sommet. Ils sont longs de 6-9 mm, larges de 1,5 -3 mm.

En coupe transversale, la fronde est 2 fois plus large que haute au sommet du lobe, et 3-4 fois plus large que haute au dessous du sommet. De la face dorsale à la face ventrale, on distingue trois couches de tissus (un épiderme, une zone chlorophyllienne bien développée et un parenchyme basilaire peu épais).

Les spores de *Riccia bifurca* sont brun-clair, à ailes larges, de 4- 6, 5 µm, irrégulières, souvent à bord sinueux, et élargies au niveau d'un pore (Fig.2c); à la face distale les spores présentent des alvéoles bien limités jusqu'à l'équateur et disparaissant parfois avant l'équateur et remplacées par de fins tubercules (Figs. 3c et d). Elles sont réticulées, grandes de l'ordre 64-73 µm. Celles de *Riccia bifurca* var. *subinermis* Heeg sont grandes de 66- 80 µm de diamètre (Fig.3bc et d).

Riccia bifurca var. *subinermis* Heeg., se distingue de *Riccia bifurca* Hoffm. par la présence de quelques grands cils au bord, vers le sommet des lobes.

Trois (3) espèces appartenant à la classe des mousses sont rapportées nouvelles pour la forêt du Gharb (Canton Ferjane) : *Pleuroidium acuminatum* Lindb; *Aloina aloides* (Koch ex Schultz) Kindb et *Entosthodon fascicularis* (Hedw.) Müll. Hal.

Une hépatique considérée comme rare selon les auteurs antérieurs [18] (*Riccia canaliculata* Hoffm.) a été observée en grande abondance sur plusieurs localités des sites prospectés.

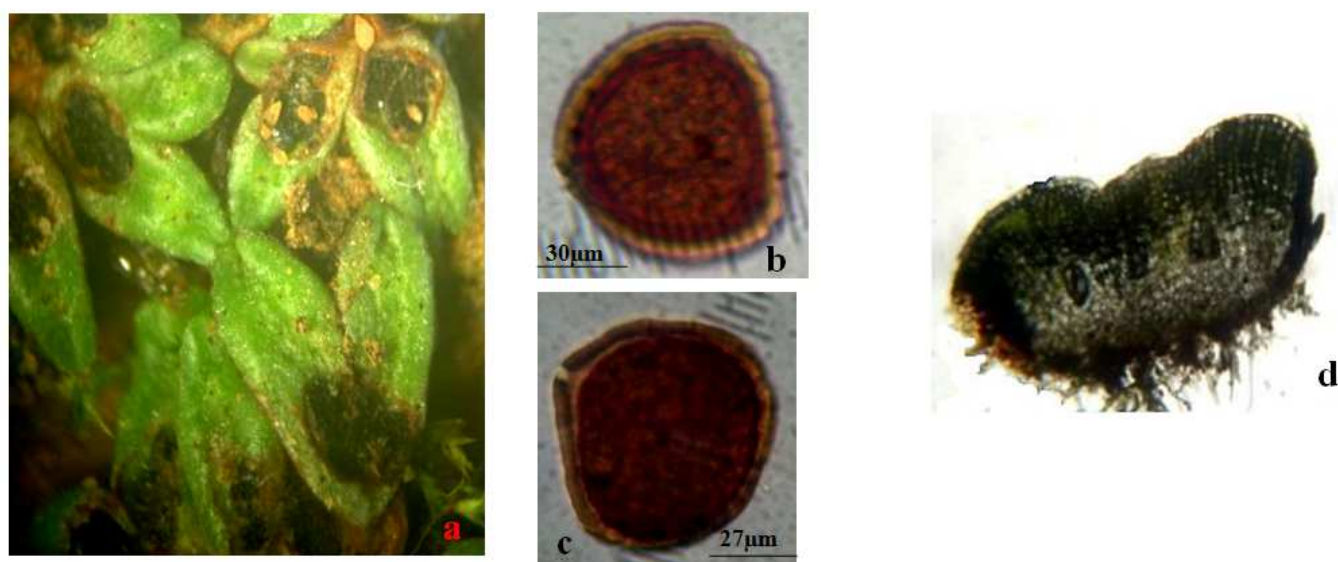


Fig. 2 : *Riccia bifurca* — a: lobes fructifiés, observés sous loupe binoculaire X210; b, c: spores faces distales, montrant l'aile large à bord sinueux; d: coupe transversale du thalle X 400.

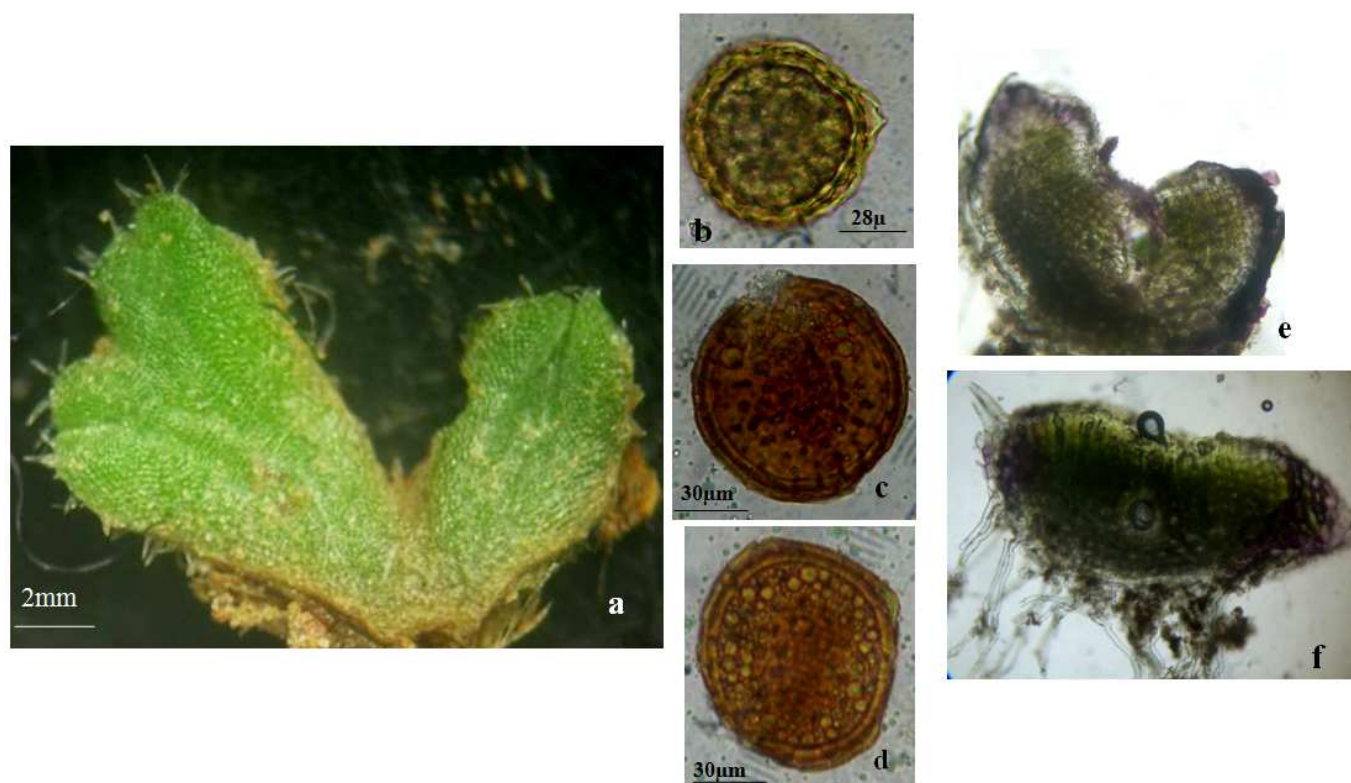


Fig. 3 : *Riccia bifurca* var. *subinermis*— a: lobe bifurqué, garni par de grands cils vers le sommet observé sous loupe binoculaire X210 ; b, c et d : spores, b: spore jeune montrant l'aile large à bord sinueux, c,d: faces distales, différemment ornées; e, f: coupes transversales du thalle ; e: coupe transversale au sommet du lobe, f: coupe au dessous du sommet du lobe montrant un cil vers la face dorsale X 400.

REFERENCES

- [1] Ahayoun K., Ouazzani Touhami A. & Douira A. 2008 —Étude des fructifications de *Lunularia cruciata*, bryophyte récoltée au Moyen-Atlas (Maroc) Bull. Mycol. Bot. Dauphiné-Savoie, 189 : 5-12.
- [2] Ahayoun K., Ouazzani Touhami A. & Douira A. 2009 —*Riccia cavernosa* Hoffm. Emend. Raddi, hépatique rare, récoltée pour la première fois dans la plaine atlantique (Maroc). Cryptogamie, Bryologie, 30 (3): 389-394.

- [3] Augier J., 1966 — Flore des Bryophytes. Paris, Paul Lechevalier, 702 p.
- [4] Bailly G., Vadam J.C. & Vergon J. P. 2004— Guide pratique d'identification des Bryophytes aquatiques. Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, 158 p.
- [5] Boudier P., Chavoutier J., 2006 — Morphologie des Bryophytes. Bull. Mycol. Bot. Dauphiné- Savoie, 182: 23-45.
- [6] Boulay M. 1904 — Muscinées de la France." Deuxième partie" Mousses. Ed. Paris. p : ILXXXII-LXXXVII, 224 p.
- [7] Casas C.; Brugués M.; Cros R.M.; Sergio C.; Infante M., 2009 — *Handbook of Liverworts and Hornworts of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands: Illustrated Keys to Genera and Species*. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona, Spain, 177 p.
- [8] Douin I. 1986— Nouvelle Flore des Mousses et des Hépatiques. Paris, Berlin, p. 42-47.
- [9] Ros Rosa M., Mazimpaka V., Abou-Salama U., Aleffi M., Blockeel T.L. , Brugués M., Draper I. EL-Saadawi W., Erdag A., Ganeva A., Gabriel R., González-Mancebo J.M., Granger C., Herrnstadt I, Hugonnot V., Khalil K., Kürschner H., Losada-Lima A., Luís L., Mifsud S., Privitera M., Puglisi M. , Sabovljević M., Sérgio C., Shabbara H. M., Sim-sim M., Sotiaux A., Tacchi R., Vanderpoorten A., Werner O. 2013—Mosses of the Mediterranean, an annotated checklist. *Cryptogamie, Bryologie*, 2013, 34 (2): 99-283.
- [10] Jahns H. M. 1989 — Guide des fougères, mousses et lichens d'Europe. Lausanne, Delachaux et Niestlé, 258 p.
- [11] Jean faubert (15/11/2007) — Flore des bryophytes du Québec- Labrador- la famille des Ricciaceae Dumort.- <http://www.floraquebeca.qc.ca/bryoweb>.
- [12] Jovet-ast S. 1961— *Targionia lorbeeriana* K. M. Trois localités nouvelles. *Revue Bryologique et Lichénologique*, 30, (3-4): 278.
- [13] Jovet-ast S. 1966 — *Riccia crystallina* L. emend. Raddi et *Riccia cavernosa* Hoffm. emend. Raddi- II. *Revue Bryologique et Lichénologique*, 34, (1-2): 82-90.
- [14] Jovet-ast S. 1986 — Les *Riccia* de la région méditerranée. *Cryptogamie Bryologie Lichénologie* 7: 287-431.
- [15] Lacouture C. 1905 — Hépatiques de la France. Tableaux synoptiques des caractères saillants des tribus, des genres et des espèces. Paris, Paul Klincksieck, 78p.
- [16] Pierrot R.B., 1982—Les bryophytes du Centre-Ouest: classification, détermination, répartition. *Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest, nouvelle série, N°spécial* 5, 123 p.
- [17] Ros R.M., Mazimpaka V., Abou-Salama U., Aleffi M., Blockeel T.L., Brugués M., Cano M.J., Cros R.M., Dia M.G., Dirkse G.M., El Saadawi W., Erdag A., Ganeva A., González-mancebo J.M., Herrnstadt I ., Khalil K., Kürschner H., Lanfranco E., Losada-lima A ., Refai M.S., Rodríguez-nuñez S., Abovljevic M ., Sérgio C., Shabbara H., Sim-sim M. & Söderström L. 2007— Hepatics and Anthocerotales of the Mediterranean, an annotated checklist. *Cryptogamie, Bryologie*, 28 (4): 351-437.
- [18] Smith A.J.E., 1990 — The liverworts of Britain and Ireland. Cambridge, Cambridge University press, 362 p.
- [19] Trabut L. 1941 — Flore des Hépatiques de l'Afrique du Nord. *Mélanges bryologiques et lichénologiques*, 12: 1-43.
- [20] Watson E., 1981—*British Mosses and Liverworts*. Cambridge, 3rd ed., 519 p.

Tumeur de la granulosa adulte de l'ovaire associée à un polype de l'endomètre : quelle sont les caractéristiques anatomo-cliniques de cette association ?

[Adult granulosa cell tumors of the ovary associated to endometrial polyp: what are the clinicopathological characteristics of this association?]

Abdelkader Akharraz, Farid Kassidi, Abdelghani Zazi, Jaouad Kouach, Driss Moussaoui, and Mohammed Dehayni

Service de Gynécologie et d'Obstétrique,
Hôpital Militaire d'Instruction Mohamed V,
Rabat, Maroc

Copyright © 2016 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: Granulosa tumors of the ovary are among the rare ovarian tumors, and included in the sex cord-stromal tumor category. They have a low degree of malignancy and have a good prognosis. Their clinical presentation is sometimes suggestive. Some biological markers (serum inhibin B and AMH) may be helpful for diagnosis, though their sensitivity is not perfect. Preoperative imaging diagnosis remains challenging due to the wide variability in morphology and lack of epidemiological data in the literature. These tumors are accompanied by high levels of estrogen. This state of hyperestrogenism is responsible for a broad spectrum of endometrial pathology from simple endometrial hyperplasia to the development of adenocarcinoma of the endometrium. Through this clinical observation of tumor of the adult type granulosa, we will discuss the main clinicopathological characteristics and histogenesis of this association to improve treatment of these tumors.

KEYWORDS: ovarian tumor, granulosa cell, situation of hyperestrogenism, endometrial pathology, prognosis.

RESUME: Les tumeurs de la Granulosa de l'ovaire font partie des tumeurs rares de l'ovaire, du groupe des tumeurs des cordons sexuels et du stroma, hormono-sécrétantes. Elles ont un faible degré de malignité et sont de bon pronostic. Leur symptomatologie clinique est parfois évocatrice. Certains marqueurs biologiques (inhibine B et AMH) peuvent être informatifs pour le diagnostic mais ils ont une sensibilité encore imparfaite. Le diagnostic préopératoire en imagerie est un challenge, compte tenu de leur grande variabilité morphologique et du manque de données épidémiologiques et sémiologiques dans la littérature. Ces tumeurs s'accompagnent d'un taux élevé d'œstrogènes. Cet état d'hyperœstrogénie est responsable d'un large spectre de pathologie endométriale allant de la simple hyperplasie de l'endomètre jusqu'au développement d'un adénocarcinome de l'endomètre. À travers une observation clinique de tumeur de la granulosa de type adulte, nous discuterons les principales caractéristiques anatomo-cliniques ainsi que l'histogenèse de cette association afin d'améliorer la prise en charge de ces tumeurs

MOTS-CLEFS: tumeur ovarienne, cellules de granulosa, terrain d'hyperœstrogénie, pathologie endométriale, pronostic.

1 INTRODUCTION

Les tumeurs de la granulosa de l'ovaire sont des tumeurs qui appartiennent à la famille des tumeurs du stroma et des cordons sexuels de l'ovaire, elles ont été décrites pour la première fois par Rokitanski en 1855 [1]. Elles restent des tumeurs

ovariennes rares avec une incidence variant entre 0,4 et 1,7 cas pour 100 000 patientes [2]. Classiquement, elles sont divisées en deux formes, adulte et juvénile suivant leur aspect histologique, la forme adulte est majoritaire 95% des cas et concerne surtout les femmes de plus de 50 ans, la forme juvénile intéresse principalement les enfants ou les femmes de moins de 30ans. Ces tumeurs sont à faible potentiel malin. Cependant, des récives sont possibles, parfois à long terme comme le décrit Hines et al. [3]. Leur présentation clinique est variable, les examens complémentaires s'avérant indispensables pour préciser le diagnostic préopératoire qui reste malheureusement difficile. Le but de ce travail est donc d'essayer, à partir de notre cas et d'une revue de littérature, de discuter les principales caractéristiques anatomo-cliniques ainsi que l'histogénèse de l'association de ces tumeurs avec les pathologies endométriales afin d'améliorer les modalités de leur prise en charge.

2 OBSERVATION

Il s'agissait de Mme C.A, âgée de 66 ans, de groupe sanguin A rhésus positif, 5^{ème} geste 5^{ème} pare, ayant cinq enfants vivants, ménopausée depuis vingt ans, sans antécédents pathologiques particuliers, qui consultait pour une augmentation abdominopelvienne progressive évoluant depuis six mois avec notion d'un seul épisode de métrorragie spontanée il y a deux semaines sans douleurs pelviennes ni autres signes associées le tout évoluant dans un contexte de conservation de l'état général. L'examen clinique, avait trouvé une patiente en bon état général, normo tendue avec un abdomen distendu et une matité diffuse sans masse individualisable, le col utérin était sain au spéculum et le toucher vaginal avait objectivé un utérus de taille normale latéro-dévié à droite. L'échographie abdominopelvienne avait montré une masse pelvienne de 20 x 17 centimètres, d'échostructure mixte solidokystique ; l'utérus siège d'une image intracavitaire évoquant un polype ; l'ovaire gauche d'aspect normal et l'autre droit non visualisé avec présence d'un épanchement de faible abondance. Une tomodensitométrie abdominopelvienne avait objectivé une volumineuse masse tumorale solidokystique ovarienne droite mesurant 22 centimètres de largeur, de 14 centimètres de diamètre antéropostérieur et 24 centimètres de hauteur, rehaussé après injection intraveineuse de produit de contraste au niveau de sa composante solide et au niveau de ses cloisons accompagné d'une ascite de faible abondance (fig.1). Des marqueurs tumoraux étaient augmentés notamment le CA 125 à 205 u/ml.

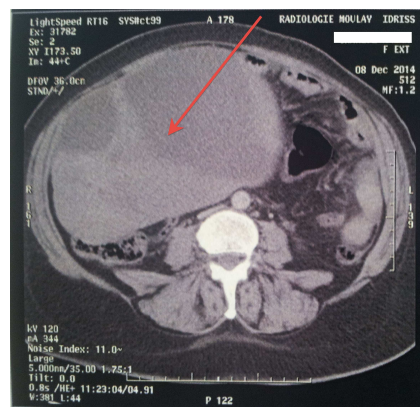


Fig. 1. Coupe tomodensitométrique transversale du pelvis montrant la tumeur ovarienne (flèche rouge)

L'exploration chirurgicale retrouvait une grosse tumeur rénitente à paroi blanchâtre faisant environ 28 sur 24 centimètres au dépend de l'ovaire droit avec une ascite jaune citrin de faible abondance (fig.2). L'utérus, l'annexe gauche, la vessie, le foie, le diaphragme et le grand épiploon sont macroscopiquement indemnes. Une hystérectomie totale avec annexectomie bilatérale, omentectomie et appendicectomie avec un curage ilio-obturbateur bilatéral étaient alors réalisées.

L'étude histologique de la pièce opératoire avait révélé un aspect morphologique et immunohistochimique en faveur d'une tumeur de granulosa type adulte avec un polype utérin et une hyperplasie endométriale sans atypie (fig.3). L'annexe controlatérale, le col, l'épiploon et l'appendice sont normaux. La cytologie péritonéale était négative. Le curage ilio-obturbateur n'avait pas objectivé un envahissement ganglionnaire. Les suites opératoires étaient simples. Sur avis de la réunion multidisciplinaire, aucun traitement adjuvant n'était retenu. La patiente était surveillée de manière régulière.



Fig. 2. Les pièces opératoires dont :

- L'image (a) montre la masse tumorale ovarienne en per opératoire,
- L'image (b) montre la pièce d'hystérectomie avec annexectomie bilatérale et à l'ouverture, on visualise un polype intracavitaire
- Et l'image (c) montre la tumeur après résection chirurgicale.

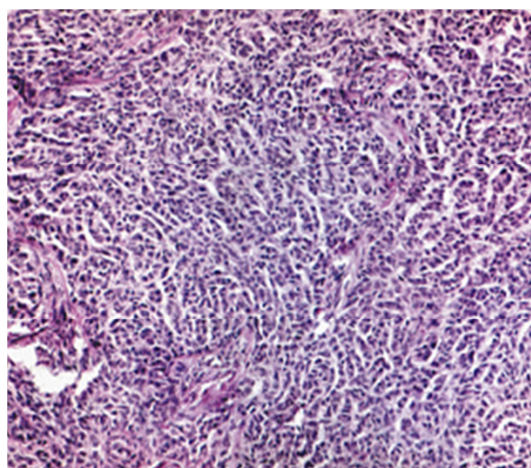


Fig. 3. Aspect histologique en faveur d'une tumeur de granulosa type adulte (aspect giriforme)

3 DISCUSSION

L'apparition synchrone d'une tumeur de l'ovaire et d'une pathologie de l'endomètre, notamment le carcinome, est fréquemment rapportée dans la littérature. La tumeur de la granulosa produit une variété d'hormones stéroïdes dont la plupart sont de nature œstrogénique [4]. Les effets de l'œstrogène sur l'endomètre varient de l'hyperplasie simple à l'adénocarcinome en passant par l'hyperplasie atypique de l'endomètre. Selon certaines études, la tumeur de la granulosa était responsable d'une hyperplasie de l'endomètre dans 3/5 des cas comme dans le cas de notre observation, d'une hyperplasie atypique dans 1/5 des cas et d'un carcinome endométrial dans 1/5 des cas [5]. Il existe donc une relation entre la production d'œstrogènes par les tumeurs de la granulosa et le développement d'un adénocarcinome de l'endomètre [5]. La tumeur de la granulosa représente 1,5 % environ des tumeurs de l'ovaire, elle survient à tout âge mais touche dans 60 % des cas les femmes ménopausées [4]. Les formes adultes sont plus fréquentes, représentant 95 % des cas [6] ; elles surviennent en période péri et post-ménopausique avec un pic de fréquence autour de 50 à 55 ans [6]. Etant donné leur caractère œstrogénosécrétant décrit dans 70 % des cas [7], la symptomatologie clinique des TG est dominée par les manifestations hormonales liée à l'hyperoestrogénie et/ou l'hyper androgénie et l'élévation du taux d'AMH/inhibine B, qui est à type de métrorragies post-ménopausiques dans 41 % des cas, des ménométrorragies, des irrégularités menstruelles ou d'aménorrhée [1]. À l'échographie et à la tomodensitométrie, ces tumeurs présentent généralement un aspect multi-

kystique avec des remaniements hémorragiques [8]. A l'IRM pelvienne elle se montre comme une masse ovarienne souvent kystique ou mixte, sans calcifications, graisse ou végétations, parfois avec ascite ou nodules péritonéaux [9]. Le diagnostic est histologique dont Les principaux marqueurs immuno-histochimiques exprimés par ces tumeurs sont la vimentine, le CD99 et l'alpha-inhibine [8]. La biopsie de l'endomètre est indiquée devant des métrorragies associées à une tumeur ovarienne oestrogénosécrétante [10]. La survenue synchrone de tumeurs de l'ovaire et de l'endomètre a été décrite chez 10 % des femmes ayant une tumeur de l'ovaire et chez 5 % des femmes ayant un cancer de l'endomètre [11]. Le fait que les deux tumeurs ne présentent pas le même aspect histologique plaide en faveur de leur origine primitive [12]. Vu la possibilité bien établie de cette association, la recherche d'une tumeur de la granulosa devant toute découverte d'un adénocarcinome de l'endomètre s'avère souhaitable, particulièrement lors de l'échographie pelvienne ou même en peropératoire. La chirurgie, traitement de référence pour les tumeurs de granulosa, permet une stadification et consiste classiquement en une hystérectomie totale, annexectomie bilatérale, cytologie et biopsies péritonéales. Le curage ganglionnaire ne semble pas améliorer la survie pour les stades précoces [13]. Un traitement conservateur est parfois proposé aux femmes jeunes désireuses de grossesse avec un stade I, comprenant annexectomie unilatérale, exploration de la cavité abdominopelvienne et biopsie endométriale. Tous stades confondus, il existe pour la plupart des auteurs [2], une infériorité du traitement conservateur par rapport au traitement radical vu le risque de récurrence et/ou décès. Des traitements adjuvants peuvent être proposés en cas de récurrence : chimiothérapie type PVB, BEP ou carboplatine [13], radiothérapie pelvienne et/ou abdominale [2] voire hormonothérapie par anti aromatase. La chimiothérapie adjuvante est recommandée dans le cadre de cette association avec un carcinome de l'endomètre. Le pronostic définitif est étroitement lié à celui du carcinome endométrial, la tumeur de la granulosa est découverte au stade I dans 90 % des cas avec une survie globale généralement bonne [4]. La surveillance après traitement doit être prolongée et repose sur le dosage sérologique de l'inhibine B et l'hormone antimüllérienne qui sont plus spécifiques que l'œstradiol. L'élévation doit faire rechercher une récurrence [7,10].

4 CONCLUSION

La tumeur à cellules de la granulosa est une tumeur rare de faible malignité, survenant volontiers en péri ménopause. Etant donné leur grand polymorphisme clinique et radiologique, Leur diagnostic en imagerie est difficile d'où le recours au dosage hormonal de l'inhibine B ou de l'AMH. Le diagnostic définitif est histologique. Ce sont des tumeurs oestrogénosécrétantes donc L'association à des pathologies endométriales carcinomateuses est classique mais heureusement peu fréquente. Elles doivent être recherchées par un examen clinique rigoureux et périodique, un curetage biopsique de l'endomètre, voire même par des explorations radiologiques complémentaires surtout en présence de signes d'appel révélateurs d'une pathologie gynécologique. Le traitement repose sur la chirurgie, d'emblée radicale pour les femmes âgées ou si carcinome de l'endomètre. Toutefois, une annexectomie avec curetage biopsique de l'endomètre est proposée pour des femmes jeunes de stade IA, désireuses de grossesse. La chimiothérapie est indiquée dans les formes avancées, les récurrences ou les métastases. L'intérêt de la radiothérapie est discuté. Des essais thérapeutiques par hormonothérapie ont été rapportés. La surveillance clinique, échographique et biologique doit être prolongée en raison des récurrences très tardives. En cas de récurrence, la chirurgie reste le traitement de référence associée à une chimiothérapie.

REFERENCES

- [1] Bompas E, Freyer G, Vitrey D, Trillet-Lenoir V. Tumeur de la granulosa : revue de la littérature. Bull Cancer, vol 87, no.10, pp.709-714, 2000.
- [2] Pectasides D, Pectasides E, Psyrri A. Granulosa cell tumor of the ovary. Cancer Treat Rev, vol 34, no.1, pp. 1-12,2008.
- [3] Hines JF, Khalifa MA, Moore JL, Fine KP, Lage JM, Barnes WA. Recurrent granulosa cell tumor of the ovary 37 years after initial diagnosis: a case report and review of the literature. Gynecol Oncol, vol 60, no.3, pp. 484-488, 1996.
- [4] Rabban JT, Gupta D, Zaloudek CJ, Chen L. Synchronous ovarian granulosa cell tumor and uterine serous carcinoma: a rare association of a high-risk endometrial cancer with an estrogenic ovarian tumour. Gynecol Oncol, 103, pp.1164-1168, 2006.
- [5] Ohara N, Teramoto K, Murao S. Chemotherapy for ovarian adult granulosa cell tumour with synchronous endometrial adenocarcinoma. J Obstet Gynaecol, 22, pp.573-574, 2002.
- [6] Fujimoto T, Sakuragi N, Okuyama K, Fujino T, Yamashita K, Yamashiro S, et al . Histopathological prognostic factors of adult granulosa cell tumors of the ovary. Acta Obstet Gynecol Scand, 80, pp.1069-1074, 2001.
- [7] Stuart GCE, Dawson LM. Update on granulosa cell tumours of the ovary. Curr Opin Obstet Gynecol, 15, pp.33-37, 2003.
- [8] Gittleman AM, Price AP, Coren C, Akhtar M, Donovan V, Katz DS. Radiology-pathology conference juvenile granulosa cell tumor. Clin Imaging, 27, pp.221-224, 2003.

- [9] Millet I, Rathat G, Perrochia H, Hoa D, Merigeaud S, Curros-Doyon F, et al. Imaging features of granulosa cell tumors of the ovary: about three cases. *J Radiol*, vol 92, no.3, pp.236–242, 2011.
- [10] Pautier P, Lhommé C, Culine S, Duvillard P, Michel G, Bidart JM, et al Adult granulosa-cell tumor of the ovary: a retrospective study of 45 cases. *Int J Gynecol Cancer*, 7, pp.58-65, 1997.
- [11] Zaino R, Whitney C, Brady MF, DeGeest K, Burger RA, Buller RE. Simultaneously detected endometrial and ovarian carcinomas — A prospective clinicopathologic study of 74 cases: A Gynecologic Oncology Group Study. *Gynecol Oncol*, 83, pp.355-362, 2001.
- [12] Soliman PT, Slomovitz BM, Broaddus RR, Sun CC, Oh JC, Eifel PJ, et al. Synchronous primary cancers of the endometrium and ovary: a single institution review of 84 cases. *Gynecol Oncol*, 94, pp.456-462, 2004.
- [13] Park JY, Jin KL, Kim DY, Kim JH, Kim YM, Kim KR, et al. Surgical staging and adjuvant chemotherapy in the management of patients with adult granulosa cell tumors of the ovary. *Gynecol Oncol*, vol 125, no.1, pp.80–86, 2012.

Les tumeurs fibrothécales de l'ovaire : démarche diagnostique et thérapeutique - A propos de deux cas

[Ovarian fibrothecoma: diagnosis and treatment - About two cases]

Abdelkader Akharraz, Hicham El Fazazi, Farid Kassidi, Jaouad Kouach, Driss Moussaoui, and Mohammed Dehayni

Service de Gynécologie Obstétrique,
Hôpital Militaire d'Instruction Mohamed V,
Rabat, Maroc

Copyright © 2016 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 fibrothecoma ovarian tumors are rare tumors representing less than 4% of all ovarian tumors. These tumors are observed in elderly and postmenopausal patients. The diagnosis is difficult because they are often mistakenly diagnosed as uterine fibromas or malignant ovarian tumors. Their diagnostic approach is guided by the clinical and Para clinical elements, but it is mainly based on histopathological evaluation. Conservative surgery is the treatment of choice in young women. Radical treatment is reserved for patients in perimenopause or postmenopausal period. We report two cases of this tumor, which were presented as advanced ovarian cancer, to identify diagnostic and therapeutic features. These are tumors with a good prognosis and a final recovery after surgery.

KEYWORDS: fibrothecoma, ovarian mass, diagnosis, histology, surgery.

RESUME: Les tumeurs fibrothécales de l'ovaire sont des tumeurs rares représentant moins de 4 % de l'ensemble des tumeurs de l'ovaire. Ces tumeurs s'observent chez des patientes âgées et volontiers ménopausées. Leur diagnostic est difficile car elles sont souvent diagnostiquées à tort comme des myomes utérins ou des tumeurs malignes de l'ovaire. Leur démarche diagnostique est orientée par les données cliniques et paracliniques mais elle repose surtout sur l'examen anatomopathologique. La tumorectomie est le traitement de choix chez la femme jeune. Le traitement radical est réservé aux patientes en péri- ou en post-ménopause. Nous rapportons deux observations de cette tumeur, se présentant sous la forme d'un cancer ovarien avancé, afin de dégager leurs particularités diagnostiques et thérapeutiques. Ce sont des tumeurs de bon pronostic avec une guérison définitive du malade après la chirurgie.

MOTS-CLEFS: fibrothécome, masse ovarienne, diagnostic, histologie, chirurgie.

1 INTRODUCTION

Les tumeurs fibrothécales de l'ovaire sont des tumeurs rares développées à partir du stroma ovarien et contiennent en proportion variée des cellules conjonctives fusiformes et des cellules thécales [1]. Elles représentent 1 à 4,7 % de l'ensemble des tumeurs organiques de l'ovaire [2]. Ces tumeurs sont dans la majorité des cas bénignes et peuvent être responsables d'une hormono-sécrétion, le plus souvent oestrogénique [3]. Elles peuvent être responsables des complications à redouter telle que la torsion d'annexe (urgence chirurgicale). Nous rapportons deux observations d'une patiente de 43 ans et l'autre âgée de 57 ans dont le diagnostic de tumeur fibrothécale n'a été réalisé qu'après examen anatomopathologique de la pièce opératoire. Nous discutons la démarche diagnostique et thérapeutique de ces tumeurs en décrivant leurs différents aspects cliniques et paracliniques afin de les différencier des tumeurs ovariennes malignes, dont la chirurgie est carcinologique.

2 OBSERVATIONS

2.1 LE PREMIER CAS

Il s'agissait de Mlle E F, âgée de 43 ans, nulligeste, suivie pour rhinite allergique en péri ménopause, venue consulter pour une augmentation progressive de volume abdominal avec sensation de douleurs pelviennes paroxystiques depuis six mois sans autres signes associés le tout évoluant dans un contexte de conservation de l'état général. L'examen clinique a trouvé une patiente en bon état général, conjonctives normo colorés, eupnéique, normo tendue et apyrétique avec présence de masse pelvienne au toucher vaginal ferme très probablement au dépend de la paroi antérieure utérin, bien limitée, mobile et faisant 6 cm sur 5 cm. L'échographie pelvienne a montré une masse hypoéchogène homogène d'allure tissulaire faisant 53 mm sur 59mm au dépend de l'ovaire gauche sans autres anomalies visibles. Le marqueur tumoral CA 125 est élevé à 745UI/L par contre les autres marqueurs demandés (CA19-9, ACE et α foetoprotéine) étaient normaux. L'IRM pelvienne : a montré une masse pré utérine sus vésicale tissulaire associée à un discret épanchement pelvien liquidien, cette masse est bien limitée, peu rehaussée après injection gadolinium faisant 60 mm sur 57 mm avec un effet de masse sur le toit vésical. (Fig. 1)

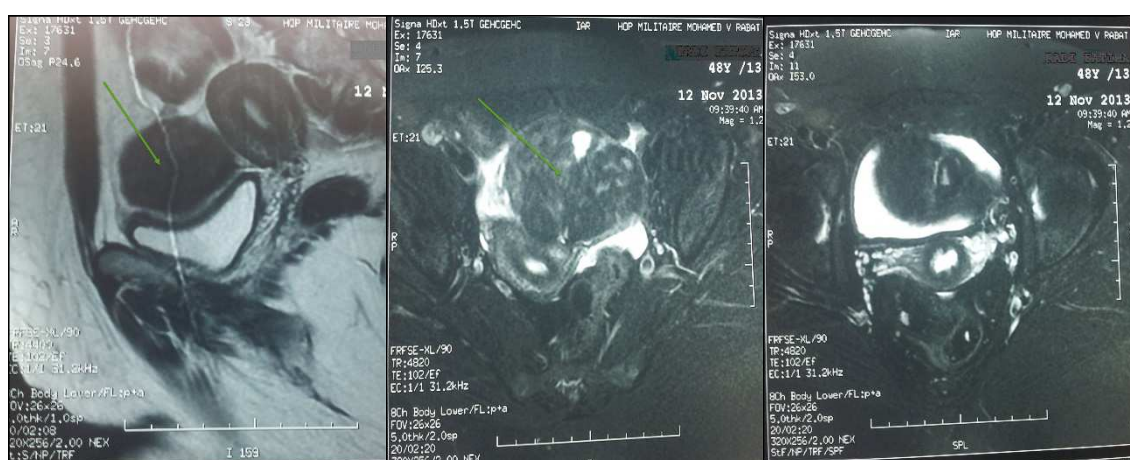


Fig. 1. IMAGERIE PAR RESONANCE MAGNETIQUE PELVIENNE (IRM) APRES INJECTION GADOLINIUM

La Figure 1 montre (flèche verte) une formation pelvienne pré utérine tissulaire à parois épaissies, peu rehaussée après injection de gadolinium.

On a réalisé chez elle une laparotomie exploratrice médiane sous ombilicale. L'exploration chirurgicale notait une tumeur dure, à surface régulière, faisant 6 cm à son grand diamètre, blanchâtre, bien limitée, au dépend de l'ovaire gauche tordu, on a réalisé une annexectomie droite avec biopsie de l'ovaire controlatéral qui paraissait sain. Il n'y avait pas de carcinose péritonéale ni de lésions hépatiques (Fig 2).

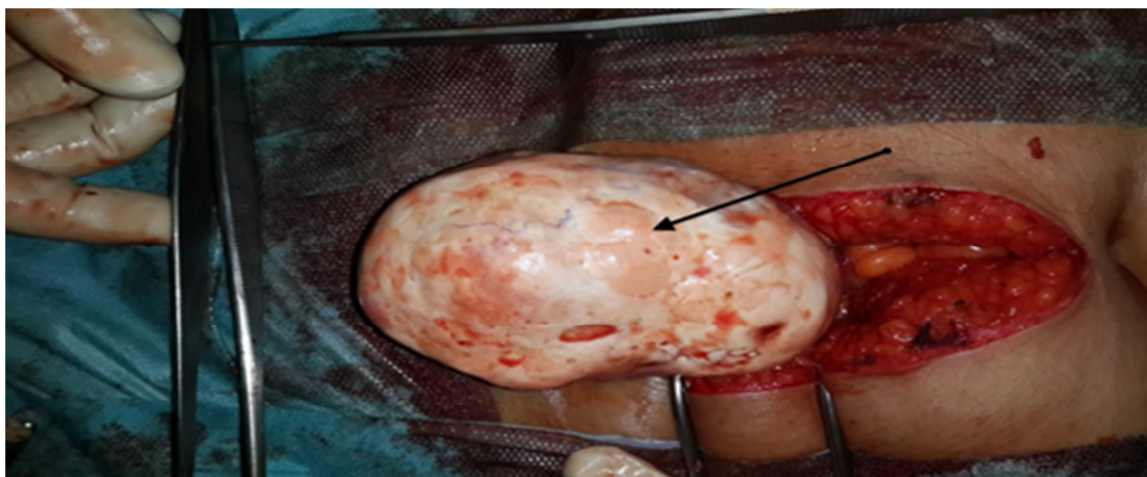


Fig. 2. La flèche désigne la tumeur de l'ovaire droit

L'examen anatomopathologique était en faveur d'une tumeur bénigne de l'ovaire gauche cadrant avec un fibrothécome. Le parenchyme de l'ovaire controlatéral est de morphologie normale (Fig 3).

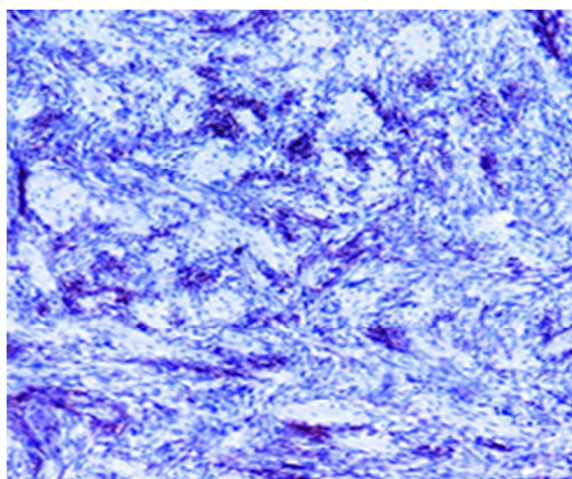


Fig. 3. Coupe histologique montrant un aspect d'un fibrothécome ($\times 40$)

2.2 LE DEUXIEME CAS

Il s'agissait de Mme G L, âgée de 57 ans, troisième geste et troisième part, ayant trois enfants vivant, ménopausée depuis dix ans. Elle a consulté pour une apparition de douleurs pelviennes avec sensation d'une pesanteur pelvienne et une augmentation progressive du volume abdominal sans métrorragie associée ni signes digestifs ou urinaires associés le tout évoluant dans un contexte d'apyrexie et d'amaigrissement chiffré à 7 kilogrammes. L'examen clinique a objectivé un abdomen souple avec une masse latérotérine gauche ferme mal limitée douloureuse à la palpation faisant 17 sur 10 centimètres arrivant à l'ombilic et le reste de l'examen est sans particularité. L'échographie pelvienne a objectivé une masse ovarienne gauche échogène et hétérogène faisant 14 sur 10 centimètres avec un utérus de taille normale et un épanchement pelvien minime.

Une tomодensitométrie pelvienne a objectivé une masse tissulaire ovarienne gauche faisant 8.5 sur 12.6 centimètre d'allure suspecte (Fig. 4).

Nous avons réalisé une laparotomie dont l'exploration chirurgicale a mis en évidence une masse ovarienne gauche blanchâtre dure faisant environ 10 sur 12 centimètres avec une ascite jaune citrin de faible abondance que nous avons prélevée pour étude cytologique. L'utérus, la trompe gauche, l'annexe droite, péritoine pariétal étaient sains. Nous avons réalisé une hystérectomie totale avec annexectomie bilatérale (Fig. 5) dont l'examen anatomopathologique a montré un aspect en faveur d'un fibrothécome ovarien unilatéral (Fig. 6). Les suites post opératoires étaient simples.

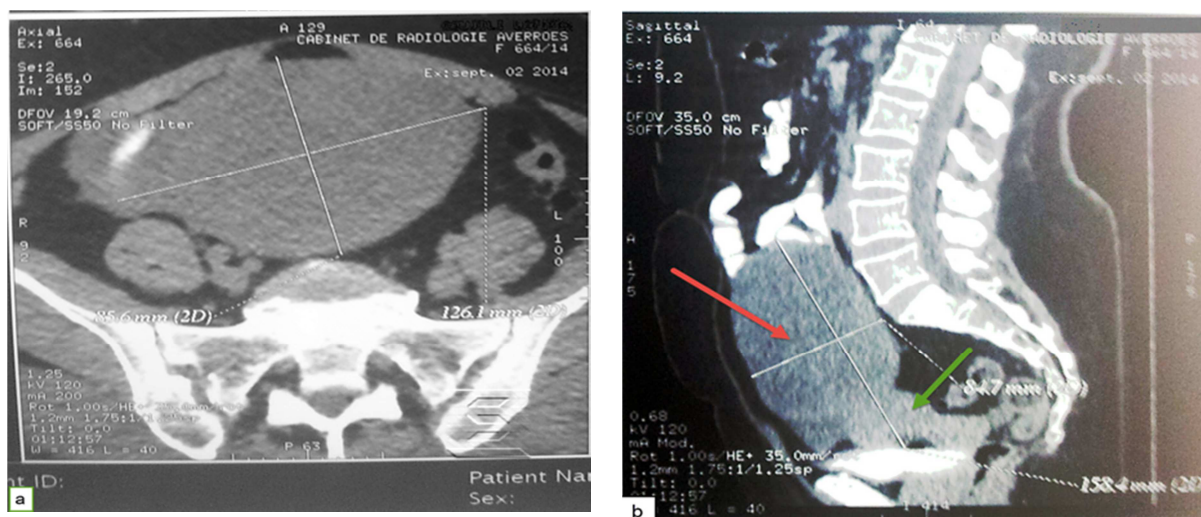


Fig. 4. Examen tomodensitométrique du pelvis

La Figure 4 montre une coupe tomodensitométrique axiale (a) et une autre sagittale (b) avec une flèche rouge désignant la tumeur et la flèche verte montrant l'utérus.

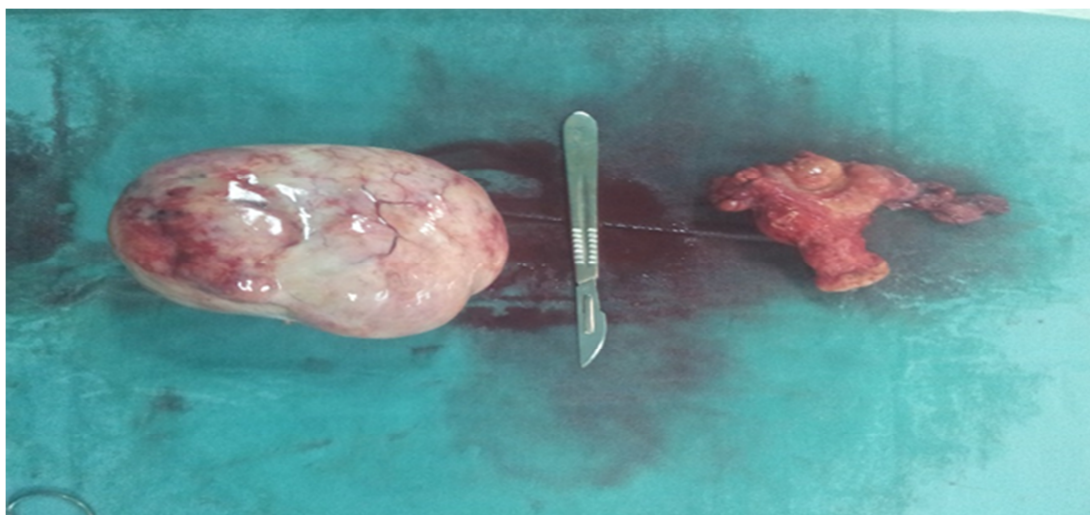


Fig. 5. La pièce opératoire comportant la tumeur, l'utérus et ses annexes

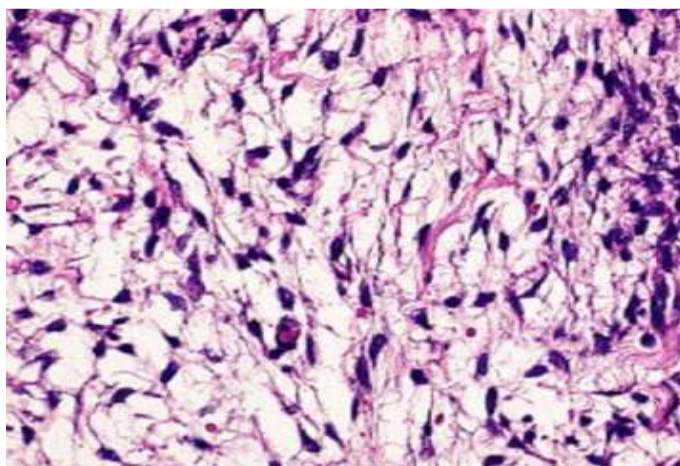


Fig. 6. *La coupe histologique montrant un aspect de fibrothécome (x100)*

3 DISCUSSION

Les tumeurs fibrothécales de l'ovaire sont presque toujours des tumeurs bénignes ; elles doivent être différenciées des thécomes malins et les fibrosarcomes qui représentent moins de 1 % des cas et dont la chirurgie est carcinologique [3]. Ces tumeurs fibrothécales de l'ovaire sont rares ; leur fréquence varie de 1 à 4,7 % des tumeurs organiques de l'ovaire [4]. La survenue plus fréquente de ces tumeurs chez des patientes âgées et volontiers ménopausées est soulignée par la plupart des auteurs [5]. Sur le plan anatomopathologique, les thécomes sont en général bénins. Ils sont susceptibles d'une sécrétion estrogénique ou plus exceptionnellement androgénique responsable d'un syndrome endocrinien. Macroscopiquement, la tumeur est solide, jaune et ferme. A l'histologie, la tumeur est formée de cellules allongées, claires et spumeuses [6] : Il s'agit de tumeurs unilatérales dans 90 % des cas, les formes bilatérales sont souvent observées dans le cadre d'un syndrome de Gorlin Goltz ou nævomatosse basocellulaire [4], [7]. Il peut être associé à une ascite et un hydrothorax dans le cadre de syndrome de Démon Meigs représentant 1 à 10 % des fibromes ovariens [8] ou à une polypose rectocolique dans le cas du syndrome de Gardner et Richard et le syndrome de Peutz-Jeghers [9]. Nous n'avons pas objectivé de syndrome endocrinien, de lésions digestives ou de syndrome de Démon Meigs. Des cas de fibrothécomes rétropéritonéaux extraovariens ont été rapportés présentant des symptômes et des résultats similaires à un cancer épithélial de l'ovaire métastatique avec ascite et une élévation du CA-125 [10]. Les circonstances de découverte des tumeurs fibrothécales de l'ovaire sont très variables et dominées par les algies pelviennes, distension abdominale et les métrorragies [1], [3], [4]. Ces métrorragies seraient en rapport avec un syndrome endocrinien lorsque la tumeur est hormonosécrétante entraînant une hyperplasie de l'endomètre justifiant la recherche d'un adénocarcinome associé [9]. Chez les femmes ménopausées, et en l'absence de syndrome endocrinien, les métrorragies sont le plus souvent en rapport avec une atrophie endométriale [1-4]. Dans notre étude, nous n'avons pas relevé de syndromes endocriniens. Sur le plan clinique, la tumeur se présente sous forme d'une masse solide, mobile, à surface régulière et de taille très variable [7]. L'exploration paraclinique de ces tumeurs fibrothécales de l'ovaire, repose essentiellement sur l'échographie. Les images le plus souvent rencontrées sont des images échogènes ou mixtes, mais des images anéchogènes sont également rapportées [10]. Sur la tomодensitométrie, ces tumeurs ont été décrits comme des masses solides avec accumulation tardive de produit de contraste [10]. L'imagerie par résonance magnétique permet de reconnaître 82 % des fibrothécome ovariens ; ces derniers se manifestent par un hyposignal sur les séquences pondérées en T2 du fait de leur composante fibreuse [11]. Le traitement de ces tumeurs ovariennes est chirurgical. La tumorectomie est l'intervention de choix chez les femmes jeunes alors que l'annexectomie, souvent bilatérale se justifie chez les femmes en péri- ou post ménopause [11]. La certitude diagnostique repose sur l'examen histologique.

4 CONCLUSION

Les fibrothécomes ovariens sont des tumeurs bénignes, rares et fréquente chez les femmes en péri ménopause ou ménopausée. Ils se manifestes essentiellement par des algies pelviennes avec des métrorragies dont le diagnostic repose

d'abord sur la clinique et les examens paracliniques surtout l'échographie qui est l'examen de première intention à réaliser compléter dans certains cas par l'imagerie par résonnance magnétique. Cependant le diagnostic définitif est purement histologique. Sur le plan thérapeutique, la tumorectomie est l'intervention de choix chez la femme jeune et le traitement radical est indiqué chez la femme âgée. Le pronostic est généralement bon.

REFERENCES

- [1] Sfar E, Ben Ammar K, Mahjoub S, Zine S, Kchir N, Chelli H, et al. Caractéristiques anatomocliniques des tumeurs fibrothécales de l'ovaire. À propos de dix-neuf cas en douze ans : 1981-1992. *Rev Fr Gynecol Obstet* 89 : 315-321, 1994.
- [2] Jung SE, Rha SE, Lee JM, Park SY, Oh SN, Cho KS, et al. CT and MRI findings of sex cord-stromal tumor of the ovary. *AJR* 185:207-15, 2005.
- [3] Outwater EK, Wagner BJ, Mannion C, McLarney JK, Kim B. Sex cord-stromal and steroid cell tumors of the ovary. *Radiographics* 18:1523-1546, 1998.
- [4] Troiano RN, Lazzarini KM, Scoutt LM, Lange RC, Flynn SD, McCarthy S. Fibroma and fibrothecoma of the ovary: MR imaging findings. *Radiology* 204:795-798, 1997.
- [5] Chechia A, Attia L, Temime RB, Makhoulouf T, Koubaa A. Incidence, clinical analysis, and management of ovarian fibromas and fibrothecomas. *Am J Obstet Gynecol* 199:1-4, 2008.
- [6] Bazot M, Ghossain MA, Buy JN, Deligne L, Hugol D, Truc JB, et al. Fibrothecomas of the ovary: CT and US findings. *J Comput Assist Tomogr* 17:754-759, 1993.
- [7] Takeshita T, Shima H, Oishi S, Machida N, Yamazaki K, Imamura T, et al. Ovarian fibroma (fibrothecoma) with extensive cystic degeneration: unusual MR imaging findings in two cases. *Radiat Med* 23:70-74, 2005.
- [8] Mak CW, Tzeng WS, Chen CY. Computed tomography appearance of ovarian fibrothecomas with and without torsion. *Acta Radiol* 50:570-575, 2009.
- [9] Angeles RM, Salem FL, Sirota RL. A right ovarian mass in a 71-year-old woman with ascites and elevated CA 125 level. Fibrothecoma of the right ovary. *Arch Pathol Lab Med* 129:701-702, 2005.
- [10] Liu H, Hao SH, Li WM. Giant malignant ovarian fibrothecoma involved with retroperitoneal structures mimicking a retroperitoneal sarcoma. *Arch Gynecol Obstet* 279:763-765, 2009.
- [11] Imaoka I, Wada A, Kaji Y, Hayashi T, Hayashi M, Matsuo M, et al. Developing an MR imaging strategy for diagnosis of ovarian masses. *Radiographics*; 26:1431-1438, 2006.

Tuberculose ovarienne mimant un cancer ovarien : à propos d'un cas

[Ovarian tuberculosis simulating carcinoma : About a case]

Abdelkader Akharraz, Moulay El Mehdi ElHassani, Farid Kassidi, Jaouad Kouach, Driss Moussaoui, and Mohammed Dehayni

Service de Gynécologie Obstétrique,
Hôpital Militaire d'Instruction Mohamed V,
Rabat, Maroc

Copyright © 2016 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: Pelvic tuberculosis accounts for 6% to 10% of tuberculosis cases. Tubal damage is the most frequent, followed by cervical and endometrial location. Ovarian tuberculosis is less common; presented as a clinical, biological and radiological form highly suggestive of ovarian tumor. Several factors contributed to the increase, mainly including related immunosuppression syndrome of acquired immunodeficiency. We report one case in a 24-year-old woman, single, followed for systemic lupus the initial interpretation of which, based on pleural and peritoneal exudate, showed suspected lateral uterine mass and significant elevated serum CA 125 level, mimicking disseminated ovarian carcinoma. Only after exploring laparotomy with biopsy was ovarian abscess tuberculosis identified, thus correcting the diagnosis. Its symptomatology was left after 2.5 months of antituberculosis multidrug. This is a rare disease whose diagnosis is histological and prognosis is dominated by the sequelae infertility.

KEYWORDS: pelvic tuberculosis, Ovarian mass, Mycobacterium tuberculosis, histology, infertility.

RESUME: La localisation pelvienne de la tuberculose représente 6 à 10 %. L'atteinte tubaire est la plus fréquente, suivie par la localisation cervicale et endométriale. La tuberculose ovarienne est moins fréquente ; elle se présente dans un tableau clinique, radiologique et biologique très évocateur de tumeur ovarienne. Plusieurs facteurs ont contribué à sa recrudescence, incluant essentiellement l'immunodépression liée au syndrome de l'immunodéficience acquise. Nous rapportons le cas d'une patiente, âgée de 24 ans, célibataire, suivie pour lupus systémique présentant initialement un tableau de carcinose péritonéale simulant un cancer ovarien avec masse suspecte latérotérine droite, épanchement pleuro-péritonéal et élévation marquée du CA 125. Le diagnostic d'abcès tuberculeux ovarien n'a été porté rétrospectivement qu'après laparoscopie et examen anatomopathologique. Sa symptomatologie est régressée après 2 mois et demi de quadrithérapie antituberculeuse. Il s'agit d'une pathologie rare dont le diagnostic est histologique et le pronostic est dominé par l'infertilité séquellaire.

MOTS-CLEFS: tuberculose pelvienne, masse ovarienne, Mycobacterium tuberculosis, histologie, infertilité.

1 INTRODUCTION

La tuberculose pelvienne est une forme clinique rare de la maladie tuberculeuse (entre 6 et 10 %), mais qui reste toutefois assez fréquente dans les pays d'endémie [1]. Sa prévalence a connu une recrudescence dans le monde entier ceci s'explique par l'immunodépression liée à l'infection par le VIH [2]. Le tableau clinique ainsi que radiologique et biologique dans sa forme pseudotumorale simulant en général une tumeur ovarienne maligne pouvant conduire à une stratégie

thérapeutique erronée [3]. Nous rapportons le cas d'une patiente de 24 ans dont le diagnostic de tuberculose ovarienne n'a été réalisé qu'après examen anatomopathologique à l'occasion d'une laparoscopie exploratrice. Nous discutons l'intérêt épidémiologique et diagnostique pour cette pathologie en recrudescence dans les pays occidentaux.

2 OBSERVATION

Il s'agissait de Mlle O G, âgée de 24 ans, célibataire, suivie pour lupus systémique depuis 2002 mise sous corticothérapie et immunosuppresseurs avec antécédents de tuberculose pulmonaire en 2009 compliquée d'une bulle d'emphysème traitée avec bonne évolution. Elle a consulté au sein de notre formation pour apparition de douleurs abdominopelviennes maximum au niveau de la fosse iliaque droite sans métrorragies associées ni trouble de transit ou signes urinaires associés le tout évoluant dans un contexte d'apyrexie et d'amaigrissement non chiffré. L'examen clinique a objectivé un abdomen souple avec une légère sensibilité pelvienne maximum au niveau de la fosse iliaque droite et une masse latérotérine droite rénitente, mobile et douloureuse faisant environ 4 centimètres. L'échographie pelvienne a objectivé une formation intervésiculotérine hétérogène à double composante tissulaire et kystique faisant 4 sur 3 centimètre. A la biologie, Le taux plasmatique de CA 125 était élevé à 1753UI/L. Une tomodensitométrie pelvienne a été réalisée montrant une collection liquidienne latérotérine droite à paroi épaisse tubulaire rehaussant après injection de produit de contraste avec épanchement tout autour faisant évoquer un pyosalpinx ou abcès tuboovarien d'où l'indication d'une coelioscopie mettant en évidence d'un abcès tuboovarien droit associé à de multiples fausses membranes et des adhérences épiploopariétales, iléo pariétales et des granulations péritonéales blanchâtres diffuses. Un drainage chirurgical de l'abcès tuboovarien a été réalisé avec issue de pus blanchâtre. La paroi de l'abcès ainsi que des biopsies des granulations ont été adressées pour examen anatomopathologique dont le résultat est revenu en faveur de tuberculose pelvienne. L'évolution a été marquée par une amélioration de sa symptomatologie après 2 mois et demi de la quadrithérapie antituberculeuse selon le protocole 2ERHZ/4RH.



Fig. 1. EXAMEN TOMODENSITOMETRIQUE DU PELVIS APRES INJECTION DE PRODUIT DE CONTRASTE

La Figure 1 montre une coupe axiale du pelvis avec visualisation (flèche verte) d'une formation pelvienne à parois épaissies, rehaussées intensément par le contraste avec une zone centrale hypodense.

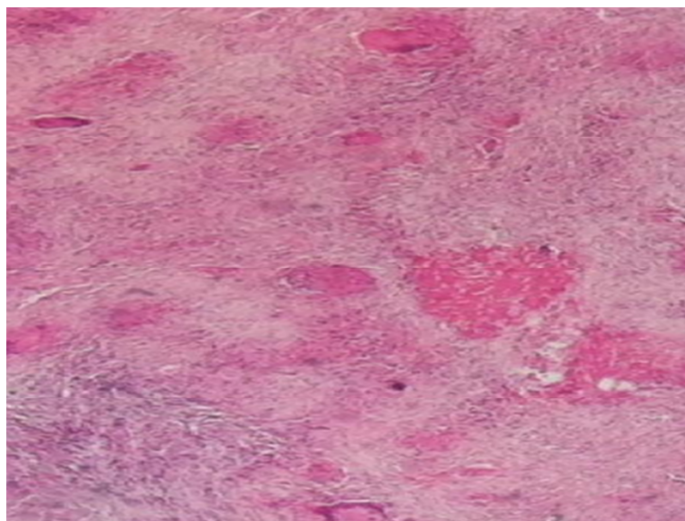


Fig. 2. *Granulomes épithélioïdes et gigan-to-cellulaires avec une nécrose caséeuse (HEx40)*

3 DISCUSSION

La tuberculose ovarienne a fait l'objet de quelques publications, ce qui atteste de la rareté de cette pathologie. Sa transmission se fait exclusivement par voie hémato-gène. Une transmission sexuelle serait possible, comme l'évoquent des cas rapportés dans la littérature [1]. Son incidence, en général et partout dans le monde, a connu une recrudescence ces dernières années. Cela est expliqué par l'immunodépression liée en grande partie à l'infection par le VIH [2]. Elle peut se rencontrer à tout âge, avec une prédominance chez les jeunes femmes âgées de 20 à 30 ans [4]. Les signes cliniques d'appel sont très variés et non spécifiques, pouvant orienter à tort vers un cancer de l'ovaire. Il peut s'agir d'algies pelviennes, de masse pelvienne ou d'ascite. Ailleurs, une infertilité peut être révélatrice de la maladie dans 5 à 10 % ou encore une aménorrhée [5], [6]. L'atteinte pulmonaire ou digestive concomitante peut orienter vers ce diagnostic, mais n'est pas constante et peut manquer dans 30 à 50 % des cas [7]. Sur le plan biologique, l'étude bactériologique du liquide d'ascite est peu contributive car rarement positive. Sur le plan radiologique, l'imagerie n'est pas spécifique : à l'échographique comme au scanner et à l'IRM, la lésion se présente sous forme d'une masse hétérogène, à double composante solide et kystique et qui se rehausse de façon intense par le produit de contraste au niveau de sa portion charnue et de sa paroi comme l'illustre notre observation [8]. Dans la plupart des cas, le diagnostic différentiel entre tuberculose et tumeur reste donc un problème majeur, d'autant plus que la bilatéralité, le caractère hétérogène de la masse, l'association à des nodules péritonéaux, d'adénopathies profondes et d'ascite plaident en faveur d'une tumeur ovarienne maligne avec carcinose péritonéale. Le CA125 est un marqueur qui est élevé dans plus de 80 % des cancers ovariens. Néanmoins, son taux peut être élevé dans des conditions normales (grossesse, menstruation) ou au cours d'affections inflammatoires chroniques (tuberculose) et n'est donc pas un critère déterminant pour différencier une tumeur maligne d'une tuberculose. Les biopsies échoguidées peuvent être proposées en cas de suspicion d'origine tuberculeuse [9]. Le recours à l'exploration chirurgicale est souvent nécessaire soit par laparoscopie soit par laparotomie. Cette dernière permet de poser le diagnostic dans plus de 97 % des cas [10]. Elle permet de confirmer le diagnostic en montrant le granulome gigantocellulaire avec nécrose caséeuse, spécifique du bacille de Koch. Le traitement repose sur les antibacillaires. La chirurgie restera la solution de recours devant une masse compressive ou fistulisée, pour mettre à plat certaines cavités caséifiées. La tuberculose pelvienne met en jeu la fertilité des jeunes patientes ; le risque d'infertilité tuboovarienne est estimé à plus de 39 % des cas [8], [10].

4 CONCLUSION

La tuberculose est une pathologie à déclaration obligatoire. Cette observation montre à quel point il est parfois difficile de trancher entre une localisation ovarienne de la tuberculose et un cancer de l'ovaire tant sur le plan clinique que de l'imagerie. Il faut toujours penser à cette pathologie devant une jeune patiente venant de zone endémique ou ayant un terrain d'immunodépression. Aucun examen complémentaire ne permet d'affiner le diagnostic. L'étude anatomo-pathologique des prélèvements per-laparoscopie peut confirmer le diagnostic. Le pronostic est favorable sous poly chimiothérapie antituberculeuse et en l'absence de conséquence néfaste sur la fertilité.

REFERENCES

- [1] Nistal de Paz F, Herrero Fernandez B, Perez Simon R, Fernandez Perez E, Nistal de Paz C, Ortolí Battel P et al. Pelvic-peritoneal tuberculosis simulating ovarian carcinoma. *Am j Gastroenterol*. 91:1660-1661, 1996.
- [2] Hablani N, Souei Mhiri M, Tlili Graies K, Jemm Gharbi H, Abdellah S, Bel Hadj Hamida RC. La tuberculose abdominale pseudo-tumorale A propos de quatre observations. *J Radiol*. 86 : 1021-1025, 2005.
- [3] Layla Akka, H. Khalil, N. Cherif, Idrissi Gannouni, H. Jalal. La tuberculose ovarienne pseudotumorale : à propos de quatre cas. *Imagerie de la Femme* 19:251—254, 2009.
- [4] Simsek H, Savas MC, Kadayifci A, Tatar G. Elevated serum CA 125 concentration in patients with tuberculous peritonitis: a case-control study. *Am J Gastroenterol* 92:1174-1176, 1997.
- [5] Parikh FR, Nadkarni SG, Kamat SA, Naik N, Soonawala SB, Parikh RM. Genital tuberculosis: a major pelvic factor causing infertility in Indian women. *Fertil Steril* 67:497-500, 1997.
- [6] Namavar Jahromi B, Parsanezhad ME, Ghane-Shirazi R. Female genital tuberculosis and infertility. *Int J Gynaecol Obstet* 75:269-272, 2001.
- [7] Adsuar N, Blanchette H, Kilchevsky E. Tuberculosis peritonitis mimicking ovarian cancer in a 20-year-old woman. A case report. *J Reprod Med*; 49:52-54, 2004.
- [8] Kaya M, Kaplan MA, Isikdogan A, A. Isikdogan and Y. Celik "Differentiation of Tuberculous Peritonitis from Peritonitis Carcinomatosa without Surgical Intervention", *Saudi J Gastroenterol*. Sep-Oct; 17(5): 312–317, 2011.
- [9] W. Daaloul, H. Gharbi, N. Ouerdiane, A. Masmoudi, S. Ben Hamouda, I. Ennine, B. Bouguerra and R.Sfar "Tuberculose péritonéale disséminée simulant un cancer ovarien", *La tunisie Medicale*, Vol 90 (04):333-335, 2012.
- [10] Protopapas A, Milingos S, Diakomanolis E, Elsheikh A, Protogerou A, Mavrommatis K, et al. Miliary tuberculosis peritonitis mimicking advanced ovarian cancer. *Gynecol Obstet Invest* 56:89–92, 2003.

Etude d'impacts des rejets liquides de l'usine STL (Société de Terril de Lubumbashi) sur la rivière Lubumbashi : Lubumbashi, Haut-Katanga/RD Congo

[Impacts study of Liquid discharges from Terril Company Plant (STL) on Lubumbashi River : Lubumbashi, Haut-Katanga/DR Congo]

Kashimbo Kalala Serge¹, Mukanya Senga Serge Christian², Mukoj Kavund Alain³, Mwenge Twakale Lazare³, Kesonga Nsele Meurice³, Meli Kimpinde Adelin¹, and Kiyukeno Kitwanyoka Yannick⁴

¹Chef des travaux à l'Unité de Gestion des ressources naturelles, Faculté des sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, B.P: 1825, RD Congo

²Chef des travaux au Département de Métallurgie, Faculté Polytechnique, Université de Lubumbashi, B.P:1825, RD Congo

³Assistants à l'unité de recherche de production et nutrition Animale, Biodiversité et exploitation durable des zones humides et Economie agricole, Faculté des sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, B.P: 1825, RD Congo

⁴Assistant à l'Ecole Supérieure des Ingénieurs (ESI), Département de Génie civile, Université de Lubumbashi, B.P: 1825, RD Congo

Copyright © 2016 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 lack of modern equipment management and recycling of waste from the enrichment process metals made the Hydrometallurgy Lubumbashi is the cause of high concentrations of metals found today in the waters, soils and that plants, due to liquid effluent discharges untreated out of Copper and Cobalt production sites. Transects were established along rivers (Lubumbashi receiving effluents Society Terril de Lubumbashi (STL), and Oven Electric Lubumbashi (FEL) and Naviundu which it receives Chemical Of Africa (CHEMAF) in the to determine the levels of Cu content, Co, Pb, Fe in the samples of water, soil and Plant to highlight the potential risks of humans living in such an environment. The results of study indicate a critical environmental problem in view of the values obtained after laboratory analysis performed on water samples, soil and plant harvested on the ground.

KEYWORDS: Effluents, Waste management device, Hydrometallurgy, Metal, Water, Plant, Soil, Environment.

RESUME: L'absence des dispositifs modernes de gestion et de recyclage des déchets issus des procédés d'enrichissement des métaux a fait que l'Hydrometallurgie à Lubumbashi soit à l'origine de fortes concentrations en métaux constatées de nos jours dans les eaux, les sols ainsi que les plantes, du fait des rejets d'effluents liquides non traités hors des sites de production de Cuivre et Cobalt. Des transects ont été établis le long des rivières (Lubumbashi recevant des effluents de la Société de Terril de Lubumbashi (STL), et du Four Electrique de Lubumbashi (FEL) et Naviundu, qui elle en reçoit de Chemical Of Africa (CHEMAF) dans le but de déterminer les niveaux des teneurs en Cu, Co, Pb, Fe dans les échantillons d'eau, de sol et des végétaux afin de mettre en évidence les risques que peut présenter l'homme vivant dans un tel environnement. Les résultats de l'étude indiquent un problème environnemental crucial au regard des valeurs obtenues après analyse de laboratoire réalisée sur les échantillons d'eau, de sol et des végétaux récoltés sur le terrain.

MOTS-CLEFS: Effluents, Déchets, dispositif de gestion, Hydrometallurgie, Métaux, Eau, Plante, Sol, Environnement.

1 INTRODUCTION

La ville de Lubumbashi est essentiellement à vocation industrielle depuis son histoire, sa situation géomorphologique, géologique et géographique [1]. Elle est caractérisée par un bassin hydrographique constituant un exutoire pour les différentes unités industrielles qui y opèrent [2]. L'activité industrielle la plus prépondérante dans la ville de Lubumbashi est axée autour des unités de production métallurgiques [3]. La plupart des usines de traitement des minerais installées à Lubumbashi rejettent leurs effluents liquides dans les différents cours d'eau de la ville à savoir: Karavia, Kampemba, Kimilolo, Naviundu, Kasapa et Lubumbashi [4]. Ces cours d'eau convergent au sud de la ville en se jetant tous dans la Kafubu.

Un inventaire de 8 usines, des sources de contamination et des enjeux environnementaux a été réalisé dans la ville de Lubumbashi afin de déterminer leurs impacts sur l'environnement, d'en déceler les conséquences liées au non respect des normes respectueuses d'une politique de gestion et de protection de l'environnement. Les sources de contamination observées sur le terrain (usines inspectées) conduisent à la définition de 3 grands enjeux environnementaux dans cette étude:

ENJEU 1: LES PARCS A RESIDUS

L'usage courant au sein des usines pour la gestion des résidus miniers, consistant à fermer une vallée de rivière avec une digue et d'y déverser les résidus est incompatible avec les pratiques modernes. De nos jours, les parcs à résidus sont des sites confinés où les eaux de surface n'entrent pas en contact avec les résidus et dont les eaux contaminées sont recirculées dans le procédé [5]. On a constaté que plusieurs digues construites par ces usines se sont effondrées, provoquant l'épanchement des résidus vers l'aval, là où on trouve souvent des rivières dont l'eau sert à plusieurs usages mais aussi des établissements humains.

ENJEU 2: LA GESTION DES REJETS LIQUIDES

Les effluents liquides des diverses installations prises en compte dans cette étude (mines, concentrateurs et usines métallurgiques) sont déversés sans traitement dans l'environnement [6]. Le pH des eaux naturelles se situe entre 8 et 9 [7,8], par contre les échantillons d'eau prélevés dans ces installations présentent des valeurs de pH variant entre 7.4 et 7.8, le cadmium et le plomb sont très solubles dans ces conditions.

ENJEU 3: LA GESTION DES REJETS SOLIDES

Outre les problèmes déjà mentionnés à l'enjeu 1, l'enjeu principal lié à ces rejets découle de l'érosion éolienne qui transporte ces résidus vers les zones habitées, causant des irritations pulmonaires et oculaires aux populations locales [9,10]. En fonction du degré de contamination en éléments traces métalliques d'un site, il convient de distinguer les mesures correctives (rémédiation) des mesures de restauration de sites. Les mesures correctives s'appliquent aux sites présentement actifs ou à ceux dont les rejets possèdent encore une valeur économique mais qui constituent une source de pollution.

L'objectif principal de cette étude étant de dresser un inventaire des sites d'extraction du cuivre, cobalt afin d'évaluer leur impact global sur l'environnement et la chaîne alimentaire via le sol, l'eau et les plantes cultivées dans le but de décrire le contexte environnemental de la zone d'étude, identifier les sources de contamination, les enjeux environnementaux liés aux activités industrielles des usines hydrométallurgiques situées dans la ville de Lubumbashi.

2 MILIEU, MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 MILIEU

2.1.1 DESCRIPTION DU SITE D'ETUDE, VILLE DE LUBUMBASHI

Chef lieu de la province du Katanga située au sud-est de la République démocratique du Congo, Lubumbashi (11°41 S., 27°29 EO.) a une population estimée à 3.500.000 habitants, extensions comprises. Elle est la deuxième grande ville de la République Démocratique du Congo après Kinshasa. Lubumbashi est réputée pour ses activités minières et a subi un essor industriel au sein d'une région excessivement riche en minerais de cuivre. Mais cette industrialisation est responsable d'une forte pollution de l'environnement (eau, sol et air), due aux rejets des résidus et effluents non traités, riches en cuivre et autres métaux (cobalt, plomb, cadmium) venant des usines de traitements et de transformation des minerais [11].

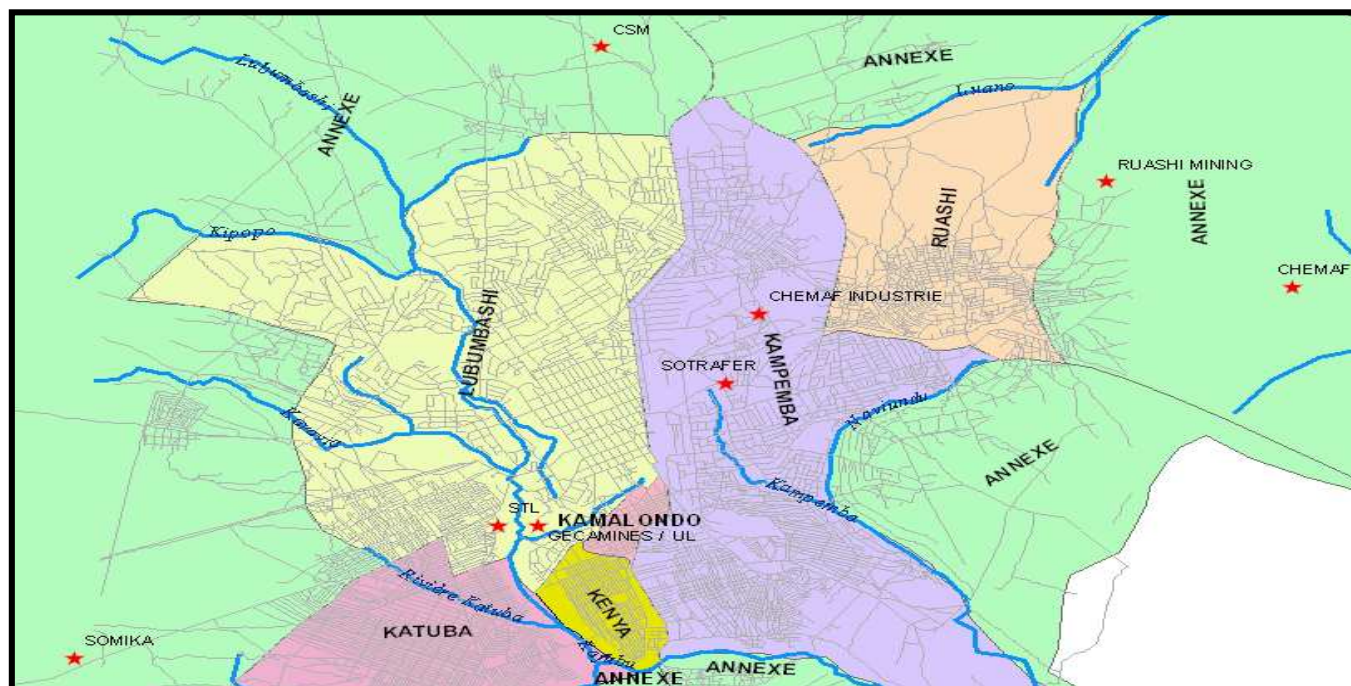


Figure 1: Carte politique et hydrographique de la ville de Lubumbashi

2.1.2 CADRE HYDROGRAPHIQUE

La ville de Lubumbashi est traversée par la rivière qui porte le même nom, laquelle est connectée au Nord à la rivière Kasapa, au Sud à la rivière Kafubu et Kimilolo. Et dans sa partie orientale la ville est baignée par la rivière Kampemba, le Canal Naviundu et la rivière Naviundu. La plupart des usines de traitement de minerais installées à Lubumbashi rejettent leurs effluents liquides dans les cours d'eau qui se jettent tous dans les rivières Lubumbashi et Kafubu en passant par le canal Naviundu et la rivière Kampemba.

2.2 MATÉRIELS

2.2.1 MATÉRIELS À ANALYSER

Trois types d'échantillons ont été récoltés à savoir : Les échantillons liquides (effluents et l'eau des cours d'eau et rivières en connexion avec les unités de production métallurgiques ciblées). Les échantillons solides des sols des berges des canaux d'évacuation des effluents et des cours d'eau. Les échantillons des plantes colonisant les berges des cours d'eau.

2.2.2 MATÉRIELS DE TERRAIN

2.2.2.1 MATÉRIELS SERVANT A LA RECOLTE DES ECHANTILLONS DE SOLS ET DE L'EAU

Les matériels qui ont servi à la récolte des échantillons d'eau et de sols sur le terrain sont: Bouteilles plastiques, Sachets en polyéthylène, Gants en latex sans talc, Formulaires de prise des paramètres de terrain, Eau distillée, Détergent, Sac plastique dur pour le transport des échantillons, Mètre ruban d'environ 3m.

2.2.2.2 LES APPAREILS

Le travail sur le terrain exige pour son bon déroulement, des appareils permettant le prélèvement des paramètres de terrain ainsi que les coordonnées géographiques. Il s'agit d'un multi probe, un GPS, une montre pour préciser l'heure de prélèvement et un appareil photo.

2.3 METHODOLOGIE DE TERRAIN: PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS D'EAU ET DE SOL DES BERGES

Pour le besoin de cette étude, la ville de Lubumbashi a été divisée en 5 zones d'étude :

(1) La première zone est constituée par les usines de la GCM-FEL et La STL avec la rivière Lubumbashi, (2) La deuxième zone est constituée des usines de CHEMAF et KMP et les drains d'évacuation qui y sont associés, (3) La troisième zone est celle de RUASHI Mining, (4). La quatrième est celle de SOTRAFER, (5). La cinquième zone, celle de SOMIKA.

2.4 MÉTHODE DE LABORATOIRE

2.4.1 PRÉPARATION DE L'ÉCHANTILLON

Après l'étape de terrain, les échantillons de sols ont été séchés à l'air libre (au soleil). Vient ensuite, le broyage des échantillons, qui a consisté à réduire les grosses mottes en fraction plus petites avant de les soumettre au tamis de 2mm afin d'obtenir la partie fine(Argile), matière de base sur laquelle les analyses physico-chimiques peuvent être réalisées [12].

Les échantillons d'eau passeront par une digestion d'acide simple pour l'examen des eaux potables et usées : un volume de 10 ml de chaque échantillon d'eau préalablement acidifié est placé dans une éprouvette à laquelle est ajouté un volume de 0,5 ml d'acide nitrique ultra pur (concentration résiduelle en ETM < 10 ppm), puis les éprouvettes sont mises dans un bloc chauffant à 105°C sous une hotte pendant 2 h sans atteindre l'ébullition. Une fois refroidies, les éprouvettes sont diluées à 10 ml avec de l'eau ultra-pure type IASTM puis stockées à 4°C en attendant les analyses [13].

2.4.2 LES ANALYSES DEMANDÉES

2.4.2.1 LA CONCENTRATION EN ETM DANS L'EAU

L'eau ainsi échantillonnée sera analysée à " l'Inductively Coupled Plasma" (ICP) autrement dit plasma à couple inductif » (PCI). L'objectif est de déterminer les concentrations en ETM dans l'eau en tenant compte des limites de détection de l'appareil, fixées pour chaque élément métallique: Cu, du Co, du Cd, du Pb.

2.4.2.2 LA CONCENTRATION EN ETM DANS LES SOLS

Dans les mêmes conditions, sur l'ICP, les échantillons de sol subiront aussi la même analyse par le principe de la "spectrométrie d'émission atomique" afin de déterminer la concentration en Cu, Co, Cd, Pb, U, Fe, Mn ainsi que le pH.

3 RÉSULTATS

3.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Au cours de ce chapitre, l'on présentera les résultats des échantillons prélevés dans la première zone d'étude, représentée respectivement par les usines hydrométallurgiques STL, FEL dont les effluents sont déversés dans la rivière Lubumbashi. La rivière Lubumbashi se rencontre avec celle de Naviundu (point de jonction) avant de se jeter toutes dans la rivière Kafubu au niveau du quartier Kalebuka (Tableau 1).

Tableau 1: Teneurs en métaux lourds dans les eaux de refroidissement de STL

STL/GCM	pH	Cu (ppm)			Co (ppm)			Pb (ppm)			Fe (ppm)		
	Eau	Eau	Sol	Plante	Eau	Sol	Plante	Eau	Sol	Plante	Eau	Sol	Plante
Pont Tshondo Q/GCM	7.83	180	380	40	100	200	20	90	400	20	290	600	90
Sortie Eau de STL Riv. L'shi	7.78	220	450	60	120	300	30	120	790	50	300	750	100
Point sur Riv. L'shi	7.68	120	250	30	80	175	20	78	345	20	180	345	80
Jonction Riv. L'shi et Kamalo	7.58	170	300	61	85	298	40	80	300	30	200	300	70
Aval Affluent Kamalondo	7.65	200	350	35	90	200	15	100	350	25	220	445	100

EFFLUENTS LIQUIDES ET COURS D'EAU

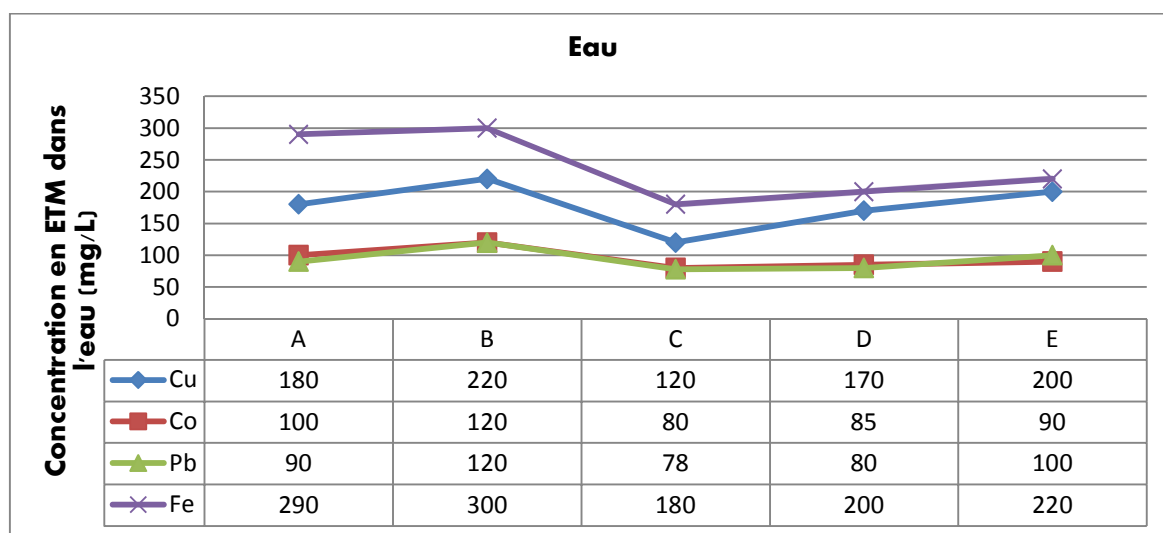
Le pH sur la rivière Lubumbashi est neutre (7,83 – 7,32), au niveau du pont Tshondo jusqu'au-delà du pont du Boulevard Katuba. Au niveau de la rivière Lubumbashi, la conductivité augmente de 0,158ms/cm en amont des usines GCM et STL à 259ms/cm en aval (jonction avec la rivière Lubumbashi).

Les zones aux abords de la rivière Lubumbashi, particulièrement entre le Boulevard Katuba et l'avenue de la digue sont des espaces de prédilection pour les cultures maraîchères et souvent des techniques d'irrigation sont utilisées pendant la saison sèche. L'excès de teneur en sels et en métaux est l'un des soucis principaux avec l'eau utilisée pour l'irrigation. Une concentration élevée en sels et en métaux dans l'eau ou dans les sols affectera négativement le rendement des récoltes, provoquera une dégradation des propriétés du sol et une pollution des eaux (surface et souterraine) et une intoxication due à la consommation des légumes cultivés sur ce type de sols. Les effluents de STL induisent une augmentation de température dans la rivière Lubumbashi et la variation sur 2 à 3 Kilomètres est de l'ordre de plus ou moins 7°C (23°C – 30°C).

S'agissant des teneurs en métaux lourds dans l'eau, le sol et les plantes récoltées sur les berges de la rivière Lubumbashi, qui reçoit les effluents de la Société Terril de Lubumbashi (STL) ainsi que les eaux de refroidissement du Four Electrique de Lubumbashi situé dans les installations de la Gécamines, il ressort du tableau 1 que les résultats sont alarmants, au regard des teneurs en métaux surtout à la sorties des eaux de la Société de terril de Lubumbashi. Les Cu, Co, Pb, Fe ont des teneurs très élevées et dépassent les valeurs limites fixées par l'OMS dans l'eau, le sol et les plantes. Au point 1, au niveau du pont Tshondo, la forte teneur en Cu est justifiée par la contamination du plateau Penga Penga, qui a reçu pendant plus d'un demi-siècle, les particules métalliques contenues dans les fumées rejetées dans l'atmosphère par la cheminée du four de la GCM. Ces particules retombées sur le sol du plateau de Penga-Penga, les fumées étant riches en SO₂ se sont concentrées dans le sol en l'acidifiant et ont atteint des teneurs en métaux dépassant parfois 50 fois plus que la normale. En fonction de la topographie et surtout des activités anthropiques sur ce site, les métaux ont été transportés par ruissellement et érosion dans le lit de la rivière Lubumbashi, le long de laquelle le point 1 (pont Tshondo) est situé. Par contre, les fortes teneurs en Cu, Co, Pb, et Fe au niveau des autres points de prélèvement sont la conséquence des déversements parfois acides des effluents non traités par les entreprises susmentionnées. En résumé, la pollution est réelle, dans cette partie de la ville de Lubumbashi, elle affecte au regard des valeurs reprises dans le tableau 1, trois compartiments de l'environnement à savoir l'eau, le sol et les plantes donc par ricochet l'homme.

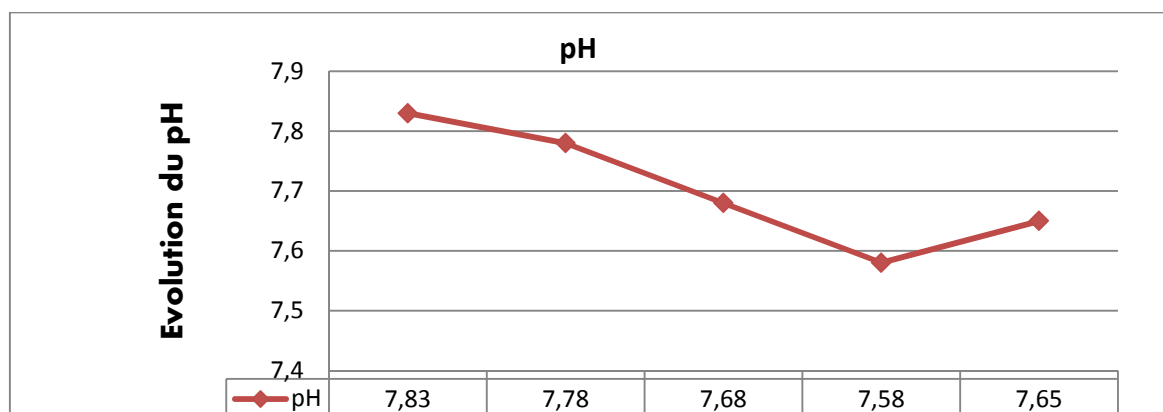
4 DISCUSSION

USINE DE LA STL/ FOUR ELECTRIQUE DE LUBUMBASHI(GECAMINES)

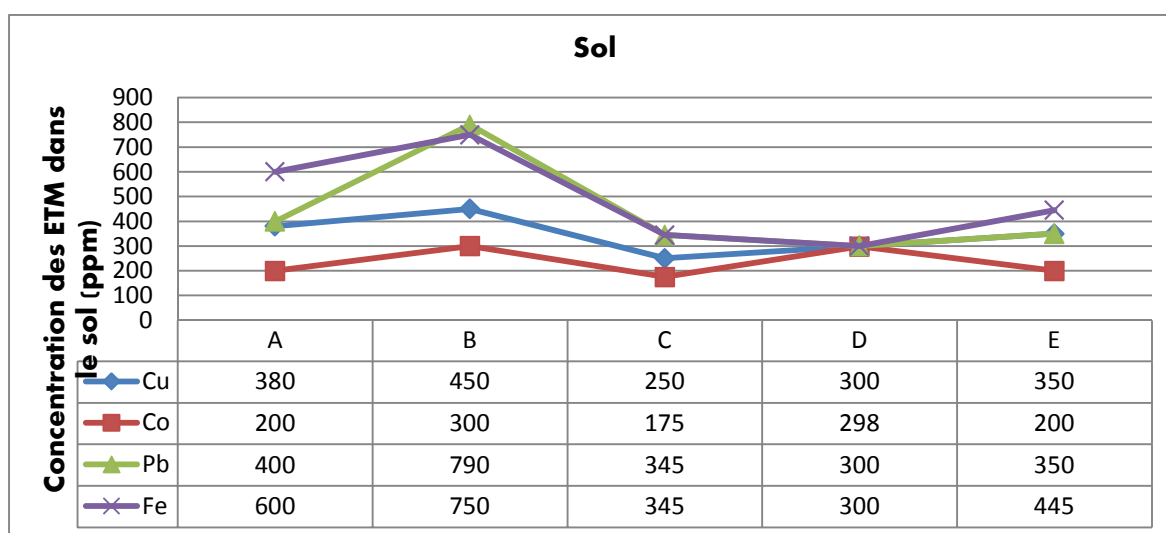


Graphique 2 : Concentration des éléments traces métalliques dans l'eau (mg/L)

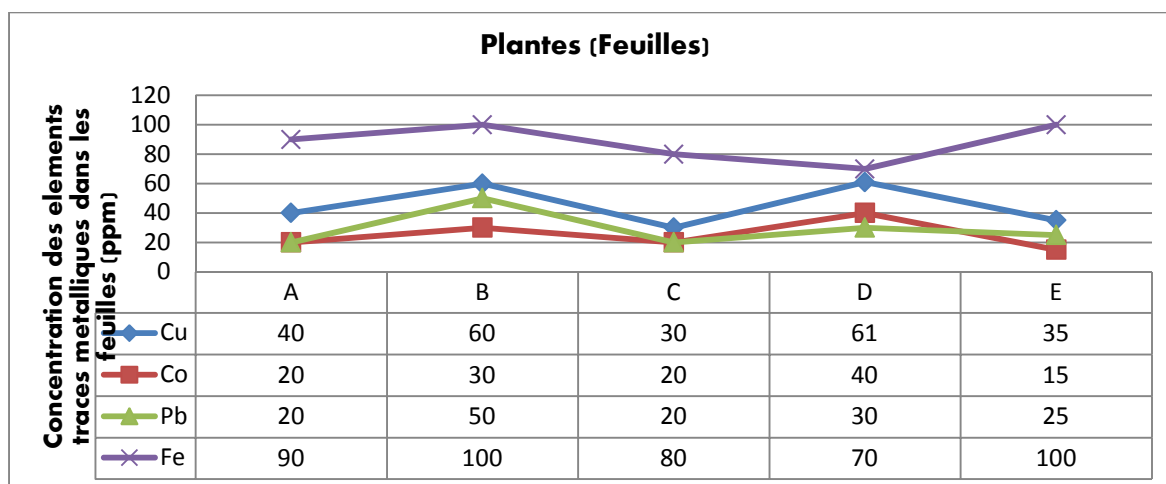
Légende : A: Pont Tshondo Quartier/GCM ; B: Sortie de l'Eau de la STL vers la Rivière Lubumbashi ; C: Point sur Riv. L'shi, D: Jonction Rivière Lubumbashi et Kamalondo ; E: Aval de l'Affluent Kamalondo.



Graphique 3 : Evolution du pH dans l'eau



Graphique 4: Concentration des éléments traces métalliques dans le sol (ppm)



Graphique 5: Concentration des éléments traces métalliques dans les plantes (feuilles, ppm)

Du graphique 2, ressort la concentration des ETM (Cu, Co, Pb, Fe) dans l'eau. Plusieurs études [6, 14, 15] menées sur la problématique de la pollution de l'eau en éléments traces métalliques démontrent que leurs concentrations diminuent au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la source de contamination. Il en est de même dans cette étude où les fortes concentrations

dans le sol, l'eau et les feuilles des plantes s'observent au point B pour tous les éléments retenus dans cette étude. Le point B indique la sortie des eaux de l'usine STL, ce qui prouve le manque de traitement des effluents avant leurs rejets [6] au regard de ces fortes concentrations allant 10 ou parfois 20 fois plus que les teneurs limites fixées par l'organisation mondiale de la santé [25]. Une étude réalisée sur la même rivière a démontré que l'usage de l'eau de la rivière Lubumbashi pour l'arrosage constitue un supplément en ces éléments métalliques [16]. Les résultats d'analyse des métaux lourds dans l'eau de la rivière servant à l'irrigation des cultures ont révélé des teneurs en Fe, Mn, Ni, supérieures à la limite fixée par l'OMS pour l'eau d'irrigation [16]. Ces résultats soutiennent l'hypothèse d'un apport des métaux par l'eau et d'une accumulation, laquelle deviendrait importante au fil du temps (Kashimbo S. *et al*, 2015). Le pH étant un facteur important dans la détermination du comportement des métaux dans l'eau, le sol [17]. Il est en général neutre avec des valeurs comprises dans la fourchette de 7.83 à 7.58. Ces conditions de pH sont à l'origine de la solubilité de certains métaux tels que le Pb, le Cd ce qui contribue à leurs mobilités [18].

Les rejets des quantités importantes des eaux issues de différentes activités métallurgiques de la STL ainsi que du Four Electrique de Lubumbashi sont à l'origine de fortes concentrations des métaux étudiés dans le sol, et l'eau. Ces eaux usées transportent des particules, qui se déposent sous l'effet de précipitation [19] sur le sol du lit de la rivière Lubumbashi et ses berges. La production du cuivre par la Gécamines pendant près d'un demi-siècle, a contribué à l'acidification et à l'enrichissement du sol et de l'eau en métaux lourds [20] des zones situées dans le cône de pollution. Ainsi le point A, situé le long de la rivière Lubumbashi a reçu d'importantes quantités de matériaux issus de l'érosion sur le plateau [20], ce qui justifie de teneurs élevées en Cu, Co, Pb et Fe, qui dépassent largement les valeurs limites fixées par AFNOR [21,22] dans le sol. Kaya (2008) et Mukobo (2008) ont trouvé des résultats similaires autour de l'usine de la Gécamines dans le sol. Ces fortes concentrations des métaux dans le sol, ont entraîné une contamination de l'eau et des végétaux par le fait de deux phénomènes majeurs: érosion et transport des matériaux de surface [23] (Graphique 4).

Du graphique 5, ressort la concentration des métaux dans la partie aérienne des plantes récoltées et analysées au laboratoire. En tenant compte des normes [24] fixant le seuil limite de concentration des métaux dans les légumes à consommation humaine, il est clair qu'il se pose un sérieux problème de santé publique au regard des valeurs inscrites dans le tableau 1 et aux courbes du graphique 5, montrant le comportement de chacun des éléments étudiés à différents endroits de prélèvement.

5 CONCLUSION

Il ressort de cette étude qualitative que les effluents liquides rejetés par les usines hydrométallurgiques de la STL/FEL et de CHEMAF, hors de leurs concessions présentent un risque potentiel et réel pour la population de la ville de Lubumbashi et pour l'environnement. Ces résultats ont montré une pollution thermique et chimique par les unités pyro et hydro-métallurgiques. Une faible teneur en oxygène remarquée en amont des points de déversement a montré l'existence d'une pollution autre que celle créée par les entreprises du secteur concerné. Les résultats obtenus au loin des points de déversement ont mis en évidence un faible pouvoir auto épurateur des cours d'eau. La diminution des concentrations en ETM analysés au loin des points de déversement des effluents, a été remarquée sur beaucoup de cours d'eau au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la société de Terril de Lubumbashi. Cette diminution est justifiée par l'accumulation des ETM dans les sédiments, leur diffusion vers les sols des berges ou leur absorption par les végétaux aquatiques ou ceux situés sur les berges. Et les analyses sur les sols des berges et des plantes l'ont confirmé.

Deux recommandations urgentes sont à mettre en place par la société de Terril de Lubumbashi (STL):

- La mise en place d'un dispositif de recyclage des effluents liquides en évitant autant que possible leurs relâchements dans la nature (rivières) ;
- Le traitement rigoureux de ces effluents en s'assurant de la qualité de ceux-ci par une surveillance environnementale permanente avant leurs relâchements dans la nature.

REFERENCES

- [1] Bruneau J.C., 1983. « Cartographie de l'environnement et aménagement urbain à Lubumbashi » dans Revue internationale d'écologie et de géographie tropicales 1(4): 19-47.
- [2] Assani, A. A., 1998. L'état de l'environnement en République Démocratique du Congo à l'aube du troisième millénaire: Thème 2. La pollution des eaux, des sols et de l'air en République Démocratique du Congo. Res. 56, 15-20.
- [3] GHISLAIN, Y., *GECOMIN. Traitement métallurgique*, in *Les expatriés de Lubumbashi*, [en ligne], <http://lubum2.free.fr/umhk/gecomin/traitement.htm>, page consultée le 10Fevrier 2015.

- [4] SHENGO, L., MANSOJ, M., *The Pollution of the Surface Waters and Its Impact on the Quality of the Vegetables Cultivated and Consumed in the City of Lubumbashi*, in *Environmental Health*, Vol. 8, n°2, 2008, pp. 50-67.
- [5] Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement (CCMRE). 1987. Recommandations pour la qualité des eaux au Canada, Préparé par le Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux du Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement, 350p.
- [6] Atibu, K.E., Devarajan, N., Thevenon, F., Mwanamoki, P.M., Tshibanda, J.B., Mpiana, T.P., Prabakar, K., Mubedi, I.J., Wildi, W., Poté, J., 2013. Concentration of metals in surface water and sediment of Luilu and Musonoie Rivers, Kolwezi-Katanga, Democratic Republic of Congo. Art. 26, 1-7.
- [7] OMS-Directives de qualité pour l'eau de boisson ; troisième édition ; 2004 ;
- [8] Commission Européenne, 2001.Règlement N° 466/2001 de la Commission du 08 mars 2001 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. Journal officiel des communautés européennes du 16 mars 2001 ; 13 pages ;
- [9] Nordberg G. F., Fowler B. A., Nordberg M., Friberg L. T. **Handbook on the toxicology of metals**. Third édition; Elsevier; 2007;
- [10] Célestin Banza Lubaba Nkulu et Benoit Nemery. **Exposition humaine au cobalt et autres métaux toxiques dans les zones minières du Katanga**. Le secteur minier de la République Démocratique du Congo à la croisée des chemins. TF MIRECA, GECO, Tervuren, Décembre 2010 ;
- [11] Petit P., Bukome E., Dibwe D.M. et Kalaba M., 2003. *Ménages de Lubumbashi entre précarité et recomposition*, l'Harmattan. p 81 à 150.
- [12] APHA, AWWA et WPC, 1999, Standard methods for the examination of water and wastewater, Washington DC, USA, APHA , 20eéd., 1368 p
- [13] CHAPMAN D., KIMSTACH V. (1996). Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E and FN Spon, London, pp. 40-126.
- [14] Kashimbo Kalala S., Mongoli Mwanga B., Kazadi Kanyama.,P, and Mpundu Mubemba., 2015.- Influence d'une usine hydrométallurgique en activité sur la qualité des eaux de la rivière Naviundu: Cas de l'usine Chemical of Africa (CHEMAF). ISSN 2351-8014 Vol. 16 No. 2 Jul. 2015, pp. 433-44715p.
- [15] Yu J.Y. et Heo B. Dilution and removal of dissolved metals from acid mine drainage along Imgok Creek, Korea. *Appl. Geochem.* 16, 1041-1053 (2001).
- [16] Kashimbo Kalala S., Mbikayi M., Ngoy Shutcha M., and Lukens L., 2015. Evaluation du risque de contamination de la chaîne Alimentaire en éléments traces métalliques de trois espèces maraichères cultivées au bord de la rivière Lubumbashi. ISSN 2028-9324 Vol. 10 No. 4 Mar. 2015, pp. 1125-1133.
- [17] Prost R., 2000, *Protocole du suivi de la qualité des sols, des eaux et des végétaux autour des installations de deuxième fusion du plomb*, GSC
- [18] Fergusson, J.E., 1990. The Heavy Elements, Chemistry. Environmental Impact and Health Effects. Pergamon Press, 614 pp.
- [19] Mukobo, 2007. Evaluation et cartographie des contaminations des sols autour du site de la Gécamines, DEA UNILU, 50p.
- [20] Kaya.D, 2007. *Contribution à l'étude des facteurs de distribution spatiale des teneurs en éléments traces métalliques dans les sols et les sédiments dans le quartier Gécamines*, DEA UNILU 50 p.
- [21] AFNOR, 1996. *Qualité des sols*. Recueil de normes françaises. 3ième édition. Paris-La défense. 534 p.
- [22] OMS-Directives de qualité pour l'eau de boisson ; troisième édition ; 2004 ;
- [23] Schaub, T. A. et Feix, I., 2005. *Contamination des sols. Transferts des sols vers les plantes*. EDP. Sciences/EDME.420p.
- [24] Tremel- Schaub A., Feix I., 2005. Contamination des sols : transferts des ETM des sols vers les plantes. EDP Sciences/ADEME. 156 p.
- [25] Gupta N., Khan D. K., Santra S. C., 2008. An assessment of heavy metal contamination in vegetables grown in wastewater-irrigated areas of Titagarh, West Bengal, India. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 80, 115-118.

Experimental Investigation and Optimization of Process Parameters in Abrasive Water Jet Drilling on AL6061

S. Prabhakaran, D.S. Balaji, and T. Mayilsamy

Department of Mechanical Engineering,
Anand Institute of Higher Technology,
Chennai, Tamilnadu, India

Copyright © 2016 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: Abrasive Water jet (AWJ) Machining is a recent non-traditional machining process. Major part of this technology is a very high-pressure beam of water and abrasives, which is used for machining. Abrasive water jet drilling of material involves the effect of a high velocity jet of water with entrained abrasive particles on to material to be drilled. This technology is widely used in industry for drilling, difficult to machine materials, milling slots, polishing hard materials, cleaning contaminated surfaces, etc. In the proposed work, the process parameters on surface roughness (Ra) which is an important drilling performance is measured in abrasive water jet drilling of AL6061. Experiments will be conducted in varying, nozzle traverse speed, abrasive mass flow rate and standoff distance for drilling AL6061 alloy using abrasive water jet drilling process. The effects of these parameters on surface roughness will be studied based on the experimental results and useful recommendations will be given in order to select the suitable process parameters in abrasive water jet drilling of AL6061 alloy.

KEYWORDS: Abrasive water jet, Surface Roughness, drilling, nozzle.

1 INTRODUCTION

Abrasive Water jet (AWJ) Machining is a recent non-traditional machining process. Major part of this technology is a very high-pressure beam of water and abrasives, which is used for machining. Abrasive water jet cutting of material involves the effect of a high velocity jet of water with entrained abrasive particles on to material to be cut. This technology is widely used in industry for cutting difficult to machine materials, milling slots, polishing hard materials, cleaning contaminated surfaces, etc. AL6061 aluminium alloys have found application in automotive structures, as they offer an attractive combination of strength, formability and corrosion resistance, surface properties and good weld ability.

In the proposed work, the process parameters on surface roughness (Ra) which is an important cutting performance is measured in abrasive water jet cutting of AL6061. Experiments will be conducted in varying water pressure, nozzle traverse speed, abrasive mass flow rate for cutting AL6061 alloy using abrasive water jet cutting process. The effects of these parameters on surface roughness will be studied based on the experimental results and useful recommendations will be given in order to select the suitable process parameters in abrasive water jet drilling of AL6061 alloy. Abrasive water jet machine is shown in fig.1.



Fig. 1. Abrasive Water Jet (AWJ) Machine

2 METHDOLOGY

2.1 MATERIAL SELECTION

T6 temper 6061 has an ultimate tensile strength of at least 42,000 psi (300 MPa) and yield strength of at least 35,000 psi (241 MPa). More typical values are 45,000 psi (310 MPa) and 40,000 psi (275 MPa), respectively. In thicknesses of 0.250 inch (6.35 mm) or less, it has elongation of 8% or more; in thicker sections, it has elongation of 10%.

2.2 DESIGNS OF EXPERIMENTS

The experimental layout for the machining parameters using the L9 orthogonal array was used in this study. This array consists of three control parameters and three levels, as shown in table1. In the Taguchi method, most all of the observed values are calculated based on „the smaller the better“. Thus in this study, the observed values of SR is set to be at minimum condition. Experimental trial was performed with three simple replications at each set value. The optimisation of the observed values was determined by comparing the standard analysis and analysis of variance (ANOVA) which was based on the Taguchi method.

For each experiment, the machining parameters were set to the pre-defined levels according to the orthogonal array. All machining procedures were done using a single pass cutting. The supply pressure, transverse speed and standoff distance is controlled through the controller in the operator control stand. The surface finish parameter employed to indicate the surface quality in this experiment was the arithmetic mean roughness (Ra). Work piece surface roughness Ra was measured by a surface roughness equipment model “TAYLOR HOBSON”. Surface roughness was measured at the centre of the cut for each specimen.

3 INPUT PARAMETERS

3.1 LEVEL OF INPUT PARAMETERS

The experiments were carried out in full factorial method. The level of input parameter is given in Table 1. Each experiment were replicated three times in order to identify the variability associated with the experiment.

Table 1. Levels of Input Parameters

Factors	Level 1	Level 2	Level 3
Abrasive flow rate(gm/min)	100	200	300
Feed rate(mm/rev)	90	100	110
Stand of distance(mm)	2	3	4

3.2 ABRASIVE FLOW RATE

In abrasive flow machining, the abrasive fluid flows through the work piece, effectively performing erosion. Abrasive particles in the fluid contact raised features on the surface of the work piece and remove them. The fluid is forced through the work piece by a hydraulic ram, where it acts as a flexible file, or slug, molding itself precisely to the shape of the work piece. The highest amount of material removal occurs in areas where the flow of the fluid is restricted; according to Bernoulli's Principle, the flow speed and pressure of the fluid increase in these areas, facilitating a higher material removal rate

3.3 FEED RATE(*f*)

The rate at which the tool moves along the cutting path is known as feed rate. Feed rate is measured in mm/revolution. The formula for finding the feed rate is given below.

$$f = F n \text{ mm/min}$$

Where, *f* is the feed in mm/min, *F* is the feed in mm/rev and *n* is the rotations per minute (rpm).

3.4 STAND OF DISTANCE(MM)

Standoff distance is a security measure that focuses on preventing unscreened people and vehicles from approaching within a certain distance of a building, car, other shelter where a violent criminal is sheltered, hostages are under armed threat from kidnappers, where a bomb is believed to have been placed, or where other unspecified dangers may be lurking. It is a measure of distance informally used by agents handling the situation to protect their own persons from physical injury or death while the situation is resolved.

4 OUTPUT PARAMETERS

4.1 CIRCULARITY

A circularity ratio as a compactness measure of a shape. An assumption of ANOVAs with repeated-measures. It denotes the homogeneity of the variances of difference values between the conditions. It is often also called "sphericity"

**Fig. 2. Video measuring system for circularity**

4.2 SURFACE ROUGHNESS

Surface roughness is a measure of the technological quality of a product and a factor that greatly influences manufacturing cost. It describes the geometry and surface textures of the machined parts. There are several ways to describe surface roughness, such as roughness average (R_a), root-mean-square (rms) roughness (R_q) and maximum peak-to-valley roughness (R_y or R_{max}), etc.



Fig. 3. Computer controlled surface roughness measurement

5 CONTROLABLE PARAMETERS

The possible controllable parameters of AWJM are water jet orifice size, water jet pressure, abrasive grit size, abrasive material, abrasive flow rate, traverse rate, standoff distance, angle of attack, composition of work piece. The table2 clearly shows the controllable parameters.

Table 2. Controllable parameters

Parameters	Level 1	Level 2	Level 3
Stand of distance(mm)	2	3	4
Traverse rate(mm/min)	90	100	110
Abrasive flow rate(gm/min)	100	200	300

5.1 RESPONSE FOR INPUT PARAMETERS

From table 3, it can be seen that the highest value is obtained in the 7th row, which is related to optimal process parameters. The optimal parameters are abrasive flow rate 300g/min, feed rate 110 mm/min, an standoff distance 2mm. At these parameters we observe optimum outputs as Surface Roughness 3.9 μm and Circularity 10.101 mm. Figure 4 and 5 clearly shows the test conducted for surface roughness for different input parameters.

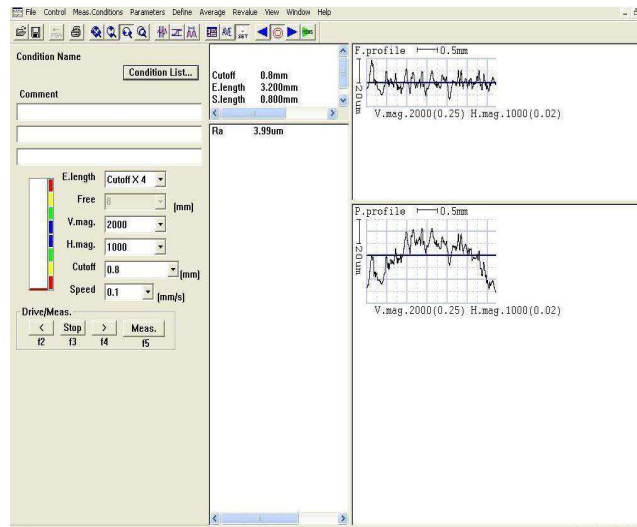


Fig. 4. Test conducted for Surface Roughness(Ra)

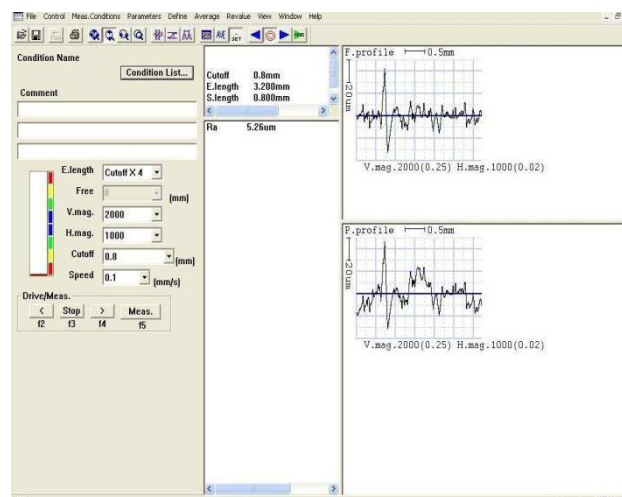


Fig. 5. Test conducted for Surface Roughness(Ra)

Table 3. Response for input parameters

S.No	Stand Of Distance(mm)	Traverse Rate(mm/Min)	Abrasive Flow Rate(Gm/Min)	Surface Roughness - Ra (μm)	Circularity (Mm)
1	2	90	100	6.03	10.033
2	2	90	100	4.49	10.028
3	2	90	100	6.34	10.101
4	2	100	200	5.26	10.064
5	2	100	200	5.69	10.084
6	2	100	200	5.39	10.005
7	2	110	300	3.99	10.101
8	2	110	300	3.23	10.107
9	2	110	300	5.28	10.019
10	3	90	200	2.87	10.119
11	3	90	200	6.18	10.004
12	3	90	200	5.86	10.039
13	3	100	300	4.36	10.074
14	3	100	300	7.13	10.078
15	3	100	300	4.3	10.139
16	3	110	100	5.75	10.14
17	3	110	100	6.6	10.09
18	3	110	100	5.24	10.005
19	4	90	300	6.33	10
20	4	90	300	5.29	10.184
21	4	90	300	5.38	10.229
22	4	100	100	5.02	10.09
23	4	100	100	4.24	10.193
24	4	100	100	5.01	10.167
25	4	110	200	6.69	10.21
26	4	110	200	5.41	10.074
27	4	110	200	4.68	10.193

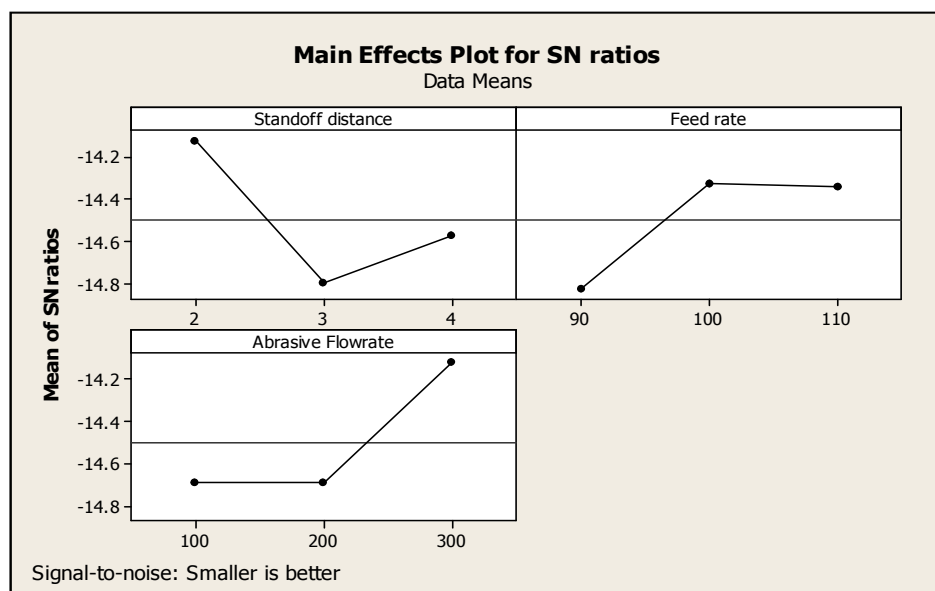


Fig. 6. Main effects plot for SN ratio

Figure 6 clearly shows the main effects plot for SN ratio for input parameters of 2mm standoff distance feedrate and abrasive flow rate of 110mm/min and 300 g/min respectively. Among 27 different parameters are tested, from that the optimal parameter is obtained are shown in table 4.

Table 4. *Optimal parameters for surface roughness and Circularity*

Sl no	Optimal Input parameters	Corresponding output parameters
1	Standoff distance: 2mm Feed rate: 110mm/min Abrasive flow rate: 300g/min	Surface roughness: 3.99 μ m Circularity: 10.101mm

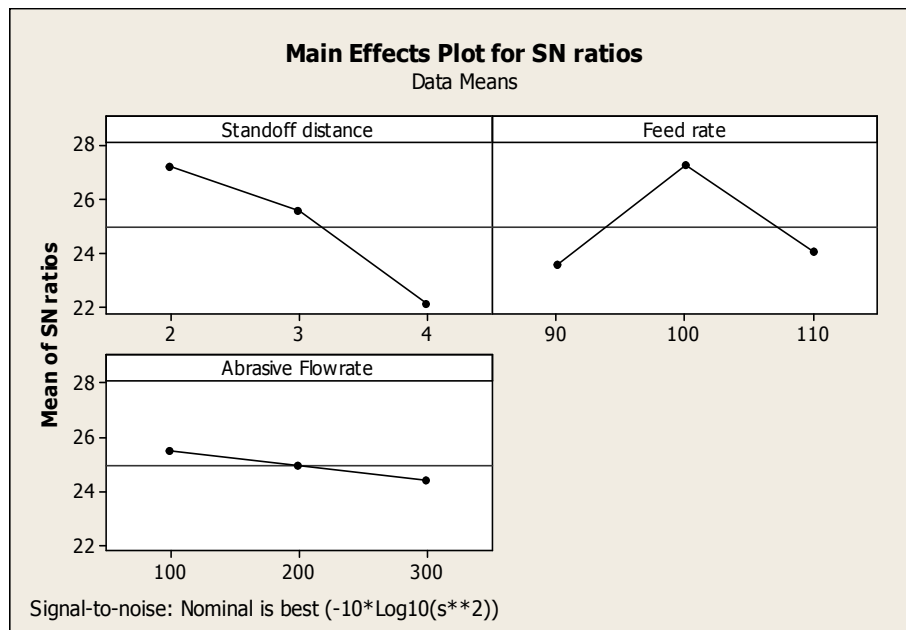


Fig. 7. *Main effects plot for SN ratio*

Figure 7 clearly shows the main effects plot for SN ratio for input parameters of 2mm standoff distance feedrate and abrasive flow rate of 100mm/min and 200 g/min respectively. Among 27 different parameters are tested, from that the optimal parameter is obtained are shown in table 5.

Table 5. *Optimal parameters for surface roughness and Circularity*

Sl no	Optimal Input parameters	Corresponding output parameters
1	Standoff distance: 2mm Feed rate: 100mm/min Abrasive flow rate: 200g/min	Surface roughness: 5.26 μ m Circularity: 10.064mm

6 CONCLUSION

The optimal parameter values with respect to surface roughness are abrasive flow rate at 200gm/min, Feed rate at 110mm/min and standoff distance at 2mm. At these parameters the values of Surface roughness and circularity are 3.99 μ m and 10.101mm respectively. The optimal parameter values with respect to circularity are abrasive flow rate at 200gm/min, Feed rate at 100mm/min and standoff distance at 2mm. At these parameters the values of Surface roughness and circularity are 5.26 μ m and 10.064mm respectively.

REFERENCES

- [1] M.Sreenivasa Rao, S.Ravinder and A. Seshu Kumar Ć “Parametric Optimization of Abrasive Water jet Machining for Mild Steel: Taguchi Approach” International Journal of Current Engineering and Technology (2014) E-ISSN 2277 – 4106, P-ISSN 2347 – 5161
- [2] B. Satyanarayana, G. Srikar “optimization of abrasive water jet machining process Parameters using taguchi grey relational analysis(TGRA)” Proceedings of 13th IRF International Conference, 20th July-2014, Pune, India, ISBN: 978-93-84209-37-7
- [3] Alberdi & A. Rivero & L. N. López de Lacalle & I. Etxeberria & A. Suárez “Effect of process parameter on the kerf geometry in abrasive water jet milling” Int J Adv Manuf Technol (2010) 51:467–480
- [4] Ulas, C, aydas, Ahmet Hasc,alık “A study on surface roughness in abrasive water jet machining process using artificial neural networks and regression analysis method” journal of materials processing technology 202 (2008) 574–582
- [5] J. John Rozario Jegaraj, N. Ramesh Babu “A strategy for efficient and quality drilling of materials with abrasive water jets considering the variation in orifice and focusing nozzle diameter” International Journal of Machine Tools & Manufacture 45 (2005) 1443–1450
- [6] Adnan Akkurt a, Mustafa Kemal Kulekci b,Ulvi Seker c, Fevzi Ercan d “Effect of feed rate on surface roughness in abrasive water jet drilling applications” Journal of Materials Processing Technology 147 (2004) 389–396.
- [7] M. Hashish, “A modeling study of metal cutting with abrasive water jets”, ASME J. Eng. Mater. Tech. 106 (1984) pp 88–100. Hashish, “An investigation of milling with abrasivewaterjets”, ASME J. Eng. Ind. 111 (1989) 158–166.
- [8] J. John Rozario Jegaraj, N. Ramesh Babu, “A soft computing approach for controlling the quality of cut with abrasive waterjet cutting system experiencing orifice and focusing tube wear”, Journal of Materials Processing Technology 185 (2007) pp 217–227.
- [9] S. Naveen & Aslam A. Hirani, “Design & Fabrication of Abrasive Jet Machining”, International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD) ISSN(P): 2249-6890; ISSN(E):2249-8001 (2014) pp.55-62
- [10] Koenig W., Wulf Ch., Grass P. and Willerscheid H. “Machining of fibre reinforced plastics”, Annals of CIRP, Vol. 34, No. 2, 1985.
- [11] Wei-Chung Weng, Fan Yang, Atef Z. Elsherbeni, “Linear Antenna Array Synthesis Using Taguchi’s Method: A Novel Optimization Technique in Electromagnetics”, Ieee Transactions On Antennas And Propagation, (2007) pp 723-730.
- [12] Singh P.J., Chen W. L., Munoz J. “Comprehensive evaluation of abrasive water jet cut surface quality”, in Proceedings of the 6th American Water Jet Conference, Houston, USA, 1991.
- [13] Ramulu M., Arola D. “The influence of abrasive water jet cutting conditions on the surface quality of graphite/epoxy laminates”, International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 34, No. 3, 1994.
- [14] Siddiqui T.U., Shukla M., Tambe, P.B. “Optimization of surface finish in abrasive water jet cutting of Kevlar composites using hybrid Taguchi and response surface method”, International Journal of Machining and Machinability of Materials, Vol. 3, 2008.
- [15] Yu Zhong, “A Study of the Cutting Performance in Multipass Abrasive Waterjet Machining of Alumina Ceramics with Controlled Nozzle Oscillation”, Master Thesis, School of Mechanical and Manufacturing Engineering, The University of New South Wales, 2008.

Studies on weldment structure in Ti/Al dissimilar metal joints using Laser beam welding

K. Kalaiselvan¹, A. Elango², and NM. Nagarajan³

¹Department of Mechanical Engineering,
Meenakshi Ramasamy Engineering College,
Ariyalur, Tamilnadu, India

²Vice Principal,
Alagappa Chettiyar College of Engineering and Technology,
Karaikudi, Tamilnadu, India

³Professor (Retd),
Department of Mechanical Engineering,
National Institute of Technology,
Calicut, Kerala, India

Copyright © 2016 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: Laser beam welding is a non-conventional welding process with high applicability to produce quality welds. An attempt is made to weld Ti6AL4V (Ti) and AA2024 (Al) dissimilar sheet metal joints and studies have been made to analyze the structure in the weldment. Structural studies such as macrostructure and micro studies are undertaken. The extend of a metal mix in the fusion zone is also studied using Energy Dispersive Spectroscopy (EDS). Micro studies using Scanning Electron Microscope (SEM) reveal that higher weld speed brings grain refinement leading to the enhanced strength. SEM and EDS analysis further reveal that laser beam focusing from Ti side instead of Al side brings good quality weldment.

KEYWORDS: Laser beam welding; Ti/Al; Weldment structure; SEM; EDS.

1 INTRODUCTION

Laser beam welding (LBW) is a new generation welding process, widely adopted for joining sheet metals due to high energy density, focalization, deep penetration, high efficiency and strong applicability. Applications include aviation and space flights, automobile, microelectronics, light industry, medical treatment and nuclear industry [1-4]. As laser welding is fast in operation, larger temperature distribution appears around the weld. Also residual stress and deformation appear in the post welding structure. These are important factors, influencing the quality of welding structure and the usable capability. Understanding heat transfer in welding is essential to analyze the mechanical properties of welding and microstructure for obtaining good quality weld. LBW is used for welding steel, copper, titanium and magnesium alloys [5-14]. Also, it is used for welding dissimilar metals [15-18].

Many variables such as laser power, welding speed, focusing distance and types of shielding gas are important to analyze the heat and mass flow in the weldment. These factors are necessary to analyze the depth of penetration, shape and microstructure [19-21]. The present investigation is carried out to study the effect of weld speeds on structure and properties of fusion zone (FZ), heat affected zone (HAZ) and base metal (BM). Also proper mixing of dissimilar metals namely Ti6AL4VA (Ti) and AA2024 (Al) in the fusion zone has been investigated using Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) attached with Scanning Electron Microscope (SEM).

2 EXPERIMENTAL DETAILS

For the investigation, Ti and Al alloy sheets are taken and cut to the size of 150 x 75 x 1mm. Laser beam welding is carried out using Nd: YAG Pulsed laser welding unit and is shown in Fig. 1. The parameters used for the investigation are as follows: Energy: 25J; Laser focus distance: 200mm; gas flow rate: 10 lit/min and Pulse rate: 25Hz. The chemical compositions of parent metals on the weight basis are as follows. Ti alloy sheet (Ti6Al4V): Al 5.5-6.75%; V 3.3-4.5%; remaining Ti. Al alloy sheet (AA2024): Cu 3.8-5.0%; Mg 0.2-0.8%; Mn 0.3-1.2%; Si 0.5-1.2% and remaining Al.



Fig. 1. Laser beam welding unit

Before welding, Ti and Al sheets are kept together on a workstation with a gap of 0.1mm and rigidly fixed using backup plates as shown in Fig. 2. The laser beam is focused both from Ti and Al side with offset distance of 0.3mm being thin sheet. Laser offset distance has a great influence on the formation of joints. To study the structure variation using offset distance focusing from Ti as well as Al sides. Welded joints are made by varying the speed from 200mm/min to 240mm/min with an interval of 10mm/min.

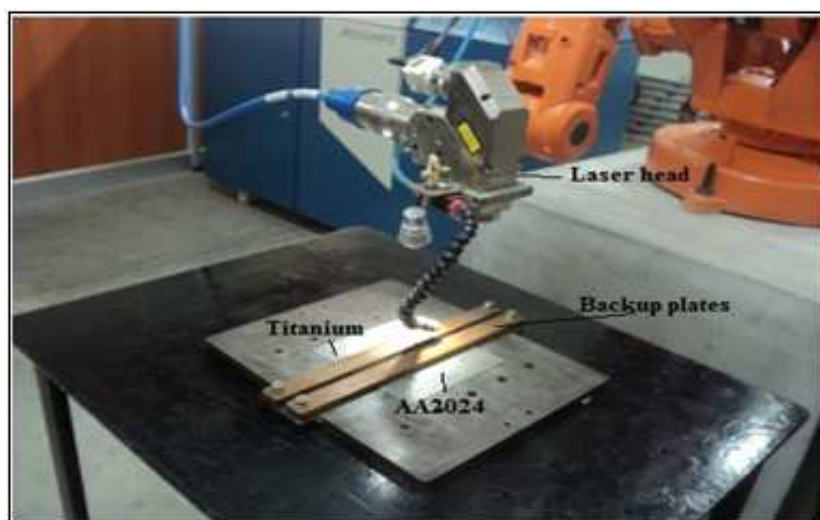


Fig. 2. Clamping device with backup plates

The parameters investigated are macrostructure and microstructure of weldment using Scanning Electron Microscope (SEM) as shown in Fig. 3. Also, EDS is used to find the chemical composition of fusion zone at 240mm/min.



Fig. 3. Hitachi SU6600 Scanning Electron Microscope

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

Several tests have been carried using laser beam focusing both from Ti and Al sides, to study the macrostructure, microstructure and EDS on weldments and the results are reported.

3.1 MACROSTRUCTURE

Macrostructure study is taken to check the surface morphology of weldments including defects. Being thin sheets, only top sides are welded at various speeds. The macrostructure views of top weldment surface for three speeds are given in Fig. 4(a) and 4(b) represents the bottom views. From the figures, it is found that laser beam welding produces good welds without defects on a macro scale, and distortion is not seen even by varying the weld speed. Hence, it is clear that laser welding is very much suitable for Ti/Al dissimilar thin sheet joints.

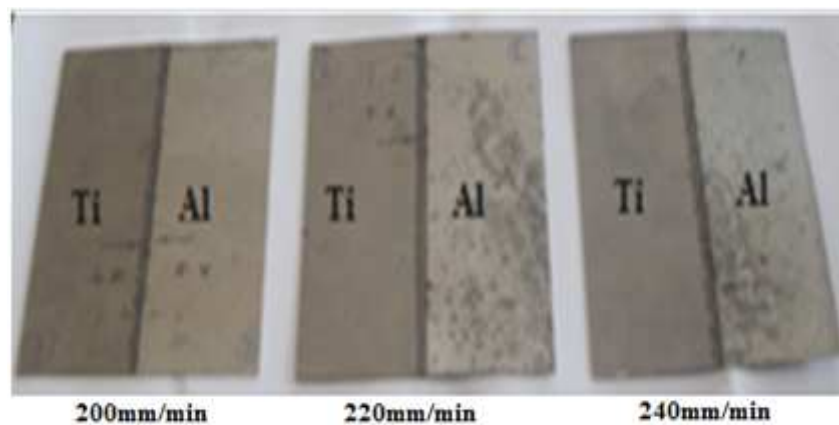


Fig. 4(a). Macrostructure of welds on top side

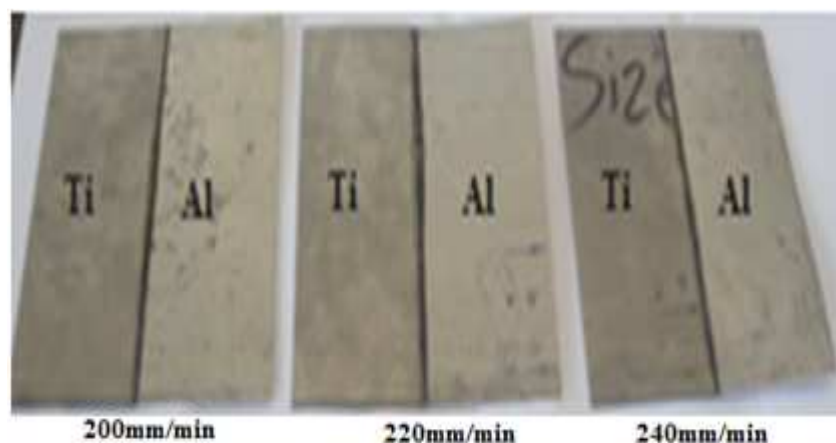


Fig. 4(b). Macrostructure of welds on bottom side

3.2 MICROSTRUCTURE

The effect of weld speeds on microstructure at various zones of weldments has been studied. The various zones such as Fusion Zone (FZ), Heat Affected Zone (HAZ) and Base Metal Zone (BM) are identified and are shown in Fig. 5.



Fig. 5. Various zone at weldment both Ti/Al sides

3.2.1 LASER BEAM FOCUSED FROM Ti SIDE:

The laser beam is focused from Ti side at an offset distance of 0.3mm and the structure distribution at various weld speeds such as 200mm/min, 220mm/min and 240mm/min are discussed. Fig. 6 shows the SEM microstructure of various zones at 200mm/min. In the present study, the magnification of all figures is maintained at 5000 (X5000). Due to higher heat concentration on fusion zone at low speed, the rapid metal transfer is seen from Al side resulting. However, coarse grains are seen in HAZ of Ti indicating higher heat addition.

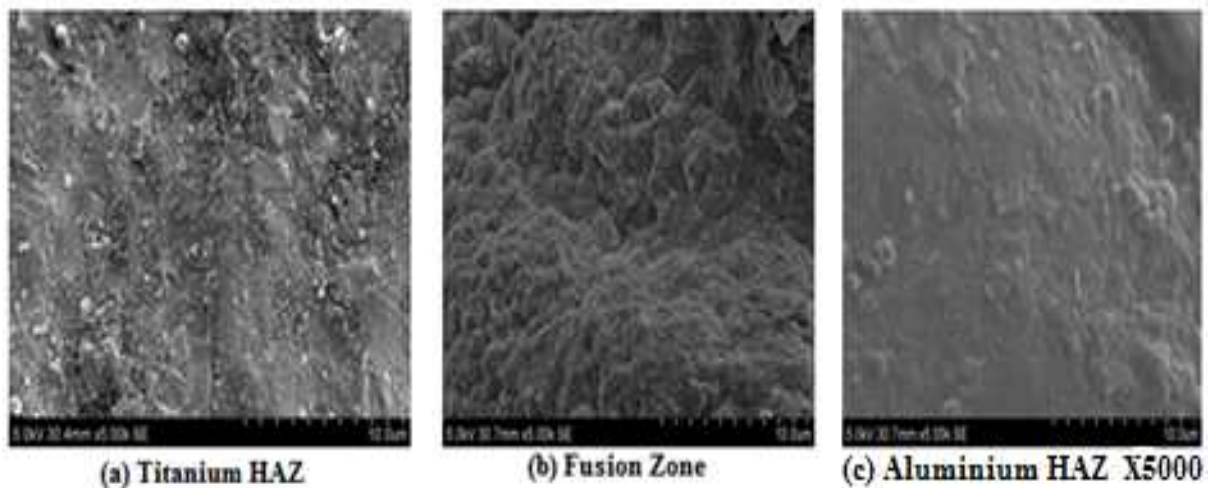


Fig. 6. Microstructure at 200mm/min, laser beam focused from Ti side (a) Ti HAZ, (b) Fusion Zone and (c) Al HAZ

The grain structures are changed to smooth texture at the speed of 220mm/min that is evident as seen in Fig. 7(a), (b) and (c). The heat energy is focused from Ti side, and the FZ may be attributed to the alternation of metal flow. This depends on the welding speed and would be an important factor affecting the evolution process of microstructure in dissimilar joints produced by laser beam welding.

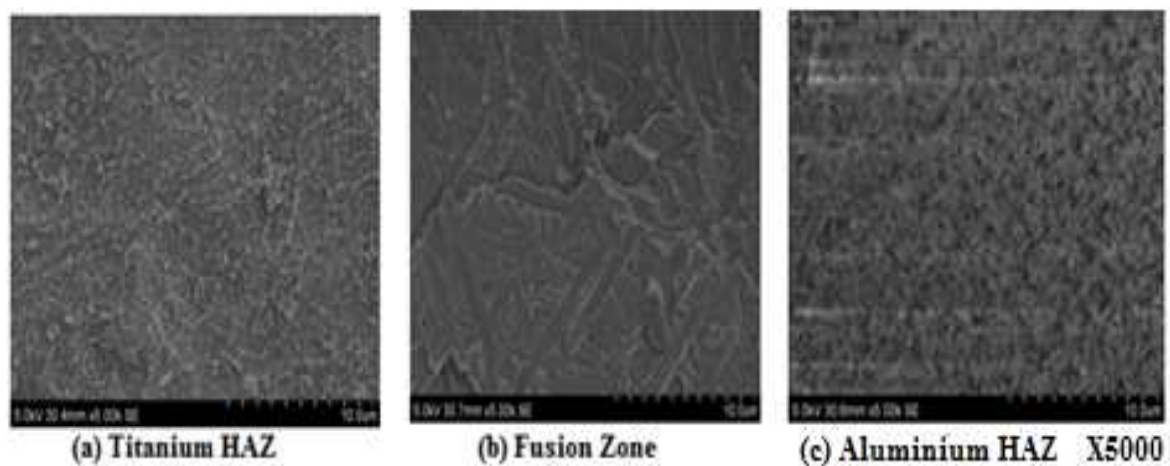


Fig. 7. Microstructure at 220mm/min, laser beam focused from Ti side (a) Ti HAZ, (b) Fusion Zone and (c) Al HAZ

Fig. 8 (a), (b) and (c) represents typical microstructures observed in the weld joint at a welding speed of 240mm/min. The microstructure of Ti alloy HAZ is seen elongated grains with a random distribution. However, smooth texture is maintained in HAZ of Al. In welding finer and homogeneous distribution of particles are noted in fusion zone. Comparing to 200mm/min and 220mm/min speed, it gives better grain structure in fusion zone. Hence, the structure in weldment is better than at lower weld speeds.

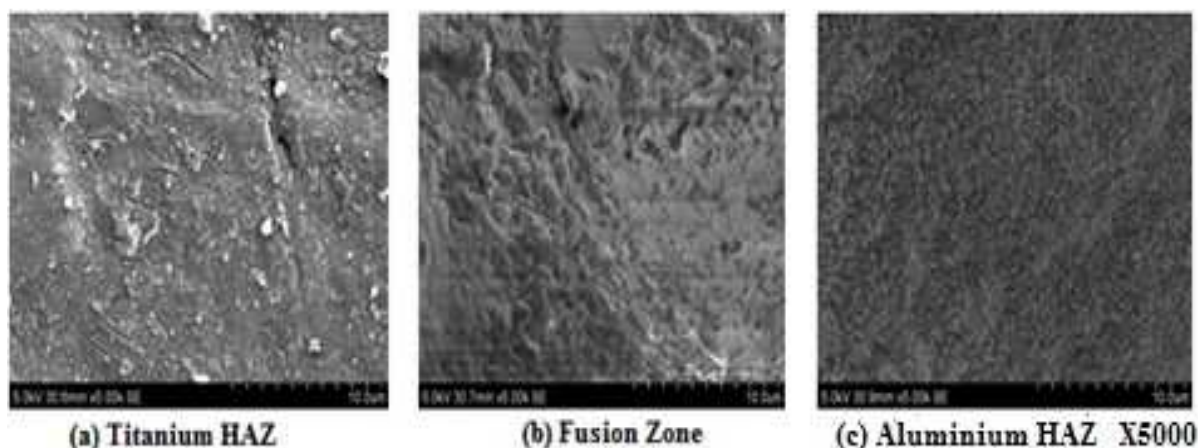


Fig. 8. Microstructure at 240mm/min, laser beam focused from Ti side (a) Ti HAZ, (b) Fusion Zone and (c) Al HAZ

3.2.2 LASER BEAM FOCUSED FROM AL SIDE

The changes of structure focused from Al side have been studied after focusing from Ti side for comparison. The laser beam is focused from Al side with an offset distance of 0.3mm, and the microstructure changes are observed at weld speeds 200mm/min, 220mm/min and 240mm/min. The grains structure at weld speed 200mm/min is shown in Fig. 9 (a), (b) and (c). Due to higher heat input associated with lower welding speed, the HAZ close to fusion zone are noted as below.

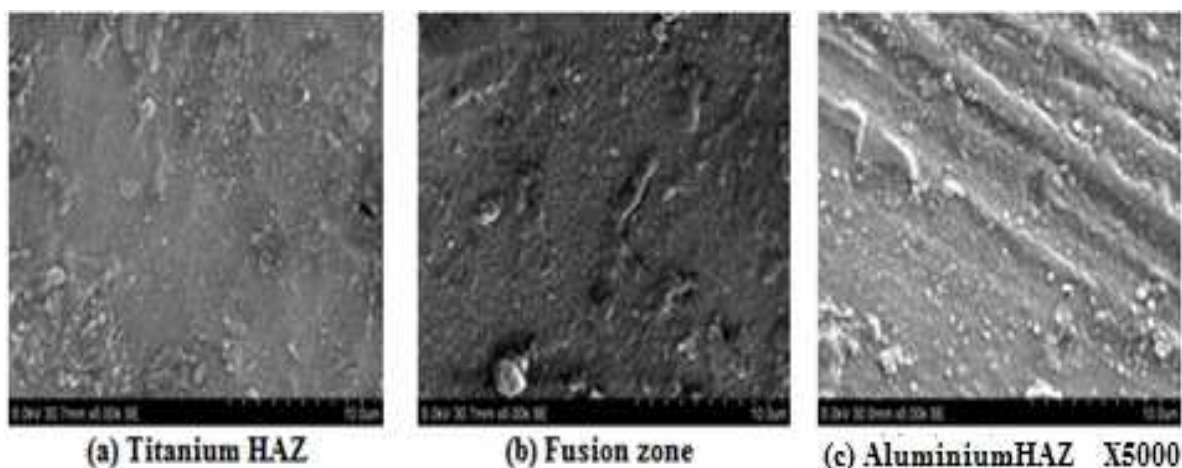


Fig. 9. Microstructure at 200mm/min, laser beam focused from Al side (a) Ti HAZ, (b) Fusion Zone and (c) Al HAZ

The interlaced structure is formed both in Ti and Al HAZ side, and it shows that the dissimilar sheets are bonded together. Fig. 10(a), (b) and (c) show the structural changes at weld speed 220mm/min coarse grains are seen at fusion zone.

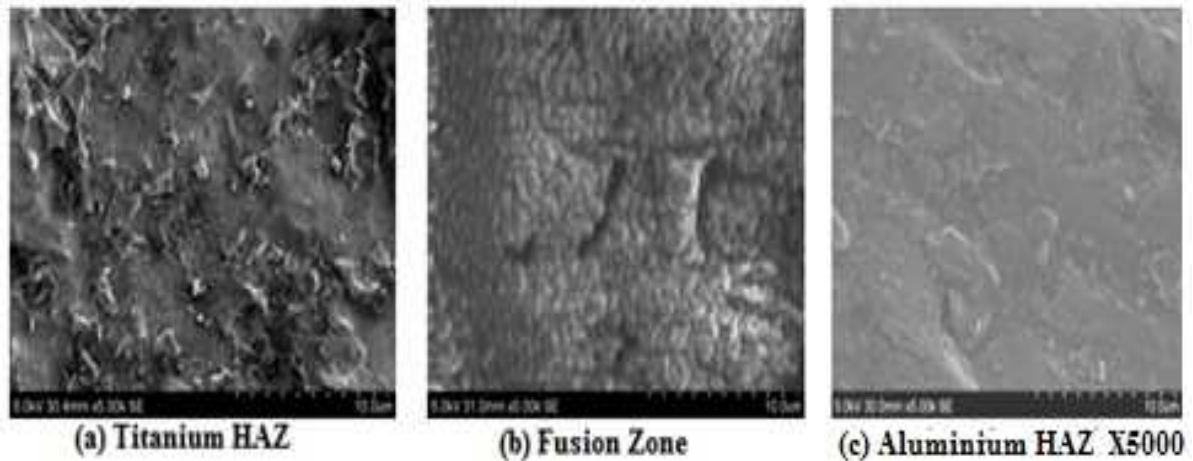


Fig.10. Microstructure at 220mm/min, laser beam focused from Al side (a) Ti HAZ, (b) Fusion Zone and (c) Al HAZ

Fig. 11 (a), (b) and (c) show the structures at the speed of 240mm/min. While comparing with fusion zone at 220mm/min, the fusion zone at 240mm/min gives coarse grains with bigger size indicating low strength at the fusion zone. Hence, it is concluded that laser beam is focusing from Ti side gives finer grain comparing with Al side indicating better mechanical properties.

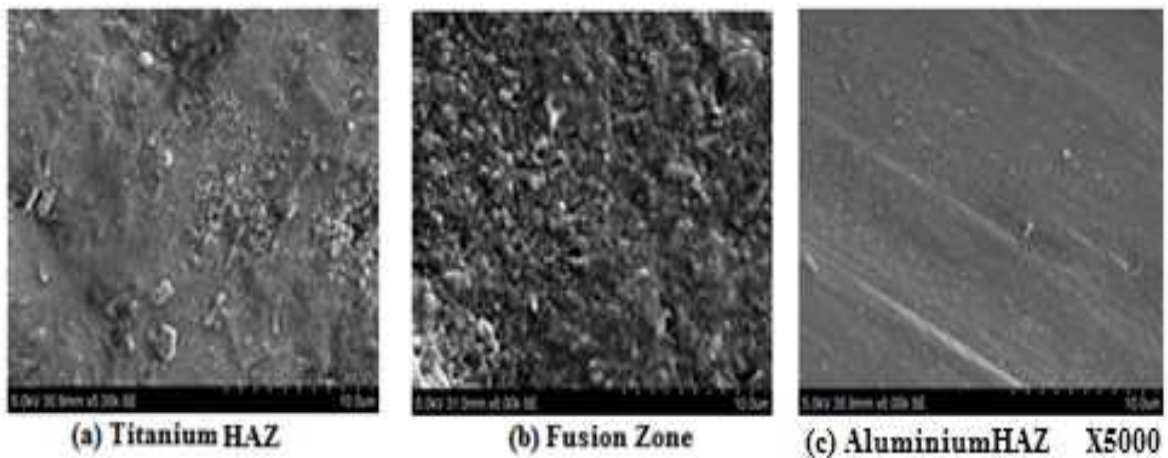


Fig. 11 Microstructure at 240mm/min laser beam focused from Al side (a) Ti HAZ, (b) Fusion Zone and (c) Al HAZ

3.3 ENERGY DISPERSIVE SPECTROSCOPY (EDS) ANALYSIS

In Ti/Al dissimilar welding an attempt is made to evaluate the mixing of the alloys in fusion zone, the laser beam is focusing on both Ti side as well as Al side at one particular welding speed. The optimum speed in the particular work is noted as 240mm/min, being the highest speed available in the LBW machine. The chemical composition of fusion zone at the optimum speed is found using Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) analysis. The results of EDS data obtained by focusing laser beam from Ti side is given in Table 1 along with corresponding photo image in Fig. 12.

Table.1 Spectrum Processing of fusion zone at 240mm/min, laser beam focused from Ti side

Element	Series	Weight%	Atomic
Mg	K series	10.22	12.53
Al	K series	67.12	74.17
Ti	K series	16.13	10.04
V	K series	1.64	0.96
Cu	K series	4.88	2.29
Total 100%			

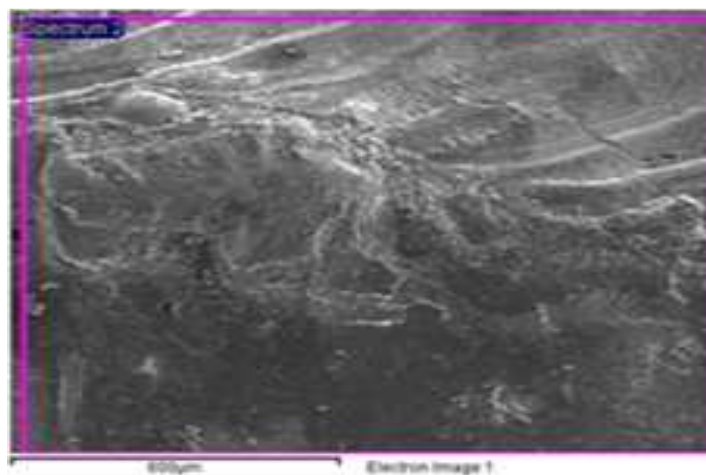


Fig. 12. EDS Fusion Zone image at 240mm/min, laser beam focused from Ti side

Similarly, the spectrum processing data obtained by focusing laser beam from Al side is given in Table 2 with corresponding spectrum image at 240mm/min weld speed, given in Fig. 13. While comparing with laser beam focusing from Ti side, Al side focus (Table 2) gives more amount of Al deposition 80.91% infusion zone and less amount of Ti 4.76%. In the case of focusing on Ti side, Al deposition is 67.12% (Table 1) and Ti-16.13%. The EDS image gives a smooth appearance at the weld zone as per Fig. 12 whereas in Fig. 13, due to the heavy mass flow of Al, pores are seen along with smooth texture.

Table.2 Spectrum Processing of fusion zone at 240mm/min laser beam focused from Al side

Element	Series	Weight%	Atomic
M _g	K series	6.40	7.55
Al	K series	80.91	85.96
T _i	K series	4.76	2.85
V	K series	0.63	0.35
C _u	K series	7.31	3.30
Total 100%			

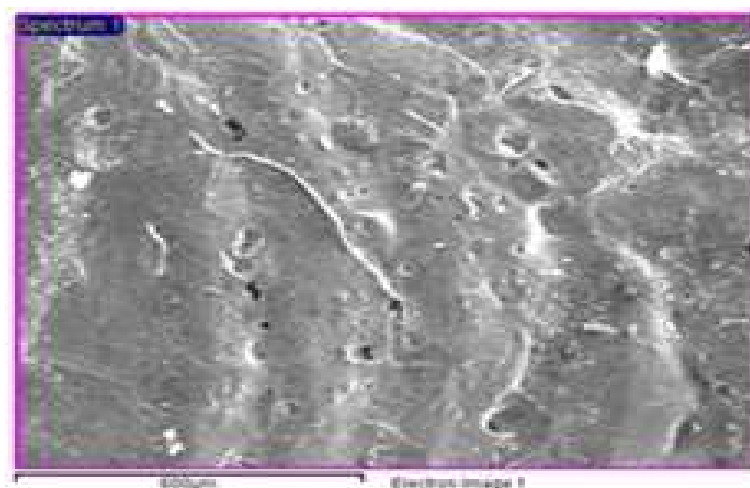


Fig. 13. EDS fusion zone image at 240mm/min, laser beam focused from Al side

Spectrum Table 2 indicates that Al content is enhanced to 80.91% whereas Ti content is reduced to 4.76% that may cause the lower strength of joint. Hence focusing on Ti side is suggested to get a high-Ti percentage, which in turn produce good strength in the joint.

4 CONCLUSIONS

Based on Macrostructure, SEM and EDS findings, the following are the conclusions:

1. Macrostructure analysis reveals that laser beam welding is a good choice suitable for Ti/Al dissimilar thin sheet joints without distortion at any welding speed within a range of 200mm/min to 240mm/min.
2. SEM analysis reveals that the weldment structure is much better at 240mm/min comparing with low welding speeds.
3. During welding laser beam focusing from Ti, side brings grain refinement compared with Al side, resulting higher mechanical properties.
4. EDS analysis specifically reveals that mass transfer of Ti is more by Laser beam focusing from Ti side indicating a choice of focusing laser beam from Ti side in dissimilar welding.
5. EDS spectrum also indicates that laser beam is focusing from Al side cause the presence of pores infusion zone supporting the choice of directing welding laser beam focusing from Ti side.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors are grateful to the Centre for Materials Joining & Research (CEMAJOR), Department of Manufacturing Engineering, Annamalai University, Annamalaiagar, Tamil Nadu, India for extending the facilities of Materials Testing Laboratory to carry out this investigation.

REFERENCES

- [1] E. Schubert, M. Klassen, et al. *Journal of Materials Processing Technology*, 115:2, 2001.
- [2] K.H. Rendigs, Aluminium structures used in aerospace — status and prospects, in: J. H. Driver, et al., (Eds.), *Aluminium Alloys: Their Physical and Mechanical Properties*, Part 4/Supplement, 1997, pp. 11–23.
- [3] W.M. Thomas, US Patent 5460317, October 24 (1995).
- [4] C. Leyens and M. Peters, *Titanium and Titanium Alloys; Fundamentals and Applications*, Weinheim, WILEY-VCH GmbH & Co. KGaA, 2003.
- [5] A.K. Lakshminarayanan & V. Balasubramanian & K. Elangovan “Effect of welding processes on tensile properties of AA6061 aluminium alloy joints” *Int J Adv Manuf Technol* (2009) 40:286–296
- [6] Yilbas, B. S., “Parametric Study to Improve Laser Hole Drilling Process”, *Journal of Materials Processing Technology*, 70: 264-273 (1997).
- [7] Bayraktar, E., Kaplan D. and Yilbas, B. S., “Comparative Study: Mechanical and Metallurgical Aspects of Tailored Welded Blanks (TWBs)”, *Journal of Materials Processing Technology*, 204: 440-450 (2008).
- [8] Taskin, M., Caligulu, U. and Kolukisa S., “The Effect of Welding Speed on the Laser Welding of AISI 430 Ferritic Stainless–AISI 1010 Low- Carbon Steel”, *Practical Metallography*, 46(11): 598-608 (2009).
- [9] Han GuoMing, Zhao Jian and Li JianQang, “Dynamic Simulation of the Temperature Feld of Stainless Steel Laser Welding”, *Materials and Design*, 28: 240-245 (2007).
- [10] “Welding, Brazing and Soldering”, *Metals Handbook*, ASM 6: ISBN 0-87170-007 (1993).
- [11] W.Xunhong and W. Kuaishhe: *Mater, Sci, Eng. A* 431 (2006) 114-117.
- [12] H.S park. T. Kimura, T. Murakamic, Y. Naganod, K. Nakata and M, Ushio: *Mater. Sci. Eng. A* 371 (2004) 160-169.
- [13] A.P Reynolds, W. Tang, T. gnaupel-herold and H, Prask *Scripta Materialia* 48 (2003) 1289-1294.
- [14] W. Lee, C.Y, Lee, W.S. Chang, y.M. Yeon, S.B Jung: *Mater.Letters* 59 (2005) 3315-3318.
- [15] J.Ouyang, E. Yarrapareddy and R. Kovacevix: *J.Mater.Process.Technol.* 172 (2006) 110-122.
- [16] H. Uzun, C.D. Donne, A. Aragagnotto, T. Ghidini and C. Gambaro: *Materials & Design* 26 (2005) 41-46.
- [17] J.Yan.Z. Xu, Z.Li, L.Li and Yang: *Scripta Materialia* 53 (2005) 585-589.
- [18] A.C Comasekaran and L.E. Murr: *Mater.Characterization* 52 (2004) 49-64.
- [19] Benyounis, K. Y., Olabi A. G. and Hashmi, M. S. J., “Optimizing the Laser-Welded Butt Joints of Medium Carbon Steel Using RSM”, *Journal of Materials Processing Technology*, 164-165: 986- 989 (2005).
- [20] Sahin, A. Z., Ayar, T., Yilbas, B. S., “Laser Welding of Dissimilar Metals and Efficiency Analysis”, *Lasers in Engineering*, 19(3-4): 139- 152 (2010).
- [21] Yilbas, B. S., Arif, A. F. M., Abdul Alem, B. J., “Laser Welding of Low Carbon Steel and Thermal Stress Analysis”, *Optics & Laser Technology*, 42: 760–768 (2010).

SEM studies on age hardened Laser welded dissimilar Ti/Al sheet metal weldments

K. Kalaiselvan¹, A. Elango², and NM. Nagarajan³

¹Department of Mechanical Engineering,
Meenakshi Ramasamy Engineering College,
Ariyalur, Tamilnadu, India

²Vice Principal,
Alagappa Chettiyar College of Engineering and Technology,
Karaikudi, Tamilnadu, India

³Professor (Retd),
Department of Mechanical Engineering,
National Institute of Technology,
Calicut, Kerala, India

Copyright © 2016 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: Laser beam welding of light weight and high strength Ti and Al alloy is very attractive for aerospace and automotive industries. The development of dissimilar welding is having a bearing on maximum temperature at the weldment and heat transfer rate in heat affected zone. Also grain coarsening may cause if the thermal cycle is not properly checked. For maintaining good mechanical properties of the weld joints, phase transformation during rapid thermal cycles is required. Such cycles occur during welding of Ti/Al sheets and heat treatment after welding. Ti and Al alloys are sensitive to heat due to their high difference in melting temperatures. This may cause changes in microstructures infusion and heat affected zones. The aim of this study is to examine the changes in the microstructures, heat affected zones of the Ti6Al4V (Ti) and AA2024 (Al) alloy thin sheets welded joint using SEM and EDS analysis of different variants before and after precipitation hardening. Test results reveal that laser arc, focusing on Ti side gives better-refined age hardened structure than from Al side, and EDS analysis is also supporting the view.

KEYWORDS: Laser beam welding; Ti; Al/Age hardening; SEM; EDS.

1 INTRODUCTION

Laser Beam Welding (LBW) of Ti/Al dissimilar metal joints is a challenging welding process due to the difference in their melting temperatures and chemical affinity towards oxygen [1-3]. Also high solidification shrinkage, high solubility in molten stage and high thermal conductivity cause reduction in mechanical properties [4, 5].

Nowadays dissimilar weld joints are preferred in industries based on the need of high mechanical properties including high strength [6-11]. The application of such industries is listed as aircraft industries, space vehicles, nuclear, marine and chemical industries based on dissimilar weld joint properties namely good strength, weldability and corrosion resistance [12-16]. Different materials and formation of brittle intermetallic compounds, which have the low melting ability, are the main concerns for obtaining a perfect joint using the conventional welding methods. Ti/Al is widely used in practical, and engineering applications and hence high quality of weldments made from these materials is a challenge. These materials are incompatible metals due to their higher affinity towards oxygen and producing brittle intermetallics in the interfaces [17, 18].

Intermetallic phases infusion zones (FZ) are found redissolved after solution heat treatment, and quenching retains a somewhat supersaturated solid solution in the matrix alloying precipitation hardening to occur upon aging [19]. More solute is available for strengthening in the matrix than the boundaries because the grain interiors in the fusion zone to become more homogeneous with less of a solute gradient. Precipitation hardening to occur, lower ductility at long aging times is needed. A study on FZ and HAZ are essential to produce flawless welding. Immediately after welding many metallurgical changes are taking place in HAZ [20]. The peak temperatures at the fusion and immediate heat transfer to HAZ are having a bearing on weld quality. Also grain coarsening may cause if the thermal cycle is unchecked. Further, Ti and Al alloys used for welding are sensitive to heat due to their high difference in individual melting temperatures. This may cause changes in microstructures infusion and heat affected zones.

Microstructure analysis has been carried out using Scanning Electron Microscope (SEM) to find changes in the different zones in the weldment namely fusion zone, heat affected zone and unaffected zone. Also, Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) device is used to find chemical composition of Ti and Al alloy weldment before and after precipitation hardening. The laser has been carried out at different welding speed.

2 MATERIALS AND METHODS

The materials used in the investigation are Ti and Al alloy sheets of 1.0 mm thickness, 75mm width and 150mm length. In Ti, alloy titanium has above 90% and in Al alloy aluminum has above 92%. Al melting point is 660°C whereas for titanium it is 1668°C. For welding Nd: YAG Pulsed laser welding unit is used with pulse range 20Hz, the pulse width range 8.5ms, focusing length 200mm and gas flow rate 10 lit/min. Dissimilar metal is welded by varying welding speeds such as 200, 210, 220, 230 and 240mm/min. Laser offset distance is kept at 0.3mm focusing from Ti and Al joint interface. Weld joint gap is maintained with 0.1mm and butt joint is made using two jig plates. No edge preparation is carried out before laser welding, and argon gas is used as a shielding gas with a constant flow rate. In particular the Ti-Al dissimilar joints are positioned, and the laser beam is projected from Ti as well as Al side, forming the weld between the two alloys.

After welding, age hardening heat treatment is carried out on the weldment in a heat treatment furnace operating at a temperature of about 600°C as shown in Fig. 1 with capacity 7.5KW and maximum temperature range 1150°C.



Fig. 1. High-temperature furnace

During precipitation heat treatment (Age hardening), the temperature is maintained at 550°C. Welded samples are kept inside, and the thermocouple is used to identify inside temperature of the furnace. After heating, at 550°C for 5 minutes samples are quenched at 27°C for 5 minutes and maintained 24 hours air cooling. The solution heat treatment and aging are carried out for samples welded at speed 200mm/min, 220mm/min and 240mm/min respectively. Only natural age hardening is carried out for all the set of experiments. SEM studies are mainly carried out on very fine precipitates after ageing by increasing the magnification to 10,000 times (X 10000) as these are not identified with an optical microscope. In this investigation, Hitachi SU6600 Scanning Electron Microscope (SEM) is used to study the microstructure of weldment including

FZ, HAZ, and BM zones. Also, Energy-Dispersive Spectroscopy (EDS) attached with SEM is utilized to find out the chemical composition of elements present in the weld dissimilar metals.

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 MICROSTRUCTURE ANALYSIS

The SEM analysis on weldment for weld speed from 200mm/min, 220mm/min and 240mm/min are reported in the investigation. Fig. 2(a) shows the microstructure of the base metal Ti alloy sheet and 2(b) shows the micro structure of the Al sheet base metal with X 10000 magnification.

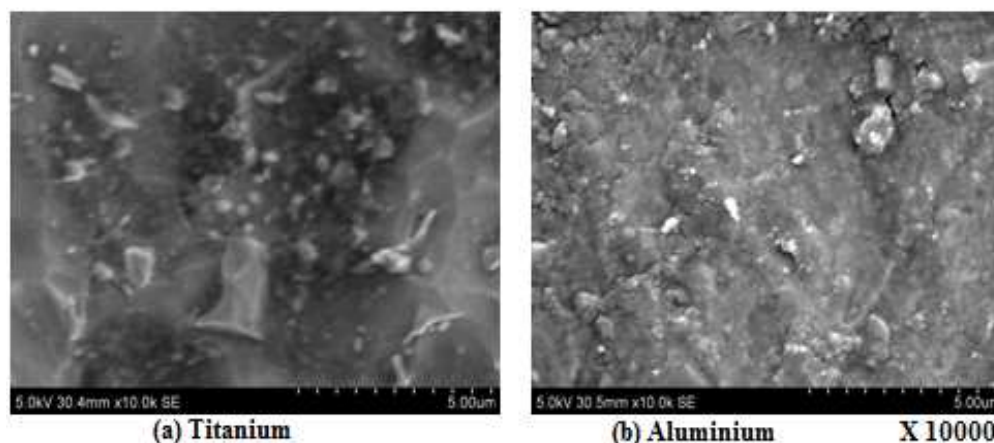


Fig. 2. Base metal microstructure (a) Ti and (b) Al

3.1.1 LASER BEAM FOCUSED FROM TI SIDE

By keeping offset distance of 0.3mm laser is focused from Ti side. The microstructure taken on HAZ of Ti side before and after precipitation hardening heat treatment is given in Fig. 3(a) and (b) respectively with weld speed of 200mm/min. The structure is similar to the base metal with the slightly difference in contrast on before precipitation. Dark dots are present on after precipitation. The magnification X 10000 is maintained in all zones observed. The fusion zone microstructures are shown Fig. 3(c) and (d), after heating the weldment at 550°C being the solution treatment temperature. The structure after heat treatment clearly shows refined grain structure as present in Fig. 3(d).

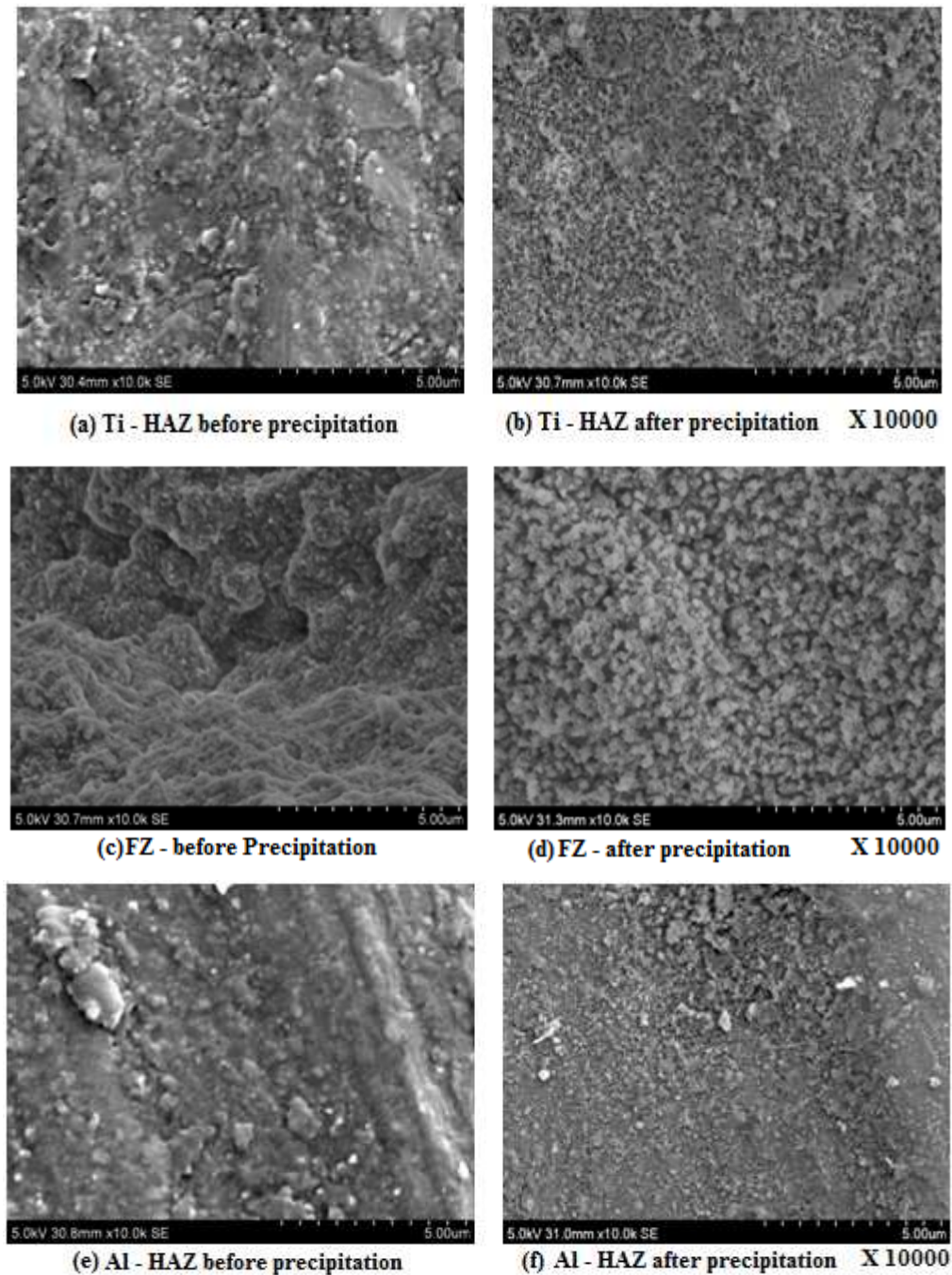


Fig. 3 Microstructure at 200mm/min from Ti side (a) Ti – HAZ before precipitation (b) Ti – HAZ after precipitation (c) FZ – before precipitation (d) FZ – after precipitation (e) Al- HAZ before precipitation (f) Al – HAZ after precipitation

Similarly Fig. 3(e) and (f) represent HAZ taken on Al sheet side. Heat treated Al as per Fig. 3(f) reveals very fine grains, which may have the bearing on strong weldment.

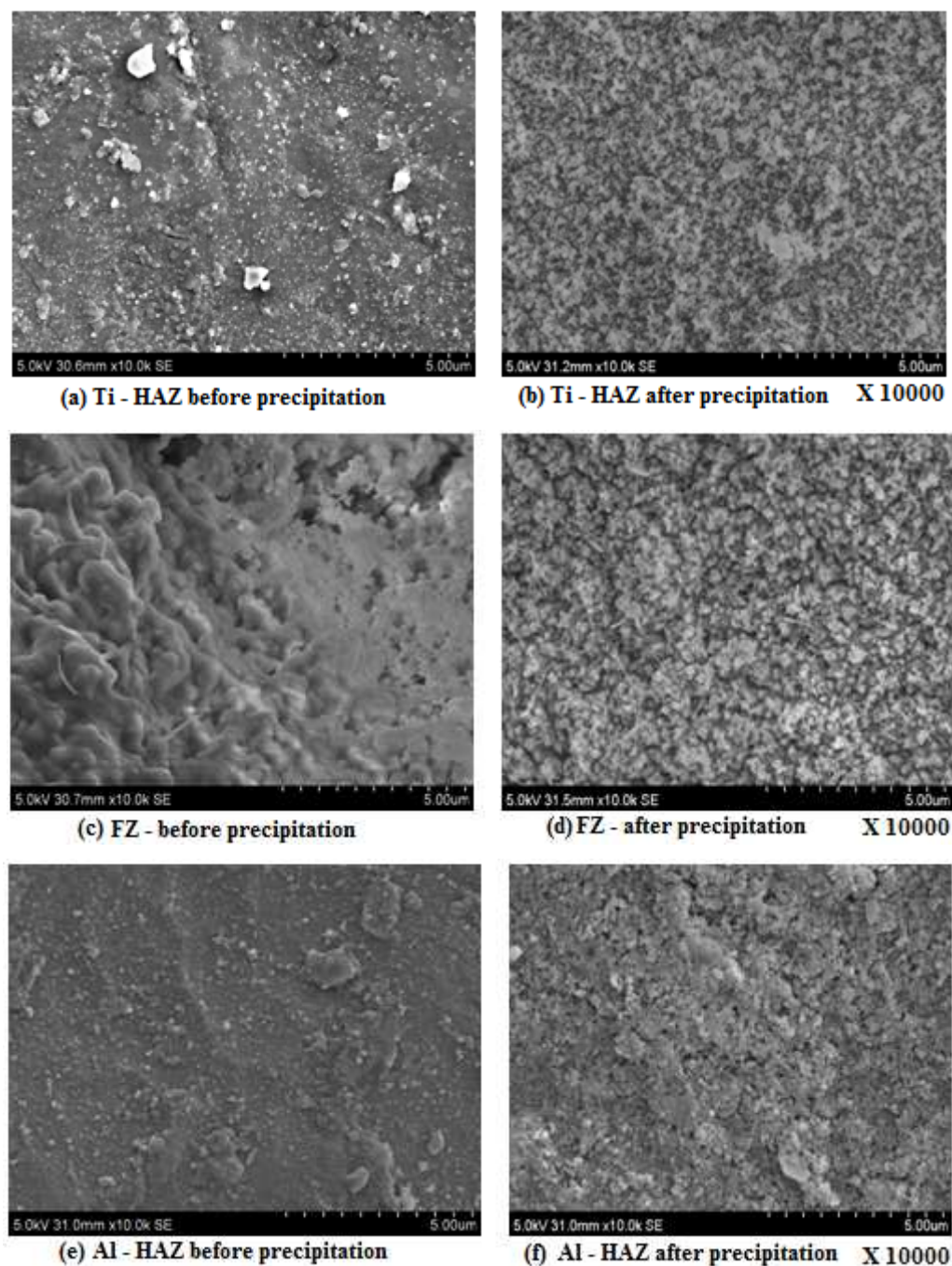


Fig. 4. Microstructure at 240mm/min from Ti side (a) Ti – HAZ before precipitation (b) Ti – HAZ after precipitation (c) FZ before precipitation (d) FZ after precipitation (e) Al- HAZ before precipitation (f) Al – HAZ after precipitation

By increasing the weld of 240mm/min, the structures have been further refined after heat treatment as seen in Fig. 4(b), (d) and (f) in the heat affected and fusion zones.

3.1.2 LASER BEAM FOCUSED FROM AL SIDE

The laser beam is focused from Al side, and the details of the structure are given in Fig 5(a) and (b). It is found that at welding speed 200mm/min heat concentration is more due to slow speed that result in partial grain coarsening. From the Fig. 5(c), it is observed that grain coarsening is resulted due to lower welding speed in the fusion zone. However after heat treatment the grains on refined as shown in Fig. 5(d). Fig. 5(e) and (f) refer SEM pictures before and after precipitation

hardening. Grain refining is observed in both the cases. Also, interlaced structure is formed, and it shows that the dissimilar sheets are bonded well.

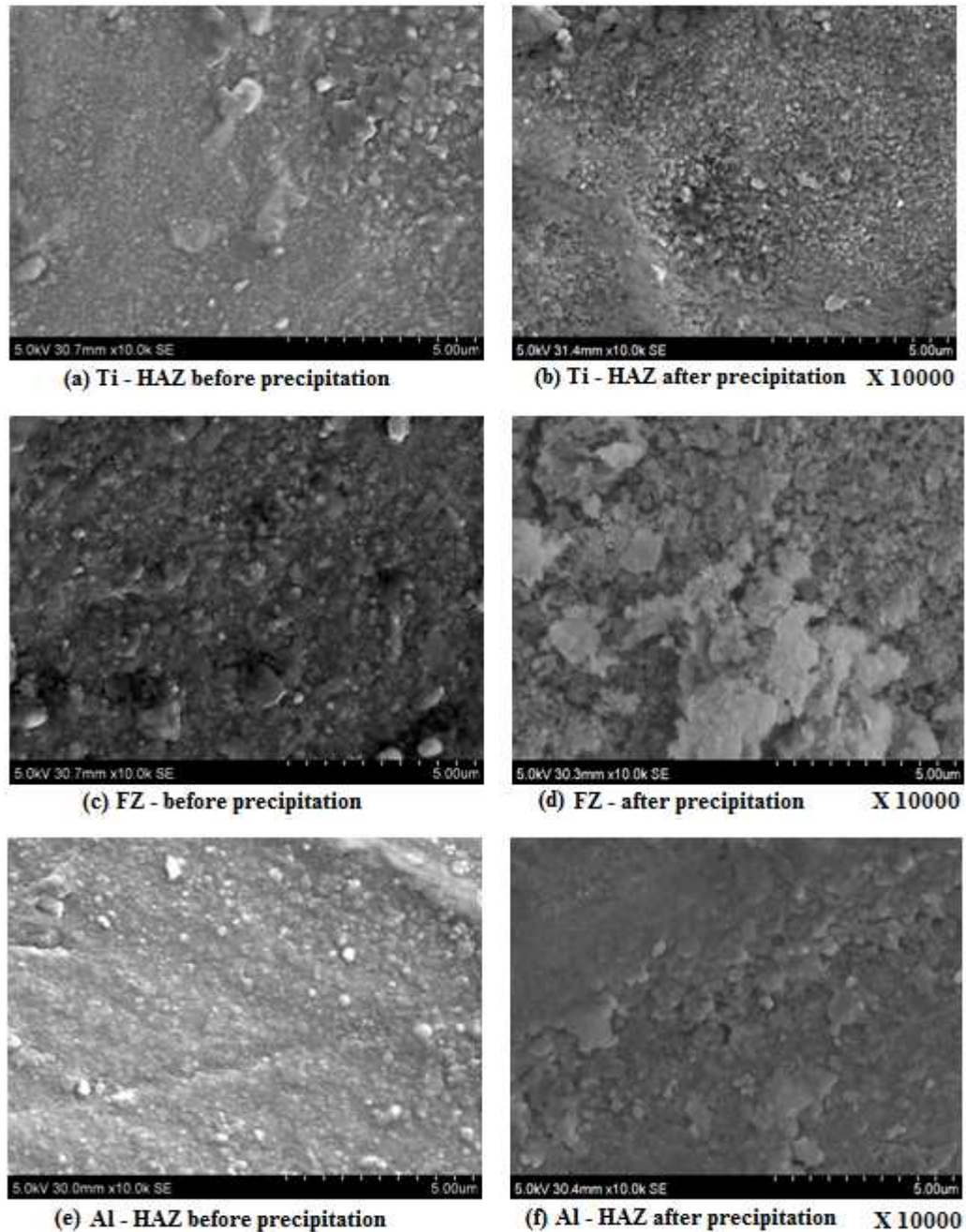


Fig. 5. Microstructure at 200mm/min from aluminium side (a) Ti – HAZ before precipitation (b) Ti – HAZ after precipitation (c) FZ – before precipitation (d) FZ – after precipitation (e) Al- HAZ before precipitation (f) Al – HAZ after precipitation.

Fig. 6(a) and (b) show fine grain structures at the speed of 240mm/min. Grain size decreases with increasing speed having a periodic change of grain size. Comparing to laser source focused from Ti side, Al side grain structures are uniformly distributed and are smooth in texture.

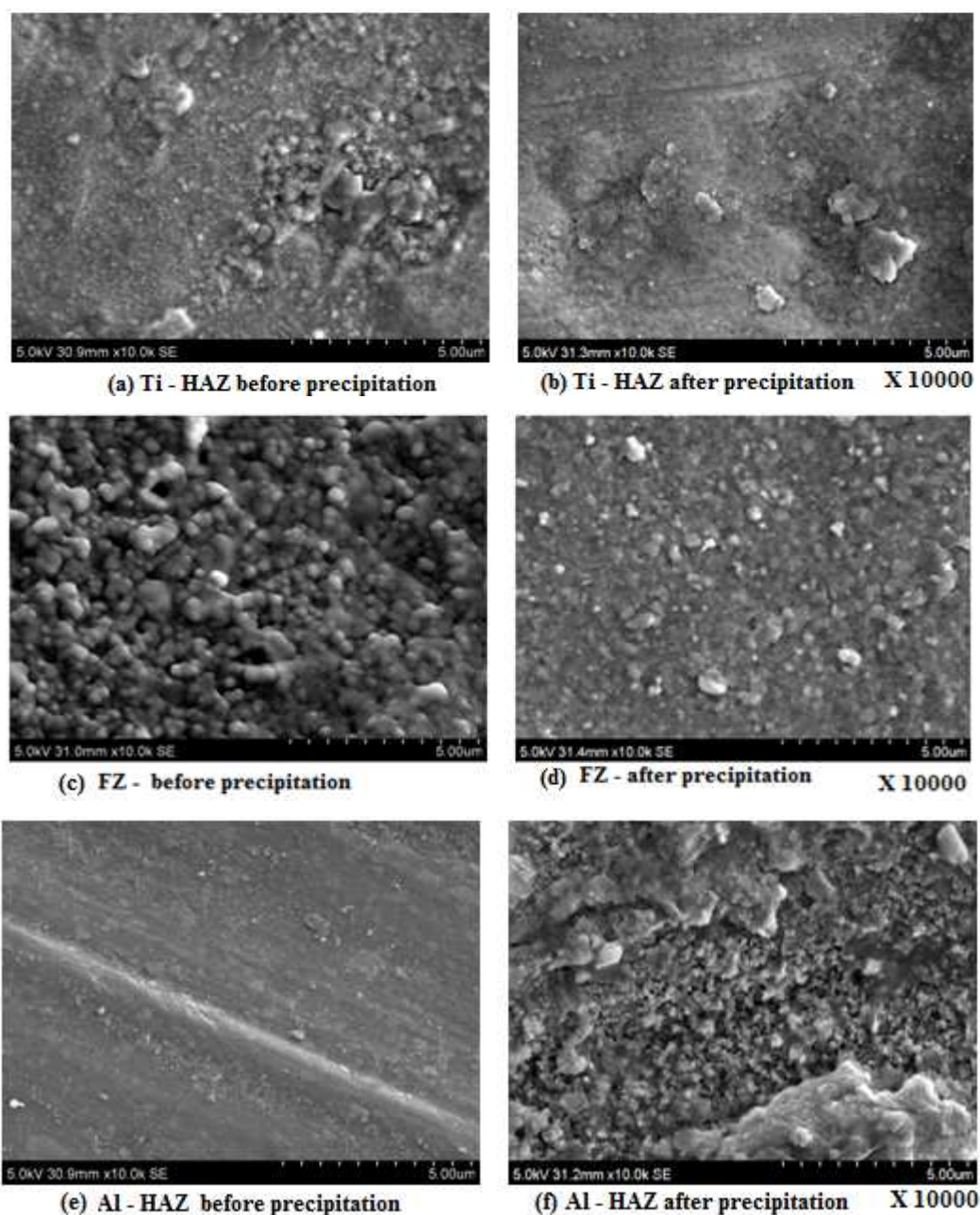


Fig. 6 .Microstructure at 240mm/min from aluminium side (a) Ti – HAZ before precipitation (b) Ti – HAZ after precipitation (c) FZ before precipitation (d) FZ after precipitation (e) Al- HAZ before precipitation (f) Al – HAZ after precipitation

During precipitation, hardening fusion zone provides sufficient amounts of grain-refining elements to effect grain refinement. These elements act as nucleation sites during quenching resulting in fine grain size. It is likely that fluctuation of the cyclic changes in growth rate at the interface producing bands of different grain sizes as shown in Fig. 6(c) and (d) before and after precipitation. Further in Fig. 6(e) and (f) there is no coarse-grained structure seen in HAZ. In a similar way, no refined size is observed at 240mm/min weld speed. Here it is clear that focusing the laser beam from Ti side gives well-refined grain structure leading to better mechanical properties.

3.2 ENERGY DISPERSIVE SPECTROSCOPY (EDS) ANALYSIS

Fusion zone microstructure is influencing considerably the properties at the welding zone. The best sample at the speed of 240mm/min formed at Ti side is examined by (EDS) before and after precipitation hardening and is shown in Fig. 7(i) and (ii). Table 1 and 2 shows the composition of fusion zone and the laser offset distance is focused from Ti side.

Table 1 Spectrum Processing: Fusion zone at 240mm/min from Ti side before precipitation hardening.

Element	Series	Weight%	Atomic
M _g	K series	10.22	12.53
Al	K series	67.12	74.17
Ti	K series	16.13	10.04
V	K series	1.64	0.96
C _u	K series	4.88	2.29
Total 100%			

Table 2 Spectrum Processing: Fusion zone at 240mm/min from Ti side after precipitation hardening.

Element	Series	Weight%	Atomic
M _g	K series	5.62	6.78
Al	K series	77.97	84.75
Ti	K series	4.98	3.05
Mn	K series	2.02	1.08
C _u	K series	9.41	4.34
Total 100%			

The heat source is focused from Ti side, and percentage of Al is found to be 67.12% and 16.13% Ti as major components in fusion zone before precipitation hardening. After precipitation treatment, Al is found to be 77.97% and Ti 4.98% as major components. Hence after heat treatment the amount of Al presence is more resulting in the quality weldment.

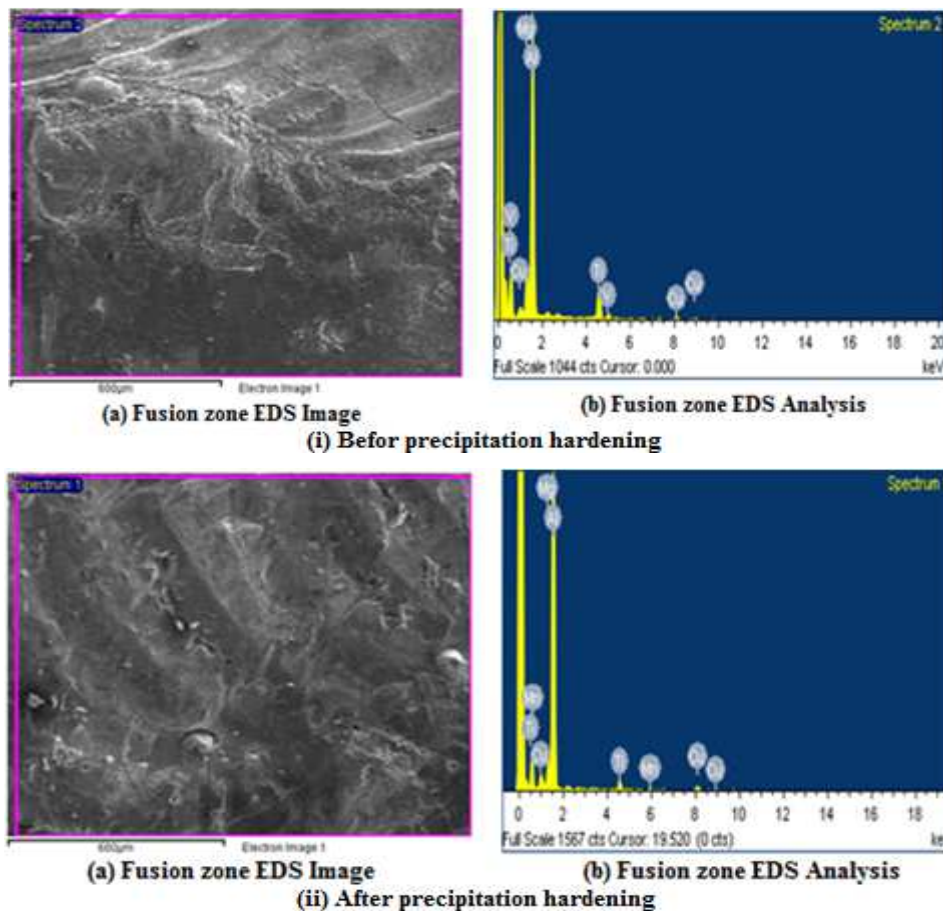
**Fig. 7. EDS (i) Before precipitation and (ii) After precipitation at 240mm/min from Ti side**

Fig. 8(i) and (ii) indicates smooth texture caused due to the rapid flow of Al during the dissimilar laser welding process. Table 3 and 4 represents elements presented in the fusion zone before and after precipitation hardening.

Table 3 Spectrum Processing: Fusion zone at 240mm/min from Al side before precipitation hardening

Element	Series	Weight%	Atomic
Mg	K series	6.40	7.55
Al	K series	80.91	85.96
Ti	K series	4.76	2.85
V	K series	0.63	0.35
Cu	K series	7.31	3.30
Total 100%			

Table 4 Spectrum Processing: Fusion zone at 240mm/min from Al side after precipitation hardening.

Element	Series	Weight%	Atomic
Mg	K series	4.32	4.12
Al	K series	81.94	86.4
Ti	K series	6.79	4.65
V	K series	0.74	0.38
Cu	K series	6.21	4.45
Total 100%			

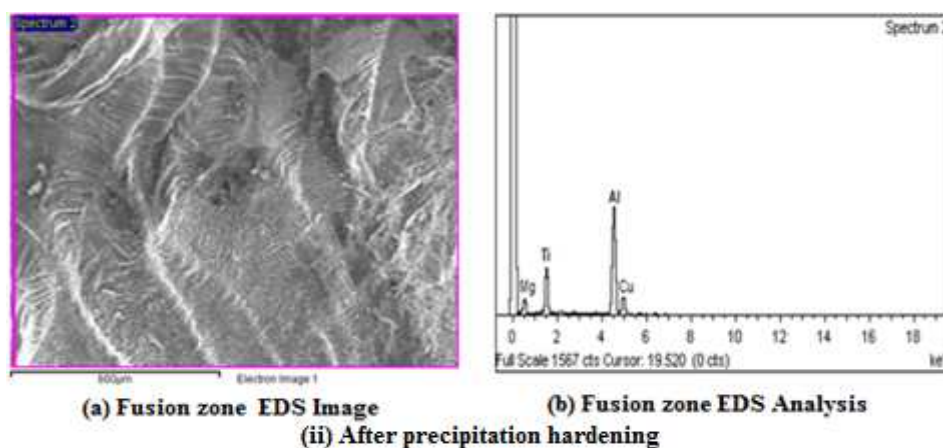
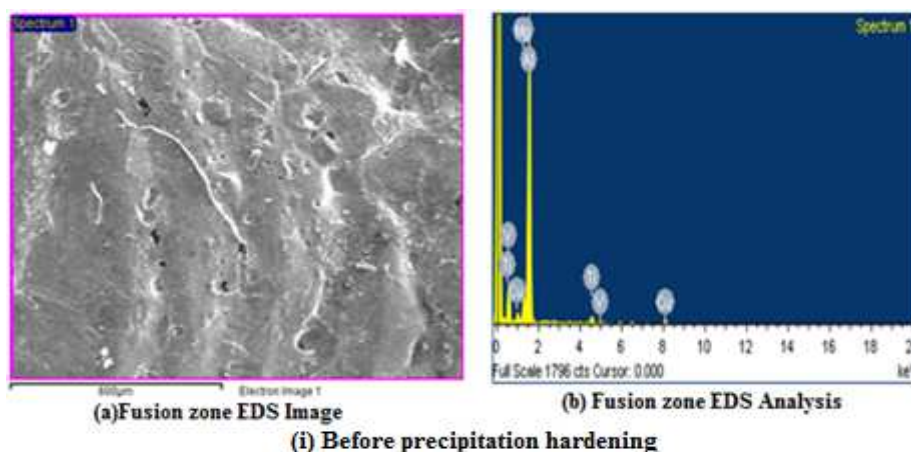


Fig. 8. EDS (i) Before precipitation and (ii) After precipitation at 240mm/min from Al side

Spectrum processing indicates that Al content is enhanced to 80.91% whereas Ti content is reduced to 4.76% before precipitation and Al 81.94% whereas Ti 4.65% after heat treatment. Hence, not much change in Al content is observed during precipitation hardening on weldment, while focusing the arc from Al side.

4 CONCLUSIONS

1. The welding speed at 240mm/min gives more refined age hardened structure than at lower speeds, selected for the investigation.
2. Welding arc focusing from Ti side gives better-refined precipitates than arc focusing from Al side.
3. EDS analysis also reveals that arc focusing from Ti side gives a better quality of age hardened Al structure.

ACKNOWLEDGEMENT

As the work is carried out in the Centre for Materials Joining & Research (CEMAJOR), Department of Manufacturing Engineering, Annamalai University, Annamalai Nagar, Tamil Nadu-India. The authors are expressing gratitude for the University.

REFERENCES

- [1] W.V. Vaidya, et al., Structure–property investigations on a laser beam welded dissimilar joint of aluminium AA6056 and titanium Ti6Al4V for aeronautical applications part I: local gradients in microstructure, hardness and strength, *Mater. Werkst.* 40 (8) (2009) 623–633.
- [2] Z.H. Song, et al., Interfacial microstructure and mechanical property of Ti6Al4V/A6061 dissimilar joint by direct laser brazing without filler metal and groove, *Mater. Sci. Eng. A Struct. Mater. Prop. Microstruct. Process.* 560 (2013) 111–120.
- [3] Chen, et al., Joining mechanism of Ti/Al dissimilar alloys during laser welding brazing process, *J. Alloys Compd.* 509 (3) (2011) 891–898.
- [4] Klas Weman 2003. *Welding Process Handbook*, Cambridge, England, 2003.
- [5] Myhr OR., Grong O., Fjaer HG. and Marioara CD. Modelling of the Microstructure and Strenght Evolution in Al-Mg-Si Alloys During Multistage Thermal Processing. *Acta Materialia* 2004;52 4997-5008.
- [6] I. J. Polmear: Control of precipitation processes and properties in aged aluminium alloys by trace element additions. *Proc. 6th Intl Conf on Aluminium Alloys, ICAA6*, Toyohashi, Japan, July 5–10, 1998, eds. T. Sato, S. Kumai, T. Kobayshi and Y. Murakami, The Japan Inst. of Light Metals, 1998, Tokyo, Japan, pp. 75–86.
- [7] Y. C. Chen and K. Nakata, “Microstructural characterization and mechanical properties in friction stir welding of aluminum and titanium dissimilar alloys”, *Materials and Design*, vol. 30, no. 3, pp. 469-474, 2009.
- [8] Katayama Seiji, “Laser welding”, *Journal of the Japan welding society*, vol. 78, no. 2, pp. 124-138, 2009 (in Japanese).
- [9] Katayama Seiji, “Laser welding for manufacturing innovation”, *Journal of the Japan welding society*, vol. 78, no. 8, pp. 682-692, 2009 (in Japanese).
- [10] A. K. Mukhopadhyay, G. J. Shiflet, and E. A. Starke: The role of trace alloy additions on precipitation in age hardenable aluminium alloys. In *Morris E. Fine Symposium*, P. K. Liaw, J. R. Weertman, H. L. Marcus, and J. S. Santner, eds., TMS, Warrendale, PA, pp. 283–293 (1991).
- [11] P L. Threadgill. The prospects for joining titanium aluminides [J]. *Mater Sci Eng A*, 1995, 192–193: 640–646.
- [12] K.H. Rendigs, Aluminium structures used in aerospace — status and prospects, in: J. H. Driver, et al., (Eds.), *Aluminium Alloys: Their Physical and Mechanical Properties, Part 4/Supplement*, 1997, pp. 11–23.
- [13] W.M. Thomas, US Patent 5460317, October 24 (1995).
- [14] C. Leyens and M. Peters, *Titanium and Titanium Alloys; Fundamentals and Applications*, Weinheim, WILEY-VCH GmbH & Co. KGaA, 2003.
- [15] A.K. Lakshminarayanan & V. Balasubramanian & K. Elangovan “Effect of welding processes on tensile properties of AA6061 aluminium alloy joints” *Int J Adv Manuf Technol* (2009) 40:286–296.
- [16] P.Cavaliere, E.Cerri, A.Squillace, “Mechanical response of 2024-7075 aluminium aaloy joined by Friction Stir Welding”, *J. of mat. Sc*, 40(2005) pp. 3669-3676.
- [17] R.K. Shiue, S.K. Wu, and J.Y. Shiue: *Mater. Sci. Eng., A*, 2008, vol. 488, pp. 186–94.
- [18] A.S. Ramos, M.T. Vieira, J. Morgiel, J. Grzonka, S. Simões, and M.F. Vieira: *J. Alloys Compd.*, 2009, vol. 484, pp. 335–40.
- [19] Y.-P. Xiao, Q.-L. Pan, W.-B. Li, X.-Y. Liu, Y.-B. He, “Influence of retrogression and re-aging treatment on corrosion behaviour of an Al–Zn–Mg–Cu alloy”, *Materials and Design*, vol. 32, no. 4, (2011), pp. 2149–2156.
- [20] LI Yu-long, FENG Ji-cai, HE Peng. Vacuum brazing of TiAl to 42CrMo steel with Ag–Cu–Ti [J]. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2005, 15: 331–334.

Etude qualitative du régime alimentaire de *Hippopotamyrus psittacus* (Boulenger, 1897 : Osteiglossiformes, Mormyridae) du fleuve Congo à Kisangani (RD Congo)

[Food and feeding habits of *Hippopotamyrus psittacus* (Boulenger, 1897: Osteiglossiformes, Mormyridae) of Congo River at Kisangani (DR Congo)]

Taylor Mambo B.¹, Jean-Paul Thumitho U.², Ernest Tambwe L.², Célestin Danadu M.³, Justin Asimonyio A.¹, Alidor Kankonda B.³, Joseph Ulyel A.³, Clarisse M. Falanga⁴, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua⁴

¹Centre de Surveillance de la Biodiversité, Université de Kisangani, B.P.2012, Kisangani, RD Congo

²Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques de Bengamisa, B.P. 202, Kisangani, RD Congo

³Faculté des Sciences, Université de Kisangani, B.P. 2012, Kisangani, RD Congo

⁴Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2016 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: Food and feeding habits of *Hippopotamyrus psittacus* (Boulenger, 1897; Pisces: Mormyridae) of Congo river has been undertaken from February to July 2007 by the stomach contents analysis. 44 *H. psittacus* ranging from 55 to 320 mm of length were captured in the Congo River (Wagenia Falls and Kikongo beach). The total length, the standard length and height of the body were measured with a ribbon meter and weighed using both food scales of 0- 3000gr. Afterward, stomach contents were taken and conserved in the Laboratory for future analysis. Stomachs contents were examined using a binocular magnifying glass LEICA WILDHEERBRUGG Mg model with a magnification of 10 to x50. The stomachs contents analysis showed that *H. psittacus* is a carnivorous with an insectivorous tendency by feeding mainly on aquatic insects and other animals remnants. On the other side, the food regime of *H. psittacus* appeared more diversified during the relatively dry season periods. On the same way, the average stomach contents weight indicates that the feeding activity is more or less different during different season periods with an increasing feeding activity during the relatively dry season periods.

KEYWORDS: Stomach contents, carnivorous, Kisangani, Democratic Republic of the Congo.

RESUME: L'étude du régime alimentaire qualitatif de l'espèce *Hippopotamyrus psittacus* (Boulenger, 1897 ; Pisces : Mormyridae) du fleuve Congo a été entreprise du 17 février au 06 juillet 2007. L'étude a été effectuée par analyse des contenus stomacaux de l'espèce de l'ichtyofaune de Kisangani. 44 spécimens d' *H. psittacus* dont la taille variait de 55 à 320mm ont été capturés dans le fleuve Congo (chutes wagenia et Beach Kikongo). La longueur totale, longueur standard et la hauteur du corps étaient mesurées à l'aide de mètre ruban et le poids était pesé à l'aide de la balance bothood de 0-3000g. Après pesage, les spécimens ont été disséqués, les estomacs prélevés et amenés au laboratoire pour les analyses des contenus stomacaux. Ils ont été examinés à l'aide d'une loupe binoculaire de marque LEICA WILD HEERBRUGG Mg au grossissement 10 à 50x. Les analyses des contenus stomacaux ont démontré que l'espèce *H. psittacus* est un carnassier à tendance entomophage. Son régime alimentaire est plus diversifié durant les périodes saisonnières relativement sèches composés des insectes, débris des animaux. Par ailleurs, le poids relatif moyen des estomacs indique une activité alimentaire relativement différente au cours de différentes périodes saisonnières mais avec un accroissement pendant les périodes saisonnières relativement sèches.

MOTS-CLEFS: Contenus stomacaux, carnivores, Kisangani, République Démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

L'espèce *Hippopotamyrus psittacus* (BOULENGER, 1897) a comme synonyme *Mormyrus psittacus* qui est l'Holotype récolté dans les Stanley Falls (Chutes Wagenia) (Ref. 42493). Cette espèce est connue dans le cours inférieur du Congo (Ref. 1878, 42510), Pool Malebo (Ref. 41585), Rivière Kasai (Ref. 11970), rivière Lulua (Ref. 11970), rivière Sankuru (Ref. 11970), Lac Tumba (Ref. 41580), rivière Tshuapa (Ref. 41580), rivière Ubangui (Ref. 45441), dans le fleuve Congo à Yangambi (Ref. 4910), Chutes Wagenia (Ref. 1878), et dans le Lac Upemba (Ref. 41590, 45434) [1] ; [2]. C'est une espèce des eaux douces dont le pH est compris entre 6.8 - 7.2. L'espèce est connue par son profil très brusqué du dos en forme de carène est caractéristique. La nageoire dorsale débute nettement en avant de l'anal, cette dernière étant sensiblement plus courte (22 à 27 rayons contre 30 à 37). Le rapport (L.D/L.A) ; 1,2 à 1,6 ; (L.S/L.A) : 4,2 à 5,4. Le corps est haut (LS/H) : 2,9 à 3,8 et fortement comprimé. On compte 12 écailles autour du pédoncule caudal et 61 à 95 le long de la ligne latérale. La hauteur du pédoncule caudal est comprise entre 2,9 à 4,4 fois sa longueur. Taille maximale observée est de 320 mm. La coloration est teintée généralement argentée plus ou moins foncée. Le dos est gris verdâtre au jaunâtre, ventre blanchâtre [3].

Cependant, *H. psittacus* représente une part importante des captures commerciales à Kisangani. Malgré un intérêt économique non négligeable dans la zone, il existe très peu de données biologiques pouvant permettre de réaliser l'élevage de ce poisson. C'est pourquoi, nous nous sommes proposé d'étudier qualitativement le régime alimentaire d'*H. psittacus* par l'analyse des contenus stomacaux.

L'analyse des contenus stomacaux constitue l'une des possibilités : (1) d'approcher la connaissance sur la présence, l'abondance et la disponibilité du potentiel alimentaire en milieu aquatique. (2) d'apporter des connaissances non seulement sur la chaîne trophique, la niche écologique et les habitudes alimentaires [4], mais aussi ses influences et relations avec les proies consommées.

Quand on parle du régime alimentaire, on fait allusion à la nourriture pouvant assurer la croissance d'un être vivant. La nourriture est un facteur écologique important qui, suivant sa qualité et son abondance, intervient en modifiant la fécondité, la longévité, la vitesse de développement et la mortalité des animaux [5]. Le régime alimentaire étant un paramètre important dont la maîtrise conditionne la réussite de tout élevage, il s'avère nécessaire d'initier des investigations en vue d'identifier les facteurs contrôlant la prolifération de cette espèce [6]. Elle constitue un élément de base pour juger de l'aptitude d'une espèce à s'adapter à des modifications de domestication en élevage [7].

Les Mormyridae sont une famille exclusivement d'eau douce africaine, comprenant 21 genres et 221 espèces distingués sur base des caractères anatomiques et morphologiques [2]. Ils sont particulièrement connus par la présence d'un organe électrique (situé au niveau du pédoncule caudal) qui leur servirait d'électrolocation et des signaux de reconnaissance entre les individus [8]. Dans le milieu naturel ils ont une activité essentiellement nocturne [8]. La plupart des espèces étant des micro-prédateurs de la faune benthique. Leurs décharges électriques sont de trop faible intensité pour permettre l'immobilisation et la capture des proies éventuelles [9].

D'une manière générale, il semble que l'on puisse séparer les Mormyridae en deux groupes du point de vue de leur alimentation. Un premier groupe est fondé par les *Mormyrops* qui sont des prédateurs ichtyophages consommant également des crevettes, de gros insectes aquatiques et des Nymphes. Le second groupe rassemble tous les autres Mormyridae qui se nourrissent principalement au fond, aux dépens de la faune d'invertébrés. C'est ainsi que, les *Mormyrus*, *Marcucenius*, *Campylomormyrus* et *Hippopotamyrus* consomment surtout des larves d'insectes alors que *Hyperisus* absorbe, outre des insectes, beaucoup de graines et de petits mollusques. Certains petits Mormyridae comme *Pollimyrus*, *Petrocephalus*, *Brienomyrus* peuvent consommer, outre des larves d'insectes, une quantité importante de zooplancton [10]. Le but de la présente étude a été d'étudier le régime alimentaire de ce poisson dans son habitat naturel. De façon plus spécifique, nous avons évalué les différentes classes de taille de *Hippopotamyrus psittacus*, les types d'aliments ainsi que le poids relatif moyen d'estomacs des poissons capturés. L'intérêt de cette étude est évident car une meilleure connaissance du régime alimentaire de ce poisson permettrait sa domestication en tant que possible source des protéines animales et des acides gras polyinsaturés.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL

Les contenus stomacaux de 44 individus dont la longueur standard varie de 55 à 320 mm ont été analysés. Les poissons ont été récoltés au fleuve Congo à Kisangani, précisément aux Chutes Wagenia (Stanley Falls) dont les coordonnées

géographiques sont : N 00°29'00,3'' et E025°13'28,0'' et au Beach Kikongo avec ses coordonnées N00°29'43,4'' et 025°12'27,4'' (figure 1).



Figure 1. Localisation géographique des sites d'études

2.2 MÉTHODES DE RÉCOLTES ET LES MENSURATIONS

Sur le terrain, plusieurs méthodes de pêche ont été utilisées :

- la récolte des données s'est effectuée durant la période allant de 17 février au 06 juillet 2007 à l'aide des filets dormants, des filets éperviers, des nasses et la pêche à la ligne;
- après la capture les poissons ont été pesés par la balance bath bood de 0 à 3000g. A l'aide d'un mètre ruban et une latte graduée, la longueur totale (LT), la longueur standard (LS) et la hauteur du corps (HC) de chaque spécimen en cm près ;
- après la mensuration, les estomacs ont été prélevés et conservés, numérotés et étiquetés dans différents bocaux, contenant du formol à 4%. Ils ont ensuite été ramenés au laboratoire d'Hydrobiologie et Aquaculture de la Faculté des Sciences pour les analyses ultérieures.

Au laboratoire, chaque estomac a été pesé sur une balance de marque SARTORIUS UNIVERSAL à 0,01g près et les contenus stomacaux étalés dans une boîte de pétri. Enfin les contenus stomacaux ont été observés à l'aide d'une loupe binoculaire de marque LEICAWILD HEERBRUGG Mg de grossissement de 6 à 50 X. L'identification des contenus stomacaux a été rendue possible grâce à la clé de détermination de [11].

Pour les analyses des contenus stomacaux, la méthode d'occurrence a été utilisée. Elle consiste à l'estimation en pourcentage des estomacs dans lesquels chaque item alimentaire est comptabilisé par rapport au nombre total de tous les estomacs examinés. Si n désigne le nombre des estomacs renfermant chaque item alimentaire et N les nombres d'estomacs examinés renfermant des proies, nous avons le % 'occurrence:

$$\%OCC = \frac{n \times 100}{N} \quad (1)$$

%OCC : pourcentage d'occurrence ; n : fréquence et N : nombre total d'estomacs examinés. Cette méthode est simple. Elle donne une bonne idée de préférence alimentaire du poisson, mais n'apporte pas d'indication sur l'importance quantitative des proies consommées [4]. Pour déterminer la préférence alimentaire des différentes proies ingérées par cette méthode, nous avons adopté la classification de [10].

- $OO > 50\%$, la proie est dominante.
- $10 < OCC < 50\%$, la proie est intermédiaire.
- $5 < OCC < 10\%$, la proie est secondaire.
- $OCC < 5\%$, la proie est accidentelle

De même, le Coefficient de vacuité (Cv), ce qui résulte de la probabilité pour qu'il y ait des estomacs vides (sans proie) pendant les analyses des contenus stomacaux a été calculé selon la formule suivante :

$$CV = \frac{NEV \times 100}{N} \quad (2)$$

Si Cv désigne le coefficient de vacuité, NEV désigne les nombres d'estomacs vides et N désigne le nombre total de spécimens analysés.

Par ailleurs, les spécimens ont été répartis en classe de taille en vue de chercher l'étendue de variation (e)

$$e = (L_{max} - l_{min}) \quad (3)$$

Lmax : désigne la longueur totale maximum des spécimens

lmin : désigne la longueur totale minimale des spécimens

En effet, si l'étendue de variation (e) est supérieure à 20, l'intervalle de classe (i) correspondra à :

$$i = \frac{e}{10} \text{ ou } \frac{e}{15} \quad (4)$$

On privilégie le chiffre impair.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 TAILLE DES POISSONS

La taille moyenne de 44 spécimens d'*H. psittacus* échantillonnés est de 10,7cm de longueur totale. Le plus petit spécimen mesure 5,5cm et le plus grand mesure 32cm. Les spécimens ont été regroupés en 11 classes de taille. L'étendue de classe étant de 3cm. La distribution des spécimens en fonction des classes de taille est donnée dans la figure 2

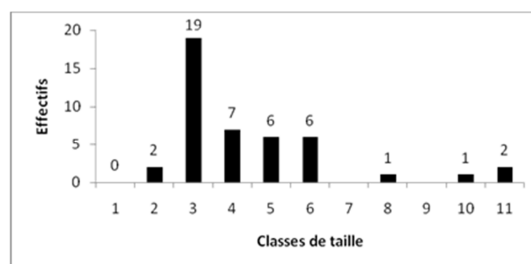


Figure 2 : Distribution des spécimens en fonction des classes de taille

Il ressort de cette figure 2 que la classe de taille 3 domine en nombre des spécimens (soit 19/44 spécimens). Les classes de taille 1, 7 et 9 ne présentent pas de spécimens.

3.2 PROFIL GÉNÉRAL DU RÉGIME ALIMENTAIRE

Le tableau 1 donne les catégories et les types de proies. Leur fréquence et leur pourcentage d'occurrence pour l'ensemble des estomacs examinés.

Tableau 1 : Catégories/type des proies, fréquences (n), % d'occurrence et coefficient de vacuité (CV) pour l'ensemble d'estomacs examinés

Catégories de proies		
• Animaux	Fréquence	% d'occurrence
Insectes	38	90,47
Vers (annélides)	2	4,28
Bivalves	8	19,04
Débris animaux	40	95,23
• Autres		
Sable	6	14,28
	CV	4,28

Le tableau 1 révèle que les débris animaux et les insectes sont des proies dominantes avec les occurrences respectives de 95,23 et 90,47%. Les Bivalves et le sable sont des proies intermédiaires avec les occurrences respectives de 19,04% et 14,28%. Tandis que les annélides sont des proies accidentelles ($OCC < 5\%$), soit une occurrence de 4,28%. Il nous montre aussi que le taux de vacuité est très faible étant de 4,28% seulement. Par contre, le tableau(2) donne les catégories et les types des proies (classes, ordres et autres) ingérées, leur fréquence ainsi que le pourcentage d'occurrence pour l'ensemble d'estomacs examinés.

Tableau 2 : Types de proies, fréquences (n), pourcentage d'occurrence (% OCC) pour l'ensemble d'estomacs examinés.

Catégorie de proies			
• Animaux			
Classes	Ordres ou formes	Fréquence	% d'occurrence
Insectes	Coléoptères	18	42,85
	Diptères (Chironomidae)	17	40,76
	Ephéméroptères	8	19,4
	Odonates	7	16,66
	Trichoptères	25	59,25
Annélides	Achètes	1	2,38
	Oligochètes	1	2,38
Bivalves	Bivalves	8	19,4
Débris animaux	Débris animaux	40	95,23
• Autres			
Sable		6	14,28
		CV	4,28

Sur base de ce tableau 2, *Hippopotamyrus psittacus* se nourrit principalement sur le fond aux dépens de la faune d'invertébrés. Sa proie est surtout constituée des débris animaux, des Trichoptères, des larves de Chironomidae, des Ephéméroptères, des Coléoptères, des bivalves et des Odonates. [10] affirme également que les Mormyridae du genre *Hippopotamyrus* se nourrissent de la faune d'invertébrés aquatiques du fond ajoute-t-il aussi qu'il semble qu'à part les espèces du genre *Mormyrops*, tous les Mormyridae sont consommateurs secondaires (invertivores).

Contrairement à nos résultats, [12] et [13] ont travaillé dans le Pool Malebo sur le genre *Marcusenius* ont enregistré en plus d'insectes, des Crustacés d'autres catégories de proies telles que les phytoplanctons (79,99 et 67,7% d'occurrence) et les macrophytes (18,33%) présentant de pourcentage d'occurrence élevé respectivement.

Ce même tableau 2 révèle que les débris animaux et les trichoptères sont des proies dominantes avec les occurrences respectives de 95,23% et 59,52%. Selon la classification [10] les occurrences supérieures à 50% sont des proies dominantes. Les types des proies suivantes sont donc des proies intermédiaires ($10 < OCC < 50\%$) : Coléoptères (42,85%) ; Diptère (40,76%); Bivalves (19,14%); Odonates et sable ont 16,6% d'occurrences chacun.

Par contre, les achètes et les oligochètes sont des proies accidentelles ($OCC < 5\%$) avec des occurrences respectives de 2,38% chacun. Les achètes ne constitue pas un type de proies chez les poissons mais sont plutôt leurs ennemis. Il convient de

penser ici que leur présence pourrait être due au fait qu'ils sont des hématophages, alors qu'ils chercheraient à se nourrir mais accidentellement, mais toutefois ils sont pris comme proies ingérées.

La présence des débris animaux avec une occurrence de 95,23% est due à l'état très avancé de broyage et de digestion des proies. Ces débris sont constitués des pattes et des antennes de certains insectes écrasés et broyés par conséquent, non identifiables. Cela rejoint l'idée [4] qui dit que l'identification de différentes proies au niveau de genres ou espèces est souvent rendue difficile en raison de l'action du suc digestif, et l'état de digestion parfois très avancé des proies et à la finesse des débris dû au broyage et à une digestion rapide surtout pour les carnassiers.

La présence du sable dans les contenus stomacaux n'a aucune valeur nutritive. Par rapport à [14] les grains de sable peuvent servir au broyage des aliments. [15] affirme que les organismes benthiques sont particulièrement abondants dans les fonds rocheux. D'autre part dans un grand cours d'eau l'apport par le drift venant de sous système est important. Nous pensons que le sable serait ingéré avec la nourriture qui vient principalement de la vase du fond de cours d'eau. Cette étude était également réalisée au lac Kainji au Nigeria [16]. La comparaison de nos résultats par rapport à [16] est résumée dans le tableau 3 ci-dessous:

Tableau 3 : Comparaison des résultats du présent travail avec celui effectué par [16] au lac Kainji au Nigeria.

Catégorie des proies			
Animaux		Présent travail	[16]
Classes	Ordres ou formes	%OCC	%OCC
Insectes	Coléoptères	42,85	-
	Diptères (Chironomidae)	40,76	71
	Ephéméroptères	19,4	57
	Odonates	16,66	-
	Trichoptères	59,25	14
Vers (annélides)	Achètes	2,38	-
	Oligochètes	2,38	-
Bivalves	Bivalves	19,4	-
Débris animaux	Débris animaux	95,23	-
Autres			
Sable		14,28	-
CV		4,28	-

Le tableau 3 révèle que le régime alimentaire rapporté dans le présent travail est très diversifié par rapport à celui de [16] effectué au lac Kainji. Cela peut être dû au nombre des spécimens. Nous avons travaillé avec 44 spécimens, tandis qu'il n'avait que 7 spécimens. Aussi le même tableau 3 montre que les diptères (chironomidae) et les éphéméroptères sont des types de proies dominants avec les occurrences respectives de 71 et 57%, au lac Kainji [16]. Dans le présent travail, ils constituent des proies secondaires avec des occurrences respectives de 40,76 et 9,04%. Nous pensons que les Chironomidae et les éphéméroptères sont plus abondants au lac Kainji qu'au fleuve Congo. Cette différence dans la composition des aliments d'un milieu à un autre pourrait s'expliquer par le fait que dans un plan d'eau donné, les poissons utilisent les aliments disponibles et qui leur sont accessibles [10]

3.3 REGIME ALIMENTAIRE EN FONCTION DE LA TAILLE DES INDIVIDUS

En vue de ressortir les préférences alimentaires d' *H. psittacus* de l'ichtyofaune de Kisangani selon la taille ou l'âge ainsi que les périodes saisonnières, les tableaux 4 et 5 donnent les informations obtenues. Pour donner une information plus ou moins précise sur la préférence alimentaire en fonction des classes de tailles ou âges, nous avons regroupé les spécimens en deux classes de taille de 0 - 12 et en classe de taille > à 12 cm.

Tableau 4 : Type des proies, fréquence (n) et pourcentage d'occurrence (%OCC) en fonction des classes de taille

Catégorie des proies		Classes de tailles			
		Classe de taille 1		Classe de taille 2	
Animaux		0-12		>12	
Classes	Ordres ou formes	n	%OCC	n	%OCC
Insectes	- Coléoptères	9	34,61	9	56,24
	- Diptères (Chironomidae)	7	26,92	10	62,5
	- Ephéméroptères	2	7,69	6	37,5
	- Odonates	3	11,53	4	25
	- Trichoptères	15	57,69	10	62,5
Annélides	- Achètes	1	3,38	-	-
	- Oligochètes	1	3,38	-	-
Bivalves	- Bivalves	6	23,07	2	12,5
Débris animaux	- Débris animaux	24	92,3	16	100
Autres					
Sable		5	19,23	1	6,25
	CV	2	7,69	-	-

Le tableau 4 montre que les débris animaux et les trichoptères sont des proies dominantes pour toutes les classes de taille avec l'occurrence variant de 50 à 100%. Ils sont suivis par les diptères (Chironomidae), les coléoptères, les odonates, les bivalves et du sable dont l'occurrence varie de 10 à 50% et constituent des proies intermédiaires. De e même tableau 3 révèle que les débris animaux et les trichoptères sont des proies dominantes chez les individus de taille variant de 0 - 12 cm avec des occurrences supérieures à 50%. Tandis que chez les individus de taille supérieure à 12 cm, les diptères (larves des Chironomidae), les coléoptères, les trichoptères et les débris animaux sont des proies dominantes avec des occurrences supérieures à 50%. Le coefficient de vacuité en première classe de taille est de 7,69% alors qu'il est de 0% en deuxième classe de taille.

3.4 RÉGIME ALIMENTAIRE EN FONCTION DE LA SAISON

Le régime alimentaire en fonction de taille est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Type de proies, fréquence (n) et pourcentage d'occurrence (%OCC) en fonction des périodes saisonnières. PSRS : Période saisonnière relativement sèche PSP : période saisonnière pluvieuse

Catégorie des proies		PSRS		PSP	
		Février, Juin et Juillet		Mars, Avril et Mai	
Animaux		n	%OCC	n	%OCC
Classes	Ordres ou formes				
Insectes	Coléoptères	9	30,43	11	61,11
	Diptères (Chironomidae)	17	94,44	-	-
	Ephéméroptères	7	38,88	1	4,34
	Odonates	2	11,11	5	21,73
	Trichoptères	8	44,44	17	73,91
Annélides	Achètes	1	5,55	-	-
	Oligochètes	1	5,55	-	-
Bivalves	Bivalves	-	-	8	34,82
Débris animaux	Débris animaux	18	100	22	95,65
Autres					
Sable		1	5,5	5	21,5
	CV	-	-	2	8,69

Pour les périodes saisonnières, le tableau 5 montre que les débris animaux sont les proies dominantes avec une occurrence supérieure à 50%. Les débris animaux et les diptères sont des proies dominantes durant la période saisonnière

relativement sèche avec les occurrences respectives de 100% et de 94,4%. Par contre, ce sont les débris animaux, les trichoptères et les coléoptères qui sont des proies dominantes durant la période saisonnière pluvieuse. Le taux de vacuité est de 8,69% durant la période saisonnière pluvieuse alors qu'il est de 0% en période saisonnière relativement sèche.

Les valeurs moyennes de poids relatifs des estomacs durant les périodes saisonnières sont données dans la figure 3.

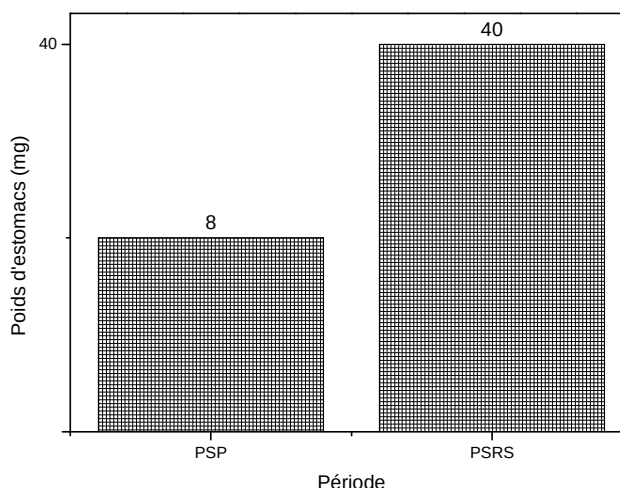


Figure 3 : Les poids relatifs des estomacs en fonction des périodes saisonnières

La figure 3 montre que le poids relatif moyen des estomacs par rapport aux poids des individus est élevé durant la période saisonnière relativement sèche (PSRS), soit 0,04 g et faible durant la période pluvieuse soit 0,008 g. Les présents résultats confirment les observations faites par [17] que le pourcentage est élevé pendant la période relativement pluvieuse car les poissons pourraient avoir une grande opportunité d'attraper des proies que durant les périodes relativement sèches étant donné qu'avec la montée des eaux, les poissons exploitent des grandes étendues et qu'ils bénéficieraient des éléments nutritifs qui sont apportés par l'eau.[18] ; [6]. En milieu tropical, il est établi que la disponibilité de la nourriture pour les poissons peut varier considérablement en quantité et en qualité en fonction des saisons. La variation du régime alimentaire des poissons tient compte de l'âge (taille), des saisons et des activités sexuelles [19]. Le tableau 4 révèle que les diptères et les annélides sont consommés seulement durant la période saisonnière relativement sèche, tandis que les bivalves sont consommés durant la période saisonnière pluvieuse.

4 CONCLUSION

L'étude qualitative du régime alimentaire de l'espèce *Hippopotamyrus psittacus* (Osteiglossiformes, Mormyridae) du fleuve Congo à Kisangani a été entreprise sur les contenus stomacaux de 44 spécimens dont la longueur standard varie de 55 à 320 mm. Les analyses des contenus stomacaux ont démontré que l'espèce *H. psittacus* est un carnassier à tendance entomophage. Son régime alimentaire est plus diversifié durant les périodes saisonnières relativement sèches composés des insectes, débris des animaux. Par ailleurs, le poids relatif moyen des estomacs indique une activité alimentaire relativement différente au cours de différentes périodes saisonnières mais avec un accroissement pendant les périodes saisonnières relativement sèches.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Académie de Recherche et d'Enseignement supérieur (ARES) du Royaume de Belgique pour la bourse de recherche (PAH ARES/UNIKIN 2015) accordée à Mr Jean-Paul Ngbolua Koto –te-Nyiwa.

REFERENCES

- [1] T.R. Roberts, D.J. Stewart. *An ecological and systematic survey of fishes in the rapids of the Lower Zaïre or Congo River*. Bull. Mus. Comp. Zool. 147(6), pp239-317, 1976.
- [2] W.N. Eschmeyer, J.D. Fong. *Species by family/subfamily*. 2015 [On line]
<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp> Juin, 2015.
- [3] O. Paugy, C. Lévêque, Teugels. *Faune des poissons d'eaux douces et Saumâtres de l'Afrique de l'Ouest*. I.R.O, MNHN, MRAC, Collection faune et flore tropicales, Paris, 457, 2003.
- [4] A.P. Ulyel. *Ecologie alimentaire des Haplochromis spp (teléostei, cichlidae) du lac Kivu en Afrique centrale*. Thèse inédite. Katholieke Universiteit Leuven, 1991.
- [5] R. Dajoz. *Précis d'écologie*, Gauthier Willard, Paris 548, 1975.
- [6] B. Siaka, P.K. Essetchi, N.I. Ouattara, T. Koné, V. N'douba, N.J. Kouassi. *Régime alimentaire de Distichodus rostratus (Characiformes, Distichodontidae) dans un bassin Ouest africain (fleuve Bandama, Côte d'Ivoire)*, Université de Cocody-Abidjan, Sciences & Nature Vol. 5, no. 2, pp. 167-176, 2008.
- [7] P. Layèle. *Ecologie comparée deux espèces de Chrysichtys, poissons siluriformes (Claroteidae) du complexe lagunaire, Lac Nokoué Lagune de Porto-Novo au Bénin*, Thèse de Doctorat, Université de Liège, Belgique, 1995.
- [8] G.D. Mbega, G.G. Teugels. *Guide de détermination des poissons du bassin inférieur de "Ogooué"*. Musée Roy. de l'Afri. Centr. Laboratoire d'ichtyologie, 3080 d'anatomie comparée et biodiversité. 3000 Leuven, Belgique, 2003.
- [9] K.J. Durand, C. Lévêque. *Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-Soudanienne*. ORSTOM, Paris, 1981.
- [10] L. Lauzanne. *Les habitudes alimentaires des poissons d'eau douce africains*. Ln : Lévêque & Briton, Biologie et écologie des poissons d'eau douce africains, ORSTOM, Paris, pp. 221-242, 1988.
- [11] H. Tachet, M. Bournoud, P. Ricaux. *L'étude de macro invertébrée des eaux douces (systématiques alimentaires et aperçus écologiques)* CLOP/AFL, Paris, 1980.
- [12] L.M. Pengeur. *Taxonomie du genre (Mormyridae) au pool Malebo (Kinshasa RDC) et contribution à l'étude de la Biologie et Ecologie de Marcusenius macrolepidotus angolensis*. Mem. Inédet ; FUMP/NAMUR, 2005.
- [13] M.J. Mbimbi,, Contribution à l'étude de la Biologie et Ecologie de *Marcusenius gressofii* (Schiltthuis, 1891), DEA, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, République Démocratique du Congo, 2006.
- [14] N.B. Marshal. *La vie des poissons*. Tome I. Editions Rencontres Lausanne, France, pp. 1-145, 1970.
- [15] R.L. Welcomme. *River Fisheries* FAO Fish. Tech, pp. 262-330, 1985.
- [16] F.B. Blake. *Food and feeding of the Mormyrids fishes of lac Kainji, Nigeria, with special reference to seasonal variation and inter specific differences*. Art. W 11, pp. 315-328, 1977.
- [17] B. Mahamba. *Caractérisation des peuplement des Mormyridae de deux cours d'eaux forestiers (Yoko et Biaro) et leurs principaux affluents, Biologie et Ecologie de Stomatorhinus corneti Boulenger, 1899 (Province Orientale, R.D.; Congo)* DEA, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, République Démocratique du Congo, 2009.
- [18] R.J. Wootton. *Ecology of teleost fishes* (Fish and Fisheries series). London: Chapman & Hall, pp. 404, 1990.
- [19] H. Mathes. *Les poissons du lac Tumba et de la région d'Ikela, étude systématique et écologique*. MRAC, IN 8ième SCI, Zool, no. 126, p. 204, 1964.

Ecologie alimentaire de *Ichtyoborus besse congolensis* (Giltay, 1930 ; Teleostei: Distichodontidae) de rivière Biaro et son affluent Yoko dans la Réserve forestière de Yoko (RD Congo)

[Food ecology of *Ichtyoborus besse congolensis* (Giltay, 1930: Teleostei: Distichodontidae) from Biaro River and its tributary Yoko in Yoko Forest Reserve (DR Congo)]

Jean-Paul U. Thumitho¹, Taylor B. Mambo², Christian C. Urom¹, Jean C. Ngab'u², Alidor B. Kankonda³, Joseph A.P. Ulyel³, Maurice G. Ngemale⁴, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua⁵

¹Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques de Bengamisa, B.P. 202, Kisangani, RD Congo

²Centre de Surveillance de la Biodiversité, Université de Kisangani, B.P.2012, Kisangani, RD Congo

³Faculté des Sciences, Université de Kisangani, B.P.2012, Kisangani, RD Congo

⁴Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Gbadolite, Province du Nord-Ubangi, RD Congo

⁵Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2016 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: A study was conducted on the food ecology of *Ichtyoborus besse congolensis* of Biaro River and its Yoko tributary in the Yoko Forest Reserve, Democratic Republic of the Congo. It took place over a period of one year: from September 2008 to August 2009. The size and weight of 98 specimens of *Ichtyoborus besse congolensis* Giltay, 1930 sampled varies from 3.6 to 31.5 cm, with an average of 21.5 cm for the first parameter and of 14-364.4 g, that is, an average of 77.4 g for the second measurement. The analysis of 68 full stomachs of *Ichtyoborus besse congolensis* Giltay, 1930 under a dissecting microscope shows the dominance of animal origin preys with more or less 6 taxa against some traces of plant fragments. The composition of the diet according to seasonal periods, showed that during relatively dry seasonal period, males appeared to be fish (OCC = 9.6), Heteroptera (OCC = 3.2), Ephemeroptera (OCC = 3.2) and plant fragment eaters (OCC = 3.2), while the trace of molluscs is observed only in females (OCC = 33.3). Shrimps, fins and scales were found in both sexes, but in different proportions, because the large proportion of shrimps was observed in males (OCC = 83.9) while those of fins and scales were dominant in females. More, the emptiness rate was significant only in males. On the other hand, during the rainy season period, females become more opportunist in fish (OCC = 50), shrimps (OCC = 100), fins (OCC = 25) and scales (OCC = 50) than males with respectively 16.6 %, 76.6%, 6.6% and 36.6% of occurrence, and the rate of emptiness is higher in females. The food index (FI) and index of relative importance (IRI) of the main categories of preys; preys with high percentages are respectively fish (44%), shrimps (29%), animals fragments (26%). All the other categories of associated preys represent only 1%. It is the rainy period which offers many favorable opportunities for a good growth of fish species.

KEYWORDS: Food ecology, *Ichtyoborus besse congolensis*, Yoko Forest Reserve, Democratic Republic of the Congo.

RESUME: Une étude orientée sur l'écologie alimentaire d'*Ichtyoborus besse congolensis* de la rivière Biaro et son affluent Yoko dans la Réserve forestière de Yoko en République Démocratique du Congo. Elle s'est déroulée sur une période d'une

année allant de Septembre 2008 à Août 2009. La taille et le poids de 98 spécimens d'*Ichtyoborus besse congolensis* échantillonnés varie de 3.6 à 31.5 cm, avec une moyenne de 21.5 cm pour le premier paramètre et de 14 à 364.4 g, soit une moyenne de 77.4 g pour la seconde mesure. L'analyse de 68 estomacs remplis d'*Ichtyoborus besse congolensis* sous une loupe binoculaire montre la dominance des proies d'origine animale avec plus ou moins 6 taxa contre quelques traces des débris végétaux. La composition du régime en fonction des périodes saisonnières, a montré qu'en période saisonnière relativement sèche, les mâles se sont montrés des consommateurs des Poissons (OCC = 9.6), des Hétéroptères (OCC=3.2), des Ephéméroptères (OCC=3.2) et des débris végétaux (OCC=3.2) alors que la trace des Mollusques ne s'est observée qu'uniquement chez les femelles (OCC=33.3).

Les crevettes, les nageoires et écailles se sont retrouvées chez tous les deux sexes, mais à des proportions différentes, car la grande proportion des crevettes s'est observée chez les mâles (OCC=83.9) alors que celles des nageoires et des écailles ont dominées chez les femelles.

En plus, le taux de vacuité n'a été significatif que chez les mâles. Par contre, en période saisonnière pluvieuse, les femelles deviennent plus opportunistes aux poissons (OCC=50), crevettes (OCC=100), nageoires (OCC=25) et les écailles (OCC=50) que les mâles avec respectivement 16.6%, 76.6%, 6.6% et 36.6% d'occurrences. Aussi le taux de vacuité élevé chez les femelles. L'indice alimentaire (IA) et indice d'importance relative (IIR) des principales catégories des proies; les proies aux pourcentages élevés sont respectivement les poissons (44%), les crevettes (29%), Les débris animaux (26%). Toutes les autres catégories de proies associées ne représentent que 1%. C'est la période pluvieuse qui offre des nombreuses opportunités favorables pour un bon développement d'espèces de poissons.

MOTS-CLEFS: Ecologie alimentaire, *Ichtyoborus besse congolensis*, Réserve Forestière de la Yoko, République Démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

La connaissance sur les comportements et les habitudes alimentaires d'une espèce sauvage dans son milieu naturel est d'une grande importance pour sa domestication [1]. L'étude de l'écologie alimentaire par analyse des contenus stomacaux des poissons constitue l'une des possibilités d'approcher la connaissance sur la présence, l'abondance et la disponibilité du potentiel alimentaire en milieu naturel [2]. Ces données apportent des connaissances non seulement sur la chaîne trophique, la niche écologique et les habitudes alimentaires du prédateur, mais aussi sur ses influences et relations avec les proies consommées ainsi que sur la dynamique de la chaîne alimentaire aquatique [3].

[2] classe écologiquement les poissons selon les analyses de leurs contenus stomacaux (régime), de façon à définir leur niche trophique. Il distingue ainsi :

- Les pélophages : sont généralement microphages et souvent plus au moins benthiques, mangeurs de la vase, des micro-organismes vivants et des matières en décomposition ;
- Les détritiphages : sont des espèces se nourrissant des détritus et des débris organiques ;
- Les phytophages : sont ceux qui se nourrissent d'éléments végétaux. On en distingue les microphytophages (mangeur d'algues microscopiques et diatomées) et les macrophytophages (consommant exclusivement les végétaux supérieurs) ;
- Les planctophages ou planctonophages : se nourrissent essentiellement des éléments du plancton (zoo- et phytoplanctons) ;
- Les carnassiers qui peuvent être subdivisé en :
 - Les mésophages : consommateurs d'insectes et Crustacées, parfois des Protistes, Nématodes, Oligochètes et de petits vertébrés ;
 - les prédateurs : ce sont des ichtyophages, qui sont de forme généralement élongées ou longiformes
 - les mangeurs de nageoires : sont des espèces très spécialisées, se nourrissant exclusivement de nageoires arrachées aux autres poissons ;
- Les malacophages : se nourrissent exclusivement des Mollusques.

Le but de la présente étude a été d'étudier le régime alimentaire de ce poisson dans son habitat naturel. De façon plus spécifique, nous avons évalué les différentes classes de taille de *Ichtyoborus besse congolensis*, les types d'aliments ainsi que les indices alimentaire et d'importance relative des poids des poissons capturés. L'intérêt de cette étude est évident car une meilleure connaissance du régime alimentaire de ce poisson permettrait sa domestication en tant que possible source des protéines animales et des acides gras polyinsaturés.

2 MATERIEL ET METHODES

Les observations ont porté sur 98 spécimens d'*Ichtyoborus besse congolensis* récolté sur une période de 12 mois, allant de septembre 2008 à août 2009 dans la réserve forestière de Yoko.

Cette réserve est une propriété privée de l'Institut Congolais pour la Conservation de la Nature, conformément à l'ordonnance – loi n° 75-023 de juillet 1975 portant création d'une entreprise publique de l'Etat pour le but de gérer certaines institutions publiques environnementales telle que modifiée et complétée par l'ordonnance – loi n° 78-190 du 5 mai 1988. Elle a comme coordonnées géographiques : longitude Nord : 00° 29' 40,2'', latitude Est : 25° 28' 90,6'' et altitude : 435 m [4].

Le réseau hydrographique du secteur de l'étude est dense. Il est constitué principalement, pour le secteur YOKO, des rivières Yoko, Mungamba, Avokoko, Losongo ; Tandis que dans le secteur Biaro, des rivières Biaro, Amafombo, Kengeetc. La rivière Yoko se localise dans la collectivité Bakumu-Mangongo. Elle est traversée par la route menant vers Ubundu à 27 kilomètres de la ville de Kisangani. Ses coordonnées géographiques sont les suivantes, la longitude Nord: 00°17'17,0'' ; la latitude Est : 025°16'24, 3'', l'altitude est de 403m. Cette rivière divise la Réserve en deux parties, l'une au nord avec 3.370 ha et l'autre au Sud avec 3.605 ha (Figure 1). En ce qui concerne la rivière Biaro, elle se situe dans le territoire d'Ubundu, dans la collectivité Bakumu-Mangongo. Elle est traversée par la route Kisangani – Ubundu à 38 kilomètres. Elle limite la Réserve dans sa partie Sud-est et forment une demi - boucle en suivant cette direction [4]. Ses coordonnées géographiques sont les suivantes : la longitude Nord 00° 15' 17,2'' ; latitude Est 025° 18' 52,5'' et l'altitude est de 402m. Le réseau hydrographique du milieu d'étude et les stations de recherche sont présentés dans la figure1.

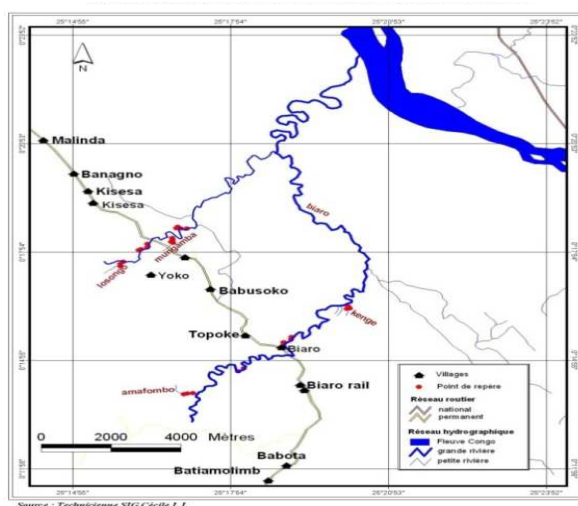


Figure 1. Carte d'hydrographie des stations

2.1 RELATION POIDS-TAILLE

Pour la précision sur la taille et le poids des spécimens, il fallait déterminer les classes de poids et de tailles en calculant l'étendus de variation par la formule statistique suivante:

$$N.C.=1+ 3,33\log N \quad \text{et} \quad i = \frac{V_{\max}-V_{\min}}{N.C.} \quad (1)$$

Où N.C : nombre des classes

I : intervalle

N : effectif total des spécimens

$V_{\max}$ et $V_{\min}$: les valeurs maximale et minimale des paramètres mesurés (tailles en centimètre (cm) et poids en gramme (g).

Afin de déceler les éventuelles variations périodiques du régime alimentaire, les échantillons ont été groupés selon deux périodes saisonnières, dont l'une pluvieuses (mars-mai, et septembre-novembre) et l'autre relativement sèche (juin-août et décembre- février). Les échantillons ont été également groupés selon le sexe des spécimens pour voir s'il y aurait de variation du régime alimentaire dépendant du sexe.

2.2 RÉGIME ALIMENTAIRE

2.2.1 IDENTIFICATION DES PROIES

Les estomacs ont été prélevés et chaque estomac a été pesé à l'aide d'une balance de marque SARTORIUS UNIVERSAL à 0,01g près et examiné individuellement.

Les contenus stomacaux étaient recueillis dans une boîte de pétri, observés sous la loupe binoculaire de marque LEICA WILD HEERBRUGG Mg de grossissement fois six à cinquante.

Sur base d'une fiche préalablement élaboré comportant la liste des proies ingérées, les différents types des proies ont été catégorisés, analysés et pesés.

L'identification de certains groupes de proies jusqu'au niveau de l'ordre était rendue possible grâce aux clés de détermination de: [5], [6], et [7].

2.2.2 ANALYSES QUALITATIVES

▪ Indice d'occurrence

Elle consiste à l'estimation en pourcent des estomacs dans lesquels chaque item alimentaire est comptabilisé par rapport au nombre total de tous les estomacs examinés [2].

Si n désigne le nombre des estomacs renfermant chaque item alimentaire et N le nombre d'estomacs examinés renfermant des proies, le pourcentage d'occurrence est trouvé par la relation :

$$\%OCC = \frac{(n \times 100)}{N} \quad (2)$$

Bien que simple, la fréquence d'occurrence ne donne aucune indication sur l'importance quantitative des proies consommées. Il est réputé être plutôt meilleur pour l'indication de la préférence alimentaire du poisson.

La préférence alimentaire des différentes proies ingérées est déterminée selon l'échelle des valeurs suivantes, proposée dans la classification de [8] :

- $OCC > 50\%$, la proie est dominante
- $10 < OCC < 50\%$, la proie est intermédiaire
- $5 < OCC < 10\%$, la proie est secondaire
- $OCC < 5\%$ la proie est accidentelle.

2.2.3 ANALYSE QUANTITATIVE

a. La gravimétrie

Par cette méthode, le poids total de chaque catégorie des proies est mesuré comme son pourcentage par rapport aux poids total des contenus de tous les estomacs.

Si p représente le poids de chaque catégorie d'aliment dans l'échantillon, et P le poids total du bol alimentaire, on a :

$$\%P = (p \times 100) / P$$

b. Le coefficient de vacuité (CV)

C'est le rapport entre le nombre d'estomacs vides (nEV) et le nombre d'estomacs examinés (N), multiplié par 100. Il est donné par la formule suivante:

$$CV = (nEV / N) \times 100 \quad (3)$$

c. L'indice alimentaire (IA)

Cet indice est le produit du pourcentage d'occurrence ($\%OCC$) avec le pourcentage pondéral ($\%P$) d'une catégorie de proie donnée. Il est obtenu par la formule :

$$IA = \%OCC \times \%P \quad (4)$$

Sa valeur varie de 0 à 100.

Si $IA > 50\%$: proies largement dominantes

Si $25\% < IA < 50\%$: proies essentielles

Si $10\% < IA < 25\%$: proies importantes

Si $0\% < IA < 10\%$: proies secondaires

d. L'indice d'importance relative (IIR)

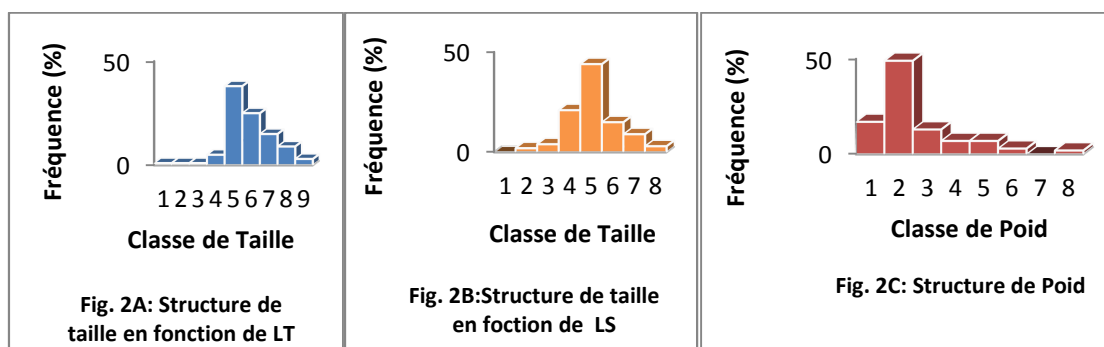
Cet indice qui combine l'analyse quantitative et qualitative permet, en les mettant ensemble, d'indiquer l'importance réelle d'un nutriment dans l'alimentation. Il est obtenu par la formule suivante :

$$IRI = (\%OCC + \%P) \times 100 \quad (5)$$

3 RESULTATS

3.1 STRUCTURES DES TAILLES ET DES POIDS

Les structures des classes des tailles et des poids sont données dans les figures ci-dessous.



Les figures 2A, 2B et 2C: structures de tailles et des poids des spécimens capturés dans tous les deux sites explorés

Il ressort de ces figures que, la structure de taille sur base des longueurs totales des individus donne 9 classes de tailles, mais avec une forte concentration des individus aux classes 5,6 et 7 ; alors qu'elle fournit 8 classes avec les longueurs standards et avec la majorité des individus aux classes 4,5 et 6. Les structures de poids donnent 8 classes des poids avec la plupart d'individus aux classes 1, 2 et 3.

3.2 EVOLUTION DE CAPTURE DES MÂLES ET FEMELLES PENDANT LA PÉRIODE DE RECHERCHE

La figure 3 illustre l'évolution de capture des mâles et femelles récoltés dans les sites Yoko et Biaro de Septembre 2008 à Août 2009.

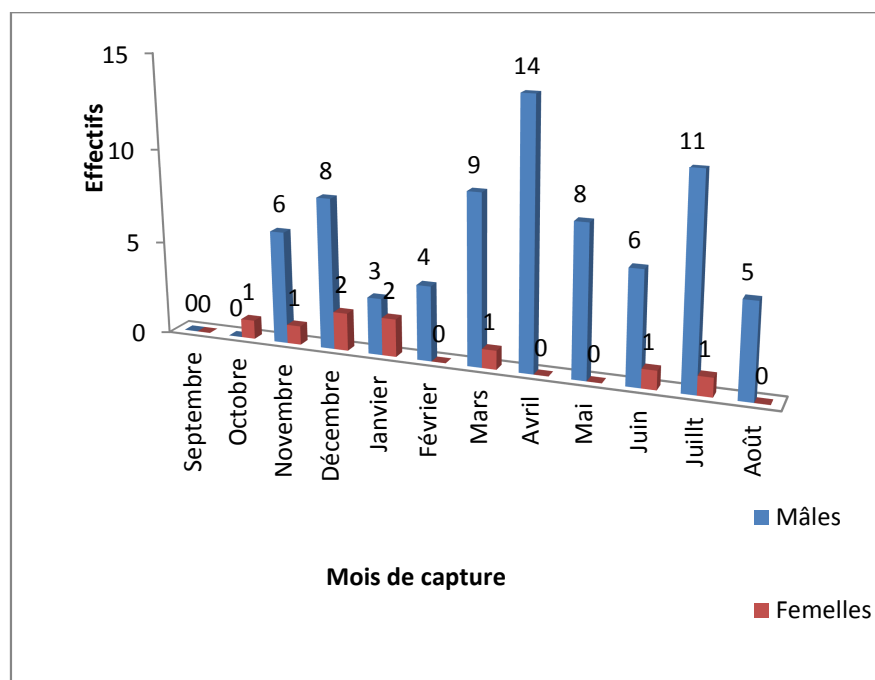


Figure 3 : variation de capture des mâles et femelles dans les sites Yoko et Biaro de Septembre 2008 à Août 2009.

Il ressort de cette figure 3 que, les mâles sont régulièrement capturés durant toute l'année avec le pic en avril et absence en octobre et que les femelles sont périodiques, avec une faible apparition.

3.3 RÉGIME ALIMENTAIRE QUALITATIF

3.3.1 COMPOSITION GÉNÉRALE DES PROIES IDENTIFIÉES

Les occurrences des différentes catégories de proies rencontrées dans 68 estomacs remplis de cette étude sont représentées dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Composition générale du régime qualitatif avec n (Nombre d'estomacs) et %OCC (Pourcentage d'occurrence)

Proies	n	% OCC
Poissons	10	14,7
Crevettes	53	77,9
Ecailles	27	39,7
Nageoires	7	10,2
Mollusques	2	2,9
Hétéroptères	3	4,4
Ephéméroptères	3	4,4
Débris animaux	65	95,5
Débris végétaux	6	8,8
C.V (Nt=83)	15	18,07

Le tableau 1 fait apparaître 9 catégories des proies parmi lesquelles, les débris animaux présentent le pourcentage d'occurrence le plus élevé, soit 95,5% ; suivi de crevettes (% OCC = 77,9%) ainsi que des écailles des poissons (%OCC=39,5). Des plus faibles pourcentages d'occurrence sont observés avec les Hétéroptères et les Ephéméroptères (4,4%OCC pour chaque catégorie). Les mollusques clôturent les catégories avec 2,9%OCC seulement. La proportion de taux de vacuité donne à son tour 18% pour un effectif total de 83 estomacs analysés.

3.3.2 EVOLUTION DE COEFFICIENT DE VACUITÉ PAR MOIS

Les fluctuations que représente le taux de vacuité, donnant l'idée sur l'activité alimentaire chez *Ichthyoborus besse congolensis* sont représentées dans la figure 4 ci-dessous.

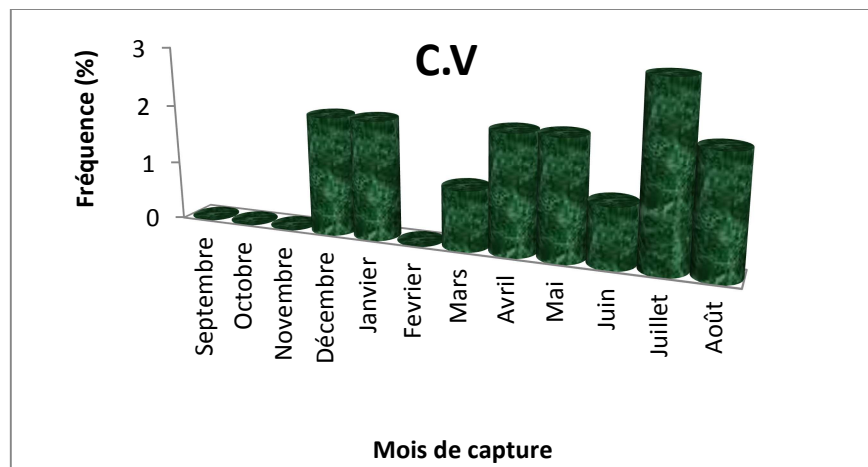


Figure 4 : Allure de coefficient de vacuité par mois

Il ressort de cette figure 4 que le niveau de taux de vacuité le plus élevé, correspondant aux faibles activités alimentaires chez cette espèce se situe aux mois de juillet-août, suivi de ceux de novembre-décembre et mars-avril avec les mois de forte activité alimentaire se situant en septembre-octobre-novembre et février.

3.4 RÉGIME QUALITATIF EN FONCTION DE PÉRIODES SAISONNIÈRES ET SELON LES SEXES

Les occurrences des différents groupes de proies ingérées, réparties en fonction des périodes saisonnières puis selon les sexes des individus sont représentées dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 : Composition qualitative du régime en fonction des périodes saisonnières (P.S.R.S : Période Saisonnière Relativement Sèche et P.S.P Période Saisonnière Pluvieuse) et les sexes avec N (Effectif) ainsi que CV (Coefficient de vacuité)

Proies	P.S.R.S				P.S.P			
	MALES		FEMELLES		MALES		FEMELLES	
	N	%OCC	N	%OCC	N	%OCC	N	%OCC
Poissons	3	9,6	0	0	5	16,6	2	50
Crevettes	26	83,9	1	33,3	23	76,6	4	100
Mollusques	0	0	1	33,3	1	3,3	0	0
Hétéroptères	1	3,2	0	0	3	10	0	0
Ephéméroptères	1	3,2	0	0	1	3,3	0	0
Nageoires	1	3,2	2	66,6	2	6,6	1	25
Ecailles	13	41,9	2	66,6	11	36,6	2	50
Débris animaux	31	100	2	66,6	29	96,6	4	100
Débris Végétaux	1	3,2	0	0	4	13,3	0	0
C.V.	6	16,2	0	0	6	16,6	3	42,8
Total	31	-	3	-	37	-	4	-

Il ressort du tableau 2 que, pendant la période saisonnière relativement sèche, en dépit des débris animaux, les crevettes apparaissent avec 83,9% d'occurrence chez les mâles contre 33,3 chez les femelles, par contre les écailles et nageoires sont plus ingérées par les femelles que les mâles et que les éphéméroptères et les hétéroptères ne sont ingérés que par les mâles.

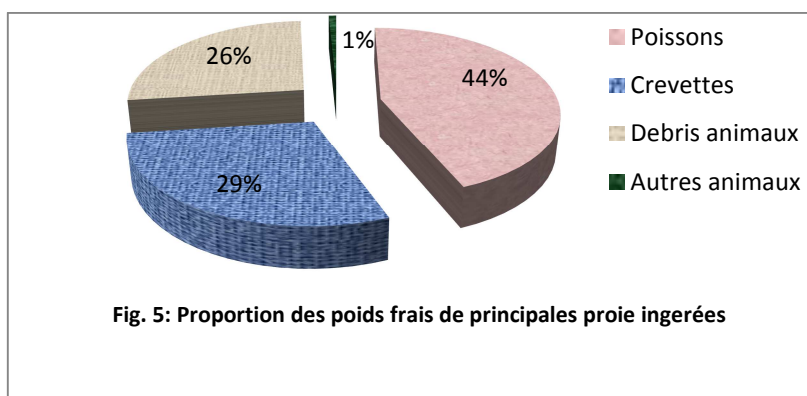
En période saisonnière pluvieuse les femelles consomment préférentiellement les crevettes et les poissons que les mâles. Ces catégories des proies sont suivies des mollusques. Pendant que les hétéroptères et des éphéméroptères n'ont curieusement pas été consommés tant par les mâles que par les femelles.

Les nageoires et les débris animaux présentent des situations dichotomiques selon les fluctuations saisonnières chez les deux sexes. Si l'un augmente en une période chez l'un de sexe, l'autre baisse pendant la même période chez l'autre sexe (débris animaux en PSRS : 100% d'occurrence chez les mâles contre 66,6% chez les femelles et ne PSP : 96,6% d'occurrence chez les mâles contre 100% d'occurrence chez les femelles ; et puis Ecailles en PSRS : 3,9% d'occurrence chez les mâles contre 66,6% d'occurrence chez les femelles et en PSP : 6,6% d'occurrence chez les mâles contre 25% d'occurrence chez les femelles).

3.5 RÉGIMES ALIMENTAIRES QUANTITATIFS

3.5.1 COMPOSITION GÉNÉRALE DE PRINCIPALES CATÉGORIES DE PROIES

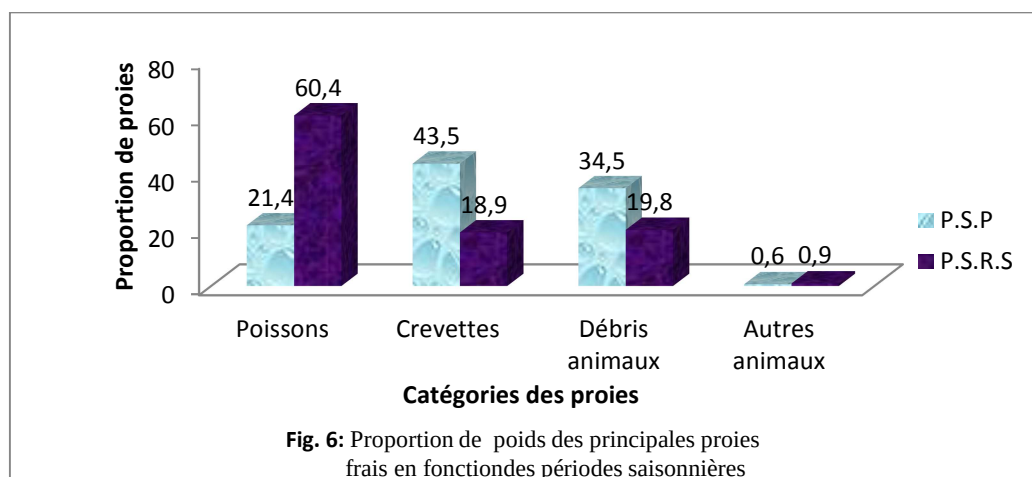
La figure 5 ci-dessous, montre la proportion des principales catégories de proies examinées sur le plan quantitatif.



Il ressort de cette figure 5 que, la composition quantitative des poissons dépassent tous les autres items alimentaires. Les poissons sont suivis des crevettes (29%) et des débris animaux divers (26.2%) tandis que les autres catégories de proies ne constituent que 1%.

3.5.2 COMPOSITION DES PRINCIPALES CATÉGORIES DE PROIES SELON LES PÉRIODES SAISONNIÈRES

La figure 6 ci-après compare les principales catégories des proies analysées sur la plan quantitatif selon les périodes saisonnières.



De la figure 6, il convient de remarquer que les poissons ont une masse importante (75%) en période relativement sèche tandis que les crevettes et les débris végétaux l'emportent pendant la saison pluvieuse.

Le tableau 3 donne les valeurs d'indice alimentaire (IA) et d'indice d'Importance relative (IIR) des proies généraux.

Tableau 3. Valeurs d'indice Alimentaire (IA) et d'indice d'importance relative (IIR) des proies généraux, puis en fonction des périodes saisonnières.

Catégorie	IA et IIR généraux		P.S.P		P.S.R.S	
	IA	IIR	IA	IIR	IA	IIR
Poissons	6.6	59	1.9	30	12.6	81
Crevettes	22.6	107	34.7	122	14.4	95
Débris animaux	24.9	121	33.9	133	18.8	114
Autres	1.7	29	0,004	1	1,4	10,4

En considérant l'indice alimentaire de chaque catégorie de proie, il s'avère que les débris animaux et les crevettes sont les proies essentielles respectivement avec IA=24.9 et IA=22.6. Toutes les autres catégories des proies ne représentent qu'une consommation secondaire, selon la classification de [15].

S'agissant de l'indice d'importance relative (IIR), il est très élevé pour les débris animaux (IIR=121) et les crevettes (IIR=107), puis faible pour les restes, mais toutefois non négligeable dans la composition alimentaire globale.

Selon les périodes saisonnières, il est à remarquer que pour la même catégorie de proie présente à toutes les périodes, l'indice alimentaire est élevé à la période saisonnière pluvieuse qu'à celle relativement sèche, exception faite aux items alimentaires constitués des poissons et des catégories des proies regroupées ensemble.

Les mêmes tendances s'observent pour ce qui est de l'indice d'importance relative.

4 DISCUSSION

4.1 TAILLES ET POIDS

La taille et le poids moyen de 98 spécimens échantillonnés présentent une évolution respective allant de 3.6 à 31.5 cm, avec une moyenne de 21.5 cm pour le premier paramètre et de 14 à 364.4 g, soit une moyenne de 77.4 g quant au second.

Il convient de constater que l'étude a porté sur les individus de toutes catégories en commençant par les juvéniles jusqu'aux adultes, mais tout en réservant une place de choix aux individus de moyens comme le montrent les structures de taille et de poids (dominance des classes 4,5 et 6 pour la taille puis 1, 2, et 3 pour le Poids). La capture des individus de toutes catégories serait le résultat de la sélectivité des filets, nasses et hameçons employés pour la capture sur terrain tandis que la dominance de ceux des classes de tailles et poids moyens peuvent être imputée à leur grande activité biologique.

4.2 RÉGIME ALIMENTAIRE QUALITATIF

L'analyse de 68 estomacs remplis d'*Ichthyoborus besse congolensis* examinés sous une loupe binoculaire et à l'aide de certaines clés de détermination, présenté dans le tableau 1 montre une dominance des proies d'origine animale avec plus ou moins 6 taxa contre quelques traces des débris végétaux. Cela confirme l'hypothèse selon laquelle, les groupes de poissons aux tubes digestifs réduits et possédants des canines dans leurs museaux, à l'instar d'*Ichthyoborus besse congolensis* aurait un régime Carnivore. Cette situation était signalé par plusieurs chercheurs dont [8]; [9] et [10] sur quelques espèces de ce genre dans la cuvette congolaise.

D'une manière plus générale, la pondération en occurrence permet de classer, à l'exception des débris animaux dominant largement ; les crevettes comme étant la proie dominante (OCC = 77.9%), les écailles, poissons et nageoires dans la catégorie des proies intermédiaires avec respectivement (OCC = 39.7%), (OCC=14.7%) et (10.2%) pour considérer les restes de proies dans la liste des proies accidentelles.[3] et [11], confirment que le spectre alimentaire des poissons est très opportuniste ; ce qui signifie que les poissons s'attaquent préférentiellement sur les proies les plus abondantes. Ainsi, il convient d'accorder la préférence de la qualité alimentaire de cette espèce aux crevettes.

En considérant cette composition générale, il se fait constater que l'origine des proies est presque endogène, car elle est constituée des animaux aquatiques où cette espèce exploiterait probablement toutes les niches.

L'abondance permanente des crevettes se justifierait par leur grande distribution dans le milieu. Celles des écailles et de nageoires peuvent être dues au fait que ce sont des organes qui ne sont pas directement et facilement digestible après leur ingestion.

4.3 COMPOSITION EN FONCTION DES PÉRIODES SAISONNIÈRES ET LES SEXES

En examinant le régime alimentaire qualitatif de cette espèce en fonction des périodes saisonnières, il convient de constater qu'il existe évidemment une petite variation dans les catégories des proies.

D'après [12], les variations observables dans les régimes des poissons dépendent de la fluctuation de types des proies ; leur abondances y compris et de l'état physiologique des poissons. Cette affirmation reste vraie dans la mesure où le résultat de cette recherche montre évidemment qu'en période saisonnière relativement sèche, les mâles se sont montrés des consommateurs exclusifs des Poissons(OCC=9.6), des Hétéroptères (OCC=3.2), des Ephéméroptères(OCC=3.2) et des débris végétaux(OCC=3.2) alors que la traces des Mollusque ne s'observe qu'uniquement chez les femelles (OCC=33.3). Les crevettes se sont retrouvées chez tous les deux sexes, mais ce cas, à des proportions qui divergent, car la grande proportion des crevettes s'est observées chez les mâles (OCC=83.9) au moment où celles des nageoires et des écailles ont dominées chez les femelles. En plus, le taux de vacuité n'est significatif que chez les mâles.

Par contre, en période saisonnière pluvieuse, les femelles deviennent plus opportunistes aux poissons (OCC=50), crevettes (OCC=100), nageoires (OCC=25) et les écailles (OCC=50) que les mâles avec respectivement 16,6%, 76,6%, 6,6% et 36,6% d'occurrences. Aussi le taux de vacuité devient remarquable chez les femelles [13] précise que la plus part des poissons dans les cours d'eau de la forêt équatoriale changent leur habitat, voir même leurs associations et cela de pair avec l'activité sexuelle et la saison. De même, plusieurs espèces vivent dans les zones inondables pendant la montée des eaux pour y pondre et s'y nourrir et revenir dans le lit de la rivière pendant la période de basses eaux.

4.4 QUANTITATIF

L'examen sur le régime alimentaire quantitatif fait apparaître des tendances contraires à celles du régime alimentaire qualitatif vus ci-haut.

Comme illustré dans la figure 6 tel qu'attesté par l'indice alimentaire(IA) et indice d'importance relative(IIR) des principales catégories des proies ; les proies aux pourcentages élevés sont respectivement les poissons (44%), les corvettes (29%), Les débris animaux (26%). Toutes les autres catégories de proies associées ne représentent que 1%.

Ce paradoxe peut se justifier par le fait que les poissons, en tant que vertébrés, présentent une biomasse beaucoup plus importante que celle des crevettes, considérées comme les proies les plus préférentielles sur le plan qualitatif. Cette dernière (poids des crevettes) domine largement sur les débris animaux en masse, car celles-ci ne constituent que des matières en pleine processus de dégradation.

En fonction des périodes saisonnières, les pourcentages élevés, attestés par les deux indices précités, prouvent l'importance des poissons en périodes saisonnières relativement sèche, alors qu'elle est significative en période saisonnière pluvieuse tant pour les crevettes que pour les débris animaux.

D'une manière générale, il convient de reconnaître que c'est la période relativement pluvieuse qui offre des nombreuses opportunités favorables pour un bon développement d'espèces de poissons.

5 CONCLUSION

L'écologie alimentaire d'*Ichtyoborus besse congolensis* de la rivière Biaro et son affluent Yoko dans la Réserve forestière de Yoko en République Démocratique du Congo a été entreprise à la période allant de Septembre 2008 à Août 2009. Le but était d'évaluer qualitativement et quantitative le régime alimentaire en fonction des classes de tailles et selon les différentes périodes saisonnières.

La taille de 98 spécimens de *Ichtyoborus besse congolensis* échantillonnés varie de 3.6 à 31.5 cm, avec une moyenne de 21.5 cm. Le poids varie de 14 à 364.4 g, soit une moyenne de 77.4 g.

L'analyse de 68 estomacs remplis d'*Ichtyoborus besse congolensis* examinés sous binoculaires, montre une dominance des proies d'origines animale avec plus ou moins 6 taxa contre quelques traces des débris végétaux. L'indice alimentaire (IA) et indice d'importance relative(IIR) des principales catégories des proies ; les proies aux pourcentages élevés sont respectivement les poissons (44%), les corvettes (29%), Les débris animaux (26%). Toutes les autres catégories de proies associées ne représentent que 1%.

Au terme de ce résultats, bien que la saison influe l'alimentation de la faune ichtyologique, l'espèce *Ichtyoborus besse congolensis* avec un régime spécialisé à tendance carnivore, n'a pas encore de problème vis l'abondance d'aliment dans le secteur, mais aurait des problèmes sérieux au cas où les organismes considérés comme ses proies faisaient défaut dans le milieu et cela entraînerait des conséquences sur plusieurs aspects d'écologie et de biologie de ce poisson.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Académie de Recherche et d'Enseignement supérieur (ARES) du Royaume de Belgique pour la bourse de recherche (PAH ARES/UNIKIN 2015) accordée à Mr Jean-Paul Ngbolua Koto –te-Nyiwa.

REFERENCES

- [1] E.D. Fiogbe, P. Kestemont, C. Melard, J.C. Micha. The effects of dietary crude protein on growth of the European perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture* no. 144, pp. 239–249, 1996.
- [2] A.P. Ulyel. Ecologie alimentaire des *Haplochromis* spp. (TELEOSTEI : Cichlidae) du lac Kivu en Afrique Centrale. Thèse de doctorat, KUL, Leuven, Belgium, 1991.
- [3] A.P. Ulyel. Régime alimentaire des *haplochromis* (Teleostei : Cichlidae) du Lac Kivu en Afrique. Belg. J. zool., Vol. 120, no. 2, pp. 143-155, 1990.
- [4] B. Lomba. Systèmes d'agrégation et structures diamétriques en fonction des tempéraments de quelques essences dans les dispositifs permanents de Yoko et Biaro (Ubundu, Province Orientale). Thèse de doctorat, inédit, Université de Kisangani, République Démocratique du Congo, 2011.
- [5] H. Tachet, M. Bournoud, P. Ricaux. L'étude de macro-invertébrés des eaux douces (systématiques alimentaires et aperçus écologiques) CLOP/AFL, Paris, 1980.
- [6] K.J. Durand, C. Lévêque. Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahélo Soudanienne. ORSTOM, Paris, 1981.
- [7] C.H. Scholtz, E. Holm. Insects of Southern Africa. Butterworths, 1985.
- [8] L. Lauzanne. Les habitudes alimentaires des poissons d'eau douce Africains. In : Biologie et Ecologie des poissons d'eau douce africaine, C. Lévêque, M.N. Briton, G.W. Sentongoeds, ORSTOM, Paris, pp.221-242, 1988.
- [9] H. Matthes. Les poissons du Lac Tumba et de la Région d'IKELA : Etude systématique et écologique. In : Sciences Zoologiques, no. 126, p.204, Bruxelles, 1964.
- [10] Marshal,N.B., La vie des poissons. Tome I. Edition rencontre Lausanne. France, pp.145, 1970
- [11] M. Kaningini, P. Isumbisho. Moment d'alimentation et régime alimentaire des Larves de *Limnothrissamiodon* (BLGR, 1906) dans la partie Sud du Lac Kivu (Bassin de Bukavu). Cahier du CERUKI, Nouvelle série no. 31, pp. 2-20, 2003.
- [12] L. Lauzanne. Régime alimentaire et relation trophique des poissons du Lac Tchad. ORSTOM, Sc. Hydrobiol., no. 10, pp. 267-310, 1976.
- [13] R.H. Lowe-McConnell. Ecological studies in tropical Fish communities. Combridge, 383p., 1987.

Sur Quelques Applications de la Transformation de Laplace

MARIE CHANTAL NIYOMANZI SEBUTIMBIRI¹, Jean-Claude LWANZO KATCHUNGIRI², and DAVID BYAMUNGU WANGUWABO³⁻⁴

¹Département des Techniques de Laboratoire et Santé publique,
Institut Supérieur des Techniques Médicales de Goma (ISTM/GOMA), Goma, Nord-Kivu, RD Congo

²Département de Mathématique-Physique,
Institut Supérieur Pédagogique de MATANDA (ISP/MATANDA), Masisi, Nord-Kivu, RD Congo

³Faculté des Sciences et Technologies Appliquées (FSTA),
Université Libre des Pays des Grands-Lacs (ULPGL/GOMA), Goma, Nord-Kivu, RD Congo

⁴Faculté des Sciences de l'Ingénieur (FSI),
Université du Cinquantenaire de Lwiro (UNI-50/LWIRO), Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo

Copyright © 2016 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: Through the paper on Laplace transformation integration published in CERIGO Journal N°2 pp. 75-86, senior lecturer David BYAMUNGU has shown basis actuality and the importance of Laplace transformation integration of some functions that do not accept usual methods integration such as integration of part and variable change; these notions being considered as one of most important mathematic theories.

In the same way, the present paper brings about and exhibits the importance of scientific interdisciplinarity showing that from transformational calculation of Laplace we can resolve problems linked with solution to problem of interdisciplinarity happening to show how transformational calculation of Laplace plays a very basic role in Mathematics (Analysis), Physics, electronics and other branches of science.

KEYWORDS: Transformation, transformation application, equations, differential equations systems, integration, oscillating systems, mechanics oscillating system, free oscillations, electric circuits.

RESUME: A travers leur article sur l'intégration la transformation de Laplace paru dans la revue du CERIGO N°2 page 75-86, le CT David BYAMUNGU WANGUWABO a montré l'actualité et l'importance de la transformation de LAPLACE dans l'intégration de certaines fonctions n'acceptant pas l'intégration par les méthodes usuelles à savoir l'intégration par partie et par changement de variable ; ces notions étant considérées comme l'une des plus élégantes de théories mathématiques.

Dans le cadre du présent article, nous voulons apporter et exhiber l'importance de l'interdisciplinarité en science en montrant qu'à partir du calcul transformationnel de LAPLACE nous pouvons résoudre les problèmes liés de l'interdisciplinarité qui se pose en montrant comment le calcul transformationnel de Laplace joue un rôle très important en mathématique (Analyse), en physique, en électronique et dans d'autres branches de la science.

MOTS-CLEFS: Transformation, application de la transformation, équations, systèmes d'équations différentielles, intégration, système oscillant, oscillations mécaniques, oscillations libres, circuits électriques.

1 INTRODUCTION

A travers leur article sur l'intégration la transformation de Laplace paru dans la revue du CERIGO N°2 page 75-86, le CT David BYAMUNGU WANGUWABO a montré l'actualité et l'importance de la transformation de LAPLACE dans l'intégration de certaines fonctions n'acceptant pas l'intégration par les méthodes usuelles à savoir l'intégration par partie et par changement de variable ; ces notions étant considérées comme l'une des plus élégantes de théories mathématiques.

Dans le cadre du présent article, nous voulons apporter et exhiber l'importance de l'interdisciplinarité en science en montrant qu'à partir du calcul transformationnel de LAPLACE nous pouvons résoudre les problèmes liés de l'interdisciplinarité qui se pose en montrant comment le calcul transformationnel de Laplace joue un rôle très important en mathématique (Analyse), en physique, en électronique et dans d'autres branches de la science.

Nous nous sommes servis des résultats de notre premier article évoqué ci-haut pour démontrer quelques applications de la transformation de Laplace en mathématique (Analyse : précisément dans la résolution des équations différentielles linéaires et des systèmes d'équations différentielles) et en physique dans la résolution des équations différentielles des systèmes oscillants. Pour ce dernier cas, les problèmes étant délicats, nous avons étudié d'une manière détaillée quelques cas concrets en nous attachant à dégager la méthode générale qui, du reste, présidera à leur résolution et pourra aisément être transposée à d'autres cas.

Pour arriver à atteindre notre objectif qui est celui de montrer l'utilité des mathématiques dans certaines branches connexes de science, nous avons utilisé la méthode axiomatique qui nous a permis de développer certaines démonstrations et certains exemples. Celle-ci a été appuyée par la technique documentaire : celle-ci nous a permis de parcourir certains ouvrages afin de constituer la théorie du présent article.

2 METHODES ET RESULTATS

2.1 APPLICATION DE LA TRANSFORMATION DE LAPLACE EN ANALYSE MATHÉMATIQUE

En analyse mathématique, la résolution des équations différentielles et des systèmes d'équations différentielles est donnée de la manière suivante :

- on cherche d'abord la solution générale de l'équation

$$a_0 \frac{d^n x}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} x}{dt^{n-1}} + \dots + a_{n-1} \frac{dx}{dt} + a_n x(t) = 0 \quad (1) \text{ contenant } n \text{ constantes arbitraires,}$$

- Ensuite on détermine les constantes de manière que les conditions initiales $x(0) = x_0$, $x'(0) = x'_0, \dots, x^{n-1}(0) = x_0^{n-1}$ (2) soient vérifiées.

Cette méthode de résolution paraît difficile et fastidieuse ; nous proposons pour cet effet une méthode plus simple basée sur la transformation de Laplace de la manière suivante :

- on cherche l'image L de la solution de l'équation (1) vérifiant les conditions (2). Désignons cette image L par ainsi $\bar{x}(s)$; ainsi $\bar{x}(s) \rightarrow S(t)$.

Supposons que l'image de la solution de l'équation (1) ainsi que ses dérivées jusqu'à l'ordre n inclus existe (une fois la solution trouvée, nous pouvons vérifier la validité de cette supposition).

- Multiplions les deux membres de l'égalité (1) par e^{-st} où $s=a+ib$ et intégrons entre les limites 0 et ∞ :

$$a_0 \int_0^\infty e^{-st} \frac{d^n x}{dt^n} dt + a_1 \int_0^\infty e^{-st} \frac{d^{n-1} x}{dt^{n-1}} dt + \dots + a_n \int_0^\infty e^{-st} x(t) dt = \int_0^\infty e^{-st} f(t) dt \quad (3)$$

Dans le premier membre de (3) nous avons l'image L de la fonction $x(t)$ et de ses dérivées, dans le second membre l'image L de la fonction $f(t)$ que nous désignons par $F(s)$. Ainsi (3) peut se mettre sous la forme :

$$a_0 L \left[\frac{d^n x}{dt^n} \right] + a_1 L \left[\frac{d^{n-1} x}{dt^{n-1}} \right] + \dots + a_n L[x(t)] = L[f(t)]$$

Remplaçons dans cette égalité les images de la fonction et de ses dérivées par les expressions suivantes :

$$1) \quad \text{Si } F(s) \rightarrow f(t) \text{ alors } sF(s) - f(0) \rightarrow f'(t).$$

$$2) \quad s[sF(s) - f(0)] - f'(0) \rightarrow f''(t) \Leftrightarrow s^2 F(s) - sf(0) - f'(0) \rightarrow f''(t)$$

$$3) \quad s^n F(s) - [s^{n-1}f(0) + s^{n-2}f'(0) + \dots + sf^{(n-2)}(0) + \dots + f^{(n-1)}(0)] \rightarrow f^{(n)}(t).$$

On obtient :

$$a_0\{s^n \bar{x}(s) - [s^{n-1}x_0 + s^{n-2}x'_0 + s^{n-3}x''_0 + \dots + x_0^{n-1}]\} + a_1\{s^{n-1}\bar{x}(s) - [s^{n-2}x_0 + s^{n-3}x'_0 + s^{n-4}x''_0 + \dots + x_0^{n-2}]\} + a_{n-1}\{s\bar{x}(s) - x_0\} + a_n\bar{x}(s) = F(s)$$

Cette équation (4) est appelée équation auxiliaire ou équation image d'inconnue l'image $\bar{x}(s)$ que l'on peut déterminer à partir même de cette équation. Transformons cette équation en laissant dans le premier membre les termes contenant $\bar{x}(s)$:

$$[a_0s^n + a_1 + \dots + a_{n-1} + a_n]\bar{x}(s) = a_0[s^{n-1}x_0 + s^{n-2}x'_0 + \dots + x_0^{n-1}] + a_1[s^{n-2}x_0 + s^{n-3}x'_0 + \dots + x_0^{n-2}] + a_{n-2}[sx_0 + x'_0] + a_{n-1}x_0 + F(s) \quad (4')$$

Le coefficient de $\bar{x}(s)$ dans le premier de (4') est un polynôme en S d'ordre n que l'on peut obtenir si dans le premier membre de l'équation (1), on remplace les dérivées par les puissances correspondantes de S. Désignons-le par: $P_n(s)$, on a :

$$P_n(s) = a_0s^n + a_1s^{n-1} + \dots + a_{n-1}s + a_n \quad (5)$$

Le second membre de (4) est ainsi composé:

- le coefficient a_{n-1} est multiplié par x_0 ,
- Le coefficient a_{n-2} est multiplié par $sa_0 + x'_0, \dots$
- Le coefficient a_1 est multiplié par : $s^{n-2}x_0 + s^{n-3}x'_0 + \dots + x_0^{n-2}$,
- Le coefficient a_0 est multiplié par $s^{n-1}x_0 + s^{n-2}x'_0 + \dots + x_0^{n-1}$.

On obtient alors un polynôme en S de degré n-1 dont les coefficients sont connus. On a:

$$P_n(s)\bar{x}(s) = P_{n-1}(s) + F(s) \Rightarrow \bar{x}(s) = \frac{P_{n-1}(s)}{P_n(s)} + \frac{F(s)}{P_n(s)} \quad (5)$$

D'où $\bar{x}(s)$ est l'image de la solution $x(t)$ de l'équation (1) vérifiant les conditions initiales. Si on trouve une autre fonction $x^*(t)$ dont l'image est $\bar{x}(s)$ définie par l'égalité (6) c'est-à-dire que $x^*(t)=x(t)$.

Remarque : Si les conditions initiales sont telles que $x_0=x'_0=x''_0=\dots=x_0^{n-1}=0$ alors $P_{n-1}(s)=0$.

$$\text{D'où } \bar{x}(s) = \frac{F(s)}{P_n(s)} \quad \text{ou} \quad \bar{x}(s) = \frac{F(s)}{a_0s^n + a_1s^{n-1} + \dots + a_n} \quad (6')$$

A. Exemple de résolution des équations différentielles linéaires par la méthode de la transformation de Laplace

Exemple₁ : Trouver la solution de l'équation $\frac{dx}{dt} + x = 1$ vérifiant les conditions initiales $x_0=0$ pour $t=0$.

Solution : Equation auxiliaire $(s+1)\bar{x}(s)=0+\frac{1}{s}$ (car $\frac{1}{s} \rightarrow 1$)

$$\Leftrightarrow \bar{x}(s) = \frac{1}{s}.$$

En décomposant la fraction du second membre en éléments simples, on obtient : $\bar{x}(s) = \frac{1}{s} - \frac{1}{s+1}$.

En s'appuyant sur le fait que $F(s)=L[f(x)]=\frac{1}{s}$ alors $f(t)=L^{-1}[F(s)]=1$ et $F(s)=L[f(x)]=\frac{1}{s+a}$ et $f(t)=L^{-1}[F(s)]=e^{-at}$.

On a : $x(t)=1-e^{-t}$.

Exemple₂ : Trouver la solution de l'équation $\frac{d^2x}{dt^2}+9x=1$ avec $x_0=x'_0=0$ pour $t=0$.

Solution : $x_0=x'_0=0$ pour $t=0 \Leftrightarrow P_{n-1}(s)=0$ par définition. Ecrivons l'équation auxiliaire: $(s^2+1)\bar{x}(s)=\frac{1}{s} \Leftrightarrow \bar{x}(s) = \frac{1}{s(s^2+9)}$.

Si $F(s)=L[f(x)]=\frac{1}{s(s^2+a^2)}$ alors $f(t)=L^{-1}[F(s)]=\frac{1}{a^2}(1-\cos at)$,

On trouve $x(t)=\frac{1}{9}(1-\cos 3t)$ $x(t)=\frac{1}{9}-\frac{1}{9}\cos 3t$.

Exemple₃: Trouver la solution de l'équation : $\frac{d^2x}{dt^2} + 3\frac{dx}{dt} + 2x = t$ avec $x_0=x'_0=0$ pour $t=0$.

Solution : $P_{n-1}(s)=0$. Ecrivons l'équation auxiliaire : $(s^2+3s+2)\bar{x}(s)=\frac{1}{s^2}$ ou $\bar{x}(s) = \frac{1}{s^2} \cdot \frac{1}{s^2+3s+2} = \frac{1}{s^2(s+1)(s+2)}$

Décomposons cette fraction en éléments simples:

$$\frac{1}{s^2(s+1)(s+2)} = \frac{A}{s+1} + \frac{B}{s+2} + \frac{Cs+D}{s^2}$$

$$\bar{x}(s) = \frac{1}{s+1} - \frac{1}{4(s+2)} + \frac{\frac{3}{4}s + \frac{1}{2}}{s^2}$$

$$\bar{x}(s) = \frac{1}{s+1} - \frac{1}{4(s+2)} - \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{s} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{s^2}$$

$$\text{D'où, } x(t) = e^{-t} - \frac{1}{4}e^{-2t} - \frac{3}{4} + \frac{1}{2}t$$

Exemple₄ : Trouver la solution de l'équation: $\frac{d^2x}{dt^2} + 2\frac{dx}{dt} + 5x = \sin t$, avec $x_0=1$, $x'_0=2$ pour $t=0$

Solution : $P_{an}(s)=s^2+2s+5 \Rightarrow P_{n-1}(s)=1.(s.1+2)+2(1)=s+4$

l'équation auxiliaire $(s^2+2s+5)\bar{x}(s) = s+4 + L[\sin t]$ ou $L[\sin t]=\frac{1}{s^2+1}$

$$\text{D'où } \bar{x}(s) = \frac{s+4}{s^2+2s+5} + \frac{1}{(s^2+1)(s^2+2s+5)}.$$

Décomposons la dernière fraction du second membre en éléments simples, on écrit :

$$\bar{x}(s) = \frac{s+4}{s^2+2s+5} + \frac{-\frac{1}{10}s + \frac{1}{10}}{s^2+1} + \frac{\frac{1}{10}s}{s^2+2s+5}.$$

$$\bar{x}(s) = \frac{11s+11}{10(s^2+2s+5)} + \frac{29}{10(s^2+2s+5)} - \frac{1}{10} \frac{s}{s^2+1} + \frac{1}{5} \frac{1}{(s^2+1)}.$$

$$\text{D'où } x(t) = \frac{11}{10}e^{-t}\cos 2t + \frac{29}{20}e^{-t}\sin 2t - \frac{1}{10}\cos t + \frac{1}{5}\sin t$$

$$x(t) = e^{-t} \left(\frac{11}{10}\cos 2t + \frac{29}{20}\sin 2t \right) - \frac{1}{10}\cos t + \frac{1}{5}\sin t$$

Exemple₅ : Trouver la solution de l'équation $\frac{d^2x}{dt^2} + 4x = \sin 3x$, pour $x_0=0$, $x'_0=0$ pour $t=0$.

Solution: $x_0=x'_0=0$ pour $t=0 \Rightarrow P_{n-1}(s) = 0$

Composons l'équation auxiliaire $(s^2+4)\bar{x}(s) = L[\sin 3t]$

$$\text{D'où } (s^2+4)\bar{x}(s) = \frac{3}{s^2+9} \Rightarrow \bar{x}(s) = \frac{3}{(s^2+4)(s^2+9)}.$$

En décomposant en éléments simples, on trouve :

$$\bar{x}(s) = \frac{\frac{3}{5}}{s^2+4} + \frac{-\frac{3}{5}}{s^2+9} = \frac{3}{5} \frac{1}{s^2+4} - \frac{3}{5} \frac{1}{s^2+9}.$$

D'où $L[f(t)]=\frac{1}{s^2+a^2}=F(s)$ et $L^{-1}[F(s)]=f(t)=\frac{1}{a}\sin at$ on a :

$$\bar{x}(s) = \frac{3}{10}\sin 2t - \frac{1}{5}\sin 3t$$

Exemple₆ : Trouver la solution de l'équation $\frac{d^3x}{dt^3} + 4x = 0$ vérifiant les conditions initiales $x_0=1$, $x'_0=3$, $x''_0=8$ pour $t=0$

Solution: $P_n(s) = s^3+1$

$$P_{n-1}=1.(s^2.1+s.3+8)=s^2+3s+8.$$

L'équation auxiliaire sera alors $(s^3+1)\bar{x}(s)=s^2+3s+8$.

$$\text{D'où } \bar{x}(s) = \frac{s^2+3s+8}{s^3+1} = \frac{s^2+3s+8}{(s+1)(s^2-s+1)}$$

En décomposant la fraction rationnelle obtenue en éléments simples, on a : $\bar{x}(s) = \frac{2}{s+1} + \frac{-s+6}{s^2-s+1} = \frac{2}{s+1} + \frac{s-6}{s^2-s+1}$ ou $\bar{x}(s) = \frac{2}{s+1} + \frac{s-\frac{1}{2}-\frac{11}{2}}{(s-\frac{1}{2})^2+\frac{3}{4}}$

$$\frac{s-\frac{1}{2}-\frac{11}{2}}{(s-\frac{1}{2})^2+\frac{3}{4}}$$

$$\bar{x}(s) = 2 \cdot \frac{1}{s+1} \left[\frac{s-\frac{1}{2}}{\left(s-\frac{1}{2}\right)^2 + \frac{3}{4}} - \frac{\frac{11}{2}}{\left(s-\frac{1}{2}\right)^2 + \frac{3}{4}} \right]$$

$$\bar{x}(s) = 2 \cdot \frac{1}{s+1} - \frac{s-\frac{1}{2}}{\left(s-\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} + \frac{11}{2} \frac{1}{\left(s-\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2}$$

$$\text{Donc } x(t) = 2e^{-t} - e^{\frac{1}{2}t} \cos \frac{\sqrt{3}}{2}t + \frac{11}{2} \frac{1}{\sqrt{3}} e^{\frac{1}{2}t} \sin \frac{\sqrt{3}}{2}t$$

$$\text{D'où } x(t) = 2e^{-t} + e^{\frac{1}{2}t} \left(-\cos \frac{\sqrt{3}}{2}t + \frac{11}{\sqrt{3}} \sin \frac{\sqrt{3}}{2}t \right).$$

N.B : La méthode s'applique à toutes les équations linéaires à coefficients constants, aussi compliquées soient-elles, et aux équations linéaires à coefficients variables.

B. Quelques exemples de résolution des systèmes d'équations différentielles par la méthode de la transformée de Laplace

1. Trouver la solution du système d'équations différentielles :

$$\begin{cases} 2 \frac{dx}{dt} + \frac{dy}{dt} - 4x - y = e^t & (1) \\ \frac{dx}{dt} + 3x + y = 0, & (2) \end{cases} \quad \text{vérifiant les conditions initiales } x=0, y=0 \text{ pour } t=0.$$

Désignons par $x(t) \leftarrow \bar{x}(s)$ et $y(t) \leftarrow \bar{y}(s)$ et écrivons le système d'équations auxiliaires :

$$\begin{cases} (2s-4)\bar{x}(s) + (s-1)\bar{y}(s) = \frac{1}{s-1} & (3) \\ (s+3)\bar{x}(s) + \bar{y}(s) = 0, & (4) \end{cases}$$

En multipliant (4) par (s-1) on trouve $(s^2 + 2s - 3)\bar{x}(s) + (s-1)\bar{y}(s) = 0$ (5) faisant (3)-(5) donne : $-(s^2 + 1)\bar{x}(s) = \frac{1}{s-1}$

$$\Rightarrow \bar{x}(s) = \frac{-1}{(s-1)(s^2+1)}$$

D'où $x(t) = -\frac{1}{2} - (e^t - \cos t - \sin t)$, ensuite nous tirons

$$\begin{aligned} \bar{y}(s) &= -(s+3) \cdot \bar{x}(s) \cdot \frac{-1}{(s-1)(s^2+1)} \\ &= -(s+3) \cdot \frac{-1}{(s-1)(s^2+1)} = \frac{s+3}{(s-1)(s^2+1)} \\ &= \frac{s}{(s-1)(s^2+1)} + \frac{3}{(s-1)(s^2+1)} \end{aligned}$$

$$\text{D'où } y(t) = \frac{1}{2} \cdot [\sin t + (e^t - \cos t)] + \frac{3}{2} [e^t - \cos t - \sin t]$$

$$y(t) = -\sin t - 2\cos t + 2e^t$$

Les solutions cherchées du système sont donc

$$x(t) = \frac{1}{2} \sin t - \frac{1}{2} \cos t - \frac{1}{2} e^t$$

$$y(t) = -\sin t - 2\cos t + 2e^t$$

2) Trouver la solution du système d'équation :

$$\begin{cases} 3 \frac{dx}{dt} + 2x + \frac{dy}{dt} = 1 & (1) \\ \frac{dx}{dt} + 4 \frac{dy}{dt} + 3y = 0 & (2) \end{cases} \quad \text{vérifiant les conditions initiales } x=0, y=0 \text{ pour } t=0.$$

Solution : Désignons par $x(t) \leftarrow \bar{x}(s)$

$y(t) \leftarrow \bar{y}(s)$ et écrivons le système d'équations auxiliaires :

$$\begin{cases} (3s+2)\bar{x}(s) + S\bar{y}(s) = \frac{1}{s} & (3) \\ s\bar{x}(s) + (4s+3)\bar{y}(s) = 0, & (4) \end{cases}$$

En résolvant ce système, nous trouvons :

$$\bar{x}(s) = \frac{4s+3}{s(s+1)(11s+6)} = \frac{1}{s} - \frac{1}{5(s+1)} - \frac{33}{10(11s+6)},$$

$$\bar{y}(s) = -\frac{1}{(11s+6)(s+1)} = \frac{1}{5} \left(\frac{1}{s+1} - \frac{11}{11s+6} \right)$$

Ou encore
$$\begin{cases} \bar{x}(s) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{s} - \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{s+1} - \frac{3}{10} \cdot \frac{1}{s+\frac{6}{11}} \\ \bar{y}(s) = \frac{1}{5} \left(\frac{1}{s+1} - \frac{1}{s+\frac{6}{11}} \right) \end{cases}$$

On sait que si $F(s) = \frac{1}{s}$ alors $f(t) = \frac{1}{2} - \frac{1}{5} L^{-1}[F(s)] = 1$, $F(s) = \frac{1}{s+a}$ alors $f(t) = L^{-1}[F(s)] = e^{-at}$.

D'où ces solutions deviennent $x(t) = \frac{1}{2} - \frac{1}{5} e^{-t} - \frac{3}{10} e^{-\frac{6}{11}t}$

$$y(t) = \frac{1}{5} \left(e^{-t} - e^{-\frac{6}{11}t} \right)$$

Signalons que les systèmes linéaires d'ordre supérieur se résolvent de la même manière

2.2 APPLICATION DE LA TRANSFORMATION DE LAPLACE EN PHYSIQUE

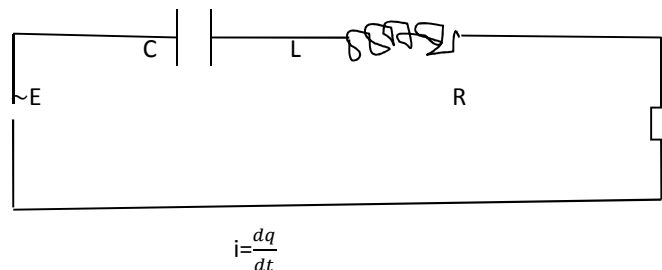
2.2.1 ETUDE DES EQUATIONS DIFFERENTIELLES OSCILLATIONS MECANQUES- EQUATIONS DIFFERENTIELLES DE LA THEORIE DES CIRCUITS ELECTRIQUES

Nous savons de la mécanique que les oscillations d'un point matériel de masse m sont décrites par l'équation :

$$\frac{d^2 X}{dt^2} + \frac{\lambda}{m} \frac{dx}{dt} + \frac{k}{m} x = \frac{1}{m} f_1(t) \quad (1)$$

Ou x désigne l'écart du point (l'élongation) d'une certaine position, k la rigidité du système élastique (par exemple du ressort), λ le coefficient de viscosité.

La solution d'une équation du type (1) décrit également les petites oscillations d'autres systèmes mécaniques à un degré de liberté, par exemple les vibrations de torsion du volant sur un arbre flexible si x est l'angle de rotation du volant, m le moment d'inertie du volant, k la rigidité à la torsion de l'ordre et $\frac{1}{m} f_1(t)$ le moment des forces extérieures par rapport à l'axe de rotation. (1) décrit aussi les phénomènes se déroulant dans les circuits électrique d'une. Soit un circuit électrique, composé d'une inductance L , d'une résistance R capacité C , auquel est appliquée une force électromotrice E .



Désignons par i le courant dans le circuit et Q la charge du condensateur. Alors i et Q vérifient les équations suivantes :

$$L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{q}{c} = E \quad (2), \quad \frac{dq}{dt} = i \quad (3) \text{ c'est la loi d'Ampère.}$$

De (3) on a : $\frac{d^2 q}{dt^2} = \frac{di}{dt}$ (3').

Portant (3) et (3') dans (2), on obtient : $L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{c} q = E$ (4).

Signalons que (4) et (5) sont des types (1)

2.2.2 RESOLUTION DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE DES OSCILLATIONS

L'équation des oscillations peut se mettre sous forme :

$\frac{d^2x}{dt^2} + a_1 \frac{dx}{dt} + a_2 x = f(t)$ (6) où le sens la mécanique ou physique de la fonction recherchée x , des coefficients a_1 , a_2 et de la fonction $f(t)$ est aisément établie en la comparant avec les équations (1), (4), (5).

$x = x_0$, $x' = x'_0$ Trouvons la solution de (6) vérifiant les conditions initiales pour $t=0$. L'équation auxiliaire pour (6) est : $(s^2 + a_1s + a_2)\bar{x}(s) = x_0s + x'_0 + a_1x_0 + F(s)$ (7) où $F(s)$ est l'image de $f(t)$.

$$D'où \bar{x}(s) = \frac{x_0s + x'_0 + a_1x_0}{s^2 + a_1s + a_2} + \frac{F(s)}{s^2 + a_1s + a_2} \quad (8)$$

Ainsi pour la solution $q(t)$ de l'équation (4) vérifiant les conditions initiales $q=q_0$, $q'=q'_0$ pour $t=0$, l'image sera de la forme :

$$\bar{Q}(s) = \frac{L(Q_0s + Q'_0) + RQ}{Ls^2 + Rs + \frac{1}{C}} + \frac{\bar{E}(s)}{Ls^2 + Rs + \frac{1}{C}}$$

La solution dépendra donc de $s^2 + a_1s + a_2$ racines de selon qu'elles sont complexes, réelles et distinctes ou réelles et égales.

Si les racines sont complexes, c'est-à-dire $(\frac{a_1}{2})^2 - a_2 < 0$

De (8) : $\bar{x}(s) = \frac{x_0s + x'_0 + a_1x_0}{s^2 + a_1s + a_2} + \frac{F(s)}{s^2 + a_1s + a_2}$ mais

$$s^2 + a_1s + a_2 = (s + \frac{a_1}{2})^2 + (\sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}})^2$$

$$\Rightarrow \bar{x}(s) = \frac{x_0}{(s + \frac{a_1}{2})^2 + (\sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}})^2} + \frac{x'_0 + a_1x_0}{Ls^2 + Rs + \frac{1}{C}} + \frac{F(s)}{(s + \frac{a_1}{2})^2 + (\sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}})^2}$$

Comme l'image de la somme des fonctions est égale à la somme de leurs images et en vertu du fait que si $F(s) = L[f(t)] = \frac{s}{(s+a)^2 + b^2}$ alors $f(t) = L^{-1}[F(s)] = \frac{1}{b} e^{-at} (b \cos bt - a \sin bt)$ et si $F(s) = L[f(t)] = \frac{1}{a^2 + (s+b)^2}$ alors $L^{-1}[F(s)] = \frac{1}{a} e^{-bt} \cdot a \sin bt$ (*), on trouve : $\frac{x_0s}{(s + \frac{a_1}{2})^2 + (\sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}})^2} \rightarrow x_0 e^{-\frac{a_1}{2}t} \cos \sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}} t - \frac{x_0}{\sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}}} e^{-\frac{a_1}{2}t} \cdot \frac{a_1}{2} \sin \sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}} t$

$$\frac{x'_0 + a_1x_0}{(s + \frac{a_1}{2})^2 + (\sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}})^2} \rightarrow x'_0 + a_1x_0 \frac{x_0}{\sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}}} e^{-\frac{a_1}{2}t} \cdot \frac{a_1}{2} \sin \sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}} t$$

$$\Rightarrow \frac{x_0s + x'_0 + a_1x_0}{s^2 + a_1s + a_2} \rightarrow e^{-\frac{a_1}{2}t} \left[x_0 \cos \sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}} t + \frac{x'_0 + \frac{a_1x_0}{2}}{\sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}}} \cdot e^{-\frac{a_1}{2}t} \sin \sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}} t \right] \quad (1)$$

Pour trouver alors l'originale correspondant à on utilise le théorème de convolution (2. p.58) en remarquant que $F(s) \rightarrow f(t)$ et $\frac{1}{s^2 + a_1s + a_2} \rightarrow \frac{e^{-\frac{a_1}{2}t}}{\sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}}} \int_0^t f(\theta) \sin \sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}} (t - \theta) d\theta$ (10)

Nous obtenons ainsi de (8) en tenant compte de (s) et (1) :

$$x(t) = e^{-\frac{a_1}{2}t} \left[x_0 \cos \sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}} t + \frac{x'_0 + \frac{a_1x_0}{2}}{\sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}}} e^{-\frac{a_1}{2}t} \sin \sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}} t \right] + \frac{e^{-\frac{a_1}{2}t}}{\sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}}} \int_0^t f(\theta) \sin \sqrt{a_2 - \frac{a_1^2}{4}} (t - \theta) d\theta \quad (11)$$

Si $f(t)=0$ c'est-à-dire nous avons des oscillations mécaniques ou électriques libres, la solution est donnée par le 1^{er} terme du second membre de (11) Si $x_0 = x'_0 = 0$, alors la solution sera le second terme du second membre de (11).

2.2.3 ETUDE DES OSCILLATIONS LIBRES

Supposons que (6) décrit les oscillations libres c'est-à-dire que $f(t)=0$.

$$\text{Si } a_1=2n, a_2=k^2, k_1^2=k^2-n^2 \text{ (6) devient : } \frac{d^2x}{dt^2} + 2n \frac{dx}{dt} + k^2x = 0 \quad (12)$$

La solution de cette équation est donnée par :

$$x_1(t)=e^{-nt} \left[x_0 \cos k_1 t + \frac{x'_0 + x_0 n}{k_1} \sin k_1 t \right] \quad (13)$$

(Pour $x=x_0, x'=x'_0$ pour $t=0$) Posons $x_0=a, \frac{x'_0+x_0n}{k_1}=0$. Il est évident qu'en choisissant M et s de sorte que $a=M \sin \delta$ alors $M^2=a^2+b^2, \tan \delta=\frac{a}{b}$ (13) s'écrit alors : $x_1=[M \cos k_1 t \sin \delta + M \sin k_1 t \cos \delta]$ d'où $x_1=\sqrt{a^2+b^2} e^{-nt} \sin(k_1 t + \delta)$ (15)

La solution (14) correspond enfin aux oscillations amorties. Si $2n=a_1=0$ ie l'on néglige le frottement interne alors $x_1=\sqrt{a^2+b^2} e^{-nt} \sin(k_1 t + \delta)$, On parle des oscillations harmoniques simples, oscillations libres non amorties.

2.2.4 ETUDE DES OSCILLATIONS FORCÉES DANS LE CAS D'UNE FORCE EXTERIEURE PERIODIQUE

Supposons que (6) soit de la forme : $\frac{d^2x}{dt^2} + 2n \frac{dx}{dt} + k^2x = A \sin \omega t$ (15) si $x=x_0=0$ pour $t=0$, l'équation image est : $(s^2+2ns+k^2)\bar{x}(s) = A \frac{\omega}{s^2+\omega^2}$

$$\Rightarrow \bar{x}(s) = \frac{A\omega}{(s^2+2ns+k^2)(s^2+\omega^2)} \quad (16)$$

Considérons le cas où $2n \neq 0$ et décomposons la fonction en fractions simples.

$$\frac{A\omega}{(s^2+2ns+k^2)(s^2+\omega^2)} = \frac{Ns+B}{s^2+2ns+k^2} + \frac{Cs+D}{s^2+\omega^2} \quad (17)$$

Par un raisonnement analogue à celui de la recherche de (8) et en s'appuyant sur (*) on a :

$$x(t) = \frac{A}{(k^2-\omega^2)+4n^2\omega^2} \left\{ (k^2-\omega^2) \sin t - 2n\omega \cos \omega t + e^{-nt} \left[(2n^2-k^2+\omega^2) \frac{\omega}{k_1} \sin \omega k_1 + 2n\omega \cos k_1 t \right] \right\} \quad (18), \text{ ici } k_1 = \sqrt{k^2-n^2}.$$

Ceci est précisément la solution de (15) vérifiant $x=x_0=0$ pour $t=0$. Si $2n=0$ c'est-à-dire :

- pour un système mécanique, il n'y a pas résistance interne, pas d'amortissement.
- pour un circuit électrique, cela correspond au cas où $R=0$.

De l'équation (15) : $\frac{d^2x}{dt^2} + k^2x = A \sin \omega t$ (19) vérifiant $x=x_0=0$ pour $t=0$.

$$x(t) = \frac{A}{(k^2-\omega^2)} \left[(2n^2-k^2+\omega^2) \frac{\omega}{k_1} \sin \omega k_1 + 2n\omega \cos k_1 t \right] \quad (20)$$

Nous avons ainsi la somme de deux oscillations harmoniques.

- Les oscillations propres de fréquence : $x(t)_{forcée} = \frac{A}{(k^2-\omega^2)} \frac{\omega}{k} \sin \omega t$
- Les oscillations forcées de fréquence : $x(t) = \frac{A}{(k^2-\omega^2)} \sin \omega t$

2.2.5 SOLUTION DE L'EQUATION DES OSCILLATIONS DANS LE CAS DE LA RESONANCE

Considérons le cas particulier où $a_1=2n=0$ et $k=\omega$ c'est-à-dire que la résistance est nulle, et la fréquence de la force extérieure coïncide avec la fréquence des oscillations propres. L'équation est alors

$$\frac{d^2x}{dt^2} + k^2x = A \sin \omega t. \text{ Pour vérifiant } x=x'_0=0 \text{ pour } t=0, \text{ l'équation auxiliaire sera } (s^2+k^2)\bar{x}(s) = A \frac{k}{s^2+k^2}$$

$$\text{d'où } \bar{x}(s) = A \frac{k}{(s^2+k^2)^2}.$$

D'après la linéarité de la transformation de Laplace et du fait que si $F(s)=L[f(t)] = \frac{1}{(s^2+k^2)^2}$

$$\text{Alors } f(t)=L^{-1}[F(s)] = \frac{1}{2a^3} (\sin at - at \cos at) \quad \text{alors } \frac{Ak}{(s^2+k^2)^2} \rightarrow \frac{A}{2k} \left(\frac{1}{k} \sin kt - t \cos kt \right) \quad (21)$$

Le second terme de cette solution, c'est-à-dire $x_2(t) = -\frac{A}{2k} t \cos \omega t$, prouve que l'amplitude indéfiniment lorsque $t \rightarrow \infty$, ce phénomène a lieu lorsque la fréquence des oscillations propres coïncide avec la fréquence de la force extérieure et est appelé résonance.

3 CONCLUSION

Au terme de notre travail sur la transformation de Laplace en Mathématique (Analyse mathématique) et en Physique (phénomènes ondulatoires), nous avons prouvé l'interdisciplinarité entre les sciences qui d'une part :

- * Dans l'application mathématique de la transformation de Laplace, nous avons résolu les équations et systèmes d'équations en dégagant des nombreux avantages de cette méthode par rapport à la résolution ordinaire des équations différentielles. Nous avons montré qu'à travers cette méthode, la résolution se fait en trois moments :
 - Tout d'abord l'équation différentielle est transformée en une équation algébrique,
 - Ensuite cette équation ou système différentiel est transformée en un système est résolu algébriquement,
 - Enfin la solution de l'équation transformée est transformée à nouveau pour fournir la solution de l'équation ou système de départ. Il s'agit de l'opération inverse. En fait la transformation de Laplace réduit un problème différentiel linéaire à un problème d'algèbre linéaire ; avec un avantage que cette méthode tient compte des conditions initiales sans avoir déterminé une solution générale et ensuite particulière comme d'ordinaire. On obtient tout de suite la solution d'une équation différentielle non homogène. Ajoutons qu'avec les formules de transformation de Laplace, cette méthode devient de plus en plus rapide.
- ** D'autre part, la même étape en (*), nous avons trouvé la solution aux équations différentielles des mouvements oscillatoires, ce qui est, d'une manière rapide, venu résoudre un problème en physique.

Nous ne prétendons pas avoir épuisé les applications de ces transformées ni en avoir produit une œuvre parfaite, car celles-ci peuvent s'appliquer à la résolution des équations aux dérivées partielles, des équations intégrales et intégral-différentielles, des fonctions périodiques, des fonctions de deux variables,....

REFERENCES

- [1] P. FLORENT, Equations et systèmes différentiels, Vuibert, Paris 1977.
- [2] ALONSO-FINN, Physique, Mécanique T₁, Inter Editions, Paris 1979.
- [3] ROGER LE GROS, Calcul transformationnel, Masson et science) Paris 1974.
- [4] B.CALVO, Cours d'Analyse IV, Fonctions de plusieurs variables, systèmes différentiels, Armand Colin, Paris 1977.
- [5] PISKOUNOV, Calcul différentiel et intégral T₂, Mir Moscou, 1974.
- [6] MAURICE DENIS-PAPIN, Mathématiques générales, Dunod, Paris 1975.

THE USE OF NEW WORDS IN THE KISWAHILI OF BUKAVU

Nico MULUME BUROKO

Department of languages and social sciences, Institut Supérieur des Arts et Métiers, ISAM-BUKAVU,
Bukavu town, South Kivu province, RD Congo

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper aims at making an inventory of some new words that are already introduced and being used in the Kiswahili of Bukavu. Some native speakers are likely to fail understanding the meaning of some of the new words that are introduced in the language if they were not in the milieu at the introduction or birth of a new word. Those words can be used with the same meaning as in the original language or change the meaning. The different political conflicts in the Democratic Republic of Congo brought new words in the Kiswahili of Bukavu. I do not say that this work is a dictionary of the Kiswahili of Bukavu but a way of showing how the Kiswahili has undergone changes in Bukavu. This is due to new words which are taken here and there by people in their every day speech.

KEYWORDS: Change, vocabulary, communication, language, Kiswahili, People of Bukavu.

RESUME: Le but de ce travail est de répertorier les différents mots qui sont déjà introduits et utilisés dans le Kiswahili de Bukavu. Certaines personnes peuvent être incapables de comprendre les significations de ces nouveaux mots si ces derniers ont été introduits dans la langue lors de leur absence dans le milieu linguistique. Nous avons des mots qui sont introduits dans le Kiswahili de Bukavu suite à la situation conflictuelle en République Démocratique du Congo. Les mots introduits dans la langue peuvent garder la même signification de la langue d'origine ou bien avoir une autre signification différente de la langue d'origine. Ce travail n'est pas un dictionnaire du Kiswahili de Bukavu mais un moyen de montrer comment le Kiswahili de Bukavu est entré de subir de changement suite aux nouveaux vocabulaires empruntés. Ces mots sont utilisés dans le langage des habitants de Bukavu.

MOTS-CLEFS: Le changement, vocabulaire, communication, langage, kiswahili, habitants de Bukavu.

1 INTRODUCTION

1.1 BACKGROUND

In the same manner as human beings, a language is born, grows up, and dies. When growing up, a human being undergoes some biological and environmental changes. A language, on the other hand, takes words from other languages when it is growing or people give new meanings to the existing words according to generations or events. By doing so, they do not go out of the main aim of a language which is communication.

These existing words can be used in a codified way or exactly in the same way as they are used in the original language where they were borrowed. Only the spelling and pronunciation may change.

The Kiswahili speakers of Bukavu have acquired some new vocabulary words that they are nowadays using in their every day speech. Some words take their origins in events such as the repeated wars and rebellions in the Democratic Republic of Congo and others may be borrowings from other languages with connection to contexts that people are living in. I have to mention here that Bukavu is a multilingual society where more than twenty languages are spoken according to the ethnic

groups that live in Bukavu. They use these words in their speech and I believe that if anyone who has been absent in Bukavu since the 1996's arrives, he may encounter difficulties to guess the meaning of some sentences whenever these new items are introduced in.

1.2 PROBLEM

The Kiswahili of Bukavu has become difficult to understand for people who know standard Kiswahili. New words from local languages are introduced in Kiswahili that the actual meanings of those new words are only understood by Bukavu citizens. A single word may confuse a listener until he/she misses the whole message. Some old people hardly understand the Kiswahili which is spoken by young people in Bukavu. Users do not use these new words with the objective of confusing the listener but facilitating themselves when speaking.

1.3 HYPOTHESIS

People who do not know the local languages of Bukavu are likely to fail guessing the meaning of some words when Bukavu people are using Kiswahili. Those new words may be hardly understood by old people when they are talking with young people. Young people are actually the ones who borrow the majority of words from other languages. The new words which are used in the Kiswahili of Bukavu would be the origin of some misunderstanding when people are communicating especially if it is a case of an outsider and a Bukavu native who lives in the multilingual community of Bukavu.

1.4 RESEARCH DESIGN

In this paper, I am going to present the different words which are nowadays used in the Kiswahili of Bukavu and attempt to give the meanings or contexts in which these words are used. The everyday life of Bukavu people usually influences the introduction of new words in their speech, i.e. words are introduced according to life contexts. In order to gather the data for this paper, I have joined the different groups of Bukavu inhabitants especially pupils, students, soldiers, barmen and their clients...and people in overpopulated places of Bukavu such as Nyamugo, Buholo, Gyamba, Muhungu, markets and hospitals. I also got some words of my corpus from radio shows, debates and news from radio stations which have the departments of the so called "Easy Kiswahili". During the presentation of the data, I am going to give the literally meaning of the word from the original language and then after give the actual meaning that is considered by Bukavu people. Short sentences or expressions will be given to elicit every word.

Some words and expressions were gathered during talks or conversations among people and then I could add them on my corpus. During the analysis, words are written as they are pronounced in Kiswahili of Bukavu even if intonation marks and accents are not represented.

2 PRESENTATION OF THE DATA

The following are the words that make the corpus of this paper. After the presentation of the corpus I will start analyzing each word or expression. The corpus is not present by following the alphabetical order: misiyo, kope, kuigula, fendere, kudumba, kushana, depite, afande, kibonge, kadogo, manyata, chai, mushosi, lusakoshi, vodo, kukotola, chombo, monike, noko, lengema, nyumba kumi, mya, bileyi, mukaushi, kajoriti, kujiponda, kuboke, nganda, bitogondo, getre, kibiele, kobebe, made, bisoka, kurwinja, muhya, mbuguma, mabombase, kumwanga, kujipepa, kuniga, kushota, kudoda, kusobeka, kizima, kumeza, kumira, murhimbo, kurhimba, kurapuka, seksi, bisodo, mete, kujichana, kuganga, kulema, kushongoza, kudemare, poposha, kapenge, kagozi, kabanga, kugotomera, kuguluza

3 ANALYSIS OF THE NEW VOCABULARY WORDS

1. **Misiyo:** The word takes its origin in both French and English, une mission or a mission. Bukavu speakers of Kiswahili do not consider the literal meaning of the word. For these last, **misiyo** means something which is useless, a sorcerer who must be killed and vanish.

This word is mostly used by people when they are running after a mad dog, a witch, a robber or anyone with an ill-bread behavior in the society of Bukavu. It is possible to hear people saying: -*"Tuta uwa ile misiyo leo."* This sentence means literally *"We are going to kill that mission."* Truly speaking a mission can neither die in French nor in English but the reality is that *"We are going to kill that bad person today."* The new item **misiyo** is used by all people who are connected to the everyday speech of Bukavu people in kiswahili. **Misiyo** means again an object. *"Nipatie ile misiyo yangu."* Means *"Give me*

my staff." The speaker does not want everybody to know about the object he is mentioning reason why he uses the vocabulary word **msiyo**.

2. **Kope:** This item means an object that is neglected. People in Bukavu use the word kope even for human beings simply to show that they neglect them. In the utterance "*Mu nioneye kwa iyi kope*" which literally means "*Look at this object.*" This may be said by a grown up girl who finds that a small boy is attempting to woo her or plans to beat her. The grown up girl says this to express her astonishment or to show how much she looks down on the small boy.
3. **Kuigula:** The word is a borrowing from Mashi, one of the local languages in Bukavu, which means "**to open**". The item is used in Kiswahili of Bukavu instead of the original word of standard Kiswahili "**kufungua**" in contexts of wedding ceremonies. According to Bukavu citizens, after the wedding ceremonies the family of the maiden should visit her the following day after the marriage.

In the sentence "*Leo njo tutaenda igula kwa papa Safari*" that literally means "*It is today that we are going to open at Safari's.*" Actually the sentence is not understood by an outsider but understandable by Kiswahili speakers of Bukavu as they know the new word is used in their every day speech.

4. **Fendere:** A person especially a strong and young man/woman who steals people properties by tricking them. Most of the time, tonight, he/she uses knives, guns or big sticks with long nails to harm people. He/she rarely gets in people's houses but waits for them along the path or roads in darkness. This word appeared in the speech of people during the great insecurity which was reported in Bukavu. "*Ule garso ni fendere.*" This sentence literally means "*that boy is a smuggler, robber or bandit*". The word **fendere** is used in Kiswahili of Bukavu to mean anyone who steals. People put aside the original word of standard Kiswahili "**mwizi**".
5. **Kudumba:** A verb phrase that takes its origin in Mashi. It is nowadays used in Kiswahili of Bukavu. In its original language, it means going here and there to find out people who are drinking beer so that they may help with a glass of beer. **Kudumba** in Kiswahili of Bukavu means to find out places where people are eating or drinking and you plead for a help. For example in the sentence "*Magujo anapendaka dumba saana*" the speaker says that *Magujo likes going everywhere to look for people who are eating or drinking so that they can give him*. They seem forgetting the Kiswahili phrase "*kuzunguluka ndani ya vilabu*" and they prefer **kudumba** to shorten things.
6. **Kuhemba:** this verb phrase comes from Mashi and it means in this local language to reward someone. Actually the verb is used in Bukavu in a context which seems to be related to the Mashi meaning, that of rewarding. Some days after giving birth to a new baby, the family of the women visits her by bringing a goat and other presents. When someone says in Bukavu "*Tutaenda hembra Nyota siku ya Mungu*" he/she means "*we are going to visit Nyota on Sunday as she has given birth to a new baby.*" The verb "**Kuhemba**" keeps the same meaning of rewarding but in a special case of rewarding a woman who has given birth in the Kiswahili of Bukavu.
7. **Kushana:** It literally means to pack. This verb phrase is a borrowing from Mashi. The verb phrase **Kushana** is used by Kiswahili speakers of Bukavu in the context of food during a ceremony or any reception. After being full, people of Bukavu pack the remaining food in their bags for the next usage at home. It is a good sign that proves that the ceremony organizer had much food. "*Tulikula hadi kushana*" literally means "*We ate until we packed food*". The speaker does not use the standard Kiswahili of "*Tulikula hadi tuka beba chakula nyumbani*" but the verb **kushana** to replace a whole phrase "*kube bachakula nyumbani baada ya kushiba*". It is easy to hear the utterance "*chakula ikomingi wakupenda kushana ashane*" during ceremonies in halls of Bukavu which literally means "*food is too much that anyone who wants may pack some for him/herself.*"
8. **Depite:** The noun phrase **depite** comes from both English and French where we have **député** and a **deputy**. This word is used in Kiswahili of Bukavu to mention somebody who walks without stopping just for useless talks, a vagabond. They see in the **depite** the behavior of deputy during the campaign rally, how they walk day and nights to convince people to vote for them. For example in the sentence "*Ule dada anakuwaka depite, hauwezi mukuta kwabo saa iyi.*"
Literally the sentence means "*That sister is a deputy. You can't see her at her house this time.*" The real meaning in Kiswahili of Bukavu is "*That girl is a vagabond that you cannot meet her at home now.*"
9. **Afande:** This noun phrase came in the Kiswahili of Bukavu with the arrival of latter president Desire Kabila and his allies. It was used for any high ranked soldier. Bukavu people kept the word with the same meaning but usually use it when they want to use flattery on any soldier. "*Afande urumia uyu mtu.*" This sentence means "*Officer, forgive this person.*" The word "*komanda/kamanda*" to mean a high ranked soldier in Bukavu is still used by people when talking to Congolese soldiers but when it is a case of a munyamulenge soldier, a rwando-congolese soldier, and citizens use the item "**afande**".

The banyamulenge soldiers are the ones who introduced this vocabulary word in the speech of people. Nobody taught people the meaning of this vocabulary word but they learnt it by observation and contextualization.

10. **Kibonge**: The word functions as a qualifying adjective. It means any fat man/woman. It is nowadays used by people to copy the banyamulenge who use it to call fat people. "*Nilisha kuwa kibonge*" which literally means "*I have become fat*" could be said before "*Nilisha nenepa*" that is standard got a new way of being expressed by the help of the adjectival phrase "**kibonge**". Many fat people in Bukavu consider this new way of calling them as an insult.
11. **Kadogo**: It is a noun phrase that comes from the adjective **kidogo** that literally means small. **Kadogo** is used to denote child soldier among banyamulenge troops. This word is nowadays used in the lingua franca of Bukavu to mention any child whose name is unknown. For instance in the sentence "*Kadogo, kuya apa*" which literally means "*Child, come here*" the word **mutoto** is replaced by **kadogo**.
12. **Manyata**: When I consider the context in which Bukavu people use the word **manyata**, it means a small house that is poorly built in herbs and a piece of sheeting where Congolese soldiers live. Kiswahili speakers of Bukavu use this vocabulary word to look down on someone's house. One can say "*Uli jengaka manyata. Iyi haiko nyumba.*" Actually this means "*You have built a small and poor house. This is not a house.*"
13. **Chai**: The noun phrase **chai** literally means "**tea**". When speaking in Bukavu the word **chai** is used in another context which means nothing or not good at. In the utterance "*Uko chai*" the speaker says that you are nothing. "*Mina kuwaka chai mu kutembea na migulu*". He means "*I am not good at walking on foot*". The verb phrase "**to know**" is replaced by the word **chai**. Bukavu people who only consider cassava bread as their main food consider tea as nothing.
14. **Mushosi**: This noun phrase comes from Mashi and it literally means **old man**. In Kiswahili of Bukavu this noun phrase is used with a meaning which is closely the same as in the language where it comes from. **Mushosi** in Kiswahili of Bukavu means any powerful, respectable or rich man. The actual meaning does not depend on the fact of being old.

For instance a student who is supposed to be late may ask his comrade in Kiswahili: "*Mushosi haya ingia?*" which literally means "*Is the old man inside yet?*" This student says this to show how much he considers the teacher that he is asking about. The teacher may be old or not. Many husbands are called by their wives **Mushosi** to show how much they respect them even if they are still young.

In the sentence "*Renio haita anza na mushosi haya kuya*" that means "*The meeting cannot start as the old man has not yet arrived.*" **Mushosi** in this context may be the richest person of the family. Though he may or not be the senior son as he is rich, people use flattery by calling him **mushosi**.
15. **Lusakoshi**: In **lusakoshi** there is the noun phrase **sakoshi** and the adding of **lu-** that function as a quantifier. **Sakoshi** comes from a French word, **sacoché** that means **bag**. **Lu-** plus a noun in Kiswahili expresses a negative meaning of being too big. For example "*luinchi*" refers to a very big and disordered country. Then **lusakoshi** literally means a **big bag**. **Lusakoshi** in the speech of Bukavu people means a masculine concubine. It is possible for a girl to have a young man that she truly loves but this one is poor. As the young man cannot be able to buy her everything she may be in need, the girl looks for a rich old man to sponsor all her needs. With the old man who is called **lusakoshi** there is no love. It is only an exchange of sex with money. In the sentence "*Lusakoshi lwake njo luna anzaka bakulisha*". The literal meaning is "*Her big bag is nowadays feeding all her family*". The exact meaning of this speech is "*Her concubine is nowadays feeding all her family.*"
16. **Vodo**: This word is used in Kiswahili of Bukavu. It means **buttock**. People use it instead of "**tako**" from standard Kiswahili that is known wherever Kiswahili is spoken. The vocabulary word **vodo** is easily used in the speech of Bukavu people while "**tako**" which is standard Kiswahili seems to be a taboo word. For example in the utterance "*Uyu fiye iko na vodo ya kabambi*" the speaker mentions "*This girl has big buttocks*".
17. **Kukotola**: A verb phrase which is a borrowing from a Lingala verb phrase "**kokota**" that literally means "**to get in**". The verb keeps the same meaning but in a strict way that I explain hereafter: Sometimes a woman/man can put on big or small underwear. After some movement or during the walk, the underwear can leave naked one buttock by getting in the so called line that separates two buttocks. The verb phrase **kukotola** is used in Kiswahili of Bukavu to mean the action of removing the part of the underwear from the line between two buttocks. It is possible to hear a girl saying to her friend "*Chunga kwanza nikotole njo tuendele*" this means "*Wait for a moment, I remove the part of the underwear from the line between my pair of buttocks.*"
18. **Chombo**: This word literally means an instrument. The meaning has been changed in Bukavu. It is nowadays used in a specific way to mean **a telephone**. **Chombo** came in Kiswahili of Bukavu from the language of soldiers who were calling

- their communication apparatus **chombo**. From these soldiers of later president Desire Kabila ways of calling their Motorola, people started using the word **chombo** to mean telephone. In the sentence *"Niletee ile chombo yangu ni ite mama yako."* The speaker means *"Bring me my telephone that I call your mother."* It is possible to guess the context and find that it is a father who is talking to one of his children.
19. **Monike**: It used as a qualifying adjective that refers to the color of someone's skin. It actually means somebody who is brown. The meaning came from the fact that the Monuc UN organization was full of white people who are commonly called bazungu. Instead of calling them bazungu, people started calling them **monike**. Nowadays in Bukavu **monike** means someone who is brown. The term is mostly used for people who change the color of their skins by using lotions which contain hydroquinone. You may hear a woman or girl saying *"Nilisha kuwa monike"* it means *"I have become a white woman/brown"*. It is clear that the majority of women like having brown skins.
 20. **Noko**: This word comes from Lingala which is one of the national languages in the Democratic Republic of Congo. It literally means uncle. People in Bukavu use this word to mention a Rwandese especially one from the tutsi ethnic group. According to a legend all Rwandese are said to be uncles of Bashi. Instead of people using the word **mujomba**, they prefer **noko** to distinguish the true uncle from that one of the legend. The term **noko** also refers to somebody who is ill-hearted. For example in the sentence: *"Ba noko balingiya leo tena busiku"* the speaker says that *"Tutsi soldier have entered in the Democratic Republic of Congo once again tonight."* Another one may say *"Uko na roho mubaya sawa noko."* He means *"You are ill-hearted as a tutsi"*.
 21. **Lengema**: this noun phrase comes from Mulenge which is a group of hills where the banyamulenge came from to make themselves known by using guns. People use the word **lengema** instead of munyamulenge to darken the meaning as they are always afraid of the banyamulenge. Everybody knows that all banyamulenge are soldiers. For instance in the sentence *"Mina ogopaka balengema sana."* The speaker means that he is always afraid of banyamulenge.
 22. **Maibobo**: A word which is used in Kiswahili of Bukavu to mean a street child. The word arose in the speech of Bukavu people because of social and security situations in the 1997's as so many families were unable to send their children at school. Children who lost both parents because of the war or whose parents separated when the mother was raped by fighters remained helpless then decided to join the street of Bukavu. For example: *"Utakuwa maibobo kama hausome."* It literally means *"You are going to become a street child if you do not study."*
 23. **Nyumbakumi**: It is a noun phrase that literally means **"ten houses"**. The word was brought in kiswahili of Bukavu by Kabila's system of ruling where should be a person who must be informed about the security situation of every ten houses and then report every morning to local authorities. People rapidly acquired the term **nyumbakumi**. It is nowadays used to mean **a vagabond**. They consider any person who goes here and there looking for useless pieces of news for the sake of doing so as **anyumbakumi**. People always use the term to mention those women/girls who like gossiping about others in a negative manner. *"Usizowe ule nyumba kumi"*. The speaker says *"Do not befriend that vagabond."*
 24. **Mya**: This noun phrase means **hunger**. Mostly used by young people and students. In the sentence *"Mya ita niuwiya mwa iyi nyumba."* This sentence actually means *"Hunger will kill me in this house."*
 25. **Bileyi**: A noun phrase that means **food**. People usually use this word instead of **chakula** which is normally standard Kiswahili. *"Hatuna tena bileyi mwa iyi nyumba"* the speaker means *"We have no food in this house"*.
 26. **Mukaushi**: A noun phrase which takes its origin in kiswahili. It comes from the verb **"kuausha"** that literally means **"to dry something"**. **Mukaushi** means **a young robber**. The fact of being a young robber has no relationship with drying something. He is named so because he does not have the possibility to steal but he only comes after pick pockets. When they steal something, they only give him a very small part so that he cannot report. For example: *"Bakaushi nabo ni bamwizi."* The speaker means *"Children robbers are also robbers."*
 27. **Kajoriti**: This noun phrase comes from the English word casualty which means damaged. Actually kajoriti means anybody with a handicap that does not allow him/her walking properly in Kiswahili of Bukavu. Citizens got this word from the banyamulenge soldiers who were calling people with handicaps as **kajoriti**. In the sentence *"Iyi vita ilifanya batu bamingi bakajoriti"*. The utterance means *"This war has made many people invalid."*
 28. **Kujiponda**: A verb phrase that is used in kiswahili of Bukavu. It means to stay calm/to shut up. People use it in Bukavu instead of the verb phrase **kunyamaza**. For example: *"Tujiponde apa tusikie byenye atasema"*. The speaker means *"Let us stay calm here so that we listen to what he is going to say"*.
 29. **Kuboke**: it is a verb phrase which means to drink in the Kiswahili of Bukavu. People use it in a specific way of drinking beer. When a Bukavu citizen hears somebody who uses the verb phrase **kuboke** he/she directly knows that it is drinking

beer. It is impossible for someone who drank Fanta, water or milk to use the verb **kuboke** because it is directly related to drinking beer. In the sentence "*Jana tuliboke bya hatari*" the speaker says "*Last time we drank much beer*".

30. **Nganda**: a noun phrase from Lingala that literally means a pub, small house in which beer is sold. **Kilabu** is rarely used in the everyday language in Bukavu while it is standard wherever Kiswahili is spoken. For instance: "*Tuliboke jana mwa ile nganda*". This sentence means "*We drank beer last time in this pub*".

31. **Bitogondo**: A noun phrase that is used in Kiswahili of Bukavu to mean cooked intestine of a pig. This special kind of meat is cooked without oil but only salt and onion. People eat **bitogondo** when they are drinking beer in popular pubs of Bukavu. For example: "*Napendaka bitogondo na ndizi*." It means "*I like the pig intestine with bananas*".

32. **Getre**: Noun phrase. It means the meat of pig in the speech of Bukavu people when they are using Kiswahili. "*Jana tulikula getre*" means "*Last day we ate the meat of a pig*".

People liked eating this kind of meat because it was cheap. Nowadays, as it got many fans, **getre** is expensive as the meat of a cow.

33. **Kibiele**: Noun phrase. It means a small ceremony that takes place at home when a woman gives birth to a new baby. It mostly takes place the day when the baby arrives at home from the hospital. In the sentence "*Tuta enda kukibiele kwa Sarah*" the speaker says "*We are going at a small ceremony as Sarah has given birth*". Men were not attending such a ceremony but nowadays some are trying to join themselves to women when feasting.

34. **Kobe**: This noun phrase comes from the trade mark of a popular milk powder named cowbell. According to Bukavu people and their Kiswahili, **kobe** means big breast. In the sentence "*Uyu fiye iko namakobe*" the speaker means "*This girl has big breasts*". The fact of having big breasts for Bukavu women is negative. You may easily hear two women quarrelling and one says "*Nda kukokota bile bimakobe*" which means "*I am going to pull you those big breasts*". The standard word of Kiswahili "**Maziba**" is put aside and "**kobe**" is used in the everyday speech.

35. **Lelelele**: Noun Phrase. It comes from a popular song which was sung by a famous musician, Mr. Ngyama Makanda Werrason. This musician selected dancers with big breasts to dance his song. When the word lelelele is sung, those dancers could dance by shaking their big breasts. Nowadays in the Kiswahili of Bukavu "**lelelele**" means "**big breast**" which sounds as a way of mocking at women or girls with big breasts. In this sentence "*Haiko ma lelelele!*" the speaker shows that he/she is astonished with big breasts.

36. **Made**: Noun phrase. It comes from the English utterance "Made in..." In Kiswahili of Bukavu, **made** means "**new fashion or best goods**". People use the word made in markets or shops to urge clients buying their goods. "*Iyi ni made ya kweli*." The speaker means "*This is the best/new quality of...*"

The word is also used when people are praising the maiden during the wedding ceremony. "**Made jone**" to mean "the maiden is beautiful and brown."

37. **Bisoka**: Qualifying adjective. It comes from kirega and it literally means good. This borrowing has kept the same meaning as in kirega but people use it in different contexts. "*Iyi pombe iko bisoka sana*" means "*This beer is very good*".

38. **Kurhwinja**: This verb phrase comes from Mashi. It means to become fat and shine. It is used when people are talking about a newly married woman who becomes fat or shines after leaving the bachelorhood. The same verb phrase is applied for a woman who has recently given birth. She is supposed to get fat after giving birth. The new baby was occupying a big place in the womb that mother was no longer eating properly. After giving birth she is able to eat because there is now a new place for food reason why she should get fat. In Bukavu, it is shameful for a husband if his wife keeps on being slim after giving birth. People prefer using the verb phrase Kurhwinja instead of **Kunenepa** or **kunona** from standard Kiswahili. *Ulisha rhwinja iyi masiku*. The sentence literally means "*You have become fat these days*".

39. **Muhya**: This noun phrase comes from Mashi. It literally means "a newly married". This noun phrase kept its original meaning of Mashi in the Kiswahili of Bukavu. People use the vocabulary word "muhya" in their speech to mean "a newly married". In the sentence "*Muhya haya lamuka*." The Kiswahili speaker of Bukavu means that "The newly married is not yet waked up."

40. **Mbuguma**: The noun phrase mbuguma is used in the Kiswahili of Bukavu to mean "a mature and responsible woman". It comes from Mashi where it has the exact meaning as the one that it has been given in the Kiswahili of Bukavu. In the sentence, "*Mama yako Alisha kuwa mbuguma*", the speaker means "*Your mother is already a mature and responsible woman*".

It is easy to see that the noun phrase “mbuguma” stands for two adjectives in English, that of “mature” and “responsible” woman. When this vocabulary word is produced, the hearer does not refer to a mature and responsible man but directly to a mature and responsible woman.

41. **Mushamuka:** This word seems to be the masculine of the noun phrase “mbuguma” that I have mentioned above. In the speech of Bukavu people *mushamuka* means “a mature, respectful and responsible man”. People always consider a *mushamuka* a reference. You may easily here people when they are advising a young man who has misbehaved saying, “*Kuwa sawa mutoto wa mushamuka.*” They literally mean, “*Be as a child of a mature, respectful and responsible man.*” The noun phrase *mushamuka* from Mashi is used in the Kiswahili of Bukavu with the same meaning that it has from Mashi. It is easily understood by Kiswahili speakers of Bukavu.
42. **Kumwanga:** *Kumwanga* comes from standard Kiswahili and it means “to pour”. Bukavu people do not only use the standard meaning of *kumwanga* but also extend the meaning to other contexts. The verb phrase *kumwanga* also means “to ejaculate” in the Kiswahili of Bukavu. In the sentence “*Nilishindwa kumwanga*” the speaker means that he failed to ejaculate. People use the same verb phrase to mean the verb “to lie”. When a Kiswahili speaker of Bukavu says “*Una ni mwanga*”, he means “*You lie on me*”. He actually does not want to use “*kudanganya*” which is standard for every Kiswahili speaker. In Bukavu students and pupils use the verb **kumwanga** to express the concept of making mistakes in a language when speaking. “*Ule mwalimu ana mwangaka saana*”. In this way the speaker means that “*That teacher always makes language mistakes*”
43. **Kujipepa:** This is a verb phrase from Kiswahili and it literally means “to fan oneself”. Bukavu people consider somebody who fans him/herself a boastful one and who tells lies to praise him/herself. “*Ule bwana ana jipepaka sana*”. The speaker means “*That man always praises himself*”. **Kujipepa** actually means to *praise oneself, brag or blowing his own trumpet*.
44. **Kuniga:** It is a verb phrase from Mashi. *Kuniga* means “to strangle”. This Mashi verb phrase does not change its original meaning when it is used in Kiswahili of Bukavu. In the sentence “*Ali tafuta ni niga*”, the speaker means “*he wanted to strangle me.*” He puts aside the Kiswahili verb phrase and prefers the Mashi one. In some contexts people use the verb “*kuniga*” to mean to “astonish”. In the sentence “*Una ni niga*” the speaker means “*You astonish me*”
45. **Kushota:** A verb phrase of Kiswahili which means “to fetch”. In Kiswahili of Bukavu the meaning of this verb is extended to drinking especially drinking beer. People use the verb phrase “**kushota**” to express the concept of drinking much beer. For example, in “*Baba yako ana shotaka sana.*”

The speaker means that “*Your father drinks much beer*”. A standard Kiswahili speaker may fail to get the message that the speaker conveys in his sentence.
46. **Kizima:** This noun phrase that is used in the Kiswahili of Bukavu comes from the adjectival phrase “*muzima*” which literally means “full or whole”. “*Kizima*” means a full bottle of beer. “*Nilimaliza kizima njo nika lala*”. This sentence literally means “*I finished a full bottle of beer then I went to sleep.*”
47. **kumeza/mira:** These two verb phrases literally mean “to swallow”. “**Kumeza**” comes from Kiswahili while “**Kumira**” comes from Mashi. In Kiswahili of Bukavu, people use the verb phrase *Kumeza* to mean “to swindle”. They consider that it is difficult to get back something which is already swallowed. The verb phrase is always used when people want to show that something which was taken or given will never be seen or given back. People actually do not consider the exact meaning of *kumeza* from standard Kiswahili. “*Ulisha nimeza makuta yangu*”.

This sentence may be literally translated as “*You have swallowed my money*”. It is impossible for somebody to swallow money. The speaker wants to show that he has no hope to get back what has been taken from him or her.
48. **Murhimbo:** A noun phrase from Mashi. It comes from the verb *kurhimba*. In Mashi “*kurhimba*” is used by Bukavu sellers when they put goods at market but they miss even some people who can only ask them the price. When sellers say “*Murhimbo tu njo iko mu soko.*” They want to express the idea that they did not sell even a cent. Actually the expression is used for old girls who are not yet married. In the sentence “*Ule dada alishaka rhimba, hana ata wa yambo*” the speaker means “*that girl does not have even a boyfriend to greet him*”. The girl is considered as goods and the fiancé the buyer.
49. **Kurapuka:** This verb phrase has been introduced in Kiswahili of Bukavu due to Kiswahili rap music which is nowadays played in every corner of the town. When playing rap music, singers always sing as if they were speaking with a high speed. People always use the verb “*kurapuka*” when they want to say that someone is speaking with a high speed. In the sentence “*Iko na rapuka tu, misisikie kitu.*” Actually the speaker does not mean that he is singing rap music but he means that “*the person is only speaking rapidly that he doesn't understand anything.*”

50. **Seksi:** This adjective comes from English, “sexy” and it means sexually exciting or sexually attractive. For Bukavu people, this adjective does not mean to be sexually exciting or attractive. It actually expresses the concept of being “rare or invisible”. This adjective is mostly used by girls in their speech. “*Ulisha kuwa seksi*”, this girl tells her friend that she has become invisible or rare. Boys may use this adjective among themselves just to provoke one another.
51. **Ku demare:** it is a verb phrase which comes from French, *demarer* which means “to start a car or an engine”. The word is used in Kiswahili of Bukavu to mean the verb to “provoke”. Actually the users consider someone who is calm as a car or an engine which is not on. When it is started it makes noise. In the same way Bukavu people say “*Nda ku demare*” when they mean “*I am going to make you speak.*” Most of the time it is in a negative way.
52. **Poposha/Kapenge:** This noun phrase is used in the Kiswahili of Bukavu to mean someone who likes to know and talk about other people. It is mostly used by women when they are mentioning a given woman/girl who goes from house to house with a story about someone in a way of criticizing him or her.
53. **Kagozi/Kabanga:** this noun phrase comes from Mashi, the language of the main group of Bukavu citizens. “Kagozi” comes from “Mugosi” which means a “string”. It is the same case for “kabanga”. “Kabanga” also comes from “Mubanga” which means a “string”. These two synonyms are used to denote someone who kills persons by hanging them with a rope. After killing a person he sells the rope to a group of people who use it for magic issues. It is believed in Bukavu that the rope which has been used to hang someone is important in business making. According to some people, if one ties a piece of the rope that had been used to kill a person on his boat or taxi, he easily gets clients. In one word, the rope is question is the origin of fortune. In the sentence “*Uyu papa ni Kabanga*” the speaker means that “*This daddy uses ropes to kill people*”. These two synonyms came in the Kiswahili of Bukavu when this practice was reported in different places of the town. The practice, kabanga/kagozi, is no longer reported because of the municipality which reinforced security in all corners of the town. Children and women were the most victims.
54. **Kugotomera:** This verb phrase comes from a Mashi verb phrase “Kugorhomera” which means to swallow a given drink in rapid manner until you empty the container. “Kugotomera” keeps the same meaning as in Mashi when it is used in Kiswahili of Bukavu. “*Nili gotomera ile pombe yote.*” The speaker means that “*he/she has swallowed all the beer*”
55. **Kuguluza:** “Kuguluza” comes from Mashi. It is used in the Kiswahili of Bukavu when people are trading. It expresses the concept where the seller and the buyer agree upon a given amount of money for goods but there comes in another buyer who excludes the first buyer by adding money to the seller to get the goods. In the sentence “*Ali niguluza zile mboga*” the speaker actually means that “*He/she paid much money than I did and bought those vegetables.*”

4 INTERPRETATION

Kiswahili in Bukavu has undergone some changes and I believe that the Kiswahili that is spoken in Bukavu may be considered as a dialect of standard Kiswahili. The corpus that I have presented shows how much the Kiswahili of Bukavu is not widely opened to somebody who does not live in the multilingual society of Bukavu. Sentence structures are respected though the use of those new words. People in Bukavu do not consider their Kiswahili as being lower because it is the one that is used by politicians and administrative authorities. They consider them references. This Kiswahili is used during radio programs and news. People always call their Kiswahili as “easy Kiswahili”. These words hardly appear in the speech during church service. Church services are done in standard Kiswahili that people hardly understand because of some difficult words. It is not easy to hear a given preacher saying “*Bamasta mina baambia kama Petro alikuwa kibonge*” which literally means “*Brother I tell you that peter was fat*”. In church services one may hear “*Wandugu wapenzi nawaambieni kwamba Petro alikuwa mtu munene*”. Somebody who does not live in Bukavu may easily fail to guess the meaning of some sentences in a speech whenever a single word of the Kiswahili of Bukavu is used.

Bukavu people always have problems when they speak their Kiswahili out of their town. Though they adapt themselves to a new milieu, they firstly face difficulties because of some words. The case which I may mention is that of Bukavu business men. When they travel in Kiswahili speaking countries such as Kenya and Tanzania; they are not easily understood especially when they use words which are not used in standard Kiswahili. I do not say that the Kiswahili of Bukavu should not be considered with its words which are not actually used in standard Kiswahili. It should be considered a dialect of standard Kiswahili as it serves as a medium of communication for a whole community that uses Kiswahili as their lingua franca. Some of the new vocabulary words that are introduced in the Kiswahili of Bukavu keep their original meaning even if people try to transform the pronunciation. The majority of words which are used are from local languages. Mashi which is one of the local language and with many speakers dominates over other languages if we consider the corpus and the origin of each word.

5 CONCLUSION

In this piece of work, I have attempted to make a list of noun phrases, verb phrases and some qualifying adjectives which have been recently introduced in Kiswahili of Bukavu. What I have found out from this study with the help of my informants is that Kiswahili of Bukavu has already got some new other words which are used by people in different contexts.

These words cannot be understood by someone who speaks standard Kiswahili if he does not live in Bukavu. The majority of these words come from local languages which are spoken in the multilingual society of Bukavu. Other words have only intruded the speech of people without knowing their origins. I believe that a single word may confuse a hearer during a speech. If he does not know the meaning, it may remain a code for him. Only people who know the meanings and contexts in which those new words are used may communicate among themselves. Bukavu people do not use these new vocabulary words to confuse their receivers but just for communication. The inventory of new words in Kiswahili of Bukavu that I have made is neither the first nor the last but people should go on making pieces of research and find out more changes that Kiswahili of Bukavu is undergoing.

REFERENCES

- [1] Austin, J.L. (1962). *How to Do Things with Words*, Cambridge, Mass: Havard U.P
- [2] Bailey, C,- J. N and Shuy, R.W.(1973). *New ways of Analyzing variation in English*, Washington, D.C: Georgetown U.P
- [3] Clark, H.H., (1976). *Semantics and Comprehension*, The Hague: Mouton
- [4] Cristal, D. (1985). *The Cambridge Encyclopedia of Language*. New York: C.U.P.
- [5] Frederick, J. (2012). *A standard Kiswahili-English Dictionary*, Nairobi: O.U.P
- [6] Goyvaerts, D.L. et al. (1983). *Language and Education policy in the Multilingual city of Bukavu in Journal of Multilingual and Multicultural Development*. England Tieto Ltd.
- [7] Halliday, M.A.K. (1978). *Language as Social Semiotic*, London: Edward Arnold
- [8] Hudson, R, A. (1980). *Sociolinguistics*. Cambridge: C.U.P.
- [9] Tsongo Musay. (1989). *Multilingualism in Bukavu and its implications on the communication Network*. Bukavu: ISP/Bukavu.
- [10] Reich, P. (1969). *The finiteness of natural language*. *Language* 45, 831-843
- [11] Sampson, G. (2005). *'Language Instinct' Debate*. Continuum International Publishing Group.
- [12] Tomasello, M. (2003). *Constructing a Language: A usage-Based Theory of Language Acquisition*, Havard University Press
- [13] Wilkins, David P. (1993) "From part to person: natural tendencies of semantic change and the research for cognates", *Working paper* N° 23, Cognitive Anthropology Research Group at the Max Plack Institute for Psycholinguistics.

Contribution à l'évaluation de la qualité des effluents industriels et de leurs impacts sur les milieux récepteurs (ville de Kinshasa - République Démocratique du Congo, RDC)

[Contribution to the evaluation of the quality of the industrial effluents and their impacts on the receiving mediums (Kinshasa town - Democratic Republic of Congo, DRC)]

René Gizanga Valu¹, Dieudonné Musibono Eyal'Anki¹, Alex Lina Aleke²⁻³, and Fils Milau Empwal⁴

¹Laboratoire d'Ecotoxicologie, Santé des écosystèmes et Microbiologie Environnementale, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, RD Congo

²Unité Assainissement et Environnement, Faculté des Sciences, Université de Liège, Belgique

³Département de Biologie, Faculté des Sciences et Sciences Appliquées, Université Officielle de Bukavu, RD Congo

⁴Laboratoire de Gestion des Ressources Naturelles, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2016 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 aims to improve knowledge on discharges of industrial effluents and their effects on receiving waters. It focuses on the analysis of physicochemical parameters (pH, temperature, COD, BOD₅ and SS). Water samples were taken at three industries (cosmetics, pharmaceutical and brewing) in the city of Kinshasa. The results showed high levels for the parameters measured in the majority of the stations. In addition to pH and temperature, the contents of COD, BOD₅ and SS of the effluent is much higher than the limit values set by WHO for industrial discharges to receiving waters. This could be major health risks for the population of the study area.

KEYWORDS: pollution, industrial wastewater, aquatic habitat, Kinshasa.

RÉSUMÉ: Cette étude a pour objet l'amélioration des connaissances sur les rejets des effluents industriels et de leurs effets sur les milieux aquatiques récepteurs. Elle porte sur l'analyse des paramètres physicochimiques (pH, température, DCO, DBO₅ et MES). Des prélèvements d'eau ont été effectués au niveau de trois industries (cosmétique, brassicole et pharmaceutique) dans la ville de Kinshasa. Les résultats ont montré des concentrations élevées pour les paramètres mesurés dans la majorité des stations. Outre le pH et la température, les teneurs en DCO, DBO₅ et MES de ces effluents sont largement supérieures aux valeurs limites fixées par l'Organisation Mondiale de la Santé pour les rejets industriels dans les milieux récepteurs. Ceci pourrait constituer des risques sanitaires majeurs pour la population de la zone d'étude.

MOTS-CLEFS: pollution, effluent industriel, milieu aquatique, Kinshasa.

1 INTRODUCTION

L'eau réunit un ensemble exceptionnel de propriétés physiques et chimiques; elle peut devenir solvant, fluide thermique ou simplement liquide facile à manipuler. Ces propriétés expliquent pourquoi l'eau est impliquée dans les grandes activités

industrielles [1]. Les usines utilisent l'eau de manière répétée au cours des stades successifs de la chaîne de fabrication. Pour la plupart des techniques et opérations de fabrication, l'eau entre en contact avec des matières premières minérales ou organiques. Elle les dissout partiellement, voire totalement ou les entraîne à l'état des suspensions colloïdales. Utiliser l'eau, c'est pratiquement accepter de la polluer [2]. En effet, toute activité industrielle engendre des rejets polluants qui renferment les sous-produits et les pertes des matières premières qui n'ont pu être récupérées ni recyclées.

A Kinshasa, la problématique des rejets d'effluents dans les industries devient de plus en plus importante. En effet, ces établissements génèrent des volumes importants d'effluents liquides qui contiennent des substances spécifiques (résidus des produits, réactifs chimiques, désinfectants, détergents, révélateurs et les métaux lourds, etc.) et sont susceptibles de disséminer des germes pathogènes [3]. Ces effluents sont généralement évacués dans les réseaux urbains, rivières réceptrices sans traitement préalable, au même titre que des eaux usées domestiques classiques. Ainsi, la pollution par les effluents des industries, la contamination par les agents pathogènes, l'acidification des eaux par les sulfates et les nitrates,... sont autant de problèmes qui compromettent la qualité des rivières de Kinshasa [4].

Cette étude se situe au cœur de la problématique de détermination des pollutions générées par les unités industrielles. Elle poursuit l'objectif d'améliorer les connaissances sur les rejets des effluents industriels afin d'appréhender leurs effets sur les milieux aquatiques récepteurs.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITE D'ETUDE

Kinshasa est situé entre la latitude 5°19' Nord et la longitude 4°01' Ouest, au Sud-Ouest de la République Démocratique du Congo (RDC). A l'instar des autres grandes villes, Kinshasa connaît une intense prolifération d'unités industrielles et une urbanisation spectaculaire enregistrant pour ce faire, une intense migration et un exode rural massif. Le choix de Kinshasa est justifié par le fait qu'il s'agit de la capitale du pays, le centre de décisions administratives. A ce titre, il s'y concentre d'importantes activités relevant de la majeure partie des industries du pays, ce qui fait que la ville joue un rôle majeur dans la dynamique économique nationale.

2.2 ECHANTILLONNAGE

Les prélèvements des échantillons ont été effectués au cours de trois campagnes effectuées en janvier, juin et décembre 2014, dans trois structures industrielles: brassicole, cosmétique et pharmaceutique. Leurs choix résultent d'un compromis sur les possibilités d'y accéder et de rendre compte de l'éventualité des pollutions des eaux. Des échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide des bouteilles en plastique de 1L, remplies jusqu'à ras-bord et préalablement rincées avec l'eau de la station. Ils ont été conservés à 4 °C et expédiés au laboratoire pour analyses.

2.3 METHODES D'ANALYSES ET MESURE DES PARAMETRES CHIMIQUES

Les paramètres ci-après ont été évalués : le potentiel d'hydrogène (pH), la température (T), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO₅) et les matières en suspension (MES). Ces indicateurs de pollution sont importants pour plusieurs raisons: le potentiel d'hydrogène (pH) mesure l'acidité ou le caractère alcalin de l'eau, et joue un rôle important dans la définition du caractère agressif ou incrustant de l'eau [5]; la température joue un rôle important car elle influence le métabolisme général et la solubilité des gaz. Une élévation de la température peut perturber fortement le milieu récepteur (pollution thermique). La demande chimique en oxygène (DCO) indique l'oxydation par voie chimique aussi bien de la majeure partie des composés organiques que des composés minéraux oxydables; elle est exprimée en milligramme d'oxygène par litre d'eau (mg O₂/l) [6]. La demande biochimique en oxygène (DBO₅) est un indicateur de pollution organique des eaux; elle exprime le niveau de biodégradabilité de l'effluent après 5 jours d'incubation à l'obscurité. Elle s'exprime en milligramme d'oxygène par litre (mg O₂/l); et les matières en suspension (MES) sont responsables de la turbidité et de la couleur de l'eau [7].

Dans chacun des sites, la température et le pH ont été mesurés *in situ* à l'aide d'un multimètre HACH HQ 40 d. Les différentes analyses des échantillons d'eau ont été réalisées suivant les protocoles des normes spécifiques, notamment ISO 15705 pour la DCO, NF EN 872 pour les MES, tandis que la DBO₅ était déterminée par la méthode manométrique. Le laboratoire d'Ecotoxicologie, Santé des écosystèmes et Microbiologie Environnementale de la Faculté des Sciences/Université de Kinshasa a servi de cadre pour ces analyses.

2.4 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES

L'ensemble des données a été soumis à une analyse de variance à un critère de classification. Une comparaison multiple Post-Hoc des moyennes selon le test de Fisher (LSD) au seuil de 5% a été également réalisée. Ces analyses ont été réalisées avec le logiciel Xlsat 2014. Le logiciel Origin 6.1 a servi à la représentation graphique des résultats.

3 RESULTATS

La RDC n'ayant pas des normes ISO relatives aux rejets domestiques et industriels dans les différents milieux récepteurs, les résultats de cette étude sont comparés aux normes internationales définies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) [8] consignées dans le tableau 1

Tableau 1. Caractéristiques des rejets de différentes unités industrielles échantillonnées

Unités industrielles	pH	Température	DCO	DBO ₅	MES
Cosmétiques	5,9	26,1	2473	1498	166
Brassicoles	9,6	33,7	1891	1130	236
Pharmaceutiques	9,6	26,7	1951	1496	265
OMS	6.5 - 8.5	< 30° C	< 90 mgO ₂ /l	< 30 mgO ₂ /l	< 20 mg O ₂ /l

Les pH de différentes unités industrielles montrent des différences significatives ($p < 0,001$). La figure 1 montre que les industries cosmétiques rejettent des effluents acides tandis que les industries brassicoles et pharmaceutiques rejettent des effluents relativement basiques. Quoiqu'il en soit, toutes ces industries ne respectent les normes de l'OMS relatives aux rejets industriels (Tableau 1).

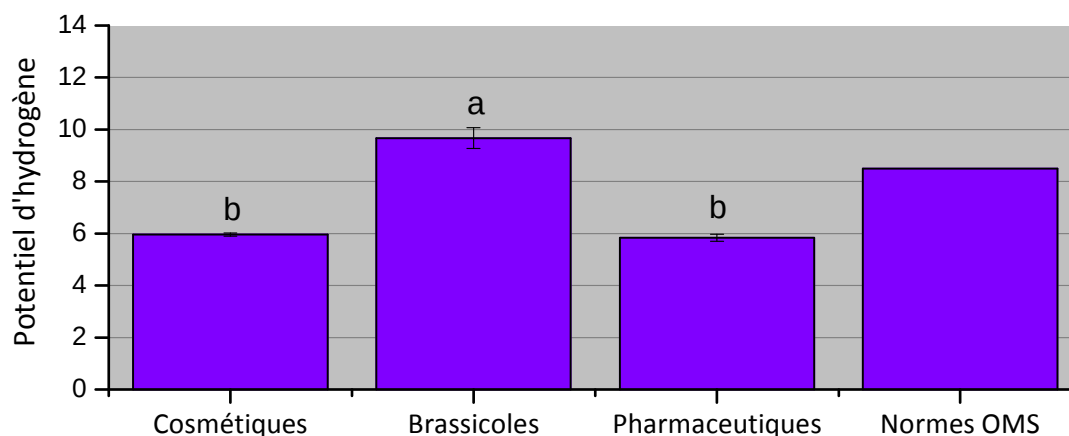


Fig. 1. Variation du pH des effluents des unités industrielles échantillonnées [Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) d'après le test de Fisher LSD]

Les relevés des températures différencient les effluents des unités industrielles étudiées ($p < 0,001$). Les plus grandes températures sont observées dans les rejets des industries brassicoles, excédant ainsi les normes ISO fixées par l'OMS. Cependant, les industries cosmétiques et pharmaceutiques rejettent des effluents répondant aux normes précitées.

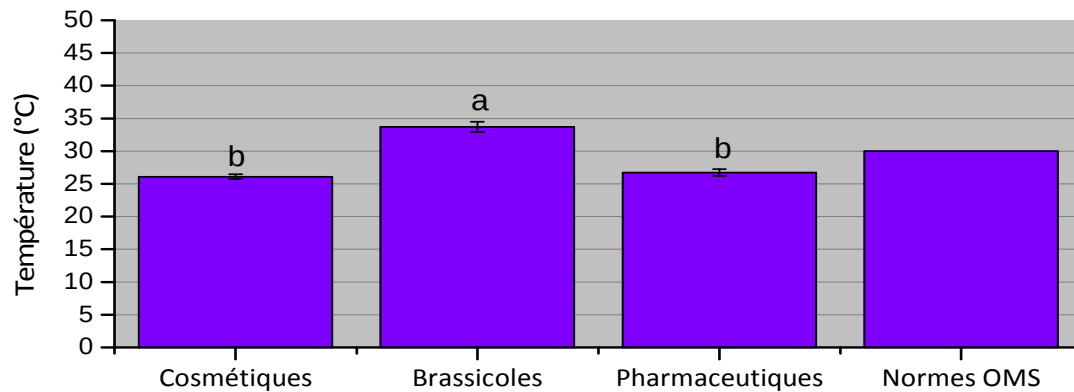


Fig.2. Variation de la température des effluents des unités industrielles échantillonnées [Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) d'après le test de Fisher LSD]

Lorsqu'on compare les DCO dans les différentes zones industrielles, on constate qu'elles sont toutes plus de 15 fois supérieures à la norme internationale. Cependant, les industries cosmétiques ont les plus fortes valeurs des trois unités industrielles (2500 mg O₂/l), alors que les industries brassicoles et pharmaceutiques en ont les plus faibles, respectivement 1900 et 1950 mg O₂/l.

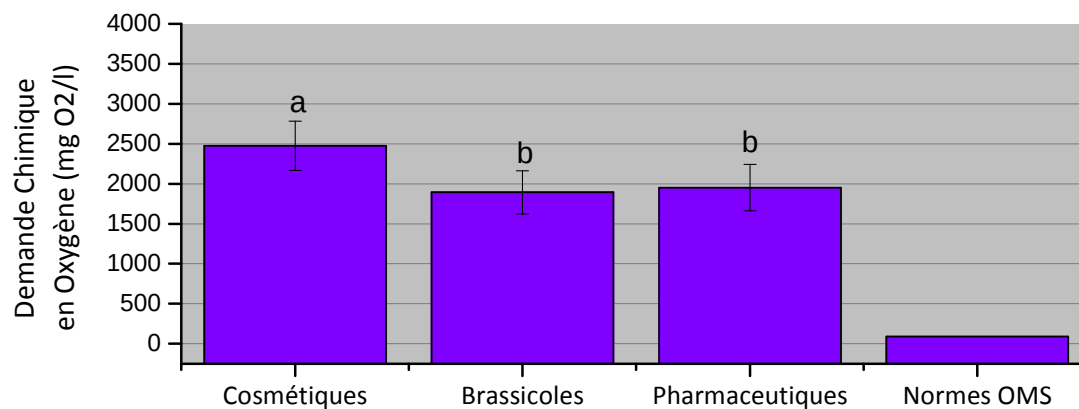


Fig.3. Variation de la DCO des effluents des unités industrielles échantillonnées [Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) d'après le test de Fisher LSD]

En ce qui concerne la DBO₅ (Figure 4), les valeurs moyennes montrent des concentrations hautement élevées et fluctuent d'une façon régressive dans les effluents des industries cosmétiques et pharmaceutiques avec respectivement 1497 et 1496 mg O₂/l vers les effluents des industries brassicoles (1130 mg O₂/l). Elles sont significativement différentes entre les unités industrielles ($p < 0,0001$). Toutefois, ces valeurs sont plus de 60 fois supérieures à la norme de l'Organisation Mondiale de la Santé.

Les rapports DCO/DBO₅ sont concomitamment de 1,6 pour les effluents des industries cosmétiques et brassicoles et de 1,3 pour les industries pharmaceutiques. Ces ratios montrent le caractère hautement biodégradable des effluents de ces complexes industriels de la ville de Kinshasa, étant donné que les valeurs des ratios obtenues sont inférieures à 3 [6].

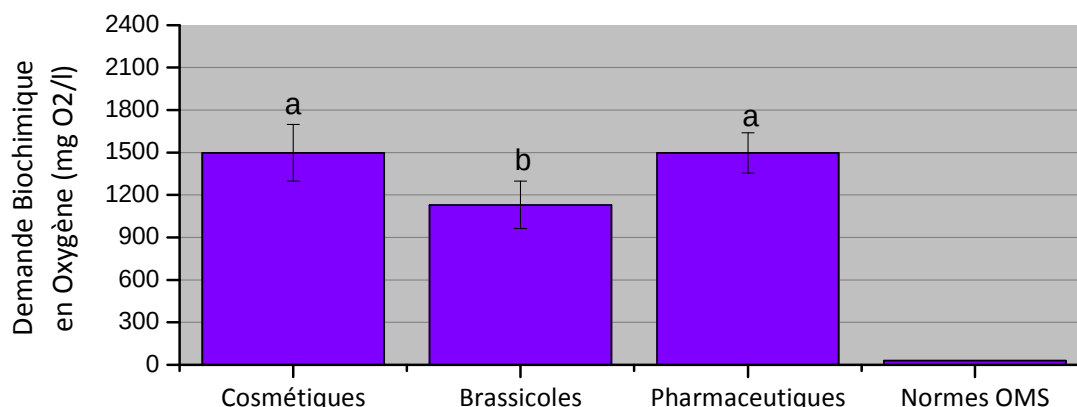


Fig.4. Variation de la DBO₅ des effluents des unités industrielles échantillonnées [Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) d'après le test de Fisher LSD]

Les valeurs des matières en suspension ont montré une différence significative entre les effluents de toutes les unités industrielles ($p < 0,0001$). Elles fluctuent aussi régressivement dans les effluents des industries pharmaceutiques (265 mg O₂/l), passant par ceux des industries brassicoles (235 mg/l) vers les effluents des industries cosmétiques (166 mg O₂/l). Néanmoins, ces valeurs sont de loin supérieures à la limite fixée par l'OMS.

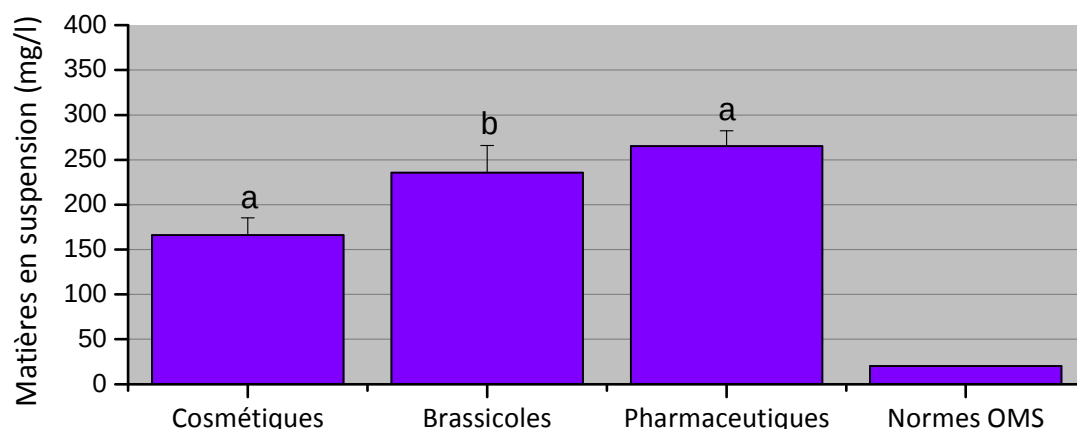


Fig.5. Variation de la MES des effluents des unités industrielles échantillonnées [Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) d'après le test de Fisher LSD]

4 DISCUSSION

Les valeurs de pH des échantillons analysés, ne sont pas conformes à la norme internationale ce qui peut susciter des inquiétudes (6,5-8,5). Le pH du milieu récepteur aquatique dépend des apports extérieurs du fait des effluents rejetés, dans la mesure où des réactions physico-chimiques et biologiques y ont lieu [9]. En effet, le pH est un facteur essentiel au développement microbien car pour la plupart des organismes aquatiques, la zone de pH favorable se situe entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles [10], ce qui est de nature à favoriser le développement bactérien nécessaire à la dégradation biologique des polluants organiques [11]. Aussi, le pH joue un rôle important dans l'adsorption des métaux. Un pH alcalin limite le passage des métaux de la phase solide à la phase aqueuse [12]. Ils constituent un danger permanent pour tout l'écosystème aquatique lorsque les conditions physico-chimiques le permettent [13], notamment dans la chaîne trophique [14].

Les températures élevées de l'eau résiduaire en migration vers le réceptacle naturel assurent un transfert de chaleur, entraînent une baisse considérable de concentration en oxygène dissous et favorisent la fermentation qui aboutit aussi au dégagement d'odeurs nauséabondes.

En ce qui concerne la DCO, toutes les valeurs obtenues dans les industries sont considérablement élevées et ne respectent pas la norme. Outre les matières premières d'origine organique intervenant dans les processus de fabrication, les

teneurs élevées en DCO pourraient être liées au fait que ces industries utilisent pour la plupart les produits chimiques et para chimiques. Les rejets sont en conséquence, fortement chargés en matières chimiques. Ces résultats corroborent avec ceux trouvés en 2006 [3] sur les pollutions organiques et chimiques d'origines industrielles des cours d'eau de Kinshasa.

De même, les concentrations de la DBO₅ sont supérieures à la norme limite. Ce qui implique une forte pollution des effluents industriels et par conséquent de toute la chaîne trophique. Pour l'auto-épuration des eaux, le rapport DCO/DBO₅ donne une indication sur la biodégradabilité d'une eau usée. Les valeurs obtenues (1,3 - 1,6) dans les présents travaux, indiquent la possibilité de ces effluents d'être traités par la voie biologique [15], et sont conformes à ceux signalés [4]. Ce qui confirmerait la biodégradabilité des effluents industriels des unités industrielles échantillonnées. S'il est démontré que les effluents qui se déversent dans les cours d'eau récepteurs sont biodégradables, il faut cependant remarquer que leur dégradation entraîne une forte consommation en oxygène. Ce qui va entraîner la réduction drastique de la teneur en oxygène dissous au niveau des écosystèmes aquatiques récepteurs, avec pour conséquence l'apparition des zones anoxiques, les émissions de gaz de mauvaise odeur, etc.

Les MES ont des concentrations supérieures aux limites autorisées par l'OMS. Ces teneurs indiquent que les effluents contiennent des quantités importantes de particules insolubles et décantables pouvant limiter la pénétration de la lumière dans l'eau et conduire à une diminution de la photosynthèse des phytoplanctons sous l'eau induisant la réduction de l'oxygène dissous dans le milieu aquatique. Ce qui provoquerait la mortalité faunique et floristique aquatiques par asphyxie. Ces composés biologiques (organiques) associés aux effluents en putréfaction seraient par endroit source d'odeurs nauséabondes. Ces résultats corroborent avec ceux trouvés [4] et [16], montrant d'une part que la plupart des polluants chimiques adsorbés sur les MES, s'avèrent comme un facteur important de pollution des eaux et, d'autre part, les rejets industriels contiennent des concentrations très élevées en MES.

5 CONCLUSION

Ces résultats montrent que les concentrations en DCO, DBO₅ et MES des effluents étudiés sont relativement très élevées dans toutes les unités industrielles échantillonnées, et dépassent largement les normes limites fixées par l'OMS pour les rejets industriels dans les milieux récepteurs. Les valeurs hors norme de ces paramètres montrent que l'environnement aquatique est pollué et engendre des problèmes environnementaux, notamment le dégagement d'odeurs nauséabondes, la prolifération des maladies endémiques, et la dégradation rapide des cadres et condition de vie des populations riveraines. Ce tableau révèle l'absence de traitement des eaux industrielles. Face à ce grave constat, des solutions appropriées doivent être adoptées en termes de protection des milieux récepteurs et des populations mais aussi par la sensibilisation de tous les acteurs du secteur industriel. Une attention particulière devrait alors être retenue pour éviter au maximum que les effluents provenant des filières génératrices de grosses pollutions ne puissent être mélangés au reste des eaux reconnues comme moins polluées afin de minimiser les flux de pollutions rejetés par ces structures industrielles. Ce faisant, les volumes et flux de pollutions à traiter seront amoindris dans chacune de ces industries, ce qui, par conséquent, entraînera au rabais les coûts liés à leurs traitements, qui devraient être envisagés. Dans le cadre des travaux de recherche ultérieurs, il serait intéressant de miser sur les mesures des débits au niveau de ces industries afin de déterminer les flux des pollutions émis par chacune d'elles et d'établir leurs responsabilités respectives dans la dégradation du cadre de vie urbain de Kinshasa.

REMERCIEMENT

Nos remerciements s'adressent à tous les membres du laboratoire d'Ecotoxicologie, Santé des écosystèmes et Microbiologie Environnementale, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa.

REFERENCES

- [1] W. Wesley, *L'eau dans l'industrie; pollution, traitement et recherche de la qualité*, Ed. Technique et documentation, Paris, 98p., 1973.
- [2] J.C. Boeglin, "Pollution Industrielle de l'eau : caractérisation, classification, mesure," *Techniques de l'Ingénieur*, 12p., 1999.
- [3] D.E. Musibono, "Du marasme d'un état squelette aux défis du développement durable, gestion de l'environnement au Congo, cueillette chronique et pauvreté durable," Ed. Chaire UNESCO/Kinshasa, 186p., 2006
- [4] S. Lumbuenamo, N. Ngomba et E. Milau. "Pollution au plomb de la rivière N'djili," *UNIKIN, Annales de la faculté des Sciences Agronomiques*, Vol. 5, n°3, 37-48, 2010.
- [5] J. Rodier, *L'Analyse de l'eau*, 8^è Ed. Dunod : Paris, 1996.

- [6] B. Benoit, "Guide pour l'étude des technologies conventionnelles des eaux usées d'origine domestique," Edition Gouvernement du Québec, Canada. Berthier N° 1998. *Les Techniques d'Enquête*. SESJM/Armand Colin Editons: Paris, 2002.
- [7] DEGREMONT, *Mémento Technique de l'Eau*, 9^e Ed., Paris-France, 1989.
- [8] OMS-WHO, "A compendium of standards for wastewater reuse in the Eastern Mediterranean Region," WHO, WHO-EM/CEH/142/E, 19p., 2006.
- [9] B. Parinet, A. Lhote, B. Legube, M.A. Gbongue, "Etude analytique et statistique d'un système lacustre à divers processus d'eutrophisation," *Rev. Sci. Eau*, 13 (3): 237-267, 2000.
- [10] Chapman D. et V. Kimstach, "Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring," *Chapman edition*, 2nd Ed. E & FN spon, London, pp. 59-126, 1996
- [11] A.H. Maiga, Y. Konate, J. Wethe, K. Denyigba, D. Zoungrana, L. Togola, "Performances épuratoires d'une filière de trois étages de bassins de lagunage à microphytes sous climat sahélien: cas de la station de traitement des eaux usées de l'EIER," *Sud Sciences & Technologies*, 14 : 1-9, 2006.
- [12] I. Thornton, "Risk assessment related to metals: the role of the geochemist," *International Council on Metals and the Environment*, Angers, France, 1996.
- [13] M. François, D. Li, H.C. Dubourguier, F. Douay, "Facteurs déterminants de la mobilité (Pb, Cu, Zn) dans les sols contaminés autour de deux usines métallurgiques du Nord de la France," *Journées Nationales de l'étude des sols*, du 22-24 octobre, Orléans, 2002.
- [14] F. Fadil, A. Maarouf, A. Zaid, "Utilisation de *Gammarus gauthieri* pour tester la toxicité des sédiments des eaux douces," *Limnol*, 32: 73-78, 1997.
- [15] DEGREMONT, *Mémento Technique de l'Eau*, Degrémont, Suez. 10^e édition, Paris-France, 2005.
- [16] M. Mulamba, "Variation saisonnière de la pollution organique des cours d'eau de Kinshasa," Mémoire, FACAGRO, UNIKIN, inédit, 58p., 2005.

Natural Convection Heat Transfer of the nanofluids in a Square Enclosure with an Inside Cold Obstacle

Zoubair Boulahia, Abderrahim Wakif, and Rachid Sehaqui

Hassan II University, Faculty of Sciences Aïn Chock, Laboratory of Mechanics,
BP 5366 Maarif, Casablanca, Morocco

Copyright © 2016 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 article presents a numerical study on natural convection heat transfer of nanofluid (Cu-water) in a square enclosure having a cold obstacle. The transport equations were solved using the finite difference formulation based on Alternating Direction Implicit method (ADI method). The method used is validated against previous works. Effects of various design parameters such as the height of the obstacle ($0.125 \leq H \leq 0.5$), Rayleigh number ($10^3 \leq Ra \leq 10^6$), and nanoparticles volume fraction ($0 \leq \varphi \leq 0.2$) on the heat transfer are investigated. The results show that the heat transfer rate inside the enclosure increases by increasing the height of the cold block, the volume fraction of nanoparticles and Rayleigh number.

KEYWORDS: Enclosure, Natural Convection, Cooler, Nanofluid.

1 INTRODUCTION

For many years, natural convection and heat transfer in the square enclosures are encountered in a wide range of engineering applications, such as heating and cooling nuclear systems of reactors, lubrication technologies, cooling of electronic devices, ventilation of rooms with radiators, cooling of containers and heat exchangers. There are many studies concerning the heat transfer in rectangular or square cavities have been studied extensively in the literature. One of the first works on the numerical simulation of natural convection inside cavities is the pioneering work of De Vahl Davis [1]. He performed a numerical simulation on a square cavity with two vertical isothermal walls, one cold and one hot, and two horizontal adiabatic walls. This cavity with those boundary conditions is known as differentially heated cavity (DHC). AlAmiri et al [2] reported natural convection heat transfer in a partially divided square enclosure. The results showed that the heat transfer increases by increasing the height of block and volume fraction of the nanoparticles. The same problem was examined by Guet et al [3] and Varol et al [4] in the case of a triangular enclosure. Boulahia and Sehaqui [5] investigated a numerical simulation of natural convection of nanofluid in a square cavity having a centrally square heater. Their simulations indicate that increasing the size of the heated block, and Rayleigh number leads to an increase in average Nusselt number. Bouafia and Daube [6] studied natural convection in cavity filled with air having a heated solid body. They observed that the induced disturbances determined for weakly supercritical regimes indicate the existence of two instability types driven by different physical mechanisms: shear and buoyancy-driven instabilities, according to whether the flow develops in a square or in a tall cavity. Ha and Jung [7] considered a numerical study on three dimensional conjugate heat transfer of natural convection and conduction in a differentially heated cubic enclosure having an internal heated square partition. They investigated the effects of three-dimensionality on the fluid flow and thermal characteristics in the enclosure. Other studies were carried out on the natural convection of the nanofluid, for example, [8-9].

The objective of this work is to investigate the effects of volume fraction, the height of the cold block and Rayleigh number on the heat transfer of nanofluid (Cu-water) for natural convection in a square enclosure having a cold block. Our numerical results are presented in the form of plots of isotherms, streamlines and average Nusselt numbers to show the influence of nanofluid and the height of the cold block.

2 PROBLEM STATEMENT

The studied configuration and coordinate system of the considered enclosure in the present study are shown in Fig. 1. It is a differentially heated enclosure with an inside cold block, filled with nanofluids. The cold obstacle is maintained at a temperature T_c . The vertical walls are maintained respectively at hot (T_h) and cold (T_c) temperatures, the horizontal walls are adiabatic. It is assumed that the nanofluid is newtonian, incompressible and laminar. The base fluid and the nanoparticles are in a thermal equilibrium state. The thermo-physical properties of the nanofluid used in this study as listed in Table 1.

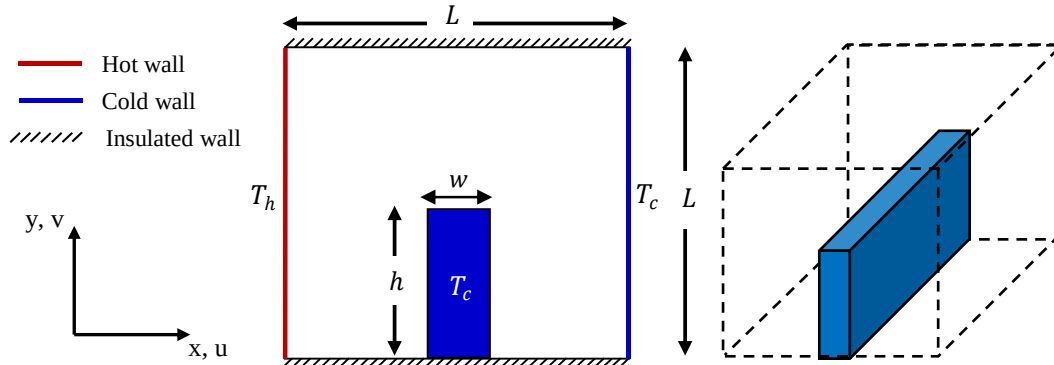


Fig. 1. Geometrical configuration and boundary conditions

Table 1. Thermo-physical properties of water and nanoparticles at $T = 298\text{ K}$

	Copper (Cu)	Water (H ₂ O) (25°C)
$C_p(\text{J/Kg K})$	385	4179
$\rho(\text{Kg/m}^3)$	8933	997.1
$k(\text{W/mK})$	401	0.6
$\beta(\text{K}^{-1})$	$1.67 \cdot 10^{-5}$	$2.1 \cdot 10^{-4}$
$\mu(\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1})$	—	$1.005 \cdot 10^{-3}$

3 MATHEMATICAL FORMULATION

The governing equations including the transient equations of the continuity, momentum and energy in terms of the stream–vorticity formulation for an incompressible flow are expressed in the following format:

$$\frac{\partial^2 \tilde{\psi}}{\partial \tilde{x}^2} + \frac{\partial^2 \tilde{\psi}}{\partial \tilde{y}^2} = -\tilde{\omega} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \tilde{\omega}}{\partial \tilde{t}} + \frac{\partial \tilde{\psi}}{\partial \tilde{y}} \left(\frac{\partial \tilde{\omega}}{\partial \tilde{x}} \right) - \frac{\partial \tilde{\psi}}{\partial \tilde{x}} \left(\frac{\partial \tilde{\omega}}{\partial \tilde{y}} \right) = \nu_{nf} \left(\frac{\partial^2 \tilde{\omega}}{\partial \tilde{x}^2} + \frac{\partial^2 \tilde{\omega}}{\partial \tilde{y}^2} \right) + \frac{(\rho\beta)_{nf}}{\rho_{nf}} g \frac{\partial T}{\partial \tilde{x}} \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \tilde{t}} + \frac{\partial \tilde{\psi}}{\partial \tilde{y}} \left(\frac{\partial T}{\partial \tilde{x}} \right) - \frac{\partial \tilde{\psi}}{\partial \tilde{x}} \left(\frac{\partial T}{\partial \tilde{y}} \right) = \alpha_{nf} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial \tilde{x}^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial \tilde{y}^2} \right) \quad (3)$$

The horizontal and vertical velocities are given by the following relations:

$$\tilde{u} = \frac{\partial \tilde{\psi}}{\partial \tilde{y}}, \quad \tilde{v} = -\frac{\partial \tilde{\psi}}{\partial \tilde{x}} \quad (4)$$

Where the nanofluid effective density, heat capacity, thermal expansion coefficient and thermal diffusivity are calculated from the following equations [10]:

$$\rho_{nf} = (1 - \phi)\rho_f + \phi\rho_s \quad (5)$$

$$(\rho C_p)_{nf} = (1 - \varphi)(\rho C_p)_f + \varphi(\rho C_p)_s \quad (6)$$

$$(\rho\beta)_{nf} = (1 - \varphi)(\rho\beta)_f + \varphi(\rho\beta)_s \quad (7)$$

$$\alpha_{nf} = k_{nf}/(\rho C_p)_{nf} \quad (8)$$

The effective thermal conductivity of the nanofluid is approximated by the Maxwell–Garnetts (MG) model [15].

$$\frac{k_{nf}}{k_f} = \frac{k_s + 2k_f - 2(k_f - k_s)\varphi}{k_s + 2k_f + (k_f - k_s)\varphi} \quad (9)$$

This model has been previously used by Kefayati et al. [11], Xuan and Roetzel [10], Khanafer et al. [12] and many other authors. Note that the MG model is restricted to nanoparticles with the same spherical shape and suitable for small temperature gradients. The viscosity of the nanofluid can be approximated as viscosity of a base fluid if containing dilute suspension of fine spherical particles and is given by Brinkman [16]:

$$\mu_{nf} = \frac{\mu_f}{(1 - \varphi)^{2.5}} \quad (10)$$

All terms are defined in the Nomenclature.

The following dimensionless variables for natural convection are defined based on properties of pure fluid:

$$x = \frac{\tilde{x}}{L}; y = \frac{\tilde{y}}{L}; \omega = \frac{\tilde{\omega} L^2}{\alpha_f}; \psi = \frac{\tilde{\psi}}{\alpha_f}; \theta = \frac{T - T_c}{T_h - T_c}; t = \frac{\tilde{t} \alpha_f}{L^2} \quad (11)$$

Dimensionless numbers for the system are defined as:

$$Ra = \frac{g \beta_f (T_h - T_c) L^3}{\alpha_f \nu_f}, \quad Pr = \frac{\nu_f}{\alpha_f} \quad (12)$$

By using the dimensionless parameters, the equations are written as:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = -\omega \quad (13)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial \psi}{\partial y} \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right) - \frac{\partial \psi}{\partial x} \left(\frac{\partial \omega}{\partial y} \right) = A \cdot Pr \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right) + B \cdot Pr \cdot Ra \frac{\partial \theta}{\partial x} \quad (14)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + \frac{\partial \psi}{\partial y} \left(\frac{\partial \theta}{\partial x} \right) - \frac{\partial \psi}{\partial x} \left(\frac{\partial \theta}{\partial y} \right) = \lambda \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} \right) \quad (15)$$

Where A , B , and λ are given by the following relations:

$$A = \frac{1}{(1 - \varphi)^{2.5} \left((1 - \varphi) + \varphi \frac{\rho_s}{\rho_f} \right)}$$

$$B = \frac{1}{\frac{(1 - \varphi) \rho_f}{\varphi \rho_s} + 1} \frac{\beta_s}{\beta_f} + \frac{1}{\frac{\varphi \rho_s}{1 - \varphi \rho_f} + 1}$$

$$\lambda = \frac{(k_{nf})/(k_f)}{(1 - \varphi) + \varphi \frac{(\rho C_p)_s}{(\rho C_p)_f}} \quad (16)$$

The dimensionless horizontal and vertical velocities can be written as:

$$u = \frac{\partial \psi}{\partial y}, \quad v = -\frac{\partial \psi}{\partial x} \quad (17)$$

The dimensionless boundary conditions are written as:

$$\begin{aligned} \theta = 0, \quad u = v = \psi = 0, \quad \omega = -\partial^2 \psi / \partial x^2 & \quad \text{on right wall of the enclosure} \\ \theta = 1, \quad u = v = \psi = 0, \quad \omega = -\partial^2 \psi / \partial x^2 & \quad \text{on left wall of the enclosure} \\ \partial \theta / \partial y = 0, \quad u = v = \psi = 0, \quad \omega = -\partial^2 \psi / \partial y^2 & \quad \text{on top and bottom walls of the enclosure} \\ \theta = 0, \quad u = v = \psi = 0 & \quad \text{on the cold block} \end{aligned} \quad (18)$$

The total mean Nusselt number of all walls of the enclosure and the block is defined as:

$$\begin{aligned} \overline{Nu}_{tot} = & \frac{1}{L} \int_0^L \frac{k_{nf}(\varphi)}{k} \left\{ \left| \frac{\partial \theta}{\partial x} \right|_{left} + \left| \frac{\partial \theta}{\partial x} \right|_{right} \right\} dy + \frac{1}{h} \int_0^h \frac{k_{nf}(\varphi)}{k} \left\{ \left| \frac{\partial \theta}{\partial x} \right|_{left} + \left| \frac{\partial \theta}{\partial x} \right|_{right} \right\} dy \\ & + \frac{1}{w} \int_{\frac{L-w}{2}}^{\frac{L+w}{2}} \frac{k_{nf}(\varphi)}{k} \left| \frac{\partial \theta}{\partial y} \right|_{upper} dx \end{aligned} \quad (19)$$

4 NUMERICAL DETAILS

The discretization procedure of the governing equations (Eqs. (13)–(15)) and boundary conditions described by Eq. (18) were solved numerically using an implicit stable finite difference technique. The vorticity and energy equations are solved using the ADI (Alternating Direction Implicit) method and the stream function equation is solved by the SLOR (Successive Line Over Relaxation) method while upwind difference is used for convective terms for the sake of numerical stability. Line by line application of TDMA (Tri-Diagonal Matrix Algorithm) method [17] is applied on the vorticity and energy equations until sum of the residuals became less than 10^{-6} . The developed algorithm was implemented in FORTRAN program.

4.1 GRID INDEPENDENCE STUDY

In order to determine a proper grid for the numerical simulation, a square enclosure filled with Cu–water nanofluid ($\varphi = 0.1$) having a cold block with height and width respectively $w = 0.25L$ and $h = 0.5L$ is analyzed in two extreme Rayleigh numbers ($Ra = 10^4$ and 10^6). The mean Nusselt number obtained using different grid numbers for particular cases is presented in Table 2. As can be observed from the table, a uniform 103×103 grid is sufficiently fine for the numerical calculation.

Table 2. Effect of the grid size on $\overline{Nu}_{tot}$ for the cavity filled with the Cu–water nanofluid ($\varphi = 0.1$) having a cold block with height and width respectively $w = 0.25L$ and $h = 0.5L$

Ra	63×63	83×83	103×103	123×123
10^4	11.261	11.243	11.235	11.231
10^6	22.173	22.165	22.161	22.159

4.2 VALIDATIONS

The present numerical scheme was validated against various numerical results available in the literature. the benchmark problem of natural convection in a square cavity which considered by De Vahl Davis [1] filled with Air ($Pr = 0.71$). Table 3 demonstrates an excellent comparison of the average Nusselt number between the present results and the numerical results found in the literature [13–14]. Fig. 2 illustrates a comparison of the isotherms and streamlines between the present results and the results reported by Brakos et al. [13] at different Rayleigh number.

Table 3. Comparison of $\overline{Nu}$ between the present results and those reported in the literature for a DHC at different Rayleigh numbers

Ra	10^3	10^4	10^5	10^6
de Vahl Davis [1]	1.118	2.243	4.519	8.799
Relative Error (%)	0.26	0.44	3.2	0.73
Barakos and Mitsoulis [13]	1.114	2.245	4.510	8.806
Relative Error (%)	0.62	0.35	3.2	0.65
Dixit and Babu [14]	1.118	2.256	4.519	8.817
Relative Error (%)	0.26	0.13	4.8	0.75
Present study	1.121	2.253	4.673	8.864
Grid size	83^2	83^2	103^2	103^2

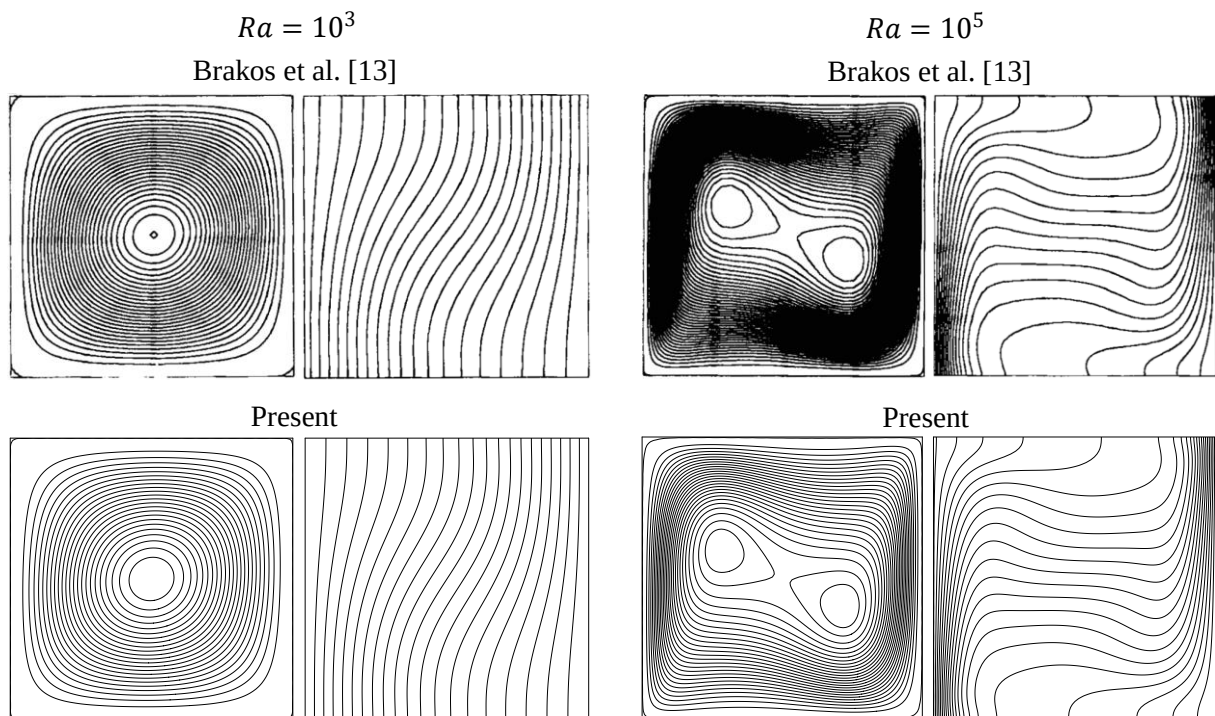


Fig. 2. Comparison of the streamlines and isotherms between the present results and that of Brakos et al. [13] at various Rayleigh numbers

5 RESULTS AND DISCUSSION

In the present study, numerical results of natural convection fluid flow and heat transfer of Cu-water nanofluid inside a square enclosure with a cold block are investigated. The results are generated for different pertinent dimensionless groups: the height of the obstacle ($0.125 \leq H \leq 0.5$), Rayleigh number ($10^3 \leq Ra \leq 10^6$), and nanoparticles volume fraction ($0 \leq \phi \leq 0.2$), while the width of the block w is fixed at $0.25L$ and the Prandtl number of the pure water ($Pr = 6.2$).

Fig. 3 displays effects of cooler dimensionless height on the streamlines and isotherms when $Ra = 10^4$. We can see in Fig. 3(a) that the flow structure is organized into one convection cell on right side of the enclosure. Isotherms shown in Fig. 3(b) are uniformly distributed which indicate that the heat transfer in the enclosure was governed mainly by the conduction mode. By increasing cooler height from $H = 0.25$ to $H = 0.5$, the central core of the convection cell changes significantly. By increasing Rayleigh number from 10^4 to 10^6 , it was observed in Fig. 4(b) that the patterns of isotherms became complex which means that the heat transfer mechanism is changing from conduction to the convection. By increasing the cooler dimensionless height, we can see clearly in Fig. 4(a) that the rotating eddy became with two inner vortices due to the stronger convection effects.

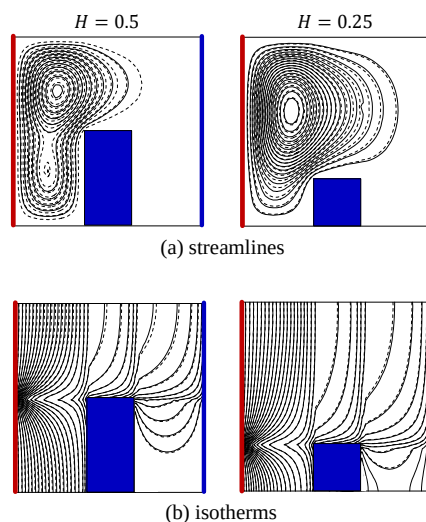


Fig. 3. Effect of varying cooler height on (a) the streamlines and (b) isotherms ($Ra = 10^4$, $W = 0.25$) with case of pure fluid (dashed line) and Cu-water (solid line) nanofluid with $\phi = 0.1$

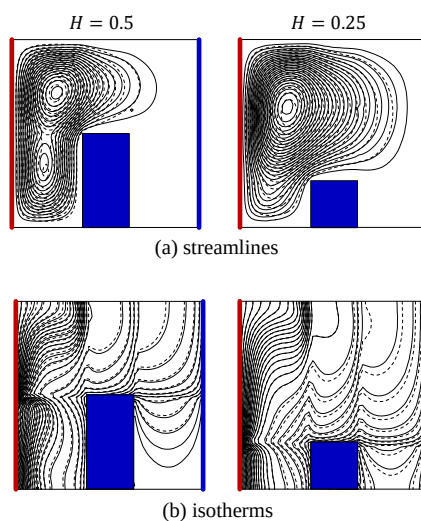


Fig. 4. Effect of varying cooler height on (a) the streamlines and (b) isotherms ($Ra = 10^6$, $W = 0.25$) with case of pure fluid (dashed line) and Cu-water (solid line) nanofluid with $\phi = 0.1$

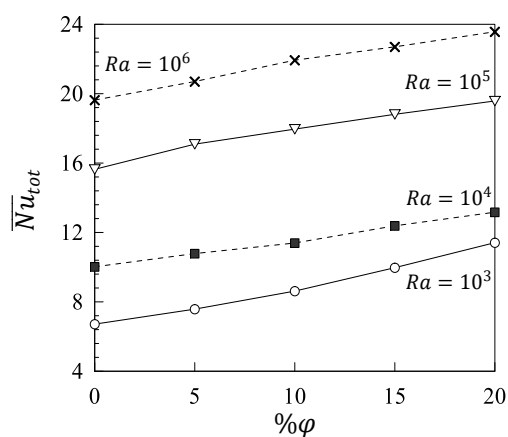


Fig. 5. Variation of $\overline{Nu}_{tot}$ for different Rayleigh numbers and volume fraction of the nanoparticles ($H = 0.5$)

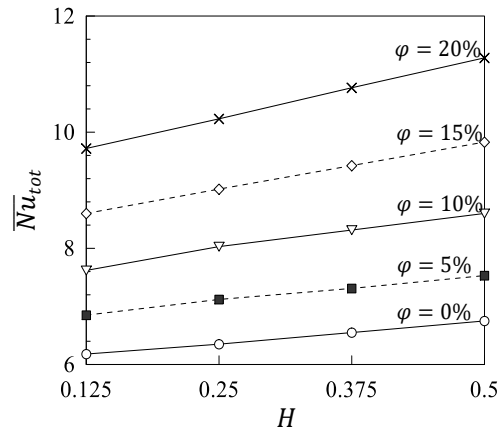


Fig. 6. Effect of the cooler height on $\overline{Nu}_{tot}$ for different volume fraction of the nanoparticles ($Ra = 10^3$)

The effect of the concentration of nanoparticles on $\overline{Nu}_{tot}$ is illustrated in Fig. 5 for various Ra in the case of the cooler height $H = 0.5$. It is seen that the heat transfer is always improved by increasing volume fraction of the nanoparticles, but the rate of improvement depends on Ra . By increasing Rayleigh number, the heat transfer rate increases. We can see also from the curves of Fig. 5 that $\overline{Nu}_{tot}$ displays a quasi-linear variation with the parameter ϕ . This quasi-linearity was also remarked for the other cooler heights (not presented here).

Fig. 6 shows the effect of the cooler height on $\overline{Nu}_{tot}$ for different volume fraction of the nanoparticles in the case of $Ra = 10^3$. This is evident in Fig. 6 as the height of the cooler increases; the total mean Nusselt number ($\overline{Nu}_{tot}$) is augmented due to additional surface area offered by the cooler for heat transfer communication.

6 HEAT TRANSFER CORRELATION

The total mean Nusselt number ($\overline{Nu}_{tot}$) is correlated over a wide range of design parameters employed in this investigation, such as the height of the obstacle ($0.125 \leq H \leq 0.5$), Rayleigh number ($10^3 \leq Ra \leq 10^6$), and nanoparticles volume fraction ($0 \leq \phi \leq 0.2$). These correlations can be mathematically expressed as follows:

$$\overline{Nu}_{tot} = 20.803 \phi + 2.178 Ra^{0.161}$$

Where H is fixed at 0.5 and the confidence coefficient for the above equation is $R^2 = 98.6\%$.

$$\overline{Nu}_{tot} = (1.482 + 6.676 \phi + 34.367 \phi^2)H + 15.963 \phi + 5.873$$

Where Ra is fixed at 1000 and the confidence coefficient for the above equation is $R^2 = 99.1\%$.

7 CONCLUSION

Natural convection heat transfer of nanofluid (Cu-water) in a square enclosure having a cold obstacle. was studied numerically for various design parameters such as the height of the obstacle (H), Rayleigh number (Ra) and nanoparticles volume fraction (ϕ). According to the presented results, the following conclusions are drawn:

- In the wide range of design parameters, the heat transfer is improved by increasing both the Rayleigh number (Ra) and the nanoparticle volume fraction(ϕ).
- The height of the cooler has significant effect on flow, temperature fields, and heat transfer
- By increasing the height of the cooler the total mean Nusselt number ($\overline{Nu}_{tot}$) is augmented due to additional surface area offered by the cooler for heat transfer communication.
- The total mean Nusselt number displays a quasi-linear variation with the parameter ϕ and H .
- The heat transfer correlations show that, the height of the obstacle, Rayleigh number and nanoparticles volume fraction increased the total mean Nusselt number.

NOMENCLATURE

C_p	specific heat, $J kg^{-1} K^{-1}$
g	gravitational acceleration, $m s^{-2}$
h	height of the cold block, m
H	non-dimensional height of the cold
k	thermal conductivity, $W m^{-1} K^{-1}$
L	enclosure height, m
$\overline{Nu}_{tot}$	total mean Nusselt number, defined in Eq. (19)
Pr	Prandtl number ($= \nu_f / \alpha_f$)
Ra	Rayleigh number ($= g \beta_f (T_h - T_c) L^3 / \alpha_f \nu_f$)
T	temperature, K
$\tilde{t}$	time, s
t	dimensionless time ($\tilde{t} \alpha_f / L^2$)
$\tilde{u}, \tilde{v}$	velocity components, ms^{-1}
u, v	dimensionless velocity components
w	dimensional width of the cold block
W	dimensionless width of the cold block
$\tilde{x}, \tilde{y}$	Cartesian coordinates, m
x, y	dimensionless Cartesian coordinates

Greek symbols

β	thermal expansion coefficient, K^{-1}
θ	dimensionless temperature
μ	dynamic viscosity, $kg m^{-1} s^{-1}$
ν	kinematic viscosity, $m^2 s^{-1}$
ρ	density, $kg m^{-3}$
φ	volume fraction of the nanoparticles
$\tilde{\psi}$	dimensional stream function $m^2 s^{-1}$
ψ	dimensionless stream function
$\tilde{\omega}$	dimensionless vorticity
ω	dimensional vorticity (s^{-1})

Subscripts

c	cold
f	fluid
h	hot
nf	nanofluid
s	solid nanoparticles

REFERENCES

- [1] G. De Vahl Davis, Natural convection of air in a square cavity: a bench mark numerical solution, *Int. J. Numer. Methods Fluids* 3 (1983) 249–264.
- [2] A. AlAmiri, K. Khanafer, and I. Pop, “Buoyancy-induced flow and heat transfer in a partially divided square enclosure,” *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 52, no. 15-16, pp. 3818–3828, 2009.
- [3] J. Guet, M. Reggio, P. Vasseur, Natural Convection of Nanofluids in a Square Enclosure with a Protruding Heater, *Advances in Mechanical Engineering* (2012). article ID 167296.
- [4] Y. Varol, H. F. Oztop, and T. Yilmaz, “Natural convection in triangular enclosures with protruding isothermal heater,” *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 50, no. 13-14, pp. 2451–2462, 2007.
- [5] Z. Boulahia and R. Sehaqui, “Numerical Simulation of Natural Convection of Nanofluid in a Square Cavity Including a Square Heater,” *International journal of science and research (IJSR)*, vol.4, issue 12, p. 1718-1722, 2015.
- [6] Bouafia M., Daude O., Natural convection for large temperature gradients around a square solid body within a rectangular cavity, *Int. J. Heat Mass Transfer*, 50, 3599-3615, 2007.

- [7] Yeong Ha M, Mi J J., A numerical study on three-dimensional conjugate heat transfer of natural convection and conduction in a differentially heated cubic enclosure with a heat-generating cubic conducting body, *Int. J. Heat Mass Transfer*, 43, 4229-4248, 2000.
- [8] F. Garoosi, G. Bagheri, F. Talebi, Numerical simulation of natural convection of nanofluids in a square cavity with several pairs of heaters and coolers (HACs) inside, *Int. J. Heat Mass Transfer* 67 (2013) 362– 376.
- [9] M. El Abdallaoui, M. Hasnaoui and A. Amahmid, Numerical simulation of natural convection between a decentered triangular heating cylinder and a square outer cylinder filled with a pure fluid or a nanofluid using the lattice Boltzmann method, *Powder Technol.* 277 (2015) 193–205
- [10] Y. Xuan, W. Roetzel, Conceptions for heat transfer correlation of nanofluids, *Int. J. Heat Mass Transf.* 43 (2000) 3701–3707.
- [11] G.H.R. Kefayati, Lattice Boltzmann simulation of MHD natural convection in a nanofluid-filled cavity with sinusoidal temperature distribution, *Powder Technol.* 243 (2013) 171–183.
- [12] K. Khanafer, K. Vafai, M. Lightstone, Buoyancy-driven heat transfer enhancement in a two-dimensional enclosure utilizing nanofluids, *Int. J. Heat Mass Transf.* 46 (2003) 3639–3653.
- [13] G. Barakos, E. Mitsoulis, Natural convection flow in a square cavity revisited: laminar and turbulent models with wall functions, *Int. J. Numer. Methods Fluids* 18 (1994) 695–719.
- [14] H.N. Dixit, V. Babu, Simulation of high Rayleigh number natural convection in a square cavity using the lattice Boltzmann method, *Int. J. Heat Mass Transfer* 49 (2006) 727–739.
- [15] Maxwell, J.C., “A Treatise on Electricity and Magnetism”, Clarendon Press, U.K, (1891).
- [16] Brinkman, H.C., 1952. The viscosity of concentrated suspensions and solutions. *J. Chem. Phys.* 20, 571–581.
- [17] S.V. Patankar, *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*, McGraw-Hill, Washington, 1980.

Gestion des coûts logistiques de l'entreprise BIMO au Maroc

[Managing logistics costs of the company BIMO in Morocco]

Said EL HOUR¹, Hamza ADLANE², Mahjoub AOUANE³, and Abdelaziz CHAOUCH¹

¹Département Chimie, Université Ibn Toufail, Kenitra, Maroc

²École Supérieure des Industries du Textile et de l'Habillement, Casablanca, Maroc

³Département Biologie, Université Ibn Toufail, Kenitra, Maroc

Copyright © 2016 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 project is part of the logistics control strategy implemented by the company mainly logistics costs represent a substantial percentage in its turnover.

This study is to control logistics costs plenty Company BIMO in order to have a follow-up of the latter.

In terms of results, the values found by the management control department (2616 Kdh) and what we assume ugly to the daily calculation tool (2624Kdh) is not critical, a difference of 8 Kdh; a difference measured at + 0.28% of the actual cost of which is the return of non-compliant commands, these results confirm that the implementation of the tool we developed control and monitoring of reliable and efficient logistics costs.

KEYWORDS: Cost control, logistics, monitoring tool, management control, logistics costs.

RESUME: Ce projet s'inscrit dans le cadre de la stratégie de maîtrise logistique mise en place par l'entreprise BIMO principalement les coûts logistiques qui représentent un pourcentage très important dans son chiffre d'affaire.

Cette étude consiste à contrôler abondamment les coûts logistiques de l'entreprise BIMO, afin d'avoir un suivi de ces derniers.

En terme des résultats, la valeur trouvé par le service contrôle de gestion (2 616 Kdh) et ce que nous avons déduis à l'aide de l'outil de calcul journalier (2624KDH) n'est pas critique une différence de 8 Kdh ; une différence mesuré à +0,28% du coût réel qui est dû aux retours des commandes non conforme, ces résultats confirme que la mise en place de l'outil qu'on a développée contrôle et de suivi des coûts logistiques fiable et efficace.

MOTS-CLEFS: Maîtrise des coûts, logistique, outil de contrôle, contrôle de gestion, coûts logistique.

1 INTRODUCTION

Le rôle de la logistique entant qu'instrument de la performance des entreprises sur le marché [1], permet de recouvrir l'ensemble de la gestion des flux physiques et des flux d'information associés, des approvisionnements à la distribution des produits finis, y compris la gestion des retours de quelque nature qu'ils soient. En mobilisant les moyens de transport, les stocks et les entrepôts, les ressources humaines nécessaires à la circulation des flux matériels.

Comme tout acte économique, la logistique coûte de l'argent [2], pour la majorité de dirigeants d'entreprises, la logistique est simplement un secteur de coûts. Ces coûts il est possible de les réduire. Pour les réduire, la première des

choses à faire est de les analyser et de comprendre l'impact des actions réalisées sur le montant global, pour les analyser il faut savoir les contrôler et faire leur suivi régulièrement.

Très peu d'entreprises malheureusement procèdent à cette analyse et connaissent véritablement leurs coûts logistiques et les leviers d'actions possibles. Un des premiers problèmes est déjà de les évaluer et par là même de fixer et de définir les limites de la logistique et de savoir si tel ou tel domaine fait partie ou non de la logistique. Peu importe les définitions académiques, une fois les limites fixées, l'entreprise peut analyser, suivre dans le temps, mesurer les impacts et alors agir sur les différents postes et généralement les réserves de productivité mises en lumière sont importantes, les coûts logistiques (dans un périmètre fixe) se situe entre 10 et peut atteindre jusqu'à 15 % du CA dans le secteur agroalimentaire. Généralement les transports représentent la moitié des coûts, l'entreposage 1/4 du total.

Ainsi, contribuer à la conception d'un outil de contrôle et de suivi des coûts logistiques journaliers au sein de la société Biscuiterie Industrielle du Moghreb (BIMO) était un facteur motivant pour réaliser notre étude.

En logistique, les charges variables sont souvent une partie des frais divers. La plus grosse partie des charges logistiques est fixe (amortissements, main d'œuvre, coût des capitaux, frais de maintenance, coûts administratifs...). Le coût de transport se décompose lui aussi en charges variables (frais d'entretien, péages, pneus, carburant) et charges fixes (assurances, taxes, personnel).

PROBLEMATIQUE

Un coût caché correspond à un coût non visible. A ce titre, il s'agit d'un ensemble des charges non appréhendées par le système comptable au terme de période [3]. Concernant les coûts logistiques que le service logistique ne peut pas contrôler ni faire leur suivi en temps réel ; il attend toujours le service contrôle de gestion à la fin de chaque mois pour enfin connaître ses coûts, c'est-à-dire ses charges et ses dépenses. Ce qui génère des calculs non maîtrisés et non fiables de ces coûts logistiques journaliers, et des difficultés d'affectation de ressources journalières pour le transport et l'acheminement des produits aux clients.

En effet, La maîtrise des coûts de la Supply Chain constitue un autre axe clé de la compétitivité [4], pour remédier le problème des coûts logistiques nous avons proposé de concevoir un outil simple facilitant cette action.

2 METHODOLOGIE

La logistique se caractérise par ses différentes composantes [5], alors avant de passer à l'analyse des coûts logistiques, il s'avère nécessaire d'identifier au préalable les diverses activités de la logistique auxquelles ces derniers sont rattachés (Transport, stockage, main d'œuvre et assurance ...). Une fois cette relation trouvée, on peut alors déterminer plus facilement les différents coûts soit d'une partie variable (charges proportionnelles à l'activité, et aussi d'une partie fixe (charges indépendantes de l'activité, sauf si l'on modifie le potentiel d'activité : agrandissement locaux, augmentation du matériel,...).

Pour pouvoir mettre en évidence l'outil de suivi des coûts logistiques on doit avoir recours à plusieurs informations qu'on va regrouper dans une base de données logistiques contenant :

- Base de données « Parc Auto » :

Regroupe l'ensemble des véhicules internes et sous-traités que BIMO utilise pour le transport des produits et du personnel. Notons aussi qu'en outre du recensement de l'ensemble des véhicules utilisés par BIMO, cette base de données va être utile lors de la réalisation de l'outil de suivi des coûts logistiques.

- Base de données « Effectif Logistique » :

Cette base de données est un recensement, par type et par fonction, de l'ensemble du personnel alloué à la logistique.

Ces informations vont nous permettre d'analyser les coûts de la Main d'Œuvre Logistique.

- Recensement des moyens de manutention :

Le recensement des moyens de manutention va nous permettre de calculer leurs charges propre à BIMO ou de la location.

- L'état des volumes transportés mensuelle :

C'est un fichier tiré depuis l'ERP ADONIX, sous forme fichier Excel dont on a tous les volumes transportés (volume de ventes + volume de transfert) effectués pendant une période donnée.

Pour concevoir un tel outil, il s'avère nécessaire de suivre une démarche bien définie :

En contactant le service contrôle de gestion, ils nous ont fournis les données concernant les coûts logistiques c'est-à-dire la rubrique logistique d'un historique de 13 mois depuis « février 2013 jusqu'à Mars 2015 », comme seconde étape on a extrait les coûts de stockages et la masse salariale de chaque rubrique logistique parce que ces coûts ne changent pas et sont presque fixes pour garder seulement les coûts logistiques des moyens de transport.

Par la suite nous avons demandé auprès du département organisationnel et systèmes d'informations (DOSI), l'état ADONIX concernant les m³ transportés de la même période. De cette dernière on a filtré les volumes de ST (volumes concernant les sous-traitants) ; des volumes de PP (volumes concernant les camions BIMO), afin d'avoir un pourcentage pour chaque moyen par rapport au volume globale des m³ transportés pour ressortir les coûts logistiques concernant chaque moyen soit ST et PP suivant la méthode de moyenne :

Calculant le ratio prix /volume (DHS/ m³) de chaque moyen de transport (ST et PP), pour cause, avoir une moyenne de base (le prix d'un m³ transporté) nous permettra de faire notre calcul journalier des coûts logistiques ST et des PP de tous un mois.

3 RÉSULTATS

- Rubriques logistiques

Notre étude concerne les deux mois Janvier et Février 2015, les coûts sont en KDH :

Tableau 1 : Rubrique logistique Janvier 2015

m ³ Transportés	29522,61752	
Ressources	Réel Janvier 2015 en Kdh	% des Coûts
Transport (Coût logistique variables)	1167	34
Entretien	100	3
Gasoil	456	13
Sous-traitance Transport	567	17
Frais de déplacement convoyeurs	44	1
Rém sous-traitance distrib (Transport distributeur)	0	0
Stockage et masse salarial fixe	1497	44
MS Log (Chauf, Magas, Structure log)	555	16
Four Magasin	54	2
Loyer Dépôt	654	19
Loc matériel manutention	234	7
Transport (coûts logistique fixes)	725	21
Ass Matériel Transport	33	1
Taxes & vignette	15	0
Visite Tech	2	0
Amortissements	675	20
Coûtlogistique fixes	2222	
Transport (Coût logistique total)	1892	56
Total logistique	3389	100

Tableau 2 : Rubrique logistique Février 2015

m ³ Transportés	29232,38161	
Ressources	Réel Février 2015 en Kdh	% des Coûts
Transport (Coût logistique variables)	1717	52
Entretien	127	4
Gasoil	345	10
Sous-traitance Transport	1200	36
Frais de déplacement convoyeurs	45	1
Rém sous-traitance distrib (Transport distributeur)	0	0
Transport (Coût logistique variables)	1717	
Stockage et masse salarial fixe	1340	41
MS Log (Chauf, Magas, Structure log)	345	10
Four Magasin	6	0
Loyer Dépôt	789	24
Loc matériel manutention	200	6
Transport (couts logistique fixes)	243	7
Ass Matériel Transport	56	2
Taxes & vignette	15	0
Visite Tech	2	0
Amortissements	170	5
Coût logistique fixes	1583	
Transport (Coût logistique total)	1960	59
Total logistique	3300	100

Commentaire : Les frais de transport et les autres coûts de logistique peuvent considérablement réduire la compétitivité [6], en fait d'après la répartition ci-dessus, on remarque que le coût en relation avec le transport constitue une grande part des coûts logistiques, ce qui nous obligera à le traiter en premier lieu.

Tableau 3 : Répartition du Parc des véhicules BIMO

Transporteurs	Total
BIMO (auto parc)	119
Total des véhicules de l'auto parc BIMO	119
AMANA	9
CARRE	16
CS	27
DACSHER	51
LA VOIE EXPRESS	52
STE	30
Total des véhicules (sous traités)	241

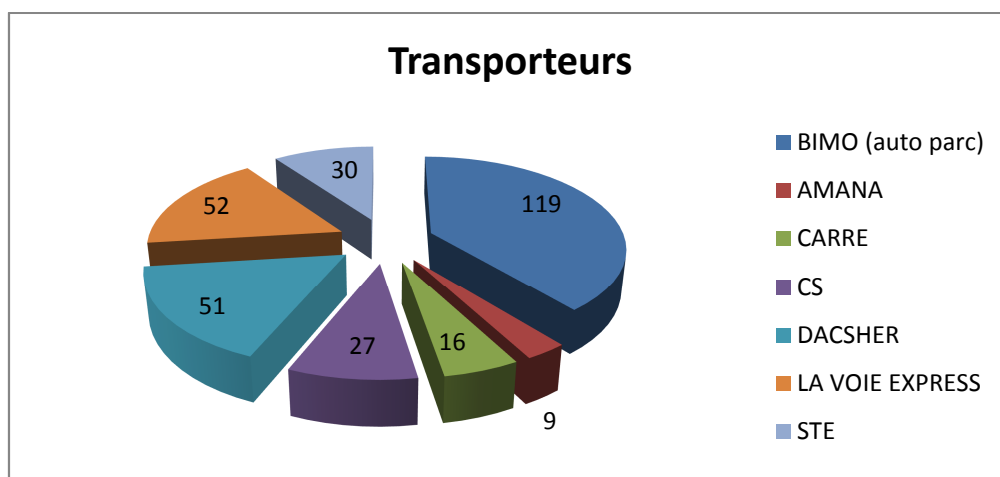


Figure : Répartition du Parc des véhicules BIMO

Recensement des moyens de manutention :

Ici on fera le recensement des moyens de manutention par type de matériel et par shift existant dans la plateforme ZENATA.

Tableau 4 : Matériel de manutention louer à la plateforme BIMO**BESOIN PAR TYPE DE MATERIEL PAR SHIFT :**

Type de matériel	Référence commerciale	Shift 1	Shift 2	Shift 3
Réception				
Rétractable	JUNGHEINRCH - ETV 320	1	1	
Chariot Frontal	JUNGHEINRCH - EFG 110			
Préparateur	JUNGHEINRCH - ECE 220			
Autoporté	JUNGHEINRCH - ERE 120	2	2	
Préparation				
Rétractable	JUNGHEINRCH - ETV 320	1	1	1
Chariot Frontal	JUNGHEINRCH - EFG 110			
Préparateur	JUNGHEINRCH - ECE 220	1	1	1
Autoporté	JUNGHEINRCH - ERE 120			
Livraison				
Rétractable	JUNGHEINRCH - ETV 320			
Chariot Frontal	JUNGHEINRCH - EFG 110	1	1	
Préparateur	JUNGHEINRCH - ECE 220			
Autoporté	JUNGHEINRCH - ERE 120			

BESOIN PAR TYPE DE MATERIEL, EN ACCESSOIRES ET EN CARISTES :

Type de matériel	Référence commerciale	Matériel	Batteries Supplémentaires	Caristes Supplémentaires
Rétractable	JUNGHEINRCH - ETV 320	2	2	3
Chariot Frontal	JUNGHEINRCH - EFG 110	1	1	1
Préparateur	JUNGHEINRCH - ECE 220	1	1	2
Autoporté	JUNGHEINRCH - ERE 120	2	2	2

En plus de 22 transpalettes distribués dans les 2 sites de productions et la plate forme + 3 gerbeurs et 3 chariots élévateurs que dans les sites de productions.

Total matériel de manutention :

34

L'état des volumes transportés mensuelles :

Ce fichier facilite la représentation l'état des m³ transportés (ventes+ transférés vers la plate forme) qui est le volume chargé par les camions que ça soit PP ou bien ST.

Démarche de réalisation d'outil de suivi des coûts logistiques

Après avoir trouvé les volumes transportés de chaque moyen de transport (PP, ST), on a effectué leurs pourcentages par rapport au volume global pour chaque mois comme ci-dessous:

Tableau 5 : Pourcentages des volumes transportés ST (Sous-Traitants) & PP (parc propre) par rapport au volume global

Date	m ³ transporté	m ³ transporté PP	m ³ transporté ST	% PP	% ST
Févr.-10	32343,83824	8786,360056	23557,47818	27%	73%
Mars-10	34102,75619	9644,377322	24458,37887	28%	72%
Av.-10	34499,51152	9716,109908	24783,40161	28%	72%
Mai-10	30406,15883	11686,89996	18719,25887	38%	62%
Juin-10	30882,2864	14460,62415	16421,66224	47%	53%
Juil.-10	22690,33985	13969,61862	8720,721226	62%	38%
Août-10	21730,37969	12304,37789	9426,001804	57%	43%
Sept-10	26723,20441	16686,61675	10036,58766	62%	38%
Oct.-10	32002,45828	21457,5082	10544,95008	67%	33%
Nov.-10	26240,92821	16370,59478	9870,333424	62%	38%
Déc.-10	31007,77646	19123,79054	11883,98592	62%	38%
Janv.-11	29522,61752	16185,90684	13336,71068	55%	45%
Févr.-11	29232,38161	12814,57661	16417,805	44%	56%

Commentaire :

On remarque que les pourcentages concernant les Sous-Traitants et les Parc Propres se rapprochent d'un mois à l'autre jusqu'ils éteignent un peu près la moitié on est a 44% PP ET 56% ST

Tous ce calcul est dans le but de trouver les coûts logistiques de chaque moyen de transport c'est-à-dire coûts logistiques PP (parc propre)& coûts logistiques ST (sous traitance) mais avant on va extraire les coûts presque fixes qui sont les coûts de stockage et la MS.

On procédera comme suite, dés les pourcentages qu'on vient de calculer on trouvera les coûts logistiques pour chaque moyen de transport :

- Trier les coûts logistiques selon PP, ST et stockage &MS.
- Affecter chaque moyen à son coût.
- Multiplier les coûts qui sont partagés entre les 2 moyens par le pourcentage calculé ci-dessus.
- Faire la somme des coûts logistiques.

Les coûts sont en KDH :

Tableau 6 : Rubrique logistique répartie en trois coûts du mois Janvier 2015

m ³ Transportés	29522,61752					
Ressources	Réel Janvier 2015 en KDH	% des coûts		Coût logistique Parc propre	Coût logistique Sous Traitance	Stockage MS
Transport (couts logistique variables)	1167	34		56%	45%	
Entretien	100	3	PP	100		
Gasol	456	13	PP	456		
Sous-traitance Transport	567	17	ST		567	
Frais de déplacement convoyeurs	44	1	PP	44		
Rém sous-traitance distrib (Transport distributeur)	0	0	PP&ST	0	0	
Coût logistique variables	1167			60	567	
Stockage et masse salarial fixe	1497	44	Stockage et MS			
MS Log (Chauf, Magas, Structure log)	555	16				
Four Magasin	54	2				1497
Loyer Dépôt	654	19				
Loc matériel manutention	234	7				
Transport (cout logistique fixes)	725	21				
Ass Matériel Transport	33	1	PP	33		
Taxes & vignette	15	0	PP	15		
Visite Tech	2	0	PP	2		
Amortissements	675	20	PP	675		
Coût logistique fixes	2222			725		
Transport (couts logistique fixe)		56				
Tot. Logistique	3389	100		1325	567	1497

Tableau7 :Rubrique logistique répartie en trois coûts du mois Février 2015

m ³ Transportés	29232,38161					
Ressources	Réel Février 2015 en KDH	% des couts		Coût logistique PP	Coût logistique ST	Stockage MS
Transport (coûts logistique variables)	1717	52		44%	56%	
Entretien	127	4	PP	127		
Gasol	345	10	PP	345		
Sous-traitance Transport	1200	36	ST		1300	
Frais de déplacement convoyeurs	45	1	PP	45		
Rém sous-traitance distrib (Transport distributeur)	0	0	PP&ST	0	0	
coûts logistique variables	1717			60	1300	
Stockage et masse salarial fixe	1340	41	Stockage et MS			
MS Log (Chauf, Magas, Structure log)	345	10				
Four Magasin	6	0				1340
Loyer Dépôt	789	24				
Loc matériel manutention	200	6				
Trnapsort (cout logistique fixes)	243	7				
Ass Matériel Transport	56	2	PP	56		
Taxes & vignette	15	0	PP	15		
Visite Tech	2	0	PP	2		
Amortissements	170	5	PP	170		
Coût logistique fixes	1583			343		
Transport (coût logistique fixe)	1960	59%				
Tot. Logistique	3300	100		760	1300	1340

Dans Le tableau ci-dessous nous filtrons les coûts logistiques de chaque moyen a part.

Les coûts sont en KDH :

Les ratios des coûts par apport aux volumes transportés pour les deux moyens de transport et la moyenne de stockage & MS

Tableau8 : Ratio des coûts logistiques PP & ST

DATE	COÛT LOGISTIQUE TOTAL	COÛT DE STOCKAGE ET MS	COÛT LOGISTIQUE SANS ST ET MS	COÛT LOG PP	COÛT LOG ST	DH-M3 PP	DH-M3 ST
févr.-10	3 568	1 100	2 468	711	1 664	80,92764	70,64307
mars-10	3 161	1 072	2 089	1 002	1 087	103,9037	44,43788
avr-10	3 961	1 000	2 961	1 313	1 325	135,1823	53,4449
mai-10	3 706	1 115	2 591	1 304	1 015	111,6133	54,22027
juin-10	3 932	1 098	2 834	1 091	1 323	75,41688	80,57572
juil.-10	3 368	1 140	2 228	1 145	778	81,98726	89,19985
août-10	3 162	1 000	2 162	1 180	685	95,89331	72,65744
sept-10	3 510	1 081	2 429	1 502	927	90,02582	92,33289
oct.-10	3 555	1 001	2 554	1 430	855	66,64968	81,0615
nov.-10	3 325	1 120	2 205	1 172	767	71,60088	77,68883
déc.-10	2 362	1 170	1 192	710	420	37,10707	35,34168
janv.-11	3 389	1 497	1 892	1 325	567	81,86735	42,51423
févr.-11	3 300	1 340	1 960	760	1 200	59,32051	73,09138
La moyenne des coûts stockage et MS		1133 KDH/ mois = 38 KDH/JR	La moyenne des coûts de transport PP&ST		PP : 83 ,961Dhs/ m³	ST : 66,708Dhs/ m³	

Comme but trouver la moyenne de base pour les charges fixes les coûts logistiques déstockage et MS ainsi que pour la moyenne des ratios transport ST & PP.

- Le principe est de calculer les coûts logistiques journaliers.
- Calculer les volumes parc propre et sous traitant de la journée.
- Prendre la moyenne des ratios PP & ST qu'on a calculé ci-dessus.
- Multiplier cette moyenne des ratios par les volumes transportés ST et PP.
- Faire la somme des 2 coûts logistiques (ST & PP).
- Enfin en ajoute la moyenne de base concernant les coûts de stockage et MS.
- Conclure le total des coûts logistiques

L'outil de suivi des coûts logistiques

Finalement on fera notre outil à base de tous les calculs et étapes élaborées précédemment.

Notre outil sera une application Excel ou on fera un calcul journalier pendant tout le mois, puis on fera le rapprochement des outputs avec les résultats réels de contrôle de gestion.

Lors de la réception des bons de commande, qui sont dispatchées selon leurs volumes nous désignons le camion correspondant, ainsi la proximité des vendeurs et l'accès du camion.

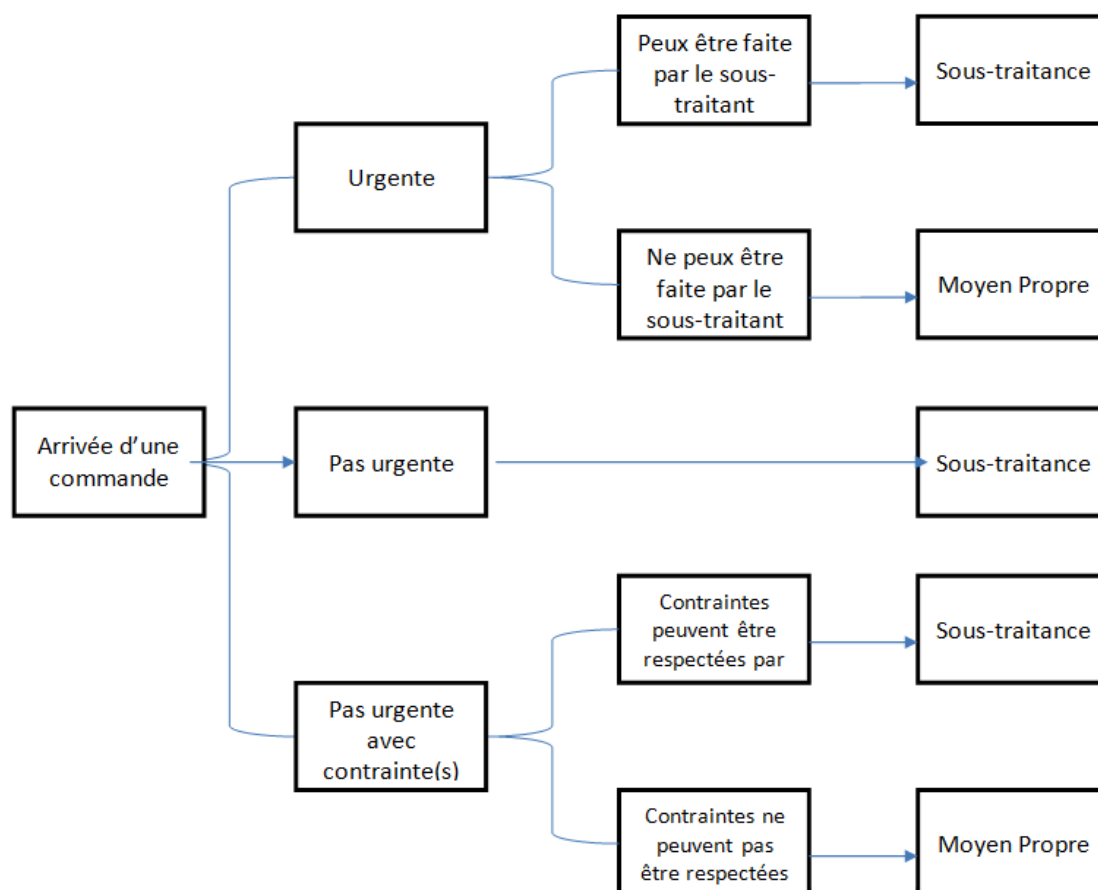
Finalement nous vous présentons un exemple d'application de l'outil que nous avons conçu au tableau ci-dessous (Tableau 9).

Tableau 9: application de l'outil conçu de contrôle et de suivi coûts logistiques

DATE	m ³ transportés	m ³ transportés pp	m ³	coûts logistiques PP	coûts logistiques ST	Coûts logistiques PP+ST
			transportés ST			
jj/mm/aa	C=A+B	A	B	D=A*83,961	E=B*66,708	F=D+E

POST-OUTIL :

Après la réalisation de cet outil qui nous permet de bien calculer les prix, il s'avère très intéressant de bien manipuler et de concrétiser notre outil ; d'où l'importance d'effectuer un logigramme qui nous aide à faire notre choix :



Nous allons adopter une stratégie qui vise à favoriser la sous-traitance. Mais certes, il existe plusieurs cas, qui font que nous devons utiliser nos propre moyen : entre autres, l'engagement de la société BIMO avec ses clients, la disponibilité du transport adéquat à la marchandise transporté, le respect des délais...

Mise en application de l'outil

La finalité de cet article réside dans la conception et la mise en place d'un outil permettant de calculer les coûts logistiques, faire leur contrôle et leur suivi, c'est pour cette raison que nous avons pris le mois mars 2011 comme témoin et nous lui avons effectué un calcul journalier.

Tableau 10 : Résultat trouvés à partir de l'outil conçu

	m ³ transportés	m ³ transportés pp	m ³ transportés ST	coûts logistiques PP	coûts logistiques ST	Coûts logistiques PP+ST	stockage et MS	coûts logistiques
total	23003,38896	13015,81746	9987,571502	1065,570443	424,6139229	1490,184366	1 133	2 624
%	100%	54%	46%					

Les coûts sont toujours en KDH :

Coût logistique Total Mars = 2624 KDH

Commentaire :

Rapprochement des outputs de cette étude avec celui de contrôle de gestion.

Après avoir réalisé et mis à disposition à la supply chain l'outil de contrôle et de suivi des coûts logistiques et après avoir fait le calcul ci-dessus nous devrions pour en conclure comparer nos résultats avec la rubrique logistique qui n'est d'autre que les coûts logistiques réels du mois de Mars :

Tableau 11 : Rubrique logistique du mois Mars 2015

En Kdh	Réel Mars 2015
m ³ Transportés	23003
Entretien	150
Gasoil	344
Sous-traitance Transport	789
Frais de déplacement convoyeurs	0
Rém sous-traitance distrib (Transport distributeur)	0
coûts logistique variables	1283
MS Log (Chauf, Magas, Structure log)	456
Four Magasin	66
Loyer Dépôt	479
Loc matériel manutention	99
Ass Matériel Transport	74
Taxes & vignette	16
Visite Tech	3
Amortissements	140
Coût logistique fixes	1333
Tot. Logistique	2616

Nous n'enregistrons pas une grande différence entre la valeur 2 616 trouvé par le service contrôle de gestion et 2624KDH que nous avons déduits à l'aide de l'outil de calcul journalier une différence de 8 KDH ; une différence de +0,28% du coût réel qui est due aux retours des commandes non conforme.

Commentaire

Dans cette partie nous avons vu en détails l'outil facilitant le calcul journalier des coûts logistique pour pouvoir les contrôler avec le résultat donné par le service logistique et assuré le suivi en temps réel.

4 DISCUSSION

D'après les résultats et les analyses que nous avons présentés on remarque que le coût en relation avec le transport constitue une grande part des coûts logistiques, donc chaque variation des coûts de transport touche amplement les coûts logistiques.

Dans notre cas, les pourcentages concernant les sous-traitants et les Parc Propres se rapprochent d'un mois à l'autre jusqu'ils éteignent à peu près la moitié : 44% PP ET 56% ST.

La valeur trouvé par le service contrôle de gestion (2 616Kdh) et ce que nous avons déduits à l'aide de l'outil de calcul journalier (2624KDH) n'est pas critique : c'est une différence de 8 KDH ; une différence mesuré à +0,28% du coût réel qui est due aux retours des commandes non conforme.

Le logigramme réalisé comme POST-OUTIL est un moyen qui permet de trancher entre l'utilisation de nos propres moyens ou d'aller vers la sous-traitance.

Cet outil de contrôle est aussi un moyen considérable qui a contribué positivement à l'élaboration de prévisions à faibles écarts.

A la lumière des expérimentations menées sur le terrain, on dit que l'outil de contrôle et de suivi des coûts logistiques de l'entreprise BIMO (Biscuiterie Industrielle du Maghreb) est une réponse au problème posé en termes de rapport entre le contrôle de gestion et la logistique. Elle met en œuvre des aspects d'exploitation et d'analyse volontairement simples.

5 CONCLUSION

Ce projet nous a permis tout d'abord une immersion dans le monde de l'entreprise. Nous avons eu la chance de travailler dans une structure ouverte avec un accès direct à la logistique et à l'ingénierie. Le premier défi consistait à s'intégrer le plus rapidement possible avec le personnel de l'entreprise pour bénéficier de sa collaboration, ses conseils, son expertise, et sa convivialité.

Sur le plan technique, nous avons pu constater que les connaissances que nous avons acquises lors de notre formation universitaire sont suffisamment riches pour aborder des problèmes concrets dans l'environnement socioéconomique. Nous estimons avoir maîtrisé les spécifications et les procédures logistiques qui devraient être mises en place pour l'amélioration des performances logistiques en tenant compte des contraintes du terrain telles que la disponibilité des renseignements et la qualification de personnel.

Par ailleurs, nous avons mis en œuvre un outil de contrôle et de suivi des divers coûts logistiques comme résultat on a pu :

- Définir notre besoin en sous traitants.
- Connaître notre capacité parc propre.
- Définir volume chargé pour chaque moyen de transport.
- Calculer les coûts concernant le parc propre.
- Calculer les coûts concernant sous traitant.
- Faire le choix de sous traitant le plus convenable.
- Intégration d'une culture d'amélioration continue.

Nos ambitions et celles de nos encadrant est de contrôler et de faire le suivi des coûts logistiques pour optimiser davantage les charges de la fonction logistique.

Enfin, nous espérons que ce modeste travail sera capitalisé par la direction supplychain à BIMO et servira de référentiel pour d'autres chercheurs.

ABBREVIATION

BIMO : Biscuiterie industrielle du maghreb
ST : Sous traitance.
PP : Parc propre.
MS : Masse salariale

REFERENCES

- [1] European Conference of Ministers of Transport, « Tables Rondes CEMT Les nouvelles tendances de la logistique en Europe Rapport de la cent-quatrième table ronde d'économie des transports tenue à Paris les 3-4 octobre 1996 », éditeur : OECD Publishing, 1997, 192 pages.
- [2] H. Dunod et E. Pinat., "La technique moderne, Volume 65", l'Université du Michigan
- [3] Gérard Melyon, Kevin Melyon et Philippe Raimbourg, « Comptabilité analytique: Principes, coûts réels constatés, coûts préétablis, analyse des écarts », 5^{ème} édition, Editeur : Bréal 1998, Date de publication: 28 mai 2013, 287 pages
- [4] Khaled Ghédira, "Logistique de la production: approches de modélisation et de résolution "Editions TECHNIP, 2006 - 140 pages
- [5] Taylor Anelka, Jean-François Dhénin, Philippe Pico, "Economie-Droit : BTS 1^{ère} Année", Bréal (23 mars 2004), 239 pages
- [6] OECD, Examens de l'OCDE de la réforme de la réglementation en Pologne, "rapport de référence sur la capacité du gouvernement de la concurrence à produire des réglementations de grande qualité".

Enhanced Cluster Based Boosting in High Dimensional Data

P. Velvizhy, S. Abayambigai, and A. Kannan

Department of Computer Science and Engineering, Anna University, Chennai, India

Copyright © 2016 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: Boosting is the general method which converts any weak learning algorithm into strong learner in order to improve the accuracy. The limitations in boosting is overfitting on the training data and filtering out the correct data in the subsequent function since boosting concentrates on regions not predicted well by other learners. So, the cluster based boosting (CBB) approach is used to address limitations in boosting. In this paper, initially X-Means algorithm is used to cluster the data and the clusters are selectively boosted based on the additional structure information provided by clusters and previous function accuracy on the member data. To apply Cluster Based Boosting to the high dimensional data, dimensionality reduction technique is performed. In this paper, we apply Global Redundancy Minimization frame work which considers the redundancy of the feature with all other features. The selected features will contribute more mutual information for prediction. This frame work can be used with any other feature selection technique. We provide experimental results on various dataset. These results demonstrate the effectiveness of Global redundancy framework and also effectiveness of Cluster Based Boosting with Global redundancy minimization framework than classifier with global redundancy minimization framework.

KEYWORDS: Boosting, Clustering algorithms, Margin theory, Machine learning, feature selection, redundancy minimization.

1 INTRODUCTION

Boosting is a method to improve the accuracy of any given machine learning algorithm. For supervised learners, to find a highly accurate prediction rule is certainly a difficult task. To overcome this, boosting is used. Since boosting is an iterative process and each time when it calls the base learning algorithm, it generates a new weak prediction rule, and after several rounds, the boosting algorithm must combine these weak rules into a strong prediction rule. This rule will be much more accurate than any one of the weak rules generated [1], [2].

In spite of its success, boosting such as adaboost has various problems [3]. They are (1) Training data contains label noise - where the labels of the instances provided are actually wrong (2) Training data with troublesome areas- where the relevant features of the instances are different from the rest of the training data and (3) Filtering out the data in subsequent functions when the training data contains troublesome areas and/or label noise.

In boosting, every learner covers the complete training data. The learners are dependent of one another and are biased towards the data that are wrongly predicted in the previous iteration. When the training data contains label noise then the boosting learning function fails to learn correctly. Though initial function is correct, boosting does not realize that the labels were wrong. Thus, boosting focuses subsequent functions on learning how to “correctly” predict these instances assuming that the wrong labels provided are correct [4], [5].

In boosting, overfitting occurs due to overlapping regions. The samples that are located in the overlapping region are more likely to be misclassified. Adaboost works by increasing the weight of samples that are misclassified in the previous iterations [2]. In our work we regard the overlapping regions as heterogeneous.

Another problem with boosting is due to the way it learns the subsequent function. Boosting works by filtering out some correctly classified instances and withheld the incorrect instances in the subsequent iterations. This can result in complexity

and higher probability of overfitting because some correctly predicted instances may be similar to the incorrectly classified instances in the heterogeneous region [6].

To address the limitations of boosting, we propose a novel approach called cluster based boosting (CBB). CBB uses clusters to partition data and then the boosting is applied on the clusters containing highly similar data which helps to reduce the complexity and to mitigate the overfitting [6].

To apply cluster based boosting to high dimensional data, dimensionality reduction is performed on the original data. The microarray and gene expression data suffers curse of dimensionality issue where the number of samples is much less than the number of feature which leads to overfitting of data.

In feature extraction two or more features combined to form a new feature. When the features have natural meaning they cannot be combined. Hence feature selection becomes important.

In feature ranking correlated features tend to get similar rankings, as they are considered equally significant for classification. As a result, the top ranked features obtained are often correlated to each other. From statistics point of view, these correlated features provide redundant information and may not introduce any extra useful information.

In mRMR, redundancy between selected features is considered. However, it is not optimal because it considers only the local redundancy but not the global redundancy [7], [8].

In this work, we use Global Redundancy Minimization (GRM) framework [9] which considers the redundancy of a feature with all other feature. It globally minimizes feature redundancy with maximizing the ranking scores. The selected features will contribute more information to the latent variable and minimum global redundancy. The feature ranking results of any supervised or unsupervised feature selection method can be used as the input of GRM framework.

We evaluate GRM using two studies. First, we compare feature selection with GRM based feature selection in classifiers. Second, we compare feature selection with GRM based feature selection in Cluster Based Boosting technique.

The rest of this paper is organized as follows. Section 1 provides the background on feature selection, boosting and related work on using clustering and boosting. Section 2 provides a more in-depth discussion on the boosting problems, how our CBB approach addresses these problems and CBB in high dimensional data. Section 3 provides the experimental setup and discusses the results from our studies. Section 4 concludes and discusses future work.

2 LITERATURE SURVEY

In this work, we provide the related works on boosting and margin theory and also the combination of boosting and clustering. The two methods of boosting are boosting by resampling and boosting by reweighting. Boosting by reweighting can be applied only to supervised learners that are designed to use instance weights while boosting by reweighting can be applied to all supervised learners. Hence boosting by resampling is much more appropriate. A new training dataset same as size of original dataset is created where the probability that each instance is selected is directly proportional to its assigned weights [10].

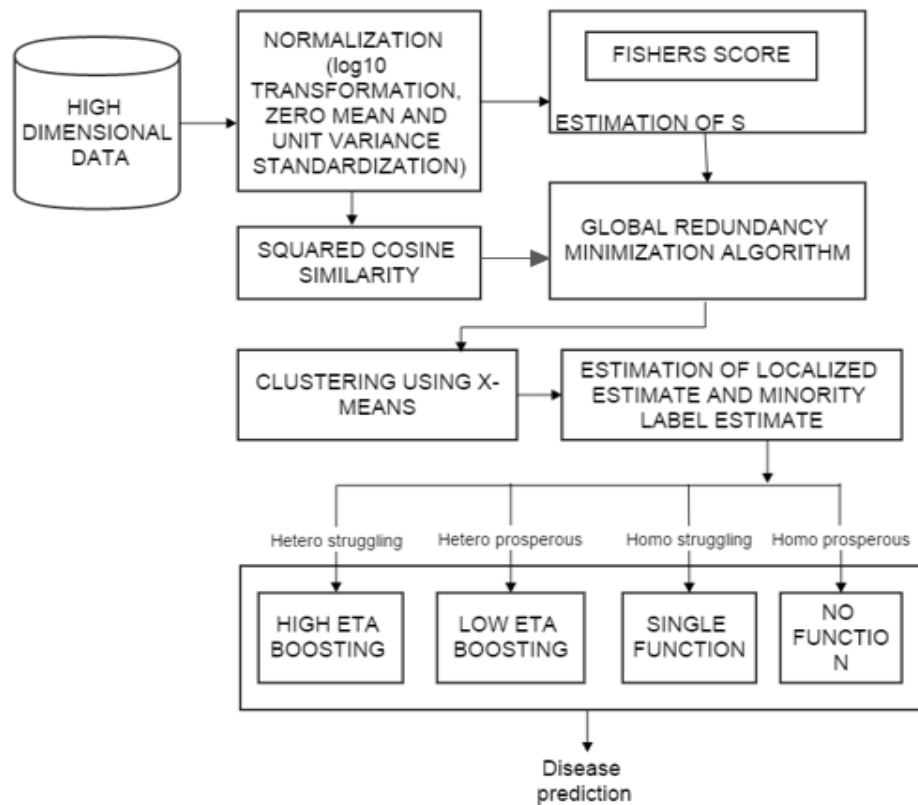


Fig. 1. System Architecture

2.1 BOOSTING AND MARGIN THEORY

In margin theory, Schapire et al. [11] made an attempt to explain boosting by considering the margin. The margin of an instance is a good indicator of classification confidence and confidence in the prediction of multiple functions. The margin on a single data instance depends on the weighted votes for multiple functions. In turn, the magnitude of the margin represents the strength of agreement between those functions and the confidence of the final decision boundary. Using these margins, it is possible to prove that predictive accuracy continues to increase with the number of boosting iterations explaining resistance to overfitting. Further extensions to margin theory have examined how the margin distribution (including margin average and variance) is connected to the predictive accuracy^[12]. The authors show how, by learning additional subsequent functions, boosting continues to improve the margin resulting in a more refined decision boundary (with higher predictive accuracy).

2.2 COMBINATION OF CLUSTERING AND BOOSTING

Here we provide related works on the combination of clustering and boosting. The three ways are (1) Boosting is used to improve clustering, (2) Boosting and clustering to improve any given supervised machine algorithm and (3) Clustering to improve boosting which is similar to our work.

There has been very little work on how clustering improves boosting. In kim et al [13] uses k-means clustering algorithm to address the label noise problem in boosting. K-Means clustering algorithm is applied to training data and each clusters is compared with the cluster in the opposite class using the mahalanobis distance. When the clusters belongs to different clusters are close enough they are pruned. Then, boosting is done on the remaining training data. We refer this as prune boost algorithm. This algorithm does not explain about various issues such as subsequent function ignoring troublesome areas and subsequent function that are complex. Cluster Based Boosting technique addresses this issue. To apply Cluster Based Boosting technique in high dimensional data, feature selection should be done.

2.3 FEATURE SELECTION

Feature selection is to select informative and relevant features from the high-dimensional space. It plays a crucial role in many practical applications. Feature selection can speed up the learning process and decrease the algorithm running time in the real applications.

Based on the training set, feature selection algorithms can be categorized into supervised, semi-supervised and unsupervised. Again, supervised feature selection methods can further be categorized into filter models, embedded models and wrapper models.

The filter model [14] separates feature selection from classifier so that the bias of a learner does not interact with the bias of a feature selection algorithm. Relief, Fisher score and Information Gain based methods are some of the frequently used algorithms of the filter model.

The wrapper model [15] uses the predictive accuracy of a predetermined learner to determine the quality of selected features. The wrapper method works better than the filter method but it is expensive than filter model and is not suitable for the large scale data. To bridge this gap embedded method is introduced.

The top ranked features are correlated and they will not introduce any extra useful information. In previous research, Ding et al. recognized this issue and proposed the minimum Redundancy Maximum Relevance Feature Selection (mRMR) model [7] [8] to minimize the redundancy. However it is greedy search and the global redundancy is not considered. To address this issue Global Redundancy Minimization framework is used which considers redundancy with all other features.

3 METHODOLOGY

In this section we first provide a more detailed discussion on boosting problem. Then we discuss our cluster based solution.

3.1 ISSUES IN BOOSTING

Here we further provide various issues on the boosting such as filtering out correct instances in subsequent functions and label noise.

3.1.1 FILTERING IN SUBSEQUENT FUNCTION

The first limitation of boosting is filtering the correctly predicted instance that is required to learn actual decision boundary which makes them unavailable for subsequent functions. Such filtering becomes problematic when training data contains troublesome areas.

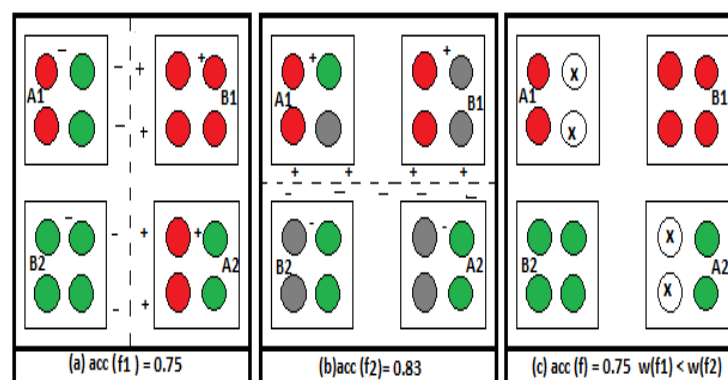


Fig. 2. Example of how filtering affects subsequent function given troublesome (A1 and A2) and normal (B1 and B2) areas. (a) After learning the initial function (b) after learning a subsequent function, and (c) boosting prediction

To illustrate this phenomenon Fig. 2 provides an example how filtering affects subsequent function. Areas A1 and A2 are troublesome areas. The red shaded region represents the positive instance and green shaded represents the negative instance and grey shaded regions are missed out samples while the x encircled are wrongly classified instance. In fig.2a vertical line represents the decision boundary which partitions the positive and negative class. This decision boundary

correctly predicts some instances in the troublesome area. In fig. 2b consider the grey shaded regions as missed out samples. These grey shaded regions are correctly predicted instance which is filtered in the subsequent function. Due to this there is change in the decision boundary. At first this seems to be working fine because the $\text{acc}(f_1)$ is less than the $\text{acc}(f_2)$ but f_2 fails to learn properly due to missed out samples.

Fig. 2c shows the weighted vote from both functions to predict the final label. f_2 gets higher weightage than f_1 because of higher accuracy achieved. The final decision boundary predicts the correct label for all the instances in areas B1 and B2 but is wrong on half of the instances in troublesome regions. The boosting has difficulty because neither function learns about troublesome areas.

3.1.2 OVERFITTING IN SUBSEQUENT FUNCTION

Learning subsequent functions on widely separated instances requires complex functions. These functions have higher accuracy and results in overfitting of subsequent function. The function with higher accuracy gets a higher weightage. This overfitting is propagated final decision since those overfitted function will have higher accuracy and higher weightage [16].

3.2 CLUSTER BASED BOOSTING IN HIGH DIMENSIONAL DATA

Here we further discuss our cluster based boosting solution in high dimensional data. First the feature selection is performed on the training data. In GRM framework, the squared cosine similarity matrix is constructed. Then the feature score s is computed using any supervised feature selection algorithm. The refined feature score z is obtained by applying the GRM framework [9] solving the objective function (1). Now the top k features are selected.

$$\text{Min } \text{where } z^T \mathbf{1} = 1; z \geq 0 \quad (1)$$

The function $z^T A z$ represents the global feature redundancy in the refined feature ranking. $z^T s$ represents the consistency between the refined feature score z and the original score s . The correlation matrix A must be positive semidefinite. If it is not positive semidefinite then it leads to nonconvex problem and global optimum cannot be achieved. In contrast the positive semidefinite is guaranteed by squared cosine similarity.

Now the selected training data is decomposed into clusters which encapsulate highly similar instances in same cluster. X-Means, the modified version of k-means [17] is used for clustering. The goal of x-means is to assign each instance to each cluster that minimizes following function. X-Means learns the appropriate number of clusters automatically [18] by increasing the cluster count till it achieves lowest Bayesian information criterion (BIC) [19] value.

$$\text{BIC}(\pi_c) = |x| \ln \sigma^2 + k \ln |x| \quad (2)$$

After clustering, CBB performs selective boosting based on the cluster type. After selective boosting, the set of functions is assigned the weighted vote and used to predict the labels for a new instance. Weighted vote is calculated using the following function [20].

$$\text{Vote}(f_t) = \eta \ln((1-\epsilon) / \epsilon) \quad (3)$$

The cluster type is computed using the localized estimate metric and the minority label estimate (MLE) metric. The localized estimate metric is used to find whether the cluster is struggling or prosperous.

$$\text{Localized Estimate}(\pi_c) = \begin{cases} \text{Prospering if } \text{acc}(F, \pi_c) \geq 1 - \delta_1 \\ \text{Struggling, Otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

Where $\text{acc}(F, \pi_c)$ is the accuracy of the previous function evaluated on the cluster members. δ_1 is the tunable parameter and the value ranges from 0.1 to 0.3. The minority label estimate is used to find whether the cluster is heterogeneous or homogeneous.

$$\text{Minority Label Estimate}(\pi_c) = \begin{cases} \text{Homogeneous if } \text{minority}(\pi_c) < \delta_2 \\ \text{Heterogeneous, Otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

Where $\text{minority}(\pi_c)$ is the minority label percentage on the cluster members and δ_2 is the tunable parameter and the value ranges from 0.2 to 0.4. If the cluster is Heterogeneous Struggling (HES), high-eta boosting has a learning rate for AdaBoost ($\eta=1$). Otherwise, if the cluster is Heterogeneous Prospering (HEP), low-eta boosting has a learning rate for AdaBoost ($\eta=.5$). Otherwise, if the cluster is Homogeneous Struggling (HES), a single function is learned without boosting. No functions are learned if the cluster is Homogeneous Prospering (HEP) to avoid learning label noise.

4 IMPLEMENTATION

4.1 DATASET DESCRIPTION

LUNG data set contains 203 samples. These samples are from five classes, which have 17, 20, 6, 21, 139 samples, respectively. 3,312 genes are retained after excluding genes whose standard deviation are smaller than 50 expression units.

AMLALL data set comprises of 72 samples, in which 25 subjects are acute myeloid leukemia (AML) and 47 subjects are acute lymphoblastic leukemia (ALL). Every sample contain 7,219 gene expression values.

LEU data set comprises of 72 samples of which some are leukemia patients. The data set has 3,571 gene descriptors.

GLIOMA data set contains 50 samples. These are from four classes, which have 14, 14, 7, 15 samples. Each sample contains 4,434 genes.

ProCancer data set contains 89 samples. Each sample contains 15,154 genes. The data set contains two class normal and prostate cancer.

Synthetic data set comprises of 400 samples with 100 features. It has two classes.

Table 1. Data Sets Description

	# OF CLASS	# OF FEATURES	# OF SAMPLE
LUNG	5	3,312	203
AMLALL	2	7,219	72
LEU	2	3,571	72
GLIOMA	4	4,434	50
PROCANCER	2	15,154	89
SYNTHETIC	2	100	400

4.2 EXPERIMENTAL SETUP

The GRM framework is applied the supervised feature selection algorithms such as on ReliefF (RF), Fisher score (Fscore) and information gain (IG). Fisher score is one of the most simple but effective supervised feature selection method. Features with large between-class distance and small within-class distance are preferred by Fisher score method. ReliefF is another representative filter method. The weight of each feature increases if it differs from nearby instances of the other class more than nearby instances of the same class. Information gain measures the reduction of entropy for each feature.

The selected features are given into the cluster based boosting which uses SVM and KNN as classifiers. For each feature selection method, five-fold cross-validation is used to evaluate the performance. The following evaluation metric to measure the redundancy in selected features:

$$\frac{1}{m(m-1)} \sum_{f_i, f_j \in S, i \neq j} A_{i,j} \quad (6)$$

Where S is the set of selected features, m is the number of selected features, f_i, f_j are the features, A_{ij} is the squared cosine similarity defined in the GRM framework. A_{ij} is positive semidefinite to avoid non-convex problem and to obtain the global optimum solution.

4.3 GRM FRAMEWORK FOR CLUSTER BASED BOOSTING

Different supervised feature selection algorithms are used to select the top k features. Their redundancy estimation, boosting accuracy are discussed below.

4.3.1 REDUNDANCY ESTIMATION:

GRM based ReliefF (GRF), GRM based Fishers Score (GFScore) and GRM based Information Gain (GIG) gives the value of refined score. This is obtained by applying ReliefF, Fishers Score and Information Gain in GRM Framework.

From fig. 3 we can infer that the redundancy of GRM based ReliefF is much higher than ReliefF. It is clearly shown in Lung, AMLALL and LEU dataset that the redundancy of GRM based ReliefF is much lower than ReliefF.

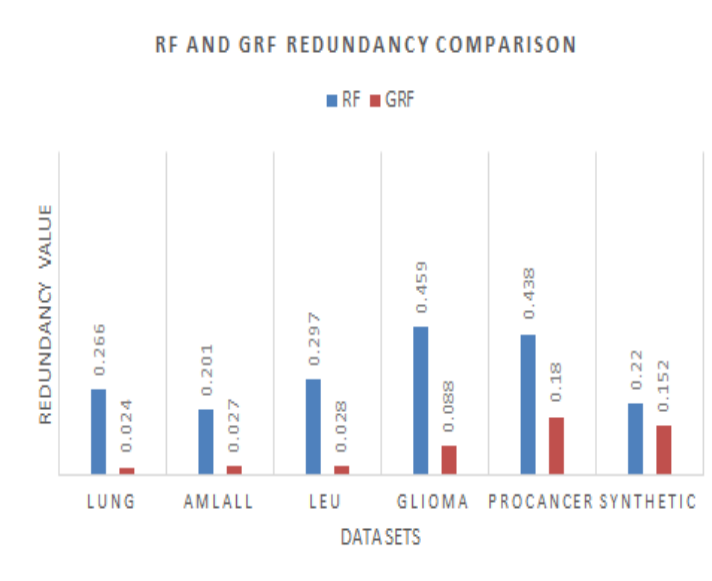


Fig. 3. Redundancy of top 20 features selected by ReliefF and GRM based ReliefF

From fig. 4 we observe that the redundancy of Fishers Score is higher than the GRM based Fishers Score. By comparing with fig. 3 and fig. 5 we observe the redundancy of Fisher Score is higher than other two supervised algorithms. This is clearly shown by Lung and AMLALL data set.

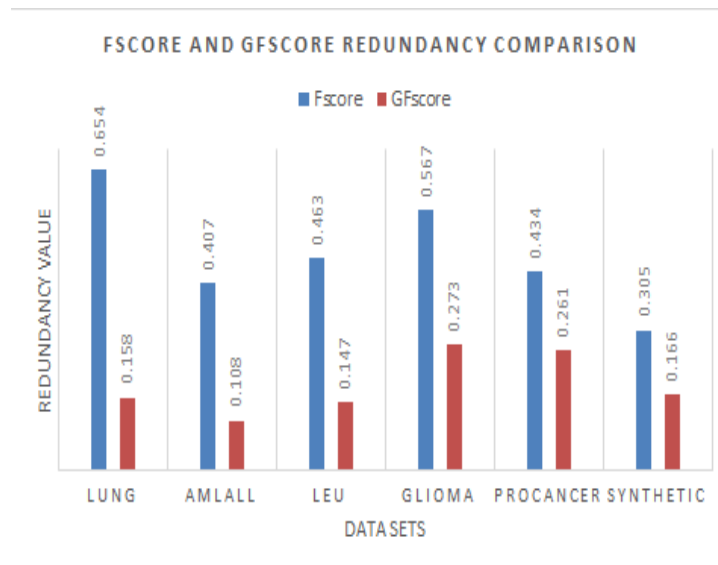


Fig. 4. Redundancy of top 20 features selected by Fishers score and GRM based Fishers score

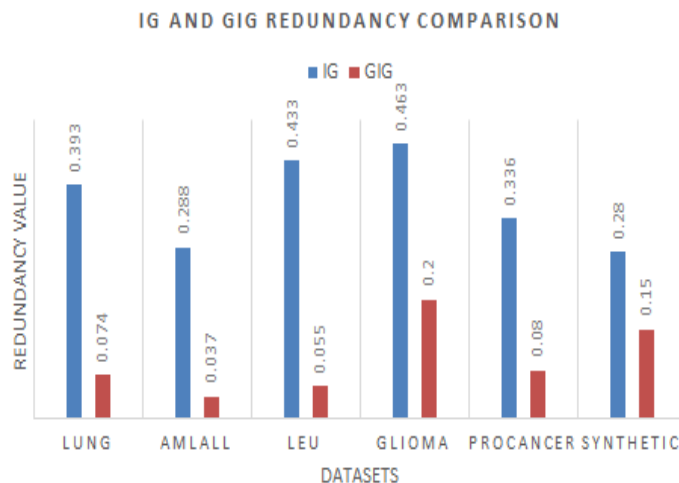


Fig. 5. Redundancy of top 20 features selected by Information Gain and GRM based Information Gain

Fig. 5 records the redundancy of Information Gain and GRM based Information Gain. On all the dataset the redundancy of GIG is much lower than Information Gain.

The reason for the decrease in redundancy in all GRM based supervised algorithm is the features that are globally redundant are expected to get lower refined score z and thus not included in final subset of features.

4.3.2 CLASSIFICATION ACCURACY ESTIMATION

In this study, we compare the performance of top 20 features selected by different supervised feature selection algorithm in terms of accuracy. Support vector machines and K-Nearest Neighbor are the classifiers used.

From table 2 and table 3 we can observe that the features selected by GRM based RF, GRM based IG and GRM based Fishers Score performs better than RF, IG and FScore respectively on all the dataset. Especially on Lung data set the increase in accuracy shows the effectiveness of GRM framework which reduces the redundancy between the selected subset of features and they are expected to be more discriminant.

Table 2. Five cross validation performed on SVM

	RF	GRF	F score	GF score	IG	GIG
LUNG	78.42	89.67	78.42	95.17	78.42	95.64
AMLALL	85.89	88.93	91.61	97.14	93.04	95.54
LEU	94.46	95.21	92.57	93.04	95.71	95.89
GLIOMA	62.00	68.00	60.00	64.00	58.00	64.00
ProCancer	91.05	93.33	93.14	97.78	94.21	96.67
Synthetic	94.75	95.00	94.25	95.50	94.25	95.00

By comparing the table 2 and 3, the top 20 features selected by Information Gain after applying GRM framework performs better than all other supervised feature selection algorithms.

Table 3. Five Cross Validation Performed On KNN

	RF	GRF	F score	GF score	IG	GIG
LUNG	86.81	91.67	84.17	93.35	93.17	94.57
AMLALL	80.54	90.18	83.04	91.61	84.82	94.46
LEU	84.64	94.46	95.89	95.89	91.61	97.14
GLIOMA	56.00	66.00	62.00	94.50	70.00	74.00
ProCancer	86.67	88.76	96.67	98.89	94.44	94.44
Synthetic	92.50	94.00	92.00	94.50	93.00	93.75

4.3.3 BOOSTING ACCURACY ESTIMATION

To show the effectiveness of Cluster Based Boosting technique with GRM feature selection, we compare the performances of adaboost and cluster based boosting technique with top 20 features selected by various supervised feature selection algorithms.

To apply boosting to high dimensional data GRM feature selection is performed. K-Nearest Neighbor and support vector machines is the classifier used in boosting technique. From table 4 we infer that cluster based boosting with features selected from GRM based Fisher Score provides higher accuracy than all other combinations.

By comparing the table 2, 3 with table 4, 5 respectively we infer that the Boosting technique with features selected by GRM framework provides higher accuracy than the supervised learners such as SVM and KNN.

From table 4 and table 5 we observe that the Cluster Based Boosting technique gives higher accuracy than adaboost on all the features selection algorithm.

Table 4. Five Cross Validation Performed On CBB with SVM as Classifier

	GRF-Ada	GRF-CBB	GFS-Ada	GFS- CBB	GIG- Ada	GIG-CBB
LUNG	90.13	91.24	95.5	96.1	95.89	96.20
AMLALL	89.10	90.36	97.14	97.52	95.67	96.23
LEU	95.77	96.14	92.57	93.12	95.71	96.3
GLIOMA	69.45	71.23	66.23	67.56	64.57	67.45
ProCancer	93.25	94.67	97.56	97.81	96.56	97.10
Synthetic	95.10	95.73	95.79	95.89	95.12	95.94

We found that the source of the improved accuracy for CBB with GRM feature selection is by selecting globally non redundant features using GRM framework. Then, the source of CBB is generally the result of predictions on Heterogeneous Struggling and Heterogeneous Prosperous clusters. Taken together, these results support the effectiveness of our CBB selective boosting both in deciding when to boost on the clusters (Heterogeneous Struggling and Heterogeneous Prosperous) to address troublesome areas and when to refrain from boosting (Homogeneous Prosperous) to address label noise.

Table 5. Five Cross Validation Performed On CBB with KNN as Classifier

	GRF-Ada	GRF-CBB	GFS-Ada	GFS- CBB	GIG- Ada	GIG-CBB
LUNG	91.93	92.68	93.56	94.67	94.80	95.56
AMLAL	91.1	92.45	91.65	93.01	94.67	95.6
LEU	95.07	96.14	95.95	96.89	97.24	97.56
GLIOMA	66.45	70.23	65.27	67.56	66.07	68.40
ProCancer	89.10	90.45	98.89	98.89	94.56	95.37
Synthetic	94.57	95.73	94.56	95.89	94.76	95.04

5 CONCLUSION

We propose a cluster based boosting using x-means clustering in high dimensional data. We apply Global Redundancy Minimization framework on high dimensional data to obtain a more compact and non-redundant features. CBB address the various limitations on the supervised learners. We mitigate limitations such as filtering for subsequent functions and overfitting of subsequent functions by using appropriate amount of boosting and by learning only similar data. And it is shown that CBB achieves higher performance than other boosting, we intend to continue our research in several issues such as fine tuning the CBB parameters for LE (δ_1 in (2)) and MLE (δ_2 in (3)) on h dataset. We intend to investigate how to automatically set these parameters based on the data structure and properties.

REFERENCES

- [1] T.G. Dietterich, "An experimental comparison of three methods for constructing ensembles of decision trees: bagging, boosting and randomization," *Journal of Machine Learning*, vol.40, pp138-157, August 2000.
- [2] R. Schapire and Y. Freund, *Boosting: Foundations and Algorithms*. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2012.
- [3] D. Mease and A. Wyner, "Evidence contrary to the statistical view of boosting," *Journal of Machine Learning Research*, vol. 9, pp. 131–156, Feb. 2008.
- [4] P. Long and R. Servedio, "Random classification noise defeats all convex potential boosters," *Journal of Machine Learning*, vol. 78, pp. 287–304, Dec. 2009.
- [5] Vezhnevets and O. Barinova, "Avoiding boosting overfitting by removing confusing samples," *Proceedings of the 18th European Conference on Machine Learning*, pp430-441, 2007.
- [6] L. Dee Miller and Leen-Kiat Soh, "Cluster based boosting," *IEEE transactions on Knowledge and Data engineering*, vol. 27, no. 6, pp.1491-1504, june 2015.
- [7] C. Ding and H. Peng, "Minimum redundancy feature selection from microarray gene expression data," *Journal of Bioinformatics Computation Biology*, vol. 3, no. 02, pp. 185–205, 2005
- [8] H. Peng, F. Long, and C. Ding, "Feature selection based on mutual information criteria of max-dependency, max-relevance, and min redundancy," *IEEE Transaction in Pattern Analysis Machine Intelligence*, vol. 27, no. 8, pp. 1226–1238, Aug. 2005.
- [9] De Wang, Feiping Nie, "Feature selection via Global Redundancy Minimization, " *IEEE transactions in Data and Knowledge Engineering*, vol. 27, pp. 2743-2755, 2015.
- [10] C. Seiffert, T.Khoshgoftaar, J.Hulse, and A.Naplitano, "Resampling or reweighting: A comparison of boosting implementations," in *Proceedings of IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*, 2008, pp. 445–451.
- [11] L. Reyzin and R. Schapire, "How boosting the margin can also boost classifier complexity," in *Proceedings of the International Conference on Machine Learning*, pp. 753–760, 2006.
- [12] W. Gao and Z-H. Zhou, "On the doubt about margin explanation of boosting," *Artificial Intelligence*, vol. 203, pp. 1–18, Oct. 2013.
- [13] D.-S. Kim, Y.-M. Baek, and W.-Y. Kim, "Reducing overfitting of adaboost by clustering-based pruning of hard examples," in *Proceedings of the 7th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication*, pp. 1–3, 2013.
- [14] L. E. Raileanu and K. Stoffel, "Theoretical comparison between the GINI index and information gain criteria," *Univ. Neuchatel, Neuchatel, Switzerland*, 2000.
- [15] R. Kohavi and G. H. John, "Wrappers for feature subset selection," *Artificial Intelligence*, vol. 97, no. 1/2, pp. 273–324, 1997.
- [16] P. Domingos, "A few useful things to know about machine learning," *Communications of the ACM*, vol. 55, pp. 78–87, 2012.
- [17] D. Hand, H. Mannila, and P. Smyth, *Principles of Data Mining*. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2001.
- [18] D. Pelleg and A. Moore, "X-Means: Extending K-means with efficient estimation of the number of clusters," *Proceedings of the Seventeenth International Conference on Machine Learning*, 2000, pp. 727–734.
- [19] M. B. Priestley, *Spectral Analysis and Time Series*. New York, NY, USA: Academic Press, 1981, pp. 375.
- [20] A. Opelt, A. Pinz, M. Fussenegger, and P. Auer, "Generic object recognition with boosting," *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 28, no. 3, pp. 416–431, Mar. 2006.

Leadership féminin et activités politiques : penser l'impensable en RD Congo

[Feminin leadership and political activities : think the unthinkable in DR Congo]

Pierre MUGISHO CIZA¹ and Jean-Marie CIKULI CIZUNGU²

¹Assistant d'enseignements à l'Institut Supérieur de Techniques de Développement (ISTD-Mulungu), RD Congo

²Doctorant à l'Université de Kisangani, RD Congo

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The question of leadership is a reality today in Africa. Proceedings are multiform and orientations are sometimes erroneous following feelings with which one deals this question. Can we say that man is indeed selfish and doesn't want to feel the woman in the domain of the management of politics? Is one able inversely to think that women themselves doesn't want or are they reticent to make their engagement in the politics? Are as much questions that could put himself. To understand the sense and the level of engagement of a Congolese woman in particular and African in general, in the domain of the political management, the African tradition will be able to illuminate us. That's why we will make some considerations about image that the African tradition made of the woman. This image that one makes about woman in Africa, is it again able to hold in this century where the parity makes its resonance further "to free the captive of masculinity"? We think that in a State of right, everybody, man and woman, must bring his contribution through his expertises to really build a democratic State. And the woman must be from there really conscious and the society must prepare her to this new expertise that was previously out of preoccupation.

KEYWORDS: Political engagement, involvement, woman, State of right, family, managers, political promotion, Gouvernance.

RÉSUMÉ: La question du leadership est une réalité aujourd'hui en Afrique. Les débats sont multiformes et les orientations sont parfois erronées suite aux sentiments avec lesquels on traite cette question. Peut-on dire que l'homme est vraiment égoïste et ne veut pas sentir la femme dans le domaine de la gestion du pouvoir? Peut-on inversement penser que les femmes elles-mêmes ne veulent pas ou bien elles sont réticentes à faire leur engagement dans la politique? Autant sont des questions que n'importe qui pourrait se poser.

Pour comprendre le sens et le niveau d'engagement d'une femme congolaise en particulier et africaine en général, dans le domaine de la gestion politique, la tradition africaine pourra nous éclairer. Voilà pourquoi nous ferons quelques considérations sur l'image que la tradition africaine fait de la femme. Cette image que l'on fait de la femme en Afrique, peut-elle encore tenir en ce siècle où la parité fait davantage sa résonance pour « libérer les captives de la masculinité »? Nous pensons que dans un Etat de droit, tout le monde, homme et femme, doit apporter sa contribution à travers ses compétences pour bâtir réellement un Etat démocratique. Et la femme doit en être réellement consciente et la société doit la préparer à cette compétence nouvelle qui jadis était hors de préoccupation.

MOTS-CLEFS: Engagement politique, participation, femme, Etat de droit, gestionnaire, famille, promotion politique, Gouvernance.

1 INTRODUCTION

Dans cette dernière décennie, nous avons constaté une vertigineuse crise du leadership ne serait-ce que pour le continent africain. Et la crise généralisée qui s'observe sur le continent africain est due au manque de leadership convainquant et confiant. Il est vrai que le terme de « leader » reçoit aujourd'hui beaucoup de significations, à tel enseigne que certaines confusions sont possibles. Que pouvons-nous entendre par leadership dans un pays comme la République Démocratique du Congo ? Pouvons-nous prétendre à l'exclusivité pour dire que les femmes ne peuvent pas être des leaders?

Si nous devons situer la question dans son sens traditionnel et la considérer selon certains critères relativement objectifs du statut de la femme, nous tirerons des conclusions erronées. Mais s'il faut aller plus loin en dépassant les égoïsmes de l'homme à tous les niveaux, la reconnaissance du leader ne peut plus être usurpée, et la femme serait également considérée et reconnue à travers les qualités qui sont les siennes et qui sont dignes d'éloge. Il est important que tout être humain puisse être associé à la gestion et à l'édification de la société pour faire émerger une culture vraiment démocratique.

2 L'IMAGE DE LA FEMME DANS LA TRADITION AFRICAINE

D'après PRITCHARD [1], les découvertes des anthropologues modernes s'accordent pour démontrer que le statut de la femme parmi les peuples primitifs a été mal compris et sous-estimé. On pouvait facilement admettre l'assimilation de la dot à une vente ; une femme pouvait facilement égaliser un bien que l'on achetait et vendait ; traitée comme un esclave,..., elle ne jouissait ni de la sympathie ni du respect. La femme primitive n'avait pas de choix, et étant donné les devoirs qui accompagnaient le mariage, elle était rarement en mesure de participer à la vie publique.

Jean-Jacques Rousseau constatait à son temps que la subordination croissante de l'être féminin est l'effet d'une inégalisante socialisation de l'espèce humaine. Les femmes sont comme privées de liberté par la tyrannie des hommes.

Faudrait-il dire haut et fort que l'homme et la femme sont partenaires ? Rien ne peut aller si l'un est isolé à l'avantage de l'autre. C'est effectivement ce qui a été constaté dans la société traditionnelle en ne comptant presque pas de femmes héroïnes. Les femmes n'en pouvaient rien parce qu'elles n'imitaient personnes de leur rang. C'est cette même situation qui a continué jusqu'à nos jours faisant une rareté de « femmes-références » pour notre société.

Mais si, de notre point de vue, nous pouvons considérer la femme comme désavantagée à cet égard, elle ne se considère pas elle-même comme telle. Elle ne désire pas que les choses soient autrement. On penserait même qu'elle est dans un certain sens complice de sa situation.

3 LA FEMME CONGOLAISE PEUT-ELLE ÊTRE LEADER ?

Dans la catégorie des leaders que l'histoire connaît aujourd'hui, figurent certains exemples des femmes, à tort ou à raison? L'auteur **Mutoy Mubiala [2]** identifie quatre types de leadership qui ont émergé successivement en Afrique suivant diverses circonstances : il s'agit du leadership anticolonial, le leadership militaro-dictatorial, le leadership antidictatorial et le leadership afro-altermondialiste. S'agissant du premier type de leadership, c'est-à-dire anticolonialiste, nous trouvons cette Princesse **Dona Béatrice** du royaume Kongo qui porte l'étendard - avec tous les risques possibles - d'une religion différente de celle reconnue par le colonisateur, à savoir le christianisme. N'est-ce pas déjà un cas d'inspiration du leadership féminin au Congo? Quel peut être le portrait du leader en général?

3.1 PORTRAIT GÉNÉRAL D'UN LEADER

De façon lapidaire, un leader peut être défini comme la caractéristique d'une personne qui a une latitude de percevoir des solutions adaptées aux changements survenus dans sa société. Cette personne possède des atouts nécessaires pouvant l'amener à influencer positivement les autres dans la réalisation de certains objectifs. Il est vrai qu'en voyant cette description, un individu ne peut de lui-même se proclamer leader. Il faut une certaine reconnaissance de la part de sa communauté qui porte sur quelques grandes qualités d'après Mutoy Mubiala [3], à savoir : l'enthousiasme, l'intégrité, l'objectivité, l'humanisme et l'humilité.

Convient-il de prendre par moment le leader au même titre qu'une élite ? L'élite porte d'abord sur la formation, c'est un cadre. Il doit user d'un certain sens de gestion en tout ce qu'il fait. Tandis que l'action du leader touche à la nature de la personne qui peut agir par moment et jouir d'une confiance du peuple, de bonne crédibilité et de respect. Il est à remarquer qu'Aimé Césaire et Léopold S. Senghor ont joué avec Cheikh-Anta Diop un véritable rôle de Leadership au sein de l'élite intellectuelle négro-africaine francophone. L'éveil de la conscience des peuples négro-africains colonisés passait par celui de

leurs élites intellectuelles. Ailleurs aussi, on trouve que l'Afrique a connu beaucoup d'élites mais peu furent des leaders. Cependant aussi certains enfants peuvent jouir d'une certaine confiance exceptionnelle de l'endroit des adultes. Les hommes comme les femmes peuvent également devenir des leaders. Ainsi entend-on dire par exemple en kikongo : « *mwana yayi ikele na kimfumu* » qui se traduit par « cet enfant a une influence (ou un pouvoir) » [4].

On ne peut pas le nier, la révolution sociale doit s'appuyer fermement sur une révolution intellectuelle, une révolution de l'élite, dans laquelle notre pensée est axée en vue de la rédemption de notre société.

Comme nous le disions dans les lignes qui précèdent, les qualités qui font défaut chez certaines personnes peuvent être réunies dans le chef de certaines autres, comme nous l'avons dit ci-haut au sujet de l'enfant, mais aussi comme nous le verrons plus loin à travers l'exemple de deux figures féminines de la société civile africaine qui sont de type nouveau de leadership, bien que situées hors du champ politique, porteur d'espérance, capable d'influencer les élites politiques dans leurs actions politiques et permettre au peuple africain de se réapproprier son destin longtemps hypothéqué.

Notre peuple souffre de beaucoup de maux, il a besoin des initiatives des siens pour en sortir. Le lecteur conviendra avec moi que nombreux attributs font défaut dans la personne de l'élite congolaise qui gouverne notre pays malgré la brûlante prétention d'assumer le leadership politique du pays. Sûrement qu'en s'appropriant ce qualificatif, on ne fait même pas allusion aux tâches que cela recouvre. L'élite dirigeante aujourd'hui se constitue plutôt des gestionnaires comme le traduit mieux le terme anglais francisé « *managers* » ; des gestionnaires bons ou mauvais, peut-être, selon le cas.

Notre société aujourd'hui s'élargit de beaucoup d'influences ; ces influences définissent de nouvelles particularités, de nouvelles surdéterminations sociales, politiques, institutionnelles, ... La solution harmonieuse à ces diverses influences spécifie la mission d'un leader. Il est grand temps que notre élite repense sa mission pour faire émerger un certain renouveau politique porteur de confiance et d'espoir populaire. Son action se transformera en un projet de société digne d'un leadership pour la satisfaction effective de l'intérêt général.

3.2 L'IMAGE DE LA FEMME

La femme en Afrique est un être qui a reçu beaucoup d'images, tantôt négatives pour la plupart, tantôt positives.

En relisant l'histoire, de l'Antiquité à nos jours, émerge souvent le sentiment que toute évolution de la condition et du statut social de la femme est dépendante de l'image que l'homme a de son homologue féminin. Certes, en fonction des civilisations, des religions, des contextes culturels, apparaissent des changements dans les manières d'imposer à la femme des devoirs mais, globalement, il s'agit bien d'une histoire des contraintes imposées par les hommes.

Dans la Grèce Antique comme à Rome, la non-participation des femmes à l'action politique est justifiée par leur statut (éternelle mineure, contrairement à l'enfant de sexe masculin) et par leur position « entre nature et société ». De même, la « citoyenne », c'est-à-dire la femme issue de lignée citoyenne, n'a aucun droit de propriété.

Simone de Beauvoir n'avait-il pas raison de dire que la femme se perd ? Elle poursuivait encore en disant que les femmes d'aujourd'hui ne sont pas de femmes. La « vraie femme » est celle qui s'accepte comme Autre, pensait-elle [5].

Gengembre [6] présentait en 1791 une des premières manifestations de déclaration des droits de la femme et de la citoyenne dans laquelle il entrevoyait une égalité entre homme et femme en droits et en devoirs; une déclaration qui malheureusement n'a jamais été votée par l'Assemblée des Nations-Unies.

En Afrique et particulièrement au Congo, la femme est reconnue comme un pilier dans les petites économies domestiques ; c'est elle qui fait survivre la famille quand le mari ne sait plus où recourir. Ne faudrait-il pas aussi dire que c'est à elle qu'incombe la gestion habituelle du foyer ?

On constate également, et peu à peu que la femme – au nom de la parité – émerge à travers la prise de responsabilité au niveau familial en particulier et au niveau social en général. Comment concilier cette nouvelle dynamique avec la nature originelle de la femme, jadis mère gardienne de la famille tenue uniquement à donner des enfants à son mari ?

Le leadership étant compris comme cette capacité de conduire des personnes en vue de changements, la capacité à influencer, à motiver et à rendre les autres capables de contribuer à l'efficacité et au succès des organisations dont ils sont membres avec eux ; cette capacité, jadis –par égoïsme – spécifique aux hommes uniquement, des femmes la revêtent elles aussi grâce à la lutte pour leur reconnaissance, au lobby qu'elles mènent elles aussi et au jour le jour. Pensons à titre exemplatif à ces femmes qui ont émergé jusqu'à conquérir des espaces politiques à travers le monde africain : La Présidente du Libéria, **Ellen Sirleaf**; Le Procureur de la CPI en remplacement de Moreno O' Campo du nom de **Fatou Bensouda**; La présidente intérimaire du Malawi, **Joyce Banda** ; pour ne citer que celles-là.

Il est grand temps que la femme se hisse à un niveau élevé de revendication dans cette société longtemps masculiniste, écartant cette dernière dans la prise de décision politique, économique, etc. Les femmes qui ne représentaient que 30% de sièges dans les institutions de la République démocratique du Congo lors des élections de 2006, devraient quadrupler d'efforts dans la lutte et la sensibilisation. Le cas vécu dans la province du Maniema le 8 mars 2012 dernier est illustratif : alors que tout le monde s'attendait à voir ces femmes défiler comme à l'accoutumée, des associations de femmes de Kindu, chef-lieu du Maniema, ont profité de cette date pour protester contre la non-élection de leurs membres aux législatives. Vêtues de noir, elles se sont promis de passer cette journée dans le deuil et la réflexion. Ces femmes justifient cette décision par la non-élection des leurs aux scrutins du 28 novembre 2012. Car sur 31 candidates aux 14 sièges de députations, aucune femme n'a été élue. Ce qui ne paraît pas acceptable, pensent-elles, pendant que les partis politiques promettent l'émergence de la femme, ils la relèguent au rang de décor de familles et de fêtes [7].

Au Sud-Kivu et partout ailleurs en RD-Congo, des femmes se regroupent en associations mais aucune amélioration significative ne se manifeste dans la promotion politique de ces dernières. Faudrait-il dire que la tendance de l'homme en général et la tendance de l'homme politique en particulier au Congo ne tolère pas la participation de la femme à cause des arrangements égoïstes en vue de promouvoir candidats masculins à des postes taillés selon des quotas infâmes ? Comment penser à la promotion politique de la femme pendant que les hommes ne les tolèrent pas ? Ce qui paraît contradictoire dans un Etat de droit.

4 LEADERSHIP FÉMININ DANS UN ETAT DE DROIT

Les congolais de toutes les provinces et de tous les sexes suivent un itinéraire commun vers leur développement. Pour déterminer et suivre des objectifs communs de développement, la communauté nationale doit se doter d'un programme de société participatif et non exclusif, c'est-à-dire qui intègre toutes les compétences et les apports de tous les citoyens, hommes et femmes.

Ainsi, un Etat de droit sera une résultante de cette communauté où les citoyens jouissent réellement et pleinement de leurs droits, non comme un don ou une faveur, mais comme un droit exigible parce qu'ils sont des femmes et des hommes partenaires par leur nature [8].

Il faut dire que de nos jours, les femmes comme les hommes ont un éminent devoir pour le développement de notre pays. En essayant de jeter un regard cursif sur certaines réalisations africaines, il y a lieu d'arguer que la femme ne traîne plus les pas. S'agissant des types de leaders que nous avons décrits ci-haut, le dernier type de leadership nous intéressera ; c'est un leadership afro-altermondialiste pour lequel nous retenons deux exemples frappant par leurs réalisations. Le cas de Madame **Aminata Traoré**, une actrice dans la lutte antimondialiste en Afrique qui est leader Forum Social Africain. Ses plaidoyers ont permis d'attirer nombreuses institutions internationales sur les questions de lutte contre la réduction de la dette des pays très avancés.

En passant, redisons l'œuvre de **Wangari Mathaai** qui avait obtenu en 2004, le prix Nobel de la paix pour avoir lutté pour les droits de l'environnement à travers son ONG dénommée « *Green Belt Movement* ». Les Nations-Unies lui avaient donnée toutes les énergies disponibles pour veiller à la préparation de l'Ecosystème du bassin du Congo, l'un des grands terroirs de la planète. Jean-Jacques Rousseau disait dans *Nouvelle Héloïse* [9] que la féminité se présente comme agissante et prévoyante. Il convient d'exploiter ces atouts que l'on rencontre chez la femme, laquelle malheureusement négligée s'abandonne dans la résignation au Congo. Il est grand temps de cesser avec ces pratiques honteuses à l'endroit de la femme congolaise exploitée et rabaissée dans le 'showing'. Les musiciens, les affaires, les services d'hôtels, sont quelque part des activités qui rabaissent la dignité de la femme ; car ne pouvant pas faire que cela seulement. C'est là que nombreuses se lancent avec plus d'engouement, estimant être en face d'un domaine moins exigeant. Il conviendrait encore d'insister sur l'éducation de la jeune fille à la base, c'est-à-dire au niveau de la famille. En effet, rien ne doit être fait à la fille simplement parce qu'elle est fille ; mais plutôt développer en elle le sens de la compétitivité pour faire face à l'homme, afin de mériter une considération digne d'elle dans la société Congolaise. Il faut lutter contre la culture de la facilité et de la légèreté qui a élu domicile dans les esprits de nombreuses congolaises. Rien qu'à considérer la manière dont elles organisent les journées du 8 mars chaque année, par exemple à Bukavu; nombreuses d'entre elles ne pensent qu'à des beuveries incommodes dans des hôtels et dans des autres sites de la place. Cette façon de faire vise malheureusement à désarticuler et à retarder le processus. Il faut repenser la chose autrement, à travers une dynamique forte et orientée vers des objectifs précis et positifs.

Nous devons ici regretter la culture de « viols et violences » dont les femmes sont victimes au jour le jour dans la partie Est du Congo, terrain de pillages et autres pratiques dégradants. Cette même culture se prolonge jusque dans la sphère politique où la femme victime de réalités traditionnelles a difficile à traverser ce seuil parce que l'homme s'y est rué. Encore faudrait-il que toutes les femmes développent entre elles une synergie forte, sans se trahir mutuellement. Car il y a risque de

penser qu'elles avancent vers des choses dont elles ne sont pas elles-mêmes convaincues. Il y a encore beaucoup de problèmes sur cette question parce que le système semble être le même.

REFERENCES

- [1] PRITCHARD, E., *La femme dans les sociétés primitives*, Paris, PUF, 1971
- [2] MUTOY MUBIALA, « Un leadership effectif pour l'Afrique » dans *Congo-Afrique*, N°446, juin-juillet-Aout 2010, pp.521-530.
- [3] Ibidem.
- [4] SINE BABACAR, *Le marxisme devant les sociétés africaines contemporaines*, Paris, Présence Africaine, 1983.
- [5] BEAUVOIR, S., *le Deuxième Sexe*, Paris, Gallimard, 1949.
- [6] GENGEMBRE, G., *À vos plumes citoyens !*, Paris, Gallimard, 1988.
- [7] SYFIA Grands Lacs, *Journal Bi-mensuel* N°93, du 15 au 31 mars 2012, Kinshasa.
- [8] KENGO WA DONDO, L., « le leadership dans un Etat de droit » dans *Congo-Afrique*, N°430, décembre 2008, pp.794-812.
- [9] BESSE, G., Jean-Jacques Rousseau. *L'Apprentissage de l'humanité*, Paris, Editions Sociales, 1988

Performance de matériaux rocheux (schiste, cuirasse et granite) pour l'élimination des orthophosphates des eaux usées

[Performance of rock materials (shale, laterite and granite) towards the removal of orthophosphates from wastewater]

Béatrice Assamoi AMA¹, Sylvain Kouakou AKPO², Lassina Sandotin COULIBALY¹, Petamanagnan Jean Marie OUATTARA³, and Lacina COULIBALY³

¹Laboratoire de Géosciences and Environnement, Département des Sciences et gestion Environnement, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

²Unité de recherche en Biotechnologie et Ingénierie de l'Environnement, Pôle Environnement et Développement Durable, UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

³Laboratoire de l'Environnement et Biologie Aquatique, Département des Sciences and Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2016 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 current study aimed to examine the performance of some sand media filters supplied in an intermittent manner and which were filled with crushed shale, laterite and granite for the removal of orthophosphates from wastewater. These materials were selected based on their physicochemical properties and their potential for phosphorus removal. For this purpose, a series of sand filters shaped like a "U" was carried out for domestic wastewater treatment. This filter system was made of PVC (polyvinyl chloride) pipe and contained three compartments. Each compartment was composed of two columns with one of them filled with filtration medium (inlet filter) and the other containing the water (sedimentation zone). The influence of the type of the media and their grain size upon the kinetic of phosphorus removal in this system was investigated during two months. Results showed that for all the media filters the phosphorus removal yield increased when the medium grain size decreased. Concerning the type of filter media, filters filled with laterite (FGC) and shale (FGS) showed the best removal yield of orthophosphates and total phosphorus. However, it can be conclude that filters filled with laterite are more suitable for the phosphorus removal in a long time period.

KEYWORDS: adsorption, shale, laterite, removal, phosphorus.

RESUME: L'objectif de cette étude était d'évaluer la performance des filtres à sable à alimentation intermittente, garnis de schistes, de cuirasse et de granite concassés, pour l'enlèvement des orthophosphates provenant des eaux usées domestiques. Ces matériaux ont été sélectionnés sur la base de leurs propriétés physico-chimiques et de leur potentiel pour l'élimination du phosphore. A cet effet, des filtres à sable montés en série en forme de U ont été développés pour le traitement des eaux usées domestiques. Ce filtre réalisé en tuyau PVC (polyvinyl chloride) était composé de trois compartiments. Chaque compartiment comportait deux colonnes dont l'une était remplie de massif filtrant (entrée du filtre) et l'autre contenant de l'eau (zone de sédimentation). L'influence du type de massif filtrant et de leur granulométrie sur la cinétique d'élimination du phosphore de ce système a été étudiée sur une période de deux mois. Les résultats ont montré que pour tous les massifs filtrants considérés, le rendement d'élimination du phosphore augmente avec la diminution de la granulométrie du massif. Quant aux types de massif filtrant, les filtres garnis de cuirasse (FGC) et de schiste concassé (FGS)

donnaient les meilleurs rendements d'élimination des orthophosphates et du phosphore total. Toutefois, il a été conclu que, les filtres garnis de cuirasse sont plus appropriés pour l'élimination des phosphates dans le temps.

MOTS-CLEFS: adsorption, schiste, cuirasse, élimination, phosphore.

1 INTRODUCTION

Dans les pays en développement, le manque et le dysfonctionnement des systèmes d'assainissement pour épurer les effluents domestiques et industriels ont favorisé la pollution des ressources en eau, notamment les eaux de surface [1], [2]. L'impact visible de ces eaux usées municipales sur les plans d'eaux de surface est l'eutrophisation. C'est un phénomène caractérisé par la prolifération d'algues et autres végétaux [3], [4]. Les effets, liés à cette présence excessive de végétation aquatique, sont une mortalité importante de la vie piscicole due au manque d'oxygène et la toxicité de l'ammoniac en milieu basique. Par ailleurs, cette eutrophisation constitue une sérieuse menace réduisant les usages de l'eau et la qualité de l'eau potable [5], [6], [7]. La cause de cette eutrophisation est un enrichissement en nutriments azotés et phosphorés provenant essentiellement des eaux usées [7], [2]. On pourrait penser qu'éliminer l'azote suffirait pour lutter contre les problèmes d'eutrophisation, mais d'une part, certaines bactéries sont capables de fixer l'azote atmosphérique d'autre part la majorité des apports en azote sont faits de manière diffuse, ce qui rend plus difficile leur élimination. Il ne reste alors que le phosphore pour jouer le rôle d'élément limitant. Les travaux de [8] et [9] ont montré que le risque environnemental du phosphore est relié à l'eutrophisation des eaux de surface et sa dangerosité est évaluée par sa concentration et ou sa saturation dans le sol. Puisque, 42% des apports en phosphore proviennent des eaux usées (industries, collectivités...), leur élimination, est une alternative intéressante pour freiner l'eutrophisation dans la mesure où ce sont les apports que l'on pourra maîtriser le plus facilement. Pour ce faire, plusieurs techniques basées sur la réactivité du phosphore avec les sels métalliques ont été utilisées pour son élimination. Il s'agit des procédés physicochimique et biologique [10]. Les procédés physico-chimiques consistent à précipiter le phosphore par ajout de sels métalliques. Des résultats satisfaisants ont été obtenus avec le sulfate d'aluminium $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$, la chaux $(CaO)_3$ [11] et les hydroxydes de fer [12]. Par contre, le procédé biologique consiste à créer les conditions favorables à la croissance de micro-organismes capables d'accumuler le phosphore au-delà de leurs stricts besoins de croissance. Cette technique ne peut réduire la quantité de phosphore que de 20 à 30%, ce qui est insuffisant [13]. Cependant, la plupart de ces traitements génèrent un volume de boue important qui n'est en général pas économiquement envisageable pour des stations d'épuration de grande capacité. L'une des méthodes la plus utilisée de nos jours pour l'élimination du phosphore est l'adsorption, car facile à mettre en œuvre, économique et peut être réalisée avec des matériaux locaux [14]. Pour ce faire, les matériaux endogènes riches en oxyde de fer et aluminium tels que le schiste, la cuirasse et le granite qui sont de très bon adsorbant et susceptible de libérer le fer pour précipiter le phosphore, sont utilisés comme substrat pour l'épuration des eaux usées. Les avantages de cette méthode sont qu'elle ne génère pas de boues chimiques à traiter en plus d'être moins coûteuse et finalement les matériaux utilisés sont facilement accessibles.

L'objectif principal de ce travail est de développer un filtre à sable à alimentation intermittente garni de matériaux endogènes pour l'élimination des orthophosphates des eaux usées. De façon spécifique, il sera question d'étudier l'influence du type de massif filtrant, de sa granulométrie et la durée du traitement sur l'élimination des orthophosphates des eaux usées.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Un filtre pilote à alimentation intermittente (figure 1 et 2) a été conçu et utilisé dans cette étude. Le support des filtres est en PVC (110 mm de diamètre et 800 mm de long). Ce dispositif se composait de trois compartiments filtrants montés en série numérotés de C1 à C3. Chaque compartiment est constitué d'une colonne filtrante et d'une colonne de sédimentation. La colonne filtrante est garnie du bas vers le haut de 15 cm de gravier recouvert par un géotextile, puis de 50 cm de matériaux (granite, schiste, cuirasse ou sable de lagune) constituant le massif filtrant. Le montage a été fait de sorte que la granulométrie du massif filtrant diminue du premier compartiment au troisième. Trois (3) types de filtre à sable montés en série à alimentation intermittente ont été réalisés.

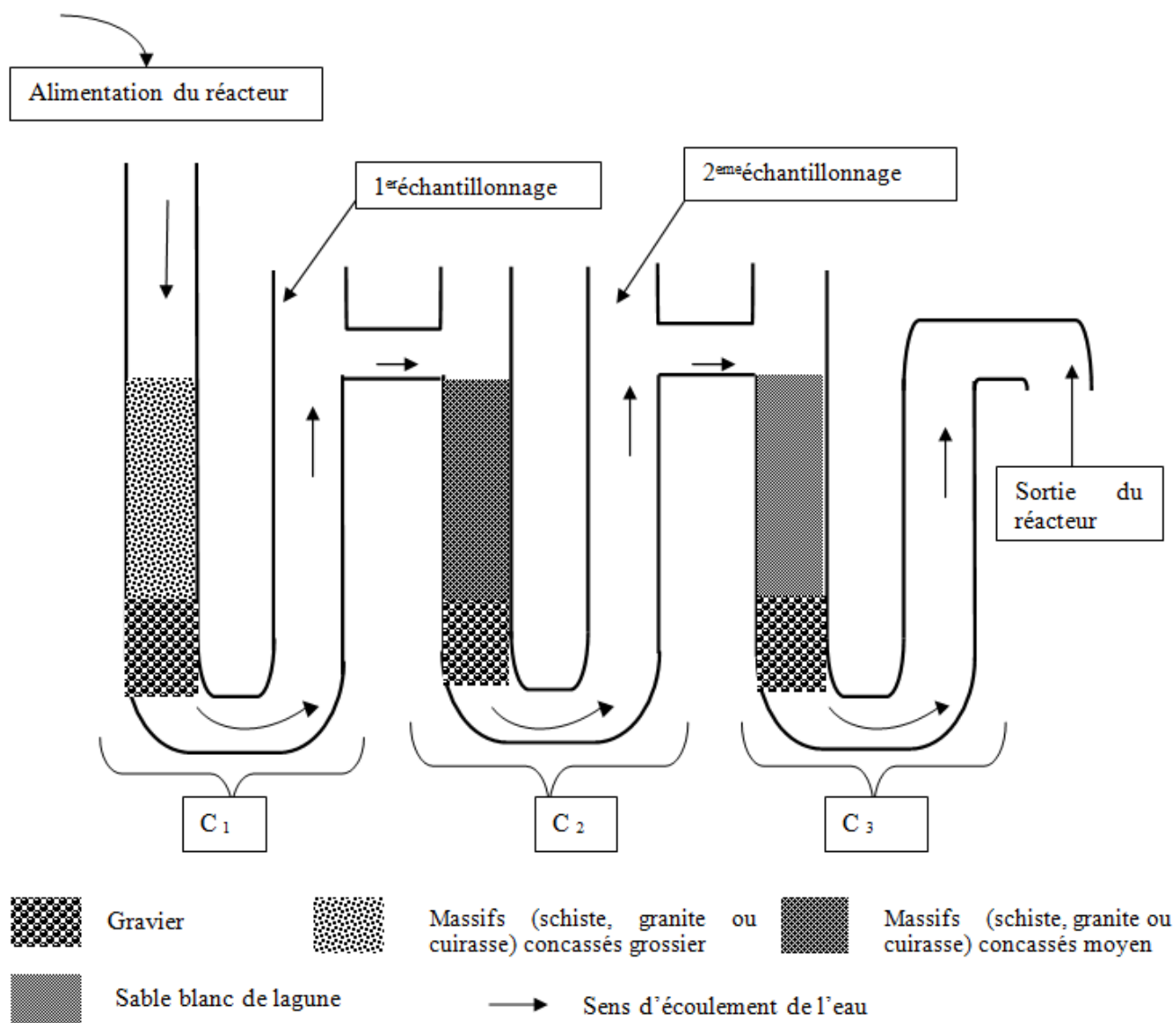


Figure 1: configuration du réacteur; C₁ = compartiment 1; C₂ = Compartiment 2; C₃ = Compartiment 3

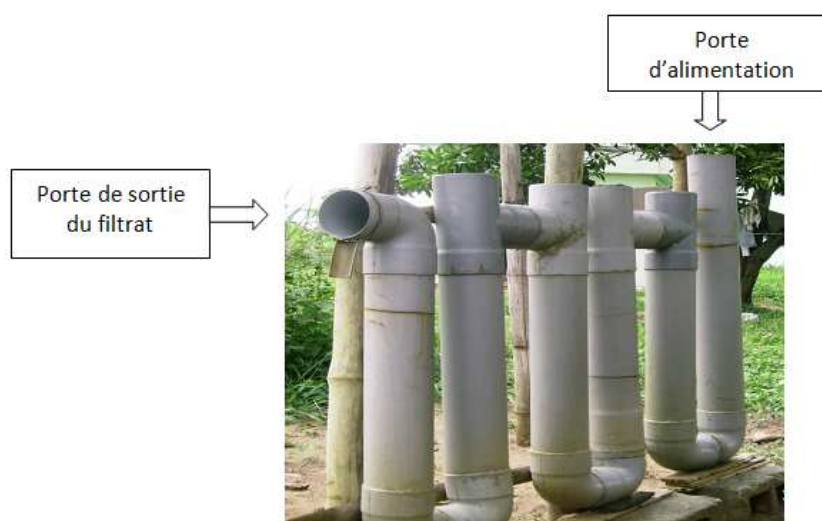


Figure 2: Photographie du réacteur expérimental

2.2 PRÉPARATION DES MASSIFS FILTRANTS

Les schistes et les cuirasses ont été concassés à l'aide d'un marteau pour obtenir deux types de granulométrie après tamisage avec des tamis de mailles 5mm et 1mm. Les granites qui étaient déjà concassés provenaient de la carrière de granite de la S.I.S.A.G. Les deux colonnes filtrantes des deux premiers compartiments (C1 et C2) des filtres ont été garnies simultanément par l'un des matériaux endogènes suivant : granite, schiste ou cuirasse, et le dernier compartiment C3 a toujours été garni par du sable de lagune. Ces matériaux sont capables de relarguer du fer.



Figure 3: Echantillon de roche concassée: Cuirasse (A); Schiste (B) et Granite (C)

2.3 ECHANTILLONNAGE ET ANALYSES

Des échantillons d'eaux usées d'alimentation et de filtrats des lits ont été prélevés deux fois par semaine. Un multi-paramètre Consort C830 a permis de déterminer le pH des eaux par la méthode AFNOR T90- 008. L'orthophosphate (PO_4^{3-}) a été déterminé selon la méthode colorimétrique avec formation de complexe phosphomolybdique AFNOR T90-023.

2.4 ETUDE HYDRODYNAMIQUE

L'étude hydrodynamique permet de vérifier la porosité et de caractériser le modèle de circulation de l'eau dans le massif filtrant. Elle consiste à appliquer de l'eau sur le lit de filtration à travers un réseau de distribution et de tracer à la sortie du système, la courbe de volume cumulé d'eau restituée. L'écoulement de l'eau dans le milieu poreux non saturé est régi par la vitesse de Darcy. Cette vitesse est fonction de la porosité du matériau filtrant.

2.5 CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE

La formule empirique de [15] a été utilisée pour calculer la conductivité hydraulique :

$$K = 10^4 (TE)^2 \text{ (m.s}^{-1}\text{)}$$

Avec :

TE : représente la taille effective (d_{10}), correspond à l'ouverture de maille théorique à travers laquelle passe 10 % des particules.

2.6 DEBIT DE RESTITUTION

Le débit de restitution est calculé en faisant le quotient du volume d'eau appliqué par le temps d'infiltration correspondant selon la relation (1) :

$$D \text{ (mL.min}^{-1}\text{)} = \frac{V_f - V_i}{\Delta t}$$

Avec

D : Débit de restitution

Vf = Volume du filtrat recueilli (mL)

Vi= Volume initial (Eau brute en mL)

Δt = Temps d'infiltration

2.7 POURCENTAGE DE COLMATAGE

Le débit d'infiltration de l'eau dans les réacteurs déterminé au démarrage des essais de traitement (débit d'infiltration initial) et celui obtenu après chaque application d'ERU (débit d'infiltration instantané) ont permis de calculer le pourcentage de colmatage des réacteurs selon la relation suivante

$$Pc = \frac{V_{av} - V_{ap}}{V_{av}} \times 100$$

Avec :

Vav= Volume avant traitement

Vap = Volume après traitement

2.8 RENDEMENT ÉPURATOIRE

Les rendements épuratoires des paramètres chimiques sont calculés par les relations suivantes :

$$R(C1) = \frac{XERU - X1}{XERU} \times 100$$

$$R(C2) = \frac{X1 - X2}{X1} \times 100$$

$$R(C3) = \frac{X2 - X3}{X2} \times 100$$

Avec :

XERU = Concentration du paramètre considéré dans l'ERU appliquée,

X1 = Concentration du paramètre considéré dans le filtrat du compartiment C1,

X2 = Concentration du paramètre considéré dans le filtrat du compartiment C2,

X3= Concentration du paramètre considéré dans le filtrat du compartiment C3

3 RÉSULTATS

3.1 FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DES RÉACTEURS

La caractérisation de l'hydraulique des filtres (figure 4) a permis de constater que l'écoulement de l'eau se fait suivant trois phases: latence, rapide et stationnaire. Les durées des phases de latences des filtres garnis de cuirasse (FGC), de granite (FGG) et de schiste (FGS) sont respectivement de 2, 4 et 17 min (tableau 1). Celles-ci passent respectivement à 60, 25 et 22 min après 60 jours de traitement des eaux usées. Ces phases de latence sont plus élevées pour les filtres garnis de schiste, suivi de celui garni de granite.

Quant à la conductivité hydraulique des massifs filtrant, les résultats ont montrés que Les massifs grossiers (Sch₁, Cur₁ et Gr₁) ont les conductivités hydrauliques les plus élevées. En effet, leurs perméabilités varient entre 40 et 90.10⁻³ m.s⁻¹. Le Cur₁ est le massif le plus perméable (90.10⁻³ m.s⁻¹). Les conductivités des massifs moins grossiers (Sch₂, Cur₂ et Gr₂) varient entre 0,9 et 3,6.10⁻³ m.s⁻¹. Enfin le sable de lagune est le massif le moins poreux avec une conductivité hydraulique correspondant à 0,4.10⁻³ m.s⁻¹.

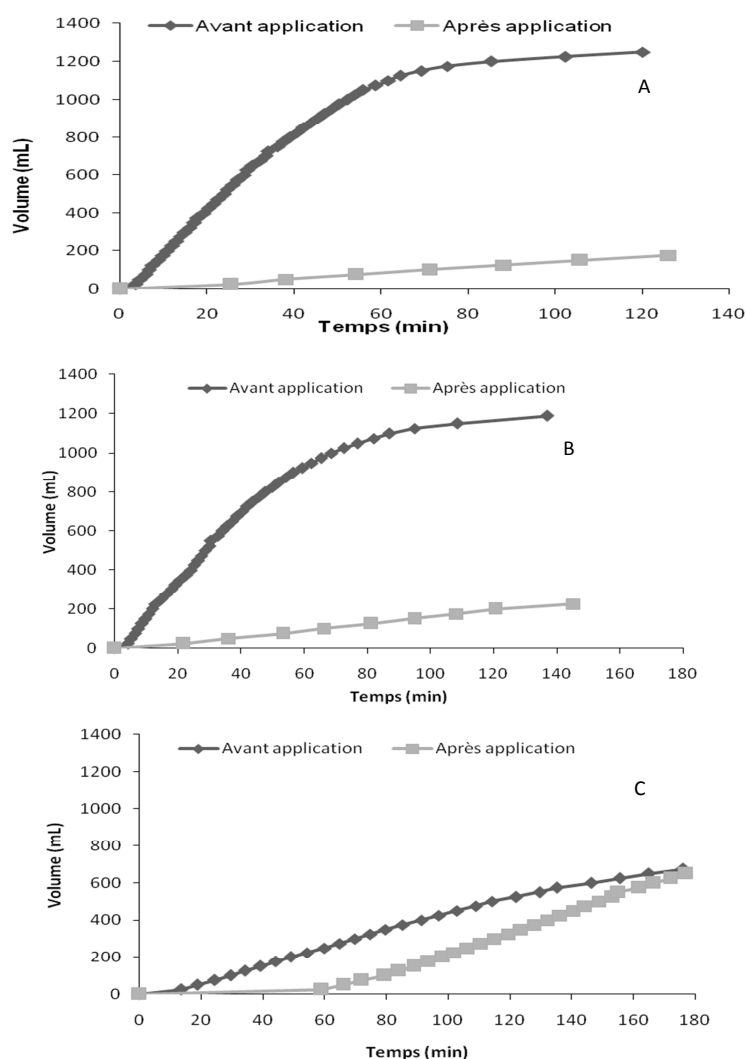


Figure 4: Volume cumulé d'eau avant et après traitement d'eau usée domestiques à la sortie du filtre garni de ; granite concassé (B) et de schiste concassé (C).

Quant aux débits d'infiltration (tableau 2), ils sont de 4,54, 17,45 et 20 mL min^{-1} avant traitement des eaux usées et passent à 3,41, 1,77 et 1,67 mL min^{-1} après deux mois de traitement d'eau usée respectivement pour les filtres garnis de schiste, granite et cuirasse.

Tableau 1: Durée des temps de latence avant et après 60 jours de traitement d'eaux usées

	Durée temps de latence avant traitement eau usée (min)	Durée temps de latence après 60 jours de traitement des eaux usées (min)
Schiste	17	60
Cuirasse	2	25
Granite	4	22

Tableau 2: Débit d'infiltration avant et après 60 jours de traitement d'eaux usées dans les filtres garnis avec du schiste, granite et cuirasse

	Débit d'infiltration avant traitement (mL/min)	Débit d'infiltration après 60 jours de traitement (mL/min)	Taux de colmatage (%)
Schiste	4,54	3,41	71,4
Granite	17,45	1,77	88
Cuirasse	20	1,67	90,7

3.2 INFLUENCE DU MASSIF FILTRANT ET DE LEUR GRANULOMETRIE SUR L'ELIMINATION DES ORTHOPHOSPHATES

Les massifs filtrant utilisés dans cette étude sont les schistes, cuirasse et granite. La figure 5 montre le profil d'enlèvement des orthophosphates (PO_4^{3-}) en fonction du type de massif filtrant et de leur granulométrie. Ce sont, les filtres garnis de cuirasse concassé (FGC) et de schiste concassé (FGS) qui présentent les meilleurs rendements d'élimination de PO_4^{3-} . Il n'y a presque pas d'enlèvement de PO_4^{3-} dans le filtre garni de granite. En effet, le ratio passe de 1 à 0.8. A partir du 8^{ième} jour le ratio augmente jusqu'à 1, ce qui traduit qu'il n'y a plus d'élimination du phosphore.

Par ailleurs, On note que la granulométrie des massifs filtrant influence la réactivité et les mécanismes réactionnels. Cette étude a montré que le rendement d'élimination des polluants par les filtres augmentait avec la diminution de la granulométrie du massif filtrant (de C1 à C2.). Les valeurs des ratios varient entre 0.6 et 0.06. Ce qui signifie qu'il ya une diminution de la concentration des orthophosphates. Cependant, il n'y avait presque pas de diminution des PO_4^{3-} dans les premiers compartiments garnis de massif grossier des trois filtres. En effet, A la sortie du premier compartiment de chaque réacteur, le taux d'enlèvement en PO_4^{3-} est faible (ratio proche de 1).

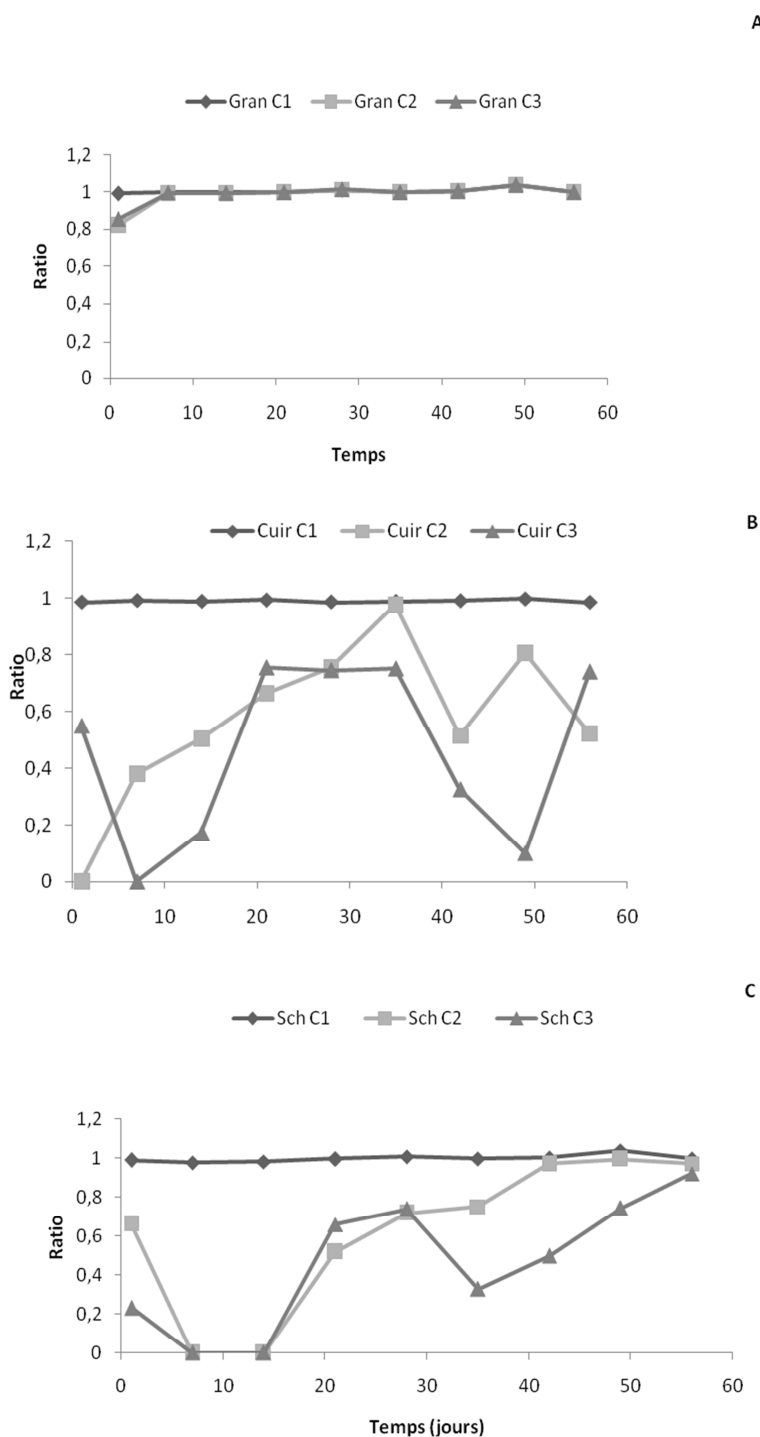


Figure 5: Variation de la concentration en orthophosphate dans les différents filtres en fonction du temps ; filtre garnis de granite : FGG (A), filtre garni de cuirasse : FGC (B) et filtre garni de schiste : FGS (C).

3.3 RENDEMENT EPURATOIRE DES FILTRES DANS LA DUREE

La figure 6 présente le rendement des filtres en fonction du temps. Les rendements des différents réacteurs varient entre 0 et 100 %. Le FGS et le FGC présentent des rendements élevés (75 %-100 %) mais à des périodes différentes. Ces périodes sont comprises entre le premier et le quinzième jour d'application pour le FGS et entre le huitième et le quinzième jour pour le FGC. Après 22 jours d'application, les rendements de ces deux filtres chutent entre 30 et 20 %. Cependant, la suite de

l'essai présente 50% d'enlèvement au trente sixième jour pour le FGS et plus de 85% pour le FGC à sept jours de la fin des expériences. Le FGG a les plus faibles taux d'enlèvement avec un rendement maximum de 7% lors de la première semaine. A la suite de cette valeur maximale du FGG, il n'y a plus d'épuration et dans certains cas des valeurs négatives sont atteintes.

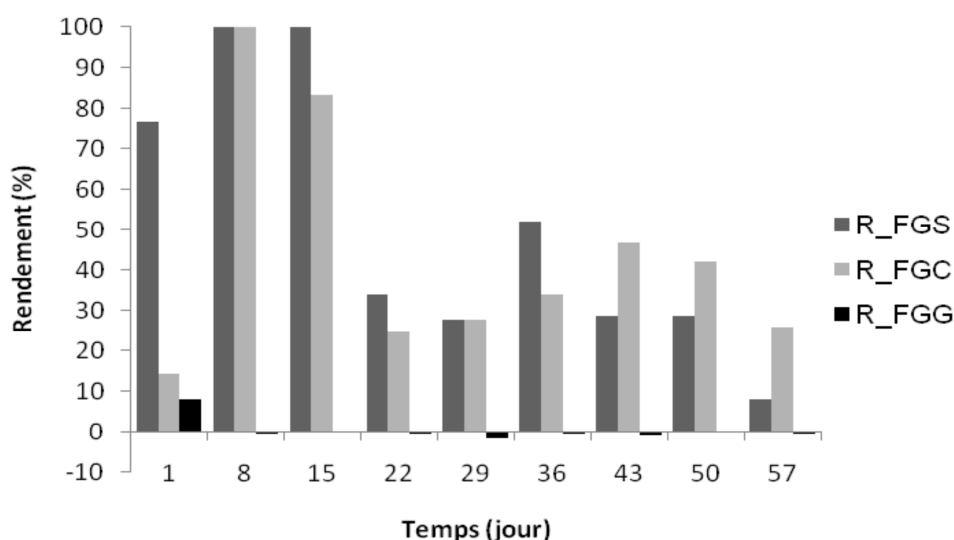


Figure 6: Rendement épuratoire de PO_4^{3-} par les filtres équipés de schiste (R_FGS), cuirasse (R_FGC) et granite (R_FGG) concassés

4 DISCUSSION

La variation des temps de latence dans les filtres pourrait s'expliquer par la conductivité hydraulique des massifs filtrants. Ces phases de latence sont plus élevées pour les filtres garnis de schiste, suivi de celui garni de granite. Le long temps de latence observé dans ce filtre pourrait s'expliquer par la faible perméabilité et conductivité hydraulique des schistes selon [16] et [17]. Ces auteurs expliquent cette situation par l'aspect plastique des schistes. En effet, l'augmentation de la plasticité d'un matériau contribue à la réduction de sa perméabilité et sa conductivité hydraulique. Après deux mois de traitement des eaux usées, l'augmentation des temps de latence pourrait s'expliquer par le colmatage des filtres. En effet, les eaux usées sont très chargées car comportant selon [18] des matières minérales et organiques en solution, en suspension ou sous forme colloïdale. Lors de la filtration, les grosses particules sont en surface tandis que les particules plus petites pénètrent dans le filtre avant d'être arrêtées [19]. Des activités biologiques se produisent alors dans ces différentes couches entraînant ainsi la formation du biofilm. Par ailleurs, le temps de séjour de l'effluent dans le massif filtrant est long du fait de sa forte charge. Par conséquent, plus ce temps est long, plus l'activité bactérienne y est intense. En revanche, le biofilm s'y développe en occupant progressivement l'espace poral. Ce phénomène confirme donc sa contribution dans la réduction de la perméabilité au niveau du massif filtrant. D'où la diminution du débit d'infiltration (Tableau 2) après les deux mois de traitement [20], [21], [22], [23].

De plus l'hydrolyse de certains massifs (schiste et cuirasse) et la précipitation de certains sels contribuent à l'amplification du phénomène de colmatage des filtres. Cette diminution est plus marquée dans les filtres garnis de cuirasse avec un taux de colmatage de 90,7%. Cette différence de variation s'expliquerait par la nature de cette roche. En effet, selon [24], la cuirasse est tendre à l'état frais donc peut aisément être réduite en petit fragment, en poudre et en poussière. Ce processus accélère ainsi le phénomène de colmatage.

Concernant l'élimination des orthophosphates, l'inefficacité du filtre garni de granite s'expliquerait par la cohésion des minéraux contenus dans le granite qui ne permet pas la libération de fer (III) (Fe^{3+}) qu'il renferme pour participer à des réactions de précipitation. Pourtant, [25] ont mis en évidence l'effet majoritaire du fer sur l'élimination du phosphore. Les résultats obtenus dans ce travail sont en accord avec ce qui a été précédemment reporté dans la littérature et confirme que l'ajout de calcaire ou de gravier siliceux ne permet pas d'augmenter les performances d'élimination en phosphore [26, [27].

En revanche, les bons rendements d'élimination obtenus avec les filtres garnis de schiste et de cuirasse s'expliqueraient par la capacité de ces roches (leurs principaux constituants) à relarguer le Fe^{3+} qui va réagir avec les PO_4^{3-} des eaux usées. En effet, les cuirasses et les schistes qui ont une porosité primaire élevée sont capables de se laisser traverser par l'eau qui va

dissocier les oxydes de fer sous forme d'ion Fe^{3+} et Fe^{2+} et d'aluminium en solution sous forme de Al^{3+} . Or Le phosphore est un élément sorbant qui a tendance à se fixer sur les silicates, ainsi que sur les hydroxydes d'aluminium et de fer. Alors par échange de ligand, le phosphore réactif qui est l'orthophosphate peut se lier à ces métaux et se fixer dans le sol pour former un composé complexe stable ou un précipité insoluble de phosphate ($\text{Fe}(\text{OOH})\text{-P}$) lorsque l'eau est bien oxygénée [28], [29]]. De plus, le fait que ces roches disposent d'une macroporosité trois fois plus élevée que le gravier [30], elles peuvent aisément être réduite en petit fragment, en poudre et en argile suite à leur hydrolyse ; ce qui va conduire à une faible perméabilité donc à un temps de séjour hydraulique (HRT) prolongé des eaux usées dans ces filtres. Cette situation va accroître la population microbienne en surface [31] et favoriser plus la réalisation des mécanismes physico-chimiques de séparation des orthophosphates (adsorption, tamisage, sédimentation) dans lesdits massifs [32]; [23]]. D'où une élimination importante des orthophosphates des eaux usées. Ces résultats sont similaires à ceux de [33] qui ont montré que plus de 95% de phosphore est retenue par filtration au niveau de la couche de matières accumulées présente en surface des dix premiers centimètres du filtre.

Les bons rendements d'enlèvement obtenus avec les filtres garnis de massif moyen et fin s'expliqueraient par sa nature. En effet, si la matrice filtrante est fine, cela traduit que les particules de cette matrice forment une couche poreuse très fine, dont la surface totale de pores est très grande. Ce qui facilite l'adsorption des impuretés par cette couche entraînant une rétention des orthophosphates à la surface de la matrice. Plus la matrice est fine, plus le temps de rétention de l'effluent dans cette matrice est suffisamment long et donc les micro-organismes ont suffisamment le temps pour former un biofilm sur lequel vont se fixer les orthophosphates, ce qui entraîne leur diminution dans le milieu [19]. Cette remarque a été également faite par [34] qui ont expliqué ce résultat par l'existence des pores de petits diamètres dans ces massifs qui permettent la rétention d'un maximum de polluants particuliers [35]. Selon [30] une fine granulométrie impliquera une surface d'échange plus élevée. Par contre, dans les premiers compartiments garnis de massifs grossiers des trois filtres, les eaux s'écoulent rapidement, ce qui réduit le temps de contact nécessaire aux réactions physico-chimiques d'adsorption ou de précipitation de s'y dérouler.

En considérant le rendement épuratoire des filtres après un long temps d'application, on note une diminution du rendement dans le temps. Cette diminution pourrait s'expliquer d'une part par la saturation des sites d'adsorption et d'autre part par la diminution de l'oxygène dans le milieu. Concernant la saturation, l'occupation des sites de fixation par les acides organique, libéré par la matière organique réduit la tendance du phosphore à se fixer sur l'aluminium et le fer (III) [36]. Ce qui favorise la mise en solution du phosphore. D'après [37], bien que le sol ait une forte capacité à retenir les ions phosphates, les apports massifs d'eau usées contenant des déjections animales saturent les sites réactionnels du sol vis-à-vis des ions phosphates non seulement par l'ajout de phosphate, mais aussi en réduisant les propriétés initiales de fixation par enrobage et agrégation des particules de terres.

Par ailleurs, l'hydrolyse de certaines roches telles que les schistes et les cuirasses arrache certaines particules qui réduisent la perméabilité des filtres. Alors les matières en suspension apportées lors de l'application des eaux usées ne pouvant pas traverser le filtre, vont se déposer en surface. Plus ce temps d'application est long, plus l'activité bactérienne y est intense et par conséquent le biofilm s'y développe en occupant progressivement l'espace poral ce qui rend le fond du filtre anoxique. Or selon [38] et [39] les sels de fer peuvent relâcher le phosphore en condition d'anaérobiose. Ce dernier auteur affirme également que lorsque la couche de matière organique devient trop épaisse, l'interaction entre le phosphore et le sol diminue, ce qui réduit le captage du phosphore.

Le faible rendement du phosphore pourrait également s'expliquer par le lessivage des massifs qui entraîne une libération insuffisante de fer. La perte de l'efficacité du FGS après les six premières semaines en faveur du FGC indiquerait que le lessivage des fractions hydrolysables est plus important dans les schistes que dans les cuirasses. En effet, les schistes en présence d'eau deviennent friables et de nombreux feuilletés se détachent pour se transformer en argile très plastique ou gonflante. En gonflant, ces argiles exercent une pression mécanique supplémentaire sur la structure de la roche pouvant engendrer une fissuration plus ou moins importante qui constitue le vecteur privilégié de l'altération. Cette altération est le résultat d'une réaction chimique avec les oxydes d'aluminium et de fer; ce qui expliquerait d'ailleurs le rendement de 70 % d'élimination du phosphore dès la première semaine de traitement. Par contre, après un long temps de lessivage, cette transformation va entraîner un dépôt de fragment et d'argile dans les pores du massif filtrant. Ce dépôt va réduire la perméabilité du filtre et par conséquent, la formation d'une épaisse couche bactérienne qui occupe progressivement les pores du filtre. Dans ce cas, la circulation de l'eau est réduite et cela entraîne une saturation rapide de la solution et donc l'arrêt des réactions chimiques par manque d'oxygène [40]. Cette saturation pourrait provoquer une réduction de fraction de roche hydrolysable susceptible de libérer des ions Fe^{2+} ou Fe^{3+} impliqué dans la précipitation de PO_4^{3-} . D'où la perte de l'efficacité d'élimination du phosphore dans les filtre garnis de schiste en faveur de la cuirasse. Quant à la cuirasse, elle présente une double perméabilité alvéolaire, due à sa structure, et de fracture, due à son démantèlement qui favorise

l'infiltration rapide de l'eau. Dans le cas où l'eau circule rapidement, son action sur la roche sera limitée car la solution formée suite aux réactions sera rapidement diluée [40]. Ce qui explique une faible présence d'oxyde de fer et d'aluminium. D'où le faible rendement d'élimination avant les six premières semaines par les filtres garnis de cuirasse. Mais, lorsque le lessivage est intense, on observe une libération importante des oxydes de fer et d'aluminium qui vont s'accumuler au fond du filtre pour permettre la précipitation du phosphore.

5 CONCLUSION

L'étude a permis de développer un système de filtre à sable à alimentation intermittente garnis de matériaux endogènes qui élimine efficacement les orthophosphates des eaux usées du district d'Abidjan. L'étude hydraulique des filtres a montré un débit moyen d'infiltration des eaux usées plus élevé dans les filtres garnis de cuirasse et de granite par rapport au filtre garnis de schiste. Malgré la forte charge polluante des eaux usées appliquées, le fonctionnement hydraulique des filtres est assuré pendant deux mois avant d'être colmaté en surface. Quant au rendement d'élimination du phosphore, l'étude de l'influence du type de massif filtrant et de sa granulométrie a montré un bon rendement d'élimination dans les filtres garnis de schiste et de cuirasse concassé par rapport à celui garnis de granite concassé. Concernant la granulométrie des matériaux, on note que ce sont les matrices filtrantes moyennes et fines (compartiment C2 et C3) qui donnent les meilleurs rendements d'élimination des orthophosphates. Au regard des résultats obtenus, les filtres garnis de schiste et de cuirasse à granulométrie moyenne (Compartiment C2) fonctionnant pendant deux mois peut contribuer énormément à la réduction des orthophosphates des eaux usées.

REMERCIEMENTS

Nous remercions tous les chercheurs des laboratoires LEBA et LGE de l'UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement de l'Université d'Abobo-Adjamé en Côte d'Ivoire pour leur contribution à la réalisation de ce travail.

RÉFÉRENCES

- [1] Vhevha, I., Ndamba, J., Mtewas, S. Changes in river water quality with increasing distance from site of wastewater use. *Sustainable Use of Water Resources*. 9 p, 2000.
- [2] P. A. G. M. Scheren, C. Kroeze, F. J. J. G. Janssen, L. Horgijk, K. J. Ptasiński Integrated water pollution assessment of Ebirié lagoon, Ivory Coast, West Africa. *Journal of Marine. System*. Vol.44, pp. 1-17, 2004.
- [3] T. N. McPherson,, S. J. Burian, , H. J. Turin, , M. K. Stenstrom, I. H. Suffet, Comparisons of the pollutant loads in dry and wet weather runoff is a Southern California urban watershed. *Water Sciences and Technology*, vol.45 no. 9, pp 255–261, 2002.
- [4] C. Trépanier, S. Parent, Y. Comeau, J. Bouvrette,. Phosphorus budget as a water quality management tool for closed aquatic mesocosms. *Water Research* vol.36, 1007–1017, 2002.
- [5] D. Häfliger, P. Hübner, J. Lüthy. Outbreak of viral gastroenteritis due to sewage-contaminated drinking water. *International Journal of Food Microbiology*. 54, 123-126, 2000.
- [6] R. Carr Excreta-related infections and the role of sanitation in the control of transmission. *Water quality: Guidelines standards and health*. WHO. Ed. Frewtrell L. and Bartram J., London. 89-113, 2001.
- [7] WHO, Guidelines for safe recreational water environments. *Vol.1, Coastal and freshwaters*. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2003.
- [8] Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec (CRAAQ), Guide de référence en fertilisation 2eme édition, Québec, Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec, 473p, 2010.
- [9] I. Beaudin, M. Giroux, A. Michaud, P. Beaudet, Les sources, les formes et la gestion du phosphore en milieu agricole. Fiche technique n°2. Québec, centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, 11p, 2008.
- [10] M. Maurer, M. Boller, Modelling of phosphorus precipitation in wastewater treatment plant with enhanced biological phosphorus removal. 4th Kollekolle seminar on activated sludge modeling; Denmark, 1998.
- [11] Y. Comeau et F. Ardelean Déphosphatation des boues de la pisciculture des Alleghany à saint Damien-De-Buckland par chaulage. Société de Recherche et de Développement en Aquaculture Continentale (SORDAC) 82 p, 2006.
- [12] N. Jardin, H. J. Pöpel, Behaviour of waste activated sludge from enhanced biological phosphorus removal during sludge treatment. *Water Environment Research*. Vol. 68 no 6, pp. 965-973, 1996.
- [13] A-E. Stricker, A. Héduit, Phosphore des eaux usées Etat des lieux et perspectives. Rapport final, Cemagref, 54p, 2010.
- [14] M. R. Patil, P. D. Raut Removal of phosphorus from sewage effluent by adsorption on Laterite. *International journal of Engineering Research and technology*, vol. 2 no9, pp. 551-559, 2013.

- [15] A. Hazen, some physical properties of sands and gravels. Mass. State Board of Health, 24th Ann. Report., pp539-556, 1892.
- [16] G. B., Sowers, G. F. Sowers,. Introductory soil mechanics and foundations. Macmillan, New York. p. 556, 1970.
- [17] L. B. Underwood, Classification and identification of shales. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, ASCE, vol. 93 no 11, pp. 97-116, 1967.
- [18] G. Petitpierre, - Valorisation des déchets d'huilerie ; Rapport final et évaluation économique – contact d'étude N°4/ET/IMPRA/ Mon. N°comptable 5604.16Cabinet DUSHER et PATNERS CONSULTANT (DPC) à Luxembourg, 1984.
- [19] Desjardin R. - Le traitement des eaux. Edition de l'école polytechnique de Montréal. Deuxième édition revue, ISBN. 304p, 1997.
- [20] R. W., Field D. Wu, J. A. Howell, B. B. Gupta), Critical flux concept for microfiltration fouling. *Journal of Membrane Sciences*, vol. 100, pp. 259-272, 1995.
- [21] K. H. Choo, C. H. Lee (1998) Hydrodynamic behavior of anaerobic biosolids during cross flow filtration in the membrane anaerobic bioreactor. *Water Research* vol. 32, pp. 3387-3397.
- [22] R. S. Wotton, Water purification using sand. *Hydrobiologia*. Vol. 469, pp193-201, 2002.
- [23] L. Coulibaly, B. A. Ama, I. Savané, Y. Bado Un filtre à sable perforé à alimentation intermittente pour l'épuration des effluents d'huilerie de Palme: Cas de l'unité industrielle de Toumanguié, Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research* Vol. 20 no2, pp. 226-238, 2008.
- [24] R. P. Bourmana, C.D. Ollier, «A critique of the Schell mann definition and classification of 'laterite'», *Catena* vol. pp. 47 117– 131, Elsevier, 2002.
- [25] C. Pratt, A. Shilton. Active slag filters - simple and sustainable phosphorus removal from wastewater using steel industry byproduct. *Water Sciences and Technology*, vol. 62no8, pp. 1713-1718, 2010.
- [26] M. J. Baker, D. W. Blowes, C. J. Ptacek, Laboratory development of permeable reactive mixtures for the removal of phosphorus from onsite wastewater disposal systems. *Environment Sciences and Technology*, vol. 32, no 15, pp. 2308-2316, 1998.
- [27] A. Drizo, C. Forget, R. P. Chapuis, Y. Comeau, Phosphorus removal by electric arc furnace steel slag and serpentinite. *Water Research*, vol. 40 no 8, pp. 1547-1554, 2006.
- [28] D. Zak, J. Gelbrecht, Phosphorus retention at the redox interface of peat lands adjacent to surface waters. *Wasser& Boden*. Vol. 54, pp. 71–76, 2002.
- [29] H. Yamada, M. Kayama, K. Saitu, M. Hara A fundamental research on phosphate removal by using slag. *Water Research*, vol. 20 no 5, pp. 547-557, 1986.
- [30] Prigent S. Optimisation du traitement de l'azote et du phosphore des eaux usées domestiques adapté aux filtres plantés de roseaux. Mémoire de Doctorat, Université Nantes Angers, 230p, 2013.
- [31] A. Heistad, A. M. Paruch, L. Vrâle, K. Ádám, P. D. Jenssen, A high-performance compact filter system treating domestic wastewater. *Ecological Engineering*, 28(4), pp. 374-379, 2006.
- [32] Martinelli I. Infiltration des eaux de ruissellement pluvial et transfert de polluants associés dans le sol urbain vers une approche globale et pluridisciplinaire Thèse de Doctorat en conception en bâtiment et techniques urbaines, Institut National des Sciences Appliquées, Lyon, France, 207 p, 1999.
- [33] J. T. A. Verhoeven, Nutrient dynamics in minerotrophic peat mires. *Aquatic Botany*, vol. 25, pp. 117-37, (1986).
- [34] E. A. Van Os, F. J. Van Kuik, W. T. Runia, J. Buuren Prospects of slow sand filtration to eliminate pathogens from recirculating nutrient solutions. *Actaorticulturae*, vol. 458, pp. 377-382, 1998).
- [35] D. I. Rubenstein, M. A. R. Kohel, The mechanisms of filter feeding: some theoretical considerations. *American Naturalist* vol. 111, pp. 981-994, 1977.
- [36] J. B. Sarr, M. Giroux, A. R. Michaud, P. Aourousseau, Comparaison des diverses méthodes d'évaluation de la saturation et de la solubilité du phosphore dans les sols de Bretagne (France) à des fins agroenvironnementales. *Agrosolution*, vol. 18 n° 1, pp. 4-11, (2007)
- [37] Cachot C., Martinez J., Morel C., Elsass F., Robert M., évolution pluriannuelle 1991-99) sur 60 cm de profondeur du transfert des ions p entre le sol et la solution après apports de lisier. marcel, 28p, 2000.
- [38] J. W. H. Patrick, R. A. Khalid. Phosphate release and sorption by soils and sediments: effects of aerobic and anaerobic conditions. *Science*, 186: 119_126, 1974.
- [39] S. Lareau, La dynamique du phosphore dans les étangs en terre - un scénario plausible, *L'Aquicole*, vol. 15 n° 2, 5p. (2010).
- [40] Bell F.G. - Engineering in Rock Masses. Butterworth Heinman, Oxford, 580p, 1992.

INFLUENCE OF BRANDING ON CONSUMER BUYING BEHAVIOR

Shaista Kamal Khan, Farishta Nadir, and Maha Mukhtar

Department of Business Administration, Jinnah University for Women, Karachi, Pakistan

Copyright © 2016 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 concept “branding” has drained major attention from researchers. Consumer behavior influence by the components of branding that are price, quality, and country of origin, status symbol, and family & friend’s reference. Today there are a variety of branded products. Therefore, keeping rapidity with this propagation of diverse brands in the market has become terrible for the simple consumer. Buyers view a price of the product’s as high, low or reasonable, which eventually effects on consumer behavior to buy the product. The consumer gives high importance to high quality products. Label of the country and the first choice of customer influence the purchase intention. People feel satisfaction when they recognized in society, friends and family in connection of specific brands, which is mostly used by a person. Now people want to have everything branded from the food they eat, clothes they wear to the decoration of their homes everything. The consumer behavior is also influenced by the group. It is argued that the important reference group of consumers is the friend & family, which affects their behavior and attitude towards brands and the selection of brands. The customer’s behavior is to meet the needs and demands of him/her. Consumer behavior includes the selection of products and consumption of goods and services. The current literature demonstrates that all of the variables present in this paper have a relationship with consumer buying behavior.

KEYWORDS: Brand, Price, Quality, Country of Origin, Family & Friends, Consumer Behavior.

1 INTRODUCTION

The current market is snowed under a wide variety of product brands. As a result, maintaining pace with this large number of various brands in the market has become difficult for the simple consumer (Suresh, Monahan & Naresh 2012). Organizations create brands with the most important intention to attracting and retaining consumers (Alvarez & Casielles 2005). Academics and practitioners alike have recognized the importance of loyal customers, because such customers usually spend more, buy more frequently, are motivated to search for information, are more resistant to competitors’ promotions and are more likely to spread positive ‘word of mouth’ (Bytyqi & Vegara 2008; Chaudhuri & Holbrook 2001; Dick & Basu 1994; Keller 2008). Attribute related to product linked with packaging, pricing and brand awareness, be liable to create and strengthen the relationship between the customer and the brand (Suresh *et al.* 2012). Customers act in response to packaging found on a set of discrimination, learned reactions and individuals preferences that help to sling certain goods to upper hand in today’s active markets (Aaker 2010). Certain shapes, colors, sizes and quality in nature influence customers to react positively, at the same time as others gives negative reactions (Aaker 2011). With growing customer wealth, customers are many times willing to pay a higher price for the convenience, appearance, reliability and stature of better packaging (Kotler & Armstrong 2010). Corporations have also acknowledged the significant power of pricing in contributing to the immediate credit of the company or brand (Duffy 2003). In addition, brand awareness campaign tends to catch the attention of consumers and convince consumers to venture out to either take on the product or to use the product repeatedly, leading to enlarged sales for the company (McKee 2010). After the years, there has been a sudden increase of research welfare focused on factors influencing branding impact on consumer behavior. Results of such studies are essential because it provides information to marketers about how to place their brands in the market for competitive advantage (Jiang 2004).

2 PROBLEM STATEMENT

The problem area on which the research paper is based is the impact of the components of branding that are price, quality, country of origin, status symbol and friends and family on consumer buying behavior.

3 OBJECTIVES OF THE STUDY

The following are the objectives of the research.

- To find out relationship between price and consumer behavior.
- To find out the relationship between quality and consumer behavior.
- To find out the relationship of country of origin and consumer behavior.
- To find out the relationship of status symbol and consumer behavior.
- To find out the relationship between family and friends and consumer behavior.

4 RESEARCH MOTIVATION AND CONTRIBUTION

The increase trend of “Branding” in our society with the passage of time motivate us to do research on this interesting topic and gather information about its impact on behavior of consumers. We did this research under the supervision of “Miss Shaista Khan” whose extra ordinary guidance boots our moral and helps us to achieve our targets.

5 SIGNIFICANCE OF STUDY

The concept Branding has drawn significant attention from academic and practitioners since it were put forward, because it played a major role in marketing activities. This study reviewed extant studies about the impact of Branding on Consumer Behavior. It also presented the shortcomings of current research and pointed out the trends for future studies. The main idea to conduct this research is to find out that how the consumers react with aspect to brand names. We fully tried to enlighten the facts about the components of brands, which particularly include the effects of price, quality and include the founder country of the product on their consumers for which the opinions of their surroundings about the product and their standards matters most.

6 LITERATURE REVIEW

6.1 BRANDING

A brand is a distinctive name and mark which identifies goods and services of either one sellers or group of seller and differentiates those goods and services from their competitors (Aaker, 1991). Consumer behavior influence by the components of branding that are price, quality, and country of origin, status symbol, and family & friend’s reference. Today there is a variety of branded products. Therefore, keeping rapidity with this propagation of diverse brands in the market has become terrible for the simple consumer (Suresh, Monahan & Naresh 2012). The purpose of organization of developing the brands is to attract and retain consumer (Alvarez & Casielles 2005). Attributes related to product linked with pricing, quality, country of origin is likely to create and emphasize the relationship between the consumer and the brand (Suresh et al. 2012).

6.2 PRICE

Price is a lasting factor of original Ps of the marketing mix, may usually be supposed in terms of the specific monetary value that a consumer attaches to goods and services (Kent & Omar 2003). Price is the patronage of the value assigned to something buy, sold or offered for sales, expressed in terms of pecuniary units (Farahmand and Chatterjee 2008). In addition it is also pertains to how buyers view a price of product’s as high, low or reasonable, which eventually affects consumer’s behavior to buy the product (Ahmad & Vays 2011). Pricing has a direct relationship with the company’s goal and also interact with other marketing mix elements that’s why it is a vital strategic variable (Yesawich 2004). Pricing help companies to define product value, to segment market, create incentive for customer and even give signals to competitors (Atchariyachanvanich & Hitoshi 2007). Price of goods and services must be set in a way that accomplish success for the company, satisfies consumer and also get used to a variety of constraints such as competitors (Sahay 2007). Like other important factors in exchange relationships, price is one of the tackle marketers may use to meet the market, by directly attracting and retaining customers or through fight against competitors (Boonlertvanich 2009).

Furthermore, price presents a distinctive chance to generate loyalty, retain presented customers and attract future customers (Sahay 2007). On this point, the majority of companies, mainly in the service market, use promotional tackle such as price to encourage the sale of a particular product (Campo & Yague 2007). On the other hand, this can only be fulfilled if the system pricing is orchestrated literally, sincerely and clearly, rather than wrongly and irregularly (Dunne & Lusch 2008). Marketers are also face the difficulty of introducing either a fixed price or a discounted price (Abedniya 2011). A fixed price shows to a consumer that the price is non-negotiable or will continue stable whenever they decide to purchase the product (Ahmad & Vays 2011, Nagle & Holden, 1994). The scheme of discount price indicates that the price of a product might be reduced slightly as and when required to increase more sales (Leisen & Prosser 2004). While the fixed price scheme implies that the product is expelled from customer promotions or price discounts (Boonlertvanich 2009). To get hold of the product a consumer gives up the amount of money that is price. Price is classifying into two parts that is objective price and perceive price (Zeithaml, 1988). The Objective price is the real price of the product whereas perceive price is the trust of any person of the price in relative to the quality of the product (Donald R., Lichtenstein & Scot B., 1989). Customer observation with reverence to price is diverse and has a positive and a negative impact on the purchase behavior. The Economic downturns have impact on PLB purchase behavior. When income decreases customers turn into price consciousness and move their preferences to private label brands instead of choosing national brands. Customers who like better to buy more PLBs than national brand are price conscious (Hoch & Banerji (1993). PLB buyers are price seekers-those who seem to be for low price, as an outcome, for a number of customers having reasonably priced product means get high value. On the opposite, several customers may perhaps relate lower price with lower quality (Zeithaml, 1998). Individuals' consumers who think price display quality and companies may decrease the quality of the manufactured goods to diminish the cost. Therefore, to them the high price is a indicator of a superior quality (Bao.Y,Y and sheng .S , 2011) . Private label products' price, predominantly first generation PLBs' is comparatively lower than the national products. Private brand buyer are those who goes for low price, consequently they are not constant, they switch every time if they get a lower price (Baltas, 1997). Price perception has strong influence on purchase intention of PLBs (Schiffman, 2013). On the other hand if the customer is doubtful about the quality of the product the lesser effect it has on the purchasing behavior (Urbany, J. E., Bearden, W. O., Kaicker, A., Borrero, M. S. D., 1997).

6.3 QUALITY

Quality is defined as valuation of fineness and superiority of the product (Zeithaml, 1988). Previous studies say that, a number of researchers argued that quality cannot be defined and quality is goal which can be deliberate. In a diverse thought others supposed quality cannot be calculated. Combining this two approaches quality is classified in to purpose of quality and observation of quality. Purpose of quality is valuation of the manufactured goods based on physical uniqueness. At the same time as perception of quality consider slanted details which are customer use for valuation of the manufactured goods and result that based on some attribute (anselmsson, ULF, & persson, 2007). Perceived quality can be also defined in terms of customer judgment of fundamental attributes (taste, ingredients, nutrition value and on the whole quality (Bellizzi et al 1981, cunnungham et al 1992). The product variability generates perception diversity among customers (Hoch & Banerji, 1993). Customers evaluate the quality in relationship of extrinsic and intrinsic sign. Intrinsic sign is the opinion of quality through physical feature of the product (color, size, flavor or fragrance) at the same time as extrinsic cues are characteristic which have some relationships with the product (package, price, advertising and stare pressure). Because extrinsic cues are extra recognizable with consumers, based on this sign it is easy for them to check the manufactured goods. Quality of PLB may be seen in to two proportions these are the level of quality related to the national brand and unpredictability. National brands are created in high technology and complicated process at the same time as PLBs are created in less technology and simple process this will disseminate the quality unpredictability (Collins (2003). Private labels are unsafe than the national brands for the reason that high product variability and low quality make consumer to be disappointed. Therefore price quality became a significant aspect for the success of retailers and PLBs should meet at least the standard of the company ("NSF's Private Label Assurance") (Richardson 1996). Quality perceptions establish customer proneness to purchase a private brand. On the other hand, product quality judgment appraisal is evaluated by the customers not by the organizations (Richardson, 1996). If the PLBs are as better as the national brand perception significance is increased at the same time as if the PLBs are poorer in quality, significance of perception towards the PLBs will be decreased (Paul s.Trun K. & Alan, 1996). Marketers have to follow perception through product ally and promotion strategies (Zeithaml, 1988, p. 18). Occasionally customers give high importance to lower attribute. In addition to that, customer perception of quality changes over time as an outcome of added information (Richardson, P.S, Jain, A.K and Dick .A, 1996).

6.4 COUNTRY OF ORIGIN

In this modern and competitive period in which global marketing is raising day by day, country of origin, as an important factor has been considered in much research and it is exposed that this factor influences consumer behavior and also their purchasing. Studies shows that people care about which country products come from and where they are made (Parkvithee & Miranda, 2012). Many factors have an effect on this matter of which country of origin plays an important role in competitive markets and consumer behavior. Label of country and the first choice of customer influence the purchase intention. Political system, culture and the economy of the country can be a reason of compassion to people (Teo, Mohamad, & Ramayah, 2011). Researchers have shown that country of origin has been an extrinsic warning for evaluating products since the 1960s, and that it is unmoving a topic of study now. Globalization gives the opportunity to companies to allocate their products all over the world, and presents the opportunity for people to choose between different types of product; therefore, country of origin is an important subject when examining consumer purchase behavior according to foreign products. In addition, it is also a label for brands, which guides the consumers to know the firm and the country of origin (Chen, Wu, & Chen, 2011; Michaelis, Woisetschlager, Backhaus, & Ahlert, 2008). Furthermore, Researcher believes that recounting country of origin is a difficult job in this global market, and they think that "made in" is another label for country of origin. Believe that when the head office of the company are meeting in one country and marketing for that brand, that location is the country of origin of that product (Johansson et al, 1985, Ozsomare and Cavusgil 1991). It is also name as the "home country" of the products. Many researchers also explain the country of origin as the "country of manufacture or assembly" (Bilkey and Nes, 1982, Cattin et al., 1982, Han and Terpstra, 1988, Lee and Schaninger, 1996, Papadopoulos, 1993 and White 1979). As a clear cut example, although Sony is a Japanese brand, there are some products that are accumulated outside of Japan, like Singapore, so they pass on to these as being "assembled in Singapore", but when they are (Sony products) pull together in Japan they are "made in Japan (Yasin, Noor, & Mohamad, 2007). Country of origin is also tag by other names like "country of manufacture", "country of assembly" and "country of design", in all matter it has a power to evaluating date about products and customer's purchase behavior, as a effect buyers think about different countries according to their awareness and beliefs, so they think about their purchase in respect of this impact (Jiménez Torres & San Martín Gutiérrez, 2007). The influence of Country of Origin on product estimation and purchase intention has been study since the 1960s. Many researchers who have conducted surveys on country of origin effects on consumer behavior believe that country of origin is a significant factor in influencing international marketing (Cordell in 1992, Brothers and Xu in 2002, Cordell in 1992, Johansson and Ebenzahl in 1986, Klein in 2002, Lee, Yun, and Lee in 2005, Nagashima in 1970 and Roth and Romeoin 1992).

6.5 STATUS SYMBOL

The consumers who use the branded products as status symbol are more concerned in being social and making friends. Brands make the sense of status consciousness in many consumers that show the way sense of identification and using different brand products is the new trend of fashion. People feel satisfaction when they recognized in society, friends and family in connection of specific brand, which is mostly use by a person. Now people want to have everything branded from the food they eat, clothes they wear to the decoration of their homes everything. Customers become conscious and they recognized the importance of brand. People choose the branded products with higher prices because they think that branded items have more quality then non-branded products. Brand preference is also a symbol of status and if brand will manage successfully, product value loyalty will improve in customers' mind. Marketers believe a brand as a promise with consumers that product quality will be same in future and due to this promise, sales increase (Khasawneh Hasounneh). Those customers recognize the value of any brand respect to its different functions like guarantee, social and personal identification and status symbol. Status and conspicuous consumption are also factors that affect the consumer behavior. Consumers now use the expensive and branded products to show their status (Del Rio ET al). The brands, which are use for showing off the luxury, power and wealth, are known as status brand. Brands are consumed to show that the person who used it is highly status conscious, trendy and wealthy and these brands can be classified as status brands. As the wish increases, the usage of brands increases. When branded products are displayed intentionally or shown especially to others for making them realize the power and wealth, by the person who uses them, we can say that it is obvious consumption. It is a very important dimension of consumer behavior for influencing his behavior towards brands and also the impact and power of branding in influencing and moldings the consumer behavior.

6.6 FRIENDS AND FAMILY

The consumer behavior is also influence by reference group. It is argued that the important reference group for consumers is the friend & family, which affects their behavior and attitude towards brands and the selection of brands. The

reference groups includes the purchasing behavior is influenced by the reference groups family, friends, neighbors etc. Inactivity is also a factor, which influences the consumer behavior. Some consumers buy the same brand every time in order to save time, it is the disinterest of saving time which makes and influence the buyers to buy the same brand again .To observe about the consumer behavior of younger and older consumers in relation to the issues like income or age. The type of product, importance of product and the characteristics of brand also influence degree of loyalty. Sometimes consumers stay loyal to a brand and avoid switching brand. It is found that the reference groups persuade the consumers to prefer such type of products, which leads to status consumption and display of wealth, and high status. The groups with whom they interact influence the degree to which consumers and the wish to display the brands are the two dimensions of clear consumption. Now the products not consumed only for the satisfaction and getting benefits, while the branded products used as the symbol of high status and richness. The brands have the power to make them others realize the status of consumers and what they think about them.

6.7 CONSUMER BEHAVIOR

The study of consumer behavior is very important because intentionally or unintentionally we are consumer. With the philosophy of marketing, production trend to marketing trend of consumer behavior has been important. Consumer behavior includes mental activity, emotional and physical that people use during selection, purchase, use and dispose of products and services that satisfy their needs and desires (Kotler, 1999). The customer's behavior is to meet the needs and demands of him/her. Behavior is a tool to achieve objectives and target consumer derives from his needs and desires. (wilke, 2000). Consumer behavior includes the selection of products and consumption of goods and services. That includes elimination of three steps before buying activities, purchasing activities, activities after purchase. (Rostami, 2001). Consumers in different time can play each of the three roles affective, buyers and consumer. When we buy something for our self we can play that 3 roles. (Golchinfar, 2006). Because people have different desires and needs, so their behavior is different And the difference consumer behavior makes predict consumer behavior more difficult, to resolve this problem can categorize the market. (Abbasi & Torkamani, 2010)

7 RESEARCH QUESTIONS

The following are the research question of our study

Qno1: What is the impact of price on consumer behavior?

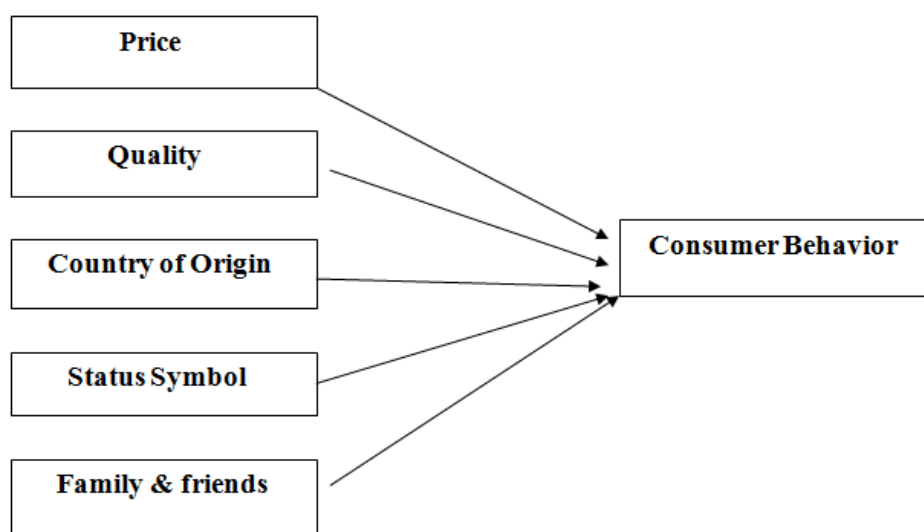
Qno2: What is the impact of quality on consumer behavior?

Qno3: What is the impact of country of origin on consumer behavior?

Qno4: What is the impact of status symbol on consumer behavior?

Qno4: What is the impact of family and friends on consumer behavior?

8 CONCEPTUAL FRAMEWORK



9 METHODOLOGY

The type of research that is used in this study is quantitative research. Quantitative researchers aim to gather the data by research questionnaire. The Data were obtained from a conveniently selected sample of 150 individuals.

9.1 STATISTICAL TECHNIQUES

The dataset were coded and saved in SPSS version 21 and analyzed by using regression statistical test and checked the level of significance.

9.2 DATA SOURCE

Data for this study was collected during november 2015 using an online and in hard copy survey Questionnaire. For this study, the online survey questionnaire link was distributed through Google, and other main sources. A total of 150 respondents participated in the survey. The 56 dataset was coded and saved in SPSS version 21 and analyzed by using regression statistical test and checked the level of significance.

10 HYPOTHESIS

To prove our research, we develop different hypothesis such as:

Hypothesis1: Price has an influence on consumer buying behavior.

Hypothesis2: Quality has an influence on consumer buying behavior.

Hypothesis3: Country of Origin has an influence on consumer buying behavior.

Hypothesis4: Status Symbol has an influence on consumer buying behavior.

Hypothesis5: Family and friend reference has an influence on consumer buying behavior.

11 RESULTS

11.1 MULTIPLE REGRESSIONS

Table.1 Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.459 ^a	.211	.170	.44082

Predictors: (Constant), Friends and Family Total, Country of Origin Total, Quality Total, Price total, Status Symbol Total

This table gives us the R-value, which represents the correlation between the observed values and predicted values of the dependent variable's-Square is called the coefficient of determination and it gives the adequacy of the model. Here the value of R-Square is 0.211 that means the independent variable in the model can predict 21.1% of the variance in dependent variable. Adjusted R-Square gives the more accurate information about the model fitness if one can further adjust the model by own.

Table.2 ANOVA^a

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	5.039	5	1.008	5.186	.000 ^b
	Residual	18.849	97	.194		
	Total	23.888	102			

a. Dependent Variable: Consumer Behavior Total

b. Predictors: (Constant), Friends and Family Total, Country of Origin Total, Quality Total, Price total, Status Symbol Total

The above table gives the test results for the analysis of one-way ANOVA. The results are given in the three rows. The first row labeled Regression gives the variability in the model due to know the reasons. The second row labeled Residual gives the variability due to random error or unknown reasons'-value in this case is 5.186 and the p-value is given by 0.000 which is less than 0.05, so we can say the independent variables have significant influence on the dependent variable.

Table.3 coefficient

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	2.048	.562		3.646	.000
Price total	.039	.086	.045	.450	.654
Quality Total	.032	.072	.044	.443	.659
Status Symbol Total	.114	.059	.202	1.933	.056
Country of Origin Total	.119	.068	.165	1.738	.085
Friends and Family Total	.219	.077	.274	2.842	.005

Dependent Variable: Consumer Behavior Total

The above table gives the regression constant and coefficient and their significance. Regression coefficient is a measure of how strongly the independent variable predicts the dependent variable and that show the strong relation between dependent variable and independent variables.

11.2 HYPOTHESIS

The following are the hypotheses have been developed on the basis of conceptual framework and literature review.

11.2.1 HYPOTHESIS 1

H1: Price has an influence on consumer buying behavior.

Table.4 Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.009 ^a	.000	-.010	.48371

a. Predictors: (Constant), Price total

This table gives the R-value which represents the correlation between the observed value and predicted value of the dependent variable. Here the value of R-Square is 0.000 that means the independent variables of model cannot be predicted the variance in dependent variable.

Table.5 ANOVA^a

Model	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	.002	1	.002	.009	.924 ^b
Residual	24.099	103	.234		
Total	24.102	104			

a. Dependent Variable: Consumer Behavior Total

b. Predictors: (Constant), Price total

The above table gives the result for the analysis of one-way ANOVA. The results are given in three rows. F-value in this case is 0.009 and the p-value is given by 0.924 which means this hypothesis is not accepted.

Table.6 Coefficients

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.981	.304		13.075	.000
	Price total	.008	.086	.009	.095	.924

a. Dependent Variable: Consumer Behavior Total

The above table gives the regression constant and coefficient and their significance. Now by testing hypothesis, we figure out that the p-value for regression coefficient of price is not less than 0.05. Therefore, the hypothesis is not accepted.

11.2.2 HYPOTHESIS 2

H2: Quality has an influence on consumer buying behavior.

Table.7 Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.131 ^a	.017	.008	.47958

a. Predictors: (Constant), Quality Total

This table gives the R-value which represents the correlation between the observed value and the predicted value of the dependent variable. Here the value of R-Square is 0.017 that means the independent variable of model can be predicted 1.7% in dependent variable.

Table. 8 ANOVA^a

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.411	1	.411	1.789	.184 ^b
	Residual	23.690	103	.230		
	Total	24.102	104			

a. Dependent Variable: Consumer Behavior Total

b. Predictors: (Constant), Quality Total

The above table gives the result for the analysis of one-way ANOVA. The results are given in three rows. F-value in this case is 1.789 and the p-value is given by 0.184 which means this hypothesis is not accepted.

Table.9 Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.653	.271		13.483	.000
	Quality Total	.093	.070	.131	1.338	.184

Dependent Variable: Consumer Behavior Total

The above table gives the regression constant and coefficient and their significance. Now by testing hypothesis, we figure out that the p-value for regression coefficient of price is not less than 0.05. Therefore, the hypothesis is not accepted.

11.2.3 HYPOTHESIS 3

H3: Country of Origin has an influence on consumer buying behavior.

Table.10 Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.324 ^a	.105	.096	.46015

a. Predictors: (Constant), Status Symbol Total

This table gives the R-value which represents the correlation between the observed value and predicted value of the dependent variable. Here the value of R-Square is 0.105 that means the independent variables of model can predict 10.5% of the variance in dependent variable.

Table.11 ANOVA^a

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2.502	1	2.502	11.817	.001 ^b
	Residual	21.386	101	.212		
	Total	23.888	102			

a. Dependent Variable: Consumer Behavior Total

b. Predictors: (Constant), Status Symbol Total

The above table gives the result for the analysis of one-way ANOVA. The results are given in three rows. F-value in this case is 11.817 and the p-value is given by 0.001 which means this hypothesis is accepted.

Table.13 Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.326	.202		16.447	.000
	Status Symbol Total	.182	.053	.324	3.438	.001

a. Dependent Variable: Consumer Behavior Total

The above table gives the regression constant and coefficient and their significance. Now by testing hypothesis, we figure out that the p-value for regression coefficient of price is less than 0.05. Therefore, the hypothesis is relevant.

11.2.4 HYPOTHESIS 4

H4: Status Symbol has an influence on consumer buying behavior.

Table. 13 Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.263 ^a	.069	.060	.46673

a. Predictors: (Constant), Country of Origin Total

This table gives the R-value which represents the correlation between the observed value and predicted value of the dependent variable. Here the value of R-Square is 0.060 that means the independent variables of model can be predicted 6.9% of the variance in dependent variable.

Table. 14 ANOVA^a

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.664	1	1.664	7.639	.007 ^b
	Residual	22.438	103	.218		
	Total	24.102	104			

a. Dependent Variable: Consumer Behavior Total

b. Predictors: (Constant), Country of Origin Total

The above table gives the result for the analysis of one-way ANOVA. The results are given in three rows. F-value in this case is 7.639 and the p-value is given by 0.007 which means this hypothesis is not accepted.

Table.15 Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.285	.266		12.341	.000
	Country of Origin Total	.190	.069	.263	2.764	.007

a. Dependent Variable: Consumer Behavior Total

The above table gives the regression constant and coefficient and their significance. Now by testing hypothesis, we figure out that the p-value for regression coefficient of price is not less than 0.05. Therefore, the hypothesis is not accepted.

11.2.5 HYPOTHESIS 5

H5: Family and friend reference has an influence on consumer buying behavior.

Table. 16 Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.351 ^a	.123	.115	.45296

a. Predictors: (Constant), Friends and Family Total

This table gives the R-value which represents the correlation between the observed value and predicted value of the dependent variable. Here the value of R-Square is 0.123 that means the independent variables of model can be predicted 12.3% the variance in dependent variable.

Table. 17 ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2.969	1	2.969	14.470	.000 ^b
	Residual	21.133	103	.205		
	Total	24.102	104			

a. Dependent Variable: Consumer Behavior Total

b. Predictors: (Constant), Friends and Family Total

The above table gives the result for the analysis of one-way ANOVA. The results are given in three rows. F-value in this case is 14.470 and the p-value is given by 0.000 which means this hypothesis is accepted.

Table.18 Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2.954	.281		10.517	.000
	Friends and Family Total	.281	.074	.351	3.804	.000

a. Dependent Variable: Consumer Behavior Total

The above table gives the regression constant and coefficient and their significance. Now by testing hypothesis, we figure out that the p-value for regression coefficient of price is less than 0.05. Therefore, the hypothesis is accepted.

12 CONCLUSION AND RECOMMENDATION

From the study, we create that brand is the most significant factor, which motivates the customer about consumer purchase decision. Therefore, the company has more focus on their brand name.

The companies have to found the link of their brand name with the customers through different causes of communication. Because in the end the customer is the only one who buys their products which helps the company to increase their market share as well as profit earning.

Customers also influenced by the advertising. In today situation, there is a big role of advertisement in the market. The company needs to take care of their promotional tool of advertisement. Because sometimes the impact of advertisement difficult the role of society as well as market orientation, which effects the image of a particular brand.

There are diverse brands available in the market to become the most popular brand among the customers. The company needs to create a good relation with the customers.

To create a good relation with customers, the company uses the social networking sites policy. The companies make their 'accounts' or make a 'page' on various social networking sites.

With the help of social networking sites, the company shares their important information to the customers related to their new products, new discount scheme or any other incentive schemes, combo offers and many more. This procedure helps the companies to increase their list of customers.

The company besides make their own web connection on the internet, which help the customers to set the companies store in anywhere at any time. It also helps the customers to see the new range of products which launched by a particular brand, new offers of the company at their home with the help of internet services.

Some companies also open on this part. They option on their web link to register their e-mail id for forwarding the news related to new offers and new variety of a particular brand by the company.

The exceptional of the product is necessary for the customer's point of view. Every time when customer goes to market for shopping they find unique product from the stock available in the market. The company introduces the new variety of products with time to time, so the link between customer and brand will be stay permanently.

The company should also take on included marketing communication programs. This way, customers can be showing more commonly to these brands; thereby increases brand awareness, which has an effect on consumer buying behavior.

REFERENCES

- [1] ABHINAV," Influence of brands on consumer buying behavior" *ISSN 2277-1166* Vol .2.
- [2] Mariotti, J. (1999), "Smart things to know about brands & branding", *New Hampshire: Capstone US*.
- [3] Rajput, N., Kesharwani, S. and Khanna, A. (2012), "Consumers' Attitude towards Branded Apparels: Gender Perspective", *International Journal of Marketing Studies*, Vol. 4, No. 2, pp.111-120.
- [4] Dhurup, M., Mafini, C. & Dumasi, T., 2014, 'The impact of packaging, price and brand awareness on brand loyalty: Evidence from the paint retailing industry', *Acta Commercii* 14(1), Art. #194, 9 pages. <http://dx.doi.org/10.4102/ac.v14i1.194>
- [5] Valaire A.Zeithaml (july1998), "Consumer perceptions of price, quality and value: A Means-End Model and Synthesis of Evidence", *Journal of Marketing*, Vol.52.
- [6] Samin Rezvani, Goodarz Javadian Dehkordi, Muhammad Sabbir Rahman, Firoozeh Fouladivanda, MahsaHabibi & Sanaz Eghtebasi (2012) "A Conceptual Study on the Country of Origin Effect on Consumer Purchase Intention; " *Asian Social Science*, Vol. 8, No. 12; 2012.
- [7] Owusu Alfred.(2013), "Influences of Price And Quality On Consumer Purchase Of MobilePhone In The Kumasi Metropolis In Ghana A Comparative Study", *European Journal of Business and Management* ISSN 2222-1905 (Paper) ISSN 2222-2839 (Online) Vol.5, No.
- [8] Järveläinen Supervisors: Hanna Salojärvi and Katrina Lintukangas. (2012)," Effects of Country of Origin on Consumer Product Evaluations", "*School of Business International marketing Bachelor*" Thesis.
- [9] Fatima Sarwar, Muzamil Aftab, Muhammad Tahseen Iqbal, "The Impact of Branding on Consumer Buying Behavior" *IJTNR International Journal of Technology and Research*.
- [10] Zeb, Kashif Rashid, and M.Bilal Javeed. "Influence of Brands on Female Consumer"s Buying Behavior in Pakistan", *International Journal of Trade, Economics and Finance*, Vol. 2, No. 3, June 2011.
- [11] KHOR ENG TATT, (2010) "Factors Influencing Consumer Buying Behavior of Luxury Branded Goods", *UNIVERSITI SAINS MALAYSIA*.
- [12] TERRY L. CHILDERS AKSHAY R. RAO. "The Influence of Familial and Peer-based Reference Groups on Consumer Decisions", *JOURNAL OF CONSUMER RESEARCH* ·(1992)
- [13] Soundararaj, J. and Janakidas, D. V. (2012), "Indian Brands in the Indian's Context", *Indian Journal of Research in Commerce & Management* , Vol.3, pp68-71.

Les sites à haut risque à Bukavu : problèmes sociaux, environnementaux et sanitaires

Biringanine Mushagalusa Eleuthère¹, Bahati Namegabe Ladislas², and El Kent Atumishi Mubangu³

¹Maitre de 3ème cycle de la politique et socio - économie de la gestion de l'environnement UEA/ Bukavu, licencié en santé publique, Chef de Travaux à l'ISTM/Kabare, Bukavu, RD Congo

²Licencié en sciences infirmières, assistant à l'ISTM/Kabare, RD Congo

³Maitre de 3ème cycle de la politique et socio - économie de la gestion de l'environnement UEA/ Bukavu, licencié en santé publique, assistant à l'ISTM/Kabare, Bukavu, RD Congo

Copyright © 2016 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 research undertaken in the town of Bukavu in the east of the Democratic Republic of Congo (RDC) tries to include/understand the motivations of the choice of the high-risk sites by the households and analyzes the social, environmental and medical problems of the households living on the high-risk sites with Bukavu as well as the solutions under consideration by the latter. To collect the data, of the investigations by questionnaire near 390 households were realized. Software SPSS version 18.0 and analyzes it of contents were used to analyze the data. The results show the choice of the high-risk sites by the households on the high-risk sites is explained by the crisis of housing in the town of Bukavu, related on the deficiency of space face a demographic explosion, the growth the rural migration and on the exorbitant land price and the permissiveness of the administration. The populations living on the high-risk sites with Bukavu test serious problems of which the risk of slip of the grounds, the risk of the crumbling of the grounds, the risk of the floods, the risk of the accidents in the home, the risk of the falls, the risk of the depression of the grounds, the risk of the shocks. It is also observed on the high-risk sites with Bukavu, a high frequency of pathologies of which paludism, influenza, the typhoid fever, diarrheal diseases and respiratory diseases. These problems are due to the expansion of illegal human establishments where almost all the social, environmental and medical conditions are not met. It appears clearly that the majority of the solutions under consideration by the households living on the high-risk sites with Bukavu are not effective.

KEYWORDS: High-risk site, life frame, Community health, environmental risks.

RESUME: Cette recherche menée dans la ville de Bukavu à l'est de la République Démocratique du Congo (RDC) essaie de comprendre les motivations du choix des sites à haut risque par les ménages et analyse les problèmes sociaux, environnementaux et sanitaires des ménages vivant sur les sites à haut risque à Bukavu ainsi que les solutions envisagées par ces derniers. Pour récolter les données, des enquêtes par questionnaire auprès de 390 ménages ont été réalisées. Le logiciel SPSS version 18.0 et l'analyse de contenu ont été utilisés pour analyser les données. Les résultats montrent que le choix des sites à haut risque par les ménages sur les sites à haut risque s'explique par la crise de logement dans la ville de Bukavu, liée à la carence d'espace face à une explosion démographique, aux prix fonciers exorbitant, à la croissance l'exode rural et à la permissivité de l'administration. Les populations habitant sur les sites à haut risque à Bukavu éprouvent de sérieux problèmes dont le risque de glissement des terrains, le risque des éboulements des terres, le risque des inondations, le risque des accidents domestiques, le risque des chutes, le risque de l'affaissement des terrains, le risque des chocs. Il s'observe aussi sur les sites à haut risque à Bukavu, une fréquence élevée des pathologies dont le paludisme, la grippe, la fièvre typhoïde, les maladies diarrhéiques et les maladies respiratoires. Ces problèmes sont dus à l'expansion d'établissements humains illégaux où presque toutes les conditions sociales, environnementales et sanitaires ne sont pas réunies. Il apparaît clairement que la plupart des solutions envisagées par les ménages vivant sur les sites à haut risque à Bukavu ne sont pas efficaces.

MOTS-CLEFS: Site à haut risque, cadre de vie, santé communautaire, risques environnementaux.

1 INTRODUCTION

La relation entre la qualité de l'environnement et la santé humaine occupe la majeure partie des débats internationaux et nationaux, ces dernières décennies, suite aux menaces que subissent l'environnement et les populations humaines. Le droit à l'habitat salubre est l'un des droits humains les plus fondamentaux. Cependant une part croissante de la population n'en a pas accès surtout dans les pays en voie de développement (Emmanuel, 2000).

Plus de la moitié de la population mondiale vit aujourd'hui dans les villes. Les statistiques montrent que sur plus d'un milliard d'habitants en 2010, 413 millions (soit 40 %) vivent en ville en Afrique (OMS, 2011). L'Afrique sub-saharienne et l'Asie du sud sont plus touchées où les populations s'entassent dans les quartiers informels, irréguliers et non planifiés (ONU-Habitat, 2010). Théoriquement, logement et santé sont intimement liés. La plupart des logements dans le monde malheureusement, non seulement ne protègent leurs occupants contre les risques qui menacent leur santé mais augmentent en fait leur exposition aux dangers liés à l'environnement (OMS, 1989).

L'Agenda 21 adopté au Sommet de la Terre de Rio en 1992 comprenait un chapitre entier sur la promotion d'un modèle viable d'établissements humains, le chapitre Sept. L'objectif général étant l'amélioration des établissements humains du point de vue social, économique, écologique, la qualité de ces établissements et les conditions de vie en zones urbaines et rurales. (Nations Unies, 1993). Le septième objectif des objectifs du millénaire pour le développement adoptés en 2000 par les états membres de Nations Unies soutient aussi qu'il faut préserver l'environnement et recommande de réussir, d'ici 2020, à améliorer sensiblement, la vie d'au moins 100 millions d'habitants dans des taudis.

L'Organisation mondiale de la santé estime que 24 % de la charge mondiale de morbidité et 23 % de tous les décès peuvent être attribué à des facteurs environnementaux. (OMS, 2007). Les sites à haut risque demeurent une préoccupation considérable dans plusieurs villes à travers le monde, mais le problème semble se poser avec acuité particulière dans les villes des pays en développement. Ils ont des impacts au niveau humain, social, sanitaire, gestion urbaine, environnemental, économique, sécuritaire, etc.

En RDC, La politique gouvernementale de l'habitat est articulée autour de quatre axes principaux : la réorganisation du secteur de l'habitat (réforme institutionnelle et renforcement des capacités) ; l'amélioration de l'habitat (politique d'aménagement foncier et d'encadrement du secteur immobilier) ; la mobilisation des ressources pour l'habitat (financement) et la résorption des zones de pauvreté urbaine (action d'urgence) (ONU-Habitat, 2008). Malgré toutes ces dispositions, la ville de Bukavu présente une situation peu favorable.

Jadis considérée comme Bukavu la verte, actuellement la ville connaît une croissance démographique galopante accélérée par l'exode rural et l'insécurité dans les milieux ruraux poussant les populations rurales à se déplacer massivement pour aller vivre dans les milieux urbains pour leur sécurité. La population de la ville de Bukavu a triplé en 13 ans, passant de 331779 habitants en 2000 à plus de 1000000 d'habitants en 2014 (Mairie de Bukavu, 2014). Juste après l'indépendance de la RDC en 1960, la ville de Bukavu était conçue pour abriter 30000 habitants pour une superficie de 44,90 km². Cette situation entraîne l'habitation sur des sites à haut risque. Ce comportement incivique de la population fait qu'elle se préoccupe d'acquérir les parcelles et d'y ériger les maisons d'habitation même si elles ne sont pas viables. Au regard de cet état de fait et à l'incapacité des autorités politico-administratives de venir à bout de ces problèmes, il ya dégradation de cadre de vie, la qualité de vie de la population et la dégradation de l'environnement. Au mois de janvier et février 2014, la ville de Bukavu a enregistré plus de 23 cas des décès et plusieurs dégâts matériels suite aux éboulements des terres et les glissements des terrains dans les sites à haut risque. Cette situation serait à la base des conséquences néfastes si aucune mesure n'est prise pour remédier à ce problème qui est une préoccupation majeure pour le bien être de toute la population. Cette étude essaie de comprendre les motivations du choix des sites à haut risque par les ménages et analyser les problèmes sociaux, environnementaux et sanitaires des ménages vivant sur les sites à haut risque à Bukavu ainsi que les solutions envisagées par ces derniers.

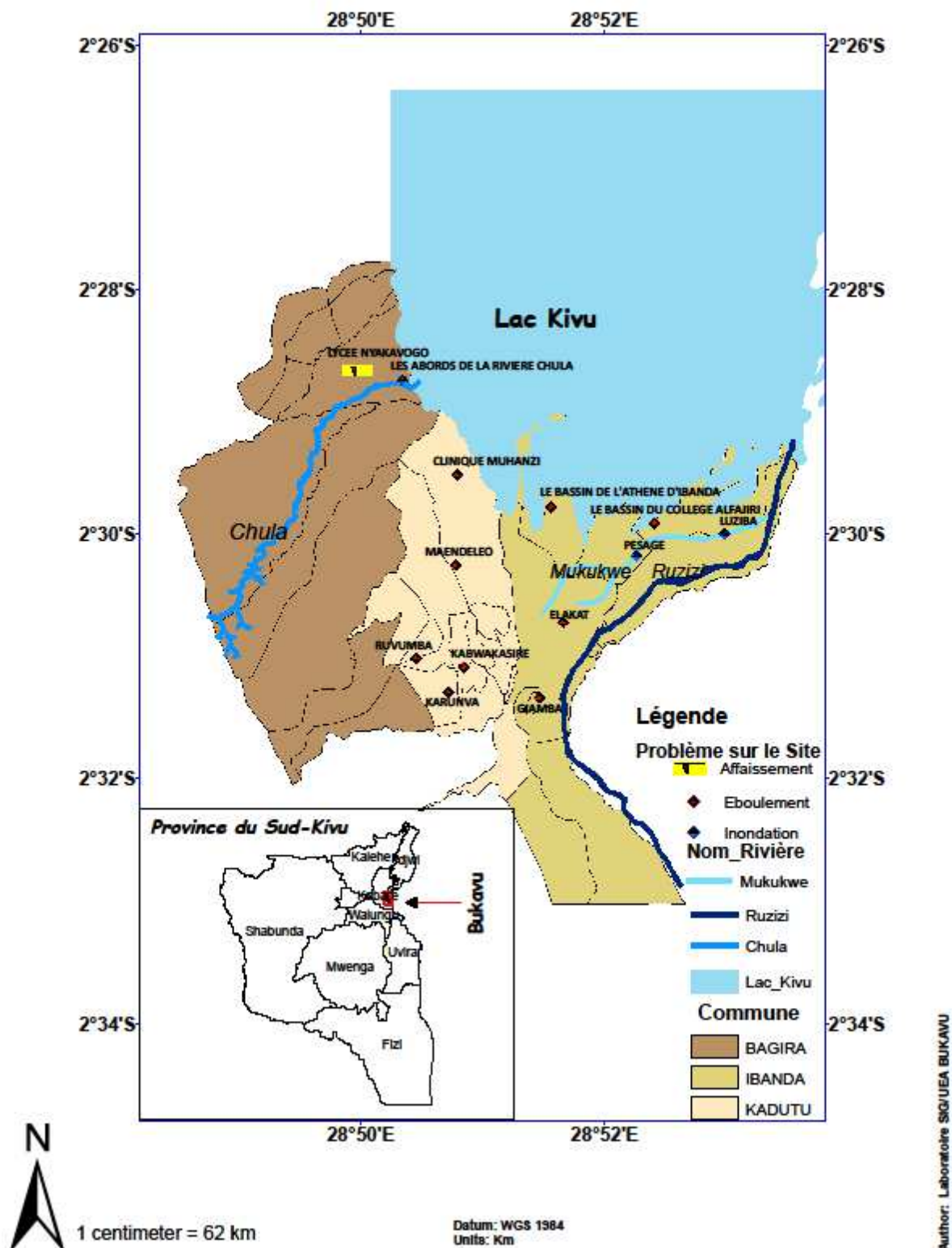
2 MATERIEL ET METHODE

2.1 DESCRIPTION DU MILIEU D'ÉTUDE

La ville de Bukavu se trouve dans la province du sud- Kivu, une de vingt-six provinces que compte la République Démocratique du Congo (RDC). Elle est composée des trois communes à savoir : la commune de Bagira, Kadutu et Ibanda. Elle est située à 2° 30' de latitude Sud et 28° 50' de longitude Est précisément dans le bassin appelé Eastern Valley du Graben, région des grands lacs. L'altitude moyenne de la ville de Bukavu est de 1600 m. Ce qui fait de la ville de Bukavu la plus élevée de toute la république du Congo. Ses dénivellations caractérisent son site montagneux. Une de ces dénivellations

est de 734 m soit du sommet du Mont Mbogwe à 2194 m et le lac est situé à 1460 m. La superficie de la ville de Bukavu est de 44,90 km². La température moyenne de la ville de Bukavu est de 20° C.

LOCALISATION DES SITES D'ETUDE DANS LA VILLE DE BUKAVU



Les précipitations moyenne annuelles s'élève à 1320 mm. La ville de Bukavu connaît un climat tropical avec deux saisons. La saison de pluie longue (entre le mois de janvier et juin puis entre septembre et décembre) et la saison sèche courte (le mois de juillet et août). Les sols et le substratum basaltique privilégient Bukavu d'être relativement fertile. Ils ne sont pas argileux au sens propre du mot. Ils seraient beaucoup plus compacts, moins perméables moins poreux car à la moindre sécheresse, l'eau manquait à Bukavu.

2.2 LES SITES À HAUT RISQUE

Pour cette étude, nous avons considéré 13 sites à haut risque répartis dans toutes les trois communes de la ville de Bukavu. Ces sites étaient sélectionnés selon qu'ils présente la possibilité d'un événement d'origine naturelle ou anthropique dont les effets peuvent mettre en danger un grand nombre de personnes, occasionner des dommages importants et des impacts négatifs sur l'environnement, dépassant les capacités de réaction de la population. Ainsi deux sites étaient sélectionnés dans la commune de Bagira. Il s'agit de Nyakavogo et les abords de la rivière Chula. Dans la commune de Kadutu : Nous avons retenu cinq sites compte tenu de la gravité des dégâts qu'ils présentent. Il s'agit de : Kabwakasire, Ruvumba, Maendeleo, Karunva, Clinique Muhanzi. Dans la commune d'Ibanda : Nous avons considéré six sites. Il s'agit de : Luziba, Pesage, Elakat, Giamba, le bassin de l'athénée d'Ibanda, le bassin du collège Alfajiri.

2.3 NIVEAU ET MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE

L'échantillonnage a été fait à deux échelons : Au niveau des autorités locales et les structures sanitaires : Les autorités locales représentent directement les autorités politico-administratives et interviennent dans la gestion des différents problèmes des ménages liés aux sites à haut risque. Le personnel de santé représentent les autorités sanitaires et gèrent au quotidien les problèmes sanitaires des ménages vivant sur les sites à haut risques.

Au niveau des ménages : Ils constituent les victimes au premier plan des problèmes liés aux sites à haut risque.

Selon le niveau, la méthode d'échantillonnage a été aléatoire ou non aléatoire.

Au premier niveau, concernant les autorités locales, nous avons considéré les cadres de base et plus précisément les chefs des quartiers. Nous avons utilisé l'échantillonnage exhaustif c.à.d. tous les chefs des 10 quartiers abritant les 13 sites à haut risque que nous avons sélectionné pour cette étude (soit 10 chefs des quartiers) ont participé à tout le processus de collecte des données. Il s'agit donc d'un site à haut risque par quartier sauf pour deux quartiers Ndendere et Nyalukemba où nous avons sélectionné respectivement deux et trois sites à haut risque. Quant aux structures sanitaires, nous avons retenu les formations sanitaires les plus proches des sites à haut risque. Ainsi, 13 formations sanitaires ont été sélectionnées soit une formation sanitaire par site à haut risque.

Au deuxième niveau, 390 ménages ont été enquêtés selon l'échantillonnage aléatoire stratifié non proportionnel et sur base d'un questionnaire. Cet échantillon était tiré selon un sondage aléatoire stratifié à deux degrés. Au premier degré nous avons tiré les sites à haut risque et au deuxième degré nous avons tiré les ménages (Ngouyamsa, 2006). 30 ménages étaient tirés d'une façon au hasard sur chaque site à haut risque afin d'accorder la chance égale à tous les sites jusqu'à atteindre 390 ménages pour les 13 sites à haut risque concernés par cette étude.

2.4 FIXATION DE LA TAILLE DE L'ÉCHANTILLON.

Nous avons utilisé la formule suivante pour fixer la taille de l'échantillon :

$$n = Z^2 P \cdot Q / d^2 \quad (\text{Chatmi, 2003 ; Banza, 2007})$$

Où n = taille de l'échantillon

Z = le seuil de confiance, ici au risque 5%, $Z = 1,96$

P = la proportion des ménages qui présentent les caractéristiques étudiées dans les sites à haut risque

$Q = (1 - P)$ = la proportion des ménages qui ne présentent pas les caractéristiques étudiées dans les sites à haut risque

d = degré de précision, en pratique 0,05

Nous devons déterminer P , or dans notre cas il n'est pas connu. Nous avons considéré la valeur la plus proche de 0,5 (50%) car c'est pour cette valeur que la taille de l'échantillon est la plus grande. Ainsi, l'application numérique de cette formule est $n = (1,96)^2 \cdot 0,5 \cdot (1 - 0,5) / (0,05)^2 = 384,16$ soit 384 ménages que nous avons arrondi à 390 ménages à enquêter dans les sites à haut risque.

2.5 TECHNIQUES DE COLLECTE DES DONNÉES

Cette étude a fait recours aux sources écrites et à la tradition orale. Nous avons aussi réalisé un grand travail de terrain. Parmi les techniques de collecte des données que nous avons utilisé, nous citons : l'analyse documentaire ; l'observation directe ; l'interview à l'aide d'un questionnaire adressé aux ménages sélectionnés ; les entretiens semi structurés avec les chefs des quartiers et le personnel de santé des différentes structures sanitaires environnant les sites ciblés.

2.6 DEROULEMENT DE LA COLLECTE DES DONNEES

Avant d'amorcer l'enquête, les bourgoumestres des toutes les trois communes (Bagira, Kadutu et Ibanda) de la ville de Bukavu, les médecins chefs des zones de santé des toutes les trois zones de santé (Bagira, Kadutu et Ibanda) et les chefs des quartiers (Nyakavogo, Kasha, Mosala, Nkafu, Nyakaliba, Kajangu, Cimpunda, Ndendere, Nyalukemba et Panzi) concernés par notre étude étaient informés de son déroulement lors des séances de travail que nous avons sollicité à cet effet. Au sein des ménages, les catégories des personnes qui nous ont intéressé sont : les chefs des ménages, (hommes ou femmes) ou toute autre membre du ménage adulte, ayant séjourné plus de six mois dans le milieu (Zumsteeg, 2000 ; Banza, 2007 ; Pinsonneault et al., 2008). Nous avons garanti l'anonymat et la discrétion aux ménages qui nous ont reçu et qui ont répondu à notre questionnaire d'enquête, en insistant sur le fait que les informations nous fournies servirait exclusivement qu'à l'étude scientifique. Après avoir interviewé un membre d'un ménage choisi au hasard habitant le site à haut risque, on passait à un autre ménage choisi au hasard sur le même site jusqu'à atteindre les 30 ménages prévu pour chaque site à haut risque et de parcourir ainsi tous les 13 sites à haut risque.

Nos observations directes nous ont permis de bien cerner les réalités dans les sites à haut risque que l'enquête ne pouvait obtenir d'une façon indirecte. Au cours de cette opération, un appareil photographique par enquêteur nous a permis de prendre les images intéressantes des sites concernés par cette étude. Elles ont permis de restituer les réalités vivantes rencontrées sur le terrain. Les photos d'ensemble complètent plusieurs détails intéressants rencontrés ci et là sur divers sites.

Concernant les entretiens avec les chefs des quartiers, ils se sont déroulés du 14 au 30 mai 2014 soit au domicile des enquêtés soit au lieu d'activité de ces derniers. Ils se sont déroulés en tête à tête entre nous-même et les personnes concernées à l'aide d'un guide d'entretien pendant la journée. La durée des entretiens était variable allant de 30 à 45 minutes selon l'humeur et la disponibilité de la personne. Le guide d'entretien comprenait les volets suivants : l'identification du répondant ; l'histoire du site ; les risques auxquels les populations vivant sur ces milieux sont exposés ; les dégâts connus sur les sites, les mesures d'adaptation des ménages face à ces problèmes ; les propositions. Nous avons mené les entretiens avec 10 chefs des quartiers qui gèrent les 10 quartiers où se trouvent les 13 sites à haut risque que nous avons sélectionné pour cette étude (soit un chef par quartier).

En ce qui concerne les personnels de santé, ils se sont déroulés du 06 au 28 juin 2014 en tête à tête entre nous-même et le personnel de santé (soit un médecin, un infirmier ou infirmière) trouvé disponible au lieu de service pendant la journée. Les entretiens se sont déroulés à l'aide d'un guide d'entretien. La durée des entretiens était variable allant de 30 à 45 minutes selon l'humeur et la disponibilité de la personne. Le guide d'entretien comprenait : l'identification du répondant ; les risques sanitaires auxquels les populations vivant sur les sites à haut risque sont exposés ; les problèmes de santé enregistrés régulièrement sur les sites à haut risque ; les causes de ces problèmes ; les propositions face à cette situation. Nous avons mené les entretiens avec 13 personnels de santé pour 13 formations sanitaires retenues pour cette recherche (soit un personnel de santé par formation sanitaire).

Le logiciel SPSS version 18.0 et l'analyse de contenu ont été utilisés pour analyser les données. Selon Ghiglione et Matalon, l'analyse de contenu est une méthode d'analyse de ce qui est dit pour arriver à en connaître le sens précis (L'ECUYER, 1990).

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 LES MOTIVATIONS DU CHOIX DES SITES A HAUT RISQUE A BUKAVU PAR LES MENAGES

77 % des chefs des quartiers avec qui nous avons eu des entretiens ont déclaré que les sites à haut risque à Bukavu n'étaient pas habités depuis longtemps tandis que 23 % ont dit le contraire. Il n'était pas autorisé de construire sur les sites à haut risque à Bukavu. Cependant cette interdiction n'a pas été renforcée par les mesures d'accompagnement, d'où les sites à haut risque ont échappé au contrôle des autorités compétentes. Les maisons se sont érigées progressivement sur ces sites jusqu'à déborder les vases. Ces sites étaient boisés et personne ne pouvait y ériger des maisons car il y avait encore

beaucoup d'espace dans la ville de Bukavu selon les chefs des quartiers avec qui nous nous sommes entretenus. Ce dernier temps les populations continuent à augmenter sur ces sites du jour au lendemain. Cette occupation ne tient pas compte des normes urbanistiques. La plupart des ménages habitant sur les sites à haut risque à Bukavu viennent des milieux ruraux soit 85 % contre 15 % qui viennent de la ville de Bukavu selon les chefs des quartiers avec qui nous avons eu des entretiens. 61 % des ménages enquêtés ont quitté leurs anciennes résidences car ils ont trouvé des parcelles à moins chères sur les sites à haut risque. 17 % des ménages ont quitté leurs anciennes résidences à cause de l'insécurité dans leurs milieux ruraux. 16 % des ménages ont quitté leurs anciennes résidences à cause de prix de loyer qui était très cher. 5 % des ménages ont quitté leurs anciennes résidences à cause des opportunités économiques que leurs offrent les milieux d'accueil. 1 % des ménages ont quitté l'ancienne résidence car ils ont trouvé gratuitement des maisons sur les sites à haut risques.

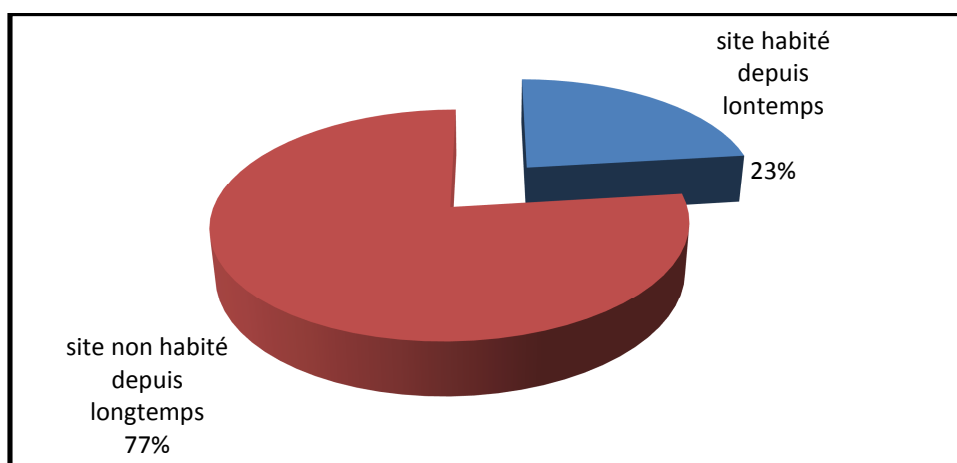


Figure 1 : Histoire des sites habités par les populations

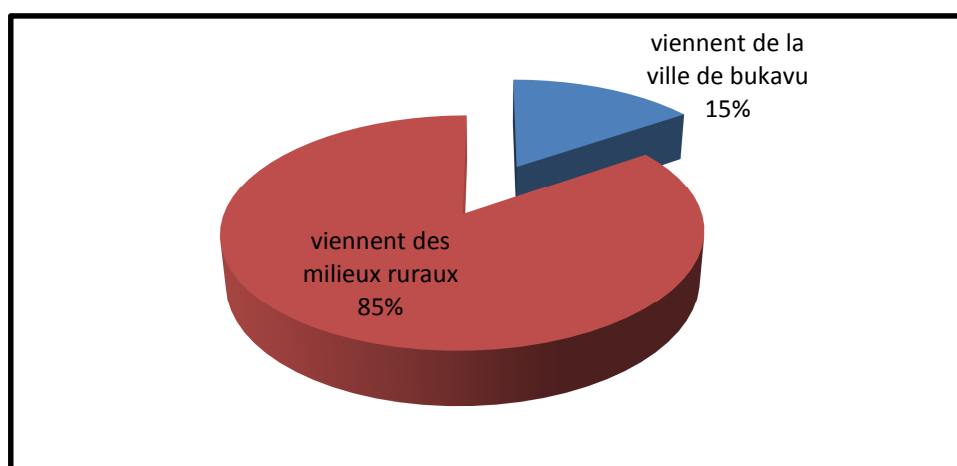


Figure 2 : Origine des habitants vivant sur les sites à haut risque à Bukavu

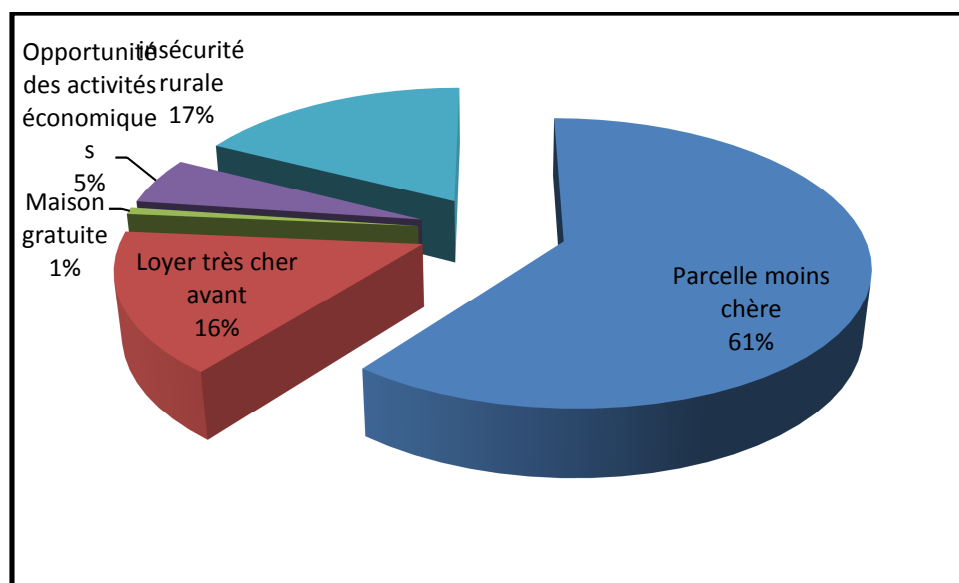


Figure 3 : Raisons de déménager l'ancienne résidence

3.2 LES PROBLEMES SOCIAUX, ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES DES MENAGES HABITANT SUR LES SITES A HAUT RISQUES A BUKAVU ET LES SOLUTIONS ENVISAGEES

Les populations habitant sur les sites à haut risque à Bukavu éprouvent des sérieux problèmes (réponses multiples) : 75,1 % des ménages enquêtés ont le risque de glissement des terrains ; 69,4 % ont le risque des éboulements des terres ; 18,4 % ont le risque des inondations ; 34,6 % ont le risque des accidents domestiques ; 63,8 % ont le risque des chutes ; 17,4 % ont le risque de l'affaissement des terrains ; 12,1 % ont le risque des fractures ; 26,6 % ont le risque des chocs. Cependant 11 % des ménages enquêtés habitant sur les sites à haut risque à Bukavu ont déclaré qu'ils ne courent aucun risque en habitant sur ces sites. Il ya des sites qui encourent plus des risques que d'autres. Les chefs des quartiers avec qui nous nous sommes entretenus ont confirmé aussi la présence des risques sur les sites à haut risque. Ces résultats ne sont pas bons. La ville de Bukavu présente un relief sous forme d'amphithéâtre qui s'élève tantôt brusquement, tantôt progressivement. C'est donc un relief fort accidenté qui croit au fur et à mesure qu'on s'éloigne du lac Kivu. Les scientifiques expliquent cette morphologie par sa liaison étroite avec le graben africains : « le bassin sud du lac Kivu fait partie de la branche Ouest du Rift-Est-Africain connu comme la zone la plus séismiquement active du continent africain » (Wafula et al.,1999) résultant d'une intense tectonique qui marque spectaculairement le relief, distingué par des pentes fortes avec des dénivellations importantes.

Tableau n°1: Risques encourus par les ménages habitant sur les sites à haut risque à Bukavu (Réponses multiples : un ménage court plusieurs risques à la fois)

N = 390

Risques encourus par les ménages habitant sur les sites à haut risque à Bukavu	Fréquence (score)	% (score)
Affaissement de terrain	68	17,4
Eboulement des terres	271	69,4
Glissement de terrain	293	75,1
Chutes	249	63,8
Chocs	104	26,6
Fractures	47	12,1
Inondation	72	18,4
Autres accidents domestiques	135	34,6
Aucun	43	11

Les dégâts connus sur les sites à haut risque à Bukavu sont énormes. Selon les ménages enquêtés sur les sites à haut risque à Bukavu (réponses multiples) : 84,1 % des ménages ont déclaré qu'ils enregistrent des pertes de beaucoup de

matériels sur les sites à haut risque ; 41,8 % ont vu leurs maisons endommagées ; 32,5 % ont déclaré avoir vu les pertes en vies humaines. Le sol de Bukavu offre des terrains fragiles à cause des failles qui apparaissent en surface à plusieurs endroits. Les couches superficielles du sol sont ordinairement d'origine volcanique ancienne fortement altérées (Chamaa, 1981). L'autorité coloniale était très consciente de cette irrégularité topographique qu'elle avait construit la ville suivant un plan régulier en identifiant des sites qui devaient rester exclusivement boisés « en y plantant des espèces exotiques à croissance rapide tels que les eucalyptus, les cyprès, les grevillea » (Nyange, 1994) car impropres aux constructions. Selon Viala (2012), Si la ville est inévitablement gérée par des autorités, il peut être seulement nécessaire, pour arriver à enrayer la croissance des bidonvilles et donc la précarité toujours grandissante de nos villes, d'instituer une nouvelle échelle dans les politiques urbaines, comme une vraie politique de concertation entre les acteurs de la construction et les habitants. Selon Nguimalet (2007), les populations font de plus en plus recours aux espaces dépourvus de tout contrôle où elles constituent une civilisation rurale dans l'enceinte même du périmètre urbain. Les résultats trouvés par Gleyze (2002) montrent que les mouvements de terrain peuvent être successifs à un affaissement plus ou moins brutal des cavités souterraines naturelles ou artificiel, à phénomène de gonflement ou de retrait liés au changement d'humidité des sols argileux (à l'origine de fissuration de bâti), ou bien à un tassement de sol compressible par surexploitation, en plaine. Ces mouvements peuvent être successifs aux glissements de terrain par rupture d'un versant instable ou aux écroulements et chutes des blocs en montagne.

Tableau n°2 : Risques encourus par site

Selon nos résultats, le risque de l'accident domestique est plus fréquent dans les ménages sur le site de bassin du collège Alfajiri (soit 15 %) ; Le risque d'inondation est plus fréquent sur les sites de Luziba (50 %) et sur les abords de la rivière Chula (33 %) ; Le risque d'affaissement de terrain est plus fréquent sur le site de Nyakavogo (38 %) ; Le risque d'éboulement des terres est plus fréquent sur le site de Kabwakasire (11%) ; Le risque de glissement de terrain est plus fréquent sur les sites de clinique Muhanzi, Elakat, Giamba, Kabwakasire, Karunva, Maendeleo, Nyakavogo et Ruvumba (soit 11 % des ménages par site) ; Le risque des chutes est fréquent sur les sites d'Elakat (11 %) et Kabwakasire (11 %) ; Le risque des chocs est plus fréquent sur les sites de Giamba, Maendeleo et Nyakavogo (10 % des ménages par site). Cependant, 23 % des ménages vivant sur le site du Bassin du collège Alfajiri ont déclaré ne pas connaître le risque en vivant sur ce site.

Sites	Bassin de l'athénée d'Ibanda	Bassin du collège Alfajiri	Clinique Muhanzi	Elakat	Giamba	Kabwakasire	Karunva	Les abords de la rivière Chula	Luziba	Maendeleo	Nyakavogo	Pesage	Ruvumba	%
Accidents domestiques	12	15	10	4	7	7	11	4	7	7	6	9	7	100
Inondation	0	0	0	0	0	0	0	33	50	0	0	17	0	100
Affaissement	3	3	28	0	1	18	1	0	0	4	38	0	3	100
Eboulement	3	2	10	10	10	11	10	5	4	10	9	3	10	100
Glissement de terrain	5	3	11	11	11	11	11	5	2	11	11	4	11	100
Chutes	6	4	6	11	9	11	8	5	6	10	10	7	4	100
Chocs	5	3	3	8	10	3	3	5	9	10	10	4	9	100
Aucun	19	23	6	5	9	2	6	5	2	6	2	6	9	100

Tableau n°3 : Dégâts enregistrés par les ménages habitant sur les sites à haut risque (Réponses multiples : un ménage enregistre plusieurs dégâts à la fois)

N = 390

Les dégâts enregistrés au sein des ménages habitants les sites à haut risque à Bukavu	Fréquence (score)	% (score)
Perte en vie humaine	127	32,5
Destruction des maisons	163	41,8
Perte des biens matériels importants	328	84,1
Aucun dégât important	62	15,9

Selon les personnels de santé des formations sanitaires avoisinant les sites à haut risque à Bukavu avec qui nous avons eu des entretiens, (réponses multiples) : 100 % ont parlé de paludisme comme maladie fréquente dans les fosa avoisinant les sites à haut risque à Bukavu ; 84,6 % ont parlé de la fièvre typhoïde ; 84,6 % ont parlé des maladies diarrhéiques, 61,5 % ont parlé des chocs et 38,4 % de personnel de santé ont parlé des fractures comme problèmes de santé fréquemment enregistrés dans les formations sanitaires avoisinant les sites à haut risque à Bukavu. Les ménages habitants sur les sites à haut risque à Bukavu ne remplissent pas les recommandations issues de la déclaration d'habitat d'Istanbul (1996). Cette

déclaration suggère que l'habitat soit favorable à la santé et qu'il assure les circonstances nécessaires et suffisantes à la santé physique, mentale et sociale à la sécurité, à l'hygiène, au confort et à l'intimité car le logement n'est pas seulement considéré comme un bâtiment érigé sur un terrain quelconque, mais inclut des nombreux services connexes à une vie décente. En revanche, les résultats de notre étude sont différents des ceux trouvés par Zumsteeg (2000). Selon cette étude, même après leur avoir soumis toute une liste de menaces potentielles pour la santé dans leur logement (bruit extérieur, amiante, humidité, acariens...), plus des trois quarts des Français ne pensent pas que leur santé est aujourd'hui menacée dans leur foyer (42% ne le pensant même "pas du tout"). Selon Norman King et JO Anne Simard (2001), en milieu résidentiel, le taux d'humidité ainsi que la présence d'infiltration ou des dégâts d'eau sont les facteurs qu'il importe de contrôler. Selon l'OMS (2001), les villes des pays les moins avancés réunissent généralement les problèmes habituels de salubrité de l'environnement liés à la pauvreté, en particulier les infections respiratoires et intestinales, et les problèmes d'un habitat de mauvaise qualité et d'une industrialisation sauvage. Selon Gendreau et al. La nature du site conditionne largement ses relations actuelles et futures avec l'environnement. Certaines maladies parasitaires liées à l'eau ne sont pas spécifiques au milieu urbain, mais se rencontrent plus fréquemment dans certains quartiers insalubres des villes et sont favorisées par les fortes densités des populations urbaines (amibiases, choléra, diarrhées, helminthiases...). Selon Thouret et D'ercle (1996), une politique de planification urbaine préventive implique une réduction de la vulnérabilité et de la gestion des risques par une stratégie d'atténuation des effets des phénomènes naturels et surtout par une amélioration des réponses individuelles et collectives.

Tableau n°4: Dégâts enregistrés par site

Selon nos résultats, la perte des biens matériels importants est le dégât enregistré par les ménages habitant sur les sites d'Elakat, Kabwakasire, les abords de la rivière chula, Luziba, Nyakavogo et Ruvumba (9 % des ménages par site). La destruction des maisons est le dégât enregistré par les ménages habitant sur le site de Nyakavogo et Kabwakasire (13 % des ménages par site). La perte de vie humaine est le dégât enregistré par les ménages habitant sur le site d'Elakat et sur les abords de la rivière Chula (24 % des ménages par site). Cependant, 14 % des ménages vivant sur le site du Bassin du collège Alfajiri ont déclaré ne pas connaître de dégât en vivant sur ce site.

Sites Dégât connus	Bassin de l'athénée d'Ibanda	Bassin du collège Alfajiri	Clinique Muhanzi	Elakat	Giamba	Kabwakasire	Karunva	Les abords de la rivière Chula	Luziba	Maendeleo	Nyakavogo	Pesage	Ruvumba	%
Perte des biens matériels important	3	2	8	9	8	9	8	9	9	8	9	8	9	100
Destruction des maisons	2	1	9	11	7	13	5	8	7	8	13	5	8	100
Perte en vie humaine	0	0	5	24	7	5	1	24	2	5	17	2,3	7	100
Aucun dégât important	12	14	5	5	8	3	11	5	3	10	6	8	10	100

Tableau n°5: Problèmes de santé fréquents dans les fosa avoisinant les sites à haut risque (Réponses multiples : une fosa enregistre plusieurs maladies à la fois)

N = 13

Problèmes de santé fréquents dans les fosa avoisinant les sites à haut risque à Bukavu	Fréquence (score)	% (score)
Fièvre typhoïde	11	84,6
Paludisme	13	100
Maladies diarrhéiques	11	84,6
Chocs	08	61,5
Fractures	05	38,4

Selon nos enquêtés, la plupart des ménages qui ont enregistré le paludisme se trouvent sur le site de Luziba (13 %) suivi de Pesage (10 %). La grippe a été enregistrée dans la plupart des ménages sur le site de Giamba (15 %) suivi de Kabwakasire (13 %). La fièvre typhoïde a été enregistrée par la plupart des ménages habitants sur le site de Luziba (16 %) et Maendeleo (15 %). La plupart des ménages qui ont enregistré les maladies diarrhéiques se trouvent sur le site de Luziba (17 %) suivi des abords de la rivière Chula (12 %). Les maladies respiratoires ont été enregistrées dans la plupart des ménages sur le site de Luziba (15 %) suivi de Ruvumba (13 %).

Dans le but de réduire le risque, les populations définissent des stratégies sous forme des mesures adaptatives sur les sites. De tous les 390 ménages enquêtés sur les sites à haut risque à Bukavu, 66,7 % utilisent les sacs remplis des terres pour empêcher le glissement et l'éboulement des terres dans leurs parcelles ; 62,1 % construisent des murs des sticks d'arbres et des planches pour empêcher le glissement de terrain et les éboulements des terres. Seulement 15,9 % des ménages construisent des murs en matériaux durables pour soutenir le sol dans les parcelles et 24,6 % des ménages déplacent les familles et les biens matériels quand il pleut pour éviter les pires et rentrent après la pluie. Il apparaît clairement que la plupart des solutions envisagées par les ménages vivant sur les sites à haut risque à Bukavu ne sont pas efficaces. La plupart des ménages qui construisent des murs des sticks d'arbres et des planches pour empêcher le glissement et l'éboulement des terres se trouvent sur le site de Nyakavogo (13 %). La plupart des ménages qui canalisent des eaux à l'intérieur et à l'extérieur de la maison pour éviter l'inondation habitent sur le site de Luziba (52 %). La plupart des ménages qui construisent des murs en matériaux durables habitent sur le site du bassin du collège Alfajiri (35 %). La plupart des ménages qui remblai les maisons pour éviter l'inondation habitent sur le site de Luziba (44 %). La plupart des ménages qui utilisent les sacs remplis des terres pour empêcher le glissement et l'éboulement des terres habitent sur le site Elakat (14 %). La plupart des ménages qui utilisent des piliers pour soutenir la maison afin d'empêcher la pénétration de l'eau à l'intérieur de la maison habitent sur le site de Luziba (57 %). La plupart des ménages qui plantent les arbres dans la parcelle pour empêcher le glissement et l'éboulement des terres se trouvent sur le site du bassin du collège Alfajiri, Clinique Muhanzi, Elakat, Kabwakasire (soit 10 % des ménages par site).

Tableau n°6 : Maladies fréquentes par site

Sites à haut risque	Bassin de l'athénée d'Ibanda	Bassin du collège Alfajiri	Clinique Muhanzi	Elakat	Giamba	Kabwakasire	Karunva	Les abords de la rivière Chula	Luziba	Maendeleo	Nyakavogo	Pesage	Ruvumba	%
Maladies fréquentes														
Paludisme	7	6	5	6	9	8	8	8	13	8	7	10	5	100
Grippe	6	10	3	5	15	13	10	8	6	3	8	4	9	100
Fièvre typhoïde	2	2	11	3	2	2	8	10	16	15	7	12	10	100
Maladies diarrhéiques	4	3	6	5	6	9	5	12	17	10	5	9	9	100
Maladies respiratoires	2	4	6	8	9	9	8	6	15	8	4	8	13	100

Tableau n°7 : Mesures d'adaptation des ménages habitant sur les sites à haut risque à Bukavu (Réponses multiples : un ménage enregistre plusieurs maladies à la fois)

N = 390

Mesures d'adaptation des ménages habitant sur les sites à haut risque à Bukavu	Fréquence (Score)	% (score)
Construction des murs des sticks d'arbres et des planches pour empêcher le glissement et l'éboulement des terres	242	62,1
Canalisation des eaux à l'intérieur et à l'extérieur de la maison pour éviter l'inondation	41	10,5
Construction des murs en matériaux durables	62	15,9
Remblai la maison pour éviter l'inondation	59	15,1
Usage des sacs remplis des terres pour empêcher le glissement et l'éboulement des terres	260	66,7
Utilisation des piliers pour soutenir la maison afin d'empêcher la pénétration de l'eau à l'intérieur de la maison	37	9,4
Planter les arbres dans la parcelle pour empêcher le glissement et l'éboulement des terres	152	38,9
Utilisation des gouttières pour déduire l'infiltration du sol pouvant conduire aux glissements de terrain	82	21,1
Elargissement du lit de la rivière luziba	28	7,1
Canalisation de l'eau à côté de la maison	13	3,3
Déplacer la famille et les biens matériels quand il pleut pour éviter les pires	96	24,6

Tableau n°8: Les mesures d'adaptations des ménages par site

Sites à haut	Bassin de	Bassin	Clinique	Elakat	Giamba	Kabwakasire	Karunva	Les	Luziba	Maendeleo	Nyakavogo	Pesage	Ruvumba	%
--------------	-----------	--------	----------	--------	--------	-------------	---------	-----	--------	-----------	-----------	--------	---------	---

risque	l'athénée d'Ibanda	du collège Alfajiri	Muhanzi					abords de la rivière Chula						
Mesures d'adaptation														
Murs des sticks d'arbres et planches	3	1	6	11	10	12	11	6	2	8	13	5	12	100
Canaliser les eaux à l'intérieur et extérieur	0	0	0	0	0	0	0	17	52	0	0	31	0	100
Murs en matériaux durables	16	35	16	10	3	0	3	2	0	3	0	8	3	100
Remblai la maison	0	0	2	0	0	0	0	25	44	0	0	29	0	100
Usage des sacs remplis des terres	1	1	7	14	11	13	11	12	2	4	11	8	5	100
Utiliser des piliers pour soutenir les maisons	0	0	0	0	0	0	0	0	57	0	0	43	0	100
Planter les arbres	6	10	10	8	10	7	10	4	9	8	9	3	6	100
Utiliser des gouttières	16	15	14	7	4	6	5	0	10	0	10	13	0	100
Elargir le lit de la rivière	0	0	0	0	0	0	0	0	78	0	0	21	0	100
Canaliser l'eau à coté de la maison	0	0	0	0	0	0	0	0	69	0	0	31	0	100
Déplacer la famille et les biens	0	0	0	6	0	2	1	24	28	10	8	19	2	100

4 CONCLUSION

Cette recherche met en lumière les problèmes sociaux, environnementaux et sanitaires des ménages vivant sur les sites à haut risque à Bukavu. Les résultats montrent que le choix des sites à haut risque par les ménages sur les sites à haut risque s'explique par la crise de logement dans la ville de Bukavu, liée à la carence d'espace face à une explosion démographique et aux prix fonciers exorbitant et à la permissivité de l'administration. Cette démographie galopante est aussi due à la croissance l'exode rural. Les populations habitant sur les sites à haut risque à Bukavu éprouvent de sérieux problèmes entre autres la perte de beaucoup de matériels sur les sites à haut risque, la destruction des maisons et la perte en vie humaines. Les ménages vivant sur les sites à haut risque enregistrent fréquemment des maladies telles que le paludisme, la grippe, la fièvre typhoïde, les maladies diarrhéiques et les maladies respiratoires. Les mesures d'adaptations des ménages habitant sur les sites à haut risque à Bukavu sont nombreuses. Les ménages utilisent les sacs remplis des terres pour empêcher le glissement et l'éboulement des terres dans leurs parcelles. Ils construisent des murs des sticks d'arbres et des planches pour empêcher le glissement de terrain et les éboulements des terres. Ils plantent les arbres dans leurs parcelles pour empêcher le glissement de terrain et les éboulements des terres. Ils déplacent leurs familles et les biens matériels chaque fois quand il pleut pour éviter les pires. Ils utilisent des gouttières pour éviter l'érosion du sol sur les sites à haut risque à Bukavu. Ils construisent des murs en matériaux durables pour soutenir le sol dans les parcelles. Ils font le remblayage régulier des maisons pour éviter l'inondation des maisons quand il pleut. Ils canalisent des eaux à l'intérieur et à l'extérieur des maisons pour éviter l'inondation des maisons. Ils utilisent des piliers pour soutenir les maisons afin d'empêcher la pénétration de l'eau à l'intérieur de la maison. Ils élargissent le lit de la rivière Luziba pour éviter le débordement des eaux de cette rivière et l'inondation des maisons. Ils canalisent de l'eau à côté des maisons quand il pleut pour éviter l'inondation des maisons. Ils des ménages déplacent les familles et les biens matériels quand il pleut pour éviter les pires et rentrent après la pluie. Il apparait clairement que la plupart des solutions envisagées par les ménages vivant sur les sites à haut risque à Bukavu ne sont pas efficaces. Une analyse approfondie pour mettre en place une stratégie adéquate pour la gestion des ces sites devrait être effectuée en vue de mettre en place une bonne politique d'aménagement et d'urbanisation de la ville de Bukavu.

REFERENCES

- [1] Banza, K., 2007, Perception du risque lie à l'habitat insalubre en milieu urbain, Mémoire DEA, Université de Lubumbashi, inédit.
- [2] Chamaa, M., S., et al., 1981, Atlas de la ville de Bukavu , in CERUKI/ISP, Bukavu, Zaire, 1p.
- [3] Chatmi, A., 2003, Epidémiologie, Presse Universitaire de Lubumbashi, 192p.
- [4] Emmanuel, E. ; Thermil, K. ; Philippe-Auguste, P.R. ; Metellus, E. ; Saint-Hilaire, P. ; Metellus, F., 2000, Analyse de la situation de l'habitat en Haïti, Éditions du LAQUE, Presses de l'Université Quisqueya, Haïti, 40p.
- [5] Gendreau, F., Gubry, P., et Veron, J., L'environnement urbain, in Populations et environnement dans les pays du Sud, Karthala 22-24, Paris, CEPED, 18p.
- [6] Gleyze, J.F., 2002, le risque, Institut Géographique National, Laboratoire COGIT, 256p.
- [7] L'Ecuyer, R., 1990, Méthodologie de l'analyse développementaliste de contenu, Québec, Presse Universitaire de Québec.
- [8] Ngouyamsa, V., 2006, Dynamiques socio-économiques dans les sites à risque de Douala et ses implications sur l'environnement social, Mémoire DEA, Université de Douala, Cameroun - diplôme d'étude approfondie, 123 p.
- [9] Nguimalet C. R., 2007, population et croissance spatiale : diagnostics et implications pour une gestion urbaine, in urban population, development and environment dynamics in developing countries, Nairobi, Kenya.
- [10] Norman king et Jo anne simar, 2001, conditions de logement et santé publique dans la région métropolitaine, Une publication du réseau de la santé publique du Québec, Volume 12, N°1, Janvier - février 2001, 8p.
- [11] Nyange, S., S., 1994, Quelques tentatives de lutte antiérosive par le reboisement dans la ville de Bukavu : réussite ou échec, in problème de la foresterie au kivu, Actes de l'atelier de Bukavu 15-17 aout 1994 à Panzi, RONGED-ZAIRE, 39p.
- [12] OMS, 2011, Relevé épidémiologique hebdomadaire, n°31, juillet 2011, pp. 325-340.
<http://www.who.int/wer>
- [13] OMS, 2007, Prévenir la maladie grâce à un environnement sain, Genève, 16p.
- [14] OMS, 2002, Rapport sur la santé dans le monde 2002. Réduire les risques et promouvoir une vie saine, 262 p.
- [15] OMS, 1989, Santé et logement principes directeurs, Genève.
- [16] ONU-Habitat, 2010, L'état des villes africaines, Gouvernance, Inégalités et Marchés Fonciers Urbains Nairobi, 279p.
- [17] ONU-Habitat, 2008, Document de programme – pays, République Démocratique du Congo, 24p. Site Internet: <http://www.unhabitat.org>
- [18] ONU, 1992, Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement, Conférence des 3-14 juin 1992, Rio de Janeiro, 4 p.
- [19] Pinsonneault, L., Blanchette, C., Leclerc, J.M., 2008, Validité de deux instruments de mesures des caractéristiques des habitations liées à la qualité de l'air intérieur, 77p.
- [20] Thouret, J.C. et D'ercole, R., Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales, in Cah. Sci. hum. 32 (2) 96:407- 422, 17p.
- [21] Viala, A., 2012, Quel est le rôle des bidonvilles dans la formation des villes de demain?, Mémoire de master 2, École nationale supérieure de Paris La Villette, 129p.
- [22] Wafula et al., 1999, Recrudescence des glissements de terrain suite à la réaction séismique de Bassin du lac Kivu région de Bukavu (Rép. Dém. Congo), in Musée, Royal de l'Afrique Centrale, Département Géologique et Mines, Rapport Annuel, 1977 et 1978, CRSN/Lwiro, 285p.
- [23] Zumsteeg, S., La santé des Français dans leur logement, 2000

ANNEXE I : QUESTIONNAIRE D'ENQUETE DANS LES MENAGES HABITANT SUR LES SITES A HAUT RISQUE A BUKAVU

1. Nom du site:/...../ 2. Quartier:/...../ 3.Commune: /...../

4. Taille de ménage: /...../
5. Age du chef de ménage: /...../ (En année)
6. Sexe du chef de ménage : a) Masculin /...../ b) Féminin /...../
7. Niveau d'étude du chef de ménage :
- a) sans niveau /...../ b) primaire /...../ c) secondaire /...../ d) universitaire /...../ e) post universitaire /...../
8. Statut matrimonial du chef de ménage :
- a) marié /...../ b) célibataire /...../ c) divorcé /...../ d) veuf(ve) /...../
9. Profession de chef de ménage : a) Employé /...../ b) Sans emploi /...../
10. Statut de l'interviewé :
- a) épouse /...../ b) époux /...../ c) fille/...../ d) fils /...../ e) visiteur (use) /...../ f) autres (à préciser),
11. Niveau d'étude de l'interviewé :
- a) sans niveau /...../ b) primaire /...../ c) secondaire /...../ d) universitaire /...../ e) post universitaire /...../
12. Ancienneté de ménage sur le site : a) mois /...../ b) année(s) /...../
13. Statut par rapport au logement : a) propriétaire /...../ b) locataire /...../
14. Si, propriétaire, à quand remonte la construction de votre domicile ? :
- a) mois /...../ b) année (s) /...../
15. Quel est le type de construction de votre logement ?:
- a) Durable /...../ b) semi- durable /...../ c) Planche /...../ d) Boue /...../ e) shittings /...../
- f) Autres (à préciser)
16. Nombre des pièces habitables que compose votre domicile : /...../
17. Nombre des personnes par pièce dans le logement: /...../
18. Quelle est la superficie de votre parcelle ?..... m²
19. Quelle était votre ancienne résidence ?
- a) Quartier /...../ b) Commune /...../ c) Province /...../
20. Quelle était la raison de quitter cet endroit ?
-
21. Quel est le problème fondamental que vous connaissez sur ce site ?
-
22. A part ce problème, quels sont les autres problèmes que vous connaissez en habitant sur ce site ?
-
23. Avez-vous déjà reçu des menaces de déguerpissement sur ce site ?
- a) Oui /...../ b) Non /...../
24. Si oui, par qui ?.....
25. Si oui à la question n° 23, quelle est la période que vous avez reçu ces menaces de déguerpissement ?
-
26. Si oui à la question n° 23, que pensez-vous de solution entreprise pour le déguerpissement de ces sites ?
-

27. Si oui à la question n° 23, que proposez-vous à ceux qui vous demandent de quitter ce site ?.....
.....

28. Prenez-vous combien de repas par jour dans votre ménage ?
.....

29. Quelles sont les maladies que vous connaissez fréquemment sur ce site ?
.....
.....

30. Quels sont les risques que vous courez en habitant sur ce site ?
.....
.....

31. Quelles sont les causes de ces accidents ?
.....
.....

32. Quels sont les dégâts que vous avez déjà connus en habitant sur ce site ?
.....
.....

33. Quelles sont les mesures d'adaptation que vous utilisez sur ce site ?
.....
.....

Merci pour la franche collaboration.

ANNEXE II : GUIDE D'ENTRETIEN POUR LES CHEFS DES QUARTIERS

1. Sexe : a. Masculin /...../ b. Féminin /...../

2. Age : /...../ (En année)
3. Niveau d'étude :
- a) sans niveau /...../ b) primaire /...../ c) secondaire /...../ d) universitaire /...../ e) post universitaire /...../
4. Résidence : a. commune/...../ b. /Quartier /...../
5. Nom du site: /...../ 6.Quartier:/...../ 7.Commune:/...../
8. Nombre d'habitant:/...../ 9. Nombre des ménages:/...../
10. Image de ce site :
11. Localisation : Coordonnées GPS X: /...../ Y : /...../
12. Pouvez-vous nous parler de votre site, c.à.d. sa population et ses origines ?
-
-
13. Pensez-vous que cette population a-t-elle évoluée ou diminué ?
- a. elle a évolué /...../ b. elle a diminué /...../
14. Pouvez-vous nous parler de l'histoire de votre quartier ?
-
-
15. Quels sont les risques auxquels la population vivant dans ce milieu est-elle exposés ?
-
-
16. Quelles sont les catastrophes dont la population vivant en ce lieu ont-elle été victime ? :
-
-
17. A quand remonte le début de cette(ces) catastrophe(s) ? :
18. Comment la population s'adapte-t-elle face à ces catastrophes :
-
19. Quelles sont vos propositions face à cette situation ?
-

Merci pour la franche collaboration.

ANNEXE III : GUIDE D'ENTRETIEN POUR LES PERSONNELS DE SANTE DES FOSA AVOISINANT LES SITES A HAUT RISQUE A BUKAVU

1. Sexe : a. Masculin /...../ b. Féminin /...../

2. Age : /...../ (En année)

3. Qualification:

a) Infirmier A₀ /...../ b) Infirmier A1 /...../ c) Infirmier A2 /...../ d) Infirmier A3/...../

4. Nom du FOSA: /...../ 5.Quartier:/...../ 6.Commune:/...../

7. Nombre d'habitant:/...../. 8. Nombre des ménages:/...../

9. Localisation : Coordonnées GPS X: /...../ Y : /...../

10. Pouvez-vous nous parler de la situation sanitaire de votre aire de santé ?
.....

11. Quels sont les risques sanitaires aux quels la population vivant dans ce milieu est-elle exposées ?
.....

12. Quels sont les problèmes de santé que vous enregistrez régulièrement dans votre FOSA ?
.....

13. Selon vous, quelles seraient les causes de ces problèmes de santé dans ce milieu ?
.....

14. Quelles sont vos propositions face à cette situation ?
.....

Merci pour la franche collaboration.



*Photo 1: Aperçu de ménage à haut risque sur le site de la Clinique Muhanzi
(Source : BIRINGANINE, mai 2014)*



*Photo 2 : Aperçu de ménage à haut risque sur le site de Maendeleo
(Source : BIRINGANINE, mai 2014)*



*Photo 3 : Aperçu de ménage à haut risque sur le site de Kabwakasire
(Source : BIRINGANINE, mai 2014)*



*Photo 4: Aperçu de ménage à haut risque sur le site de Elakat
(Source : BIRINGANINE, mai 2014)*



*Photo 5 : Aperçu de l'affaissement de maison sur le site de Nyakavogo
(Source : BIRINGANINE, mai 2014)*



*Photo 6: Aperçu sur les conditions de collecte de l'eau dans les puits sur le site de Luziba
(Source : BIRINGANINE, mai 2014)*



*Photo 7: Aperçu sur les conditions de collecte de l'eau dans les puits sur le site de Luziba
(Source : BIRINGANINE, mai 2014)*

Combining Agile Model with Lean Principles to Improve Scrum Model Methodology in Software Companies

Gul Naz and Nayyar Iqbal

Department of Computer Science, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this research a process model is proposed for software companies to overcome scrum process issues with the combination of agile model and appropriate lean principles without compromising its benefits and evaluate its success in five different software development companies. Scrum is widely used agile development method that put prominence on the cross functional and self-organized teams working in small items called sprints to regularly construct entire increment of product. It heavily depends upon the people and project due to flexibility in requirement change. Moreover, Software development managers, project managers and team lead engineers unsure how to apply agile methods with lean principles, how to minimized developer and team management overload and how to promote interest in team members. Many organization fail in getting success and proper benefits from scrum as it is difficult to handle large and complex project that involve weak value flow, team level and multiple team level issues. In software development to much developer overload due to extra features makes the project heavy weight. No proper model is yet introduced which implement lean principles in Agile model, If proper eliminate waste principles are used in scrum process it will provide better and light weight improved process.

KEYWORDS: ASD, Lean Software development, Traceability, Agile methods, Project Management, Scrum.

1 INTRODUCTION

Software development process is a controllable approach in software engineering that facilitates software team to deliver quality software in timely manner and satisfy the stakeholders and customer by selecting the appropriate task, actions and set of work activities. Each of these activates collection of work and actions exist in a model or framework that identifies their association between them and with the process. Process model organized the project into activities help the team and project manager to work in a proper sequence [1].

Agile methods have been proven to be valuable in small software teams. However, it has been found to be a challenge to achieve same value in large scale software development teams. In mission critical projects Lean thinking has been considered as enterprise perspective way to surpasses limitation in scaling ASD. Lean ideas appeared in the manufacturing and started in industry and considered key success driver of Japanese industry [2].

Quality of software depends upon the process of software development and process considered to be successful if it is being completed according to schedule and fulfill the customer requirements. Software development is always associated with uncertainty due to dynamic requirements. Agile methodologies is flexible approach and suitable to handle dynamic requirements. No significant empirical evidences are reported on the successful adaptation of agile methods. Scrum is mostly used in software companies it provide quality and cost but there are some issues and challenges while companies are trying to adopt and transformation from plan driven approach to agile. Lean works with value streams and provide management with high progress visibility. An inclusive development cycle accomplishing all the lean principle with agile combination, requirement tractability has not been proposed yet. This research will formulate a model with a hybrid approach of lean and scrum process. The proposed model consists on the phases of agile model with scrum process.

2 BACKGROUND

Wang conducted secondary data analysis to examine how agile and lean methodologies have been combined in context of software development process and categorized six approaches of combine use of both methodologies that are non-purposeful, using Lean to collaborate with other business areas while maintaining Agile, combination of Agile practices and Lean principles and tool, applying lean and agile development principles together, agile practice with lean techniques to improve software development. It has been not stated proper model for combination of Agile. However, It has stated that the combination types and success of software development is depends upon the needs and situations of the organizations [3].

Balachander *et al.* described the implementation of lean concept and flow on agile software development. In an industrial web based project that was executed by agile development experienced team. It has been conducted a case study to find how lean concept implemented on agile software development methodology. It described the important factors that are limited to the project the boundaries within which these can be used, doing valuable work with the high degree of collaboration of team member and customers. In a production-ready state test and staging production environments has been providing the handiness to the team to always retain the system. It significantly reducing the risk typically associated with progress to production. Highly skilled team, Coding standards and engineering approaches also contributed greatly towards this [4].

Ali [5] conducted an online survey in Pakistan to find out the challenges and benefits of agile software development. The work identified that lack of experience of scrum master team leader and the project manager are the biggest issue. There is no consideration on the training as most of the companies are recently shifted from traditional to agile development. Moreover it is difficult to handle complexity of project with small teams. It has been examined that productivity, customer satisfaction, time to market and quality are advantages of the agile methodology.

Ahmad *et al.*, (2013) observed the results from a literature survey and identified the obtained benefits and related challenges to adopt Kanban in agile software development. It has explored new research opportunities for the researchers. This paper has identified a greater number of studies on Kanban practice in software development. The recent publication trend indicates that Kanban is gaining trust in the software engineering domain. A high percentage of the primary studies appear to be experience reports (47%); and most of the studies involved small-scale projects, to the Kanban approach. Based on this, software engineering has been demanded for more broad and precise scientific research on Kanban [6].

Jonsson *et al.*, (2013) observed from a literature survey that lean thinking could be transformed to a framework. This framework could be providing difference between lean concept and agile method and provide guidelines how to apply lean concept in software development process. Before this study lean and agile often use as interchangeable terms but it has been claimed that both terms are different. This proposed framework has a potential to complement the view of other researchers and show to the practitioners what lean software development in reality is. Although the framework is developed in a traceable and extensible manner but validation is necessary for properly use [7].

Rodríguez *et al.*, (2014) analyzed the transformation to Lean in the background of software development at Ericsson R&D Finland. Authors have explored how Lean principles in software development are put into practice and the challenges that commence when implemented Lean. Two major contributions of the research is to analyzed main factors that helped Ericsson R&D's achievements ,identified elements such as continues integration, communities of practice, network of product owners etc and categorized challenges in implementation of Lean Software Development. This study has been provided evidences of compatibilities between Lean and Agile [8].

2.1 AGILE MODEL

Agile practices are a subset of evolutionary and iterative processes and are based on iterative improvement. In all iterative artifacts, iteration is a self-contained, small project with mini activities that cover requirements analysis, design, implementation, and test. Agile software development methods were developed as remedy for the heavy weight methods' weaknesses Plan-driven methods or heavy weight process are begun with the supplication and documentation of a set of requirements that is as complete as achievable. [9].

A group of proficient's in a collective nature introduced ASD process as a solution to overcome issues of traditional methodologies but Agile manifesto provides the proper and detailed introduction of Agile process to the software industry. The agile manifesto is based on four basic norms: "Interactions and Individuals over tools and processes", "Working software with complete documentation", "Collaboration of customer over agreement negotiation", and "Responding to change according to plan" [10].

The customers were becoming less able to state their needs properly due to rapid change in software technologies, software industry and customers' expectations. As a result, agile methodologies emerged as an endeavor to more properly embrace higher rates of requirements change. The Agile Manifesto contains twelve underlying principles, namely:

- i. Rapid delivery for satisfaction of Customer
- ii. Always ready for changing requirements
- iii. Frequently delivered a working software
- iv. Always considered as principal measure of success to working software
- v. To maintain a constant rate, considered sustainable development
- vi. Meetings are require between stakeholder and developers for daily cooperation
- vii. Face to face conversation
- viii. Motivated individuals and trusted build the projects
- ix. Technical excellence by good design and Continuous attention
- x. Simplicity
- xi. Self organizing teams
- xii. Regular adjustment to changing situations

2.2 SCRUM

Software development procedure implements scrum technique for managing the software development projects. The main purpose of Scrum is to develop a flexible product; therefore it is competent to early respond to changes required by customers. Figure 1 represents the Scrum life cycle. The product in scrum is described in form of user stories, which depicts functionality from a customer viewpoint. The development is being carried along time boxes or incremental tasks, called sprints (iterations). Each sprint defined a sprint objective during planning meeting, including the user stories that being assumed during distinct sprint. The sprint backlog that has been selected from the product backlog is being fixed during the sprint. After every sprint, two defined meetings are conducted to review project current state, and exposition meeting to reveals about the method of working. Three main roles in Scrum are Product Owner, Scrum Team and SM (Scrum Master) [11].

The scrum lifecycle consist on the following simple phases. First phase is planning in this phase expectation and vision is established and funding for the project is secured,

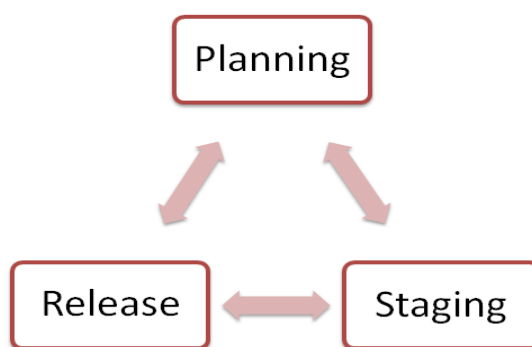


Figure 1: Scrum life Cycle

second phase is Staging this stage requirement are prioritized for first sprint(iteration) development and implement a workable product, last phase is release in which product is deliver as shown in fig.1.

2.3 APPLICATION OF LEAN THINKING IN SOFTWARE DEVELOPMENT PROCESS

Mary and Tom Poppendieck saw the application of the lean thinking in 2007 at work in a Toyota production system. After they saw the advantages of the Lean Principles, they published a book named Lean Software Development: An Agile Toolkit which direction to the application of Lean Principles in Software Development process. Recently Poppendieck and Cusumano (2012) have described seven lean principles for software development which is based on succession experiences. Authors proposed thinking lean as a set of principles comparatively thinking a set of practices [12].

They applying lean principles in soft-ware development process to make more sense and increase quality of product. The lean principles for software development are:

- Elimination of waste
- Enhancement of Quality
- Creation of the knowledge
- Commitment Deferment
- To deliver the product fast
- People should be respected
- Optimization the whole

Those features that have no value for customer elimination of these feature is called Elimination of waste. Waste is the enemy in a system and Value is the basis of any important product, and is specified by the customer. Value means what the customer wants the product to do.

Enhancement of quality means built quality along the development phases instead after the completion of development stages. Creation of the knowledge means over all software development method is like to be a knowledge providing process, the deferment commitment means there should be no hurry and decisions should not be made as late as possible [13]. To deliver the product fast principle is important for customers and averts to change their mind instantly. The optimization of the whole means work should continue constantly as long no explodes in development directs to success. Different authors were suggested different practices for software development to attain the lean principles are listed as following Just-in-time (JIT), Kanban, Kaizen, Make everything visible, Cost of delay, Value stream mapping and Queuing Theory[14]. (Womack and Jones, 2003) shown in Fig.2.

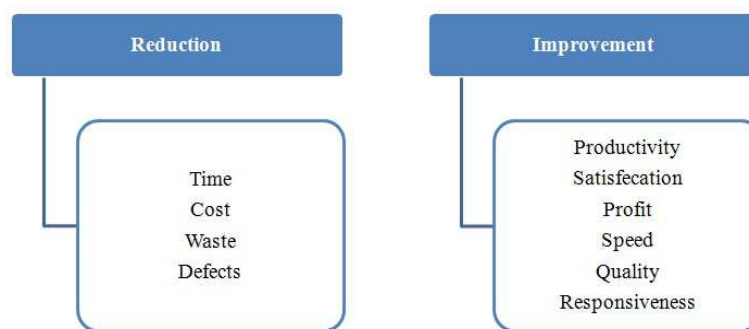


Figure 2: Lean principles benefits in Lean Scrum Software development Model

3 LEAN SCRUM SOFTWARE DEVELOPMENT MODEL

The framework is consisted on the quality assurance steps including lean practices. The steps Included: i) Current Project Initiation, ii) Set Quantifiable Goals and Mission, iii) Prioritized the Goals, iv) Choosing process model, v) Execute Process, vi) Analyze Process and perform development is the main task for lean development process. Metrics those are included in LSSD Model are: firstly Requirement specifications, Change Requests, remove burdens from developer and reduce defects, wastes control through traceability all have been included. Fig.3 shows proposed model.

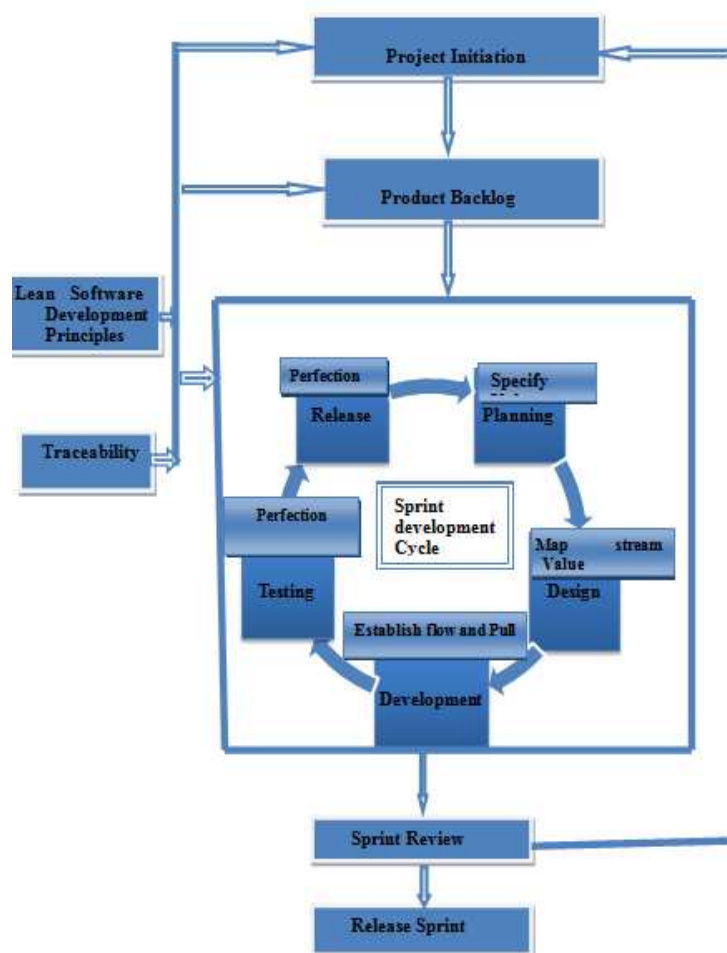


Figure 3: Lean Scrum Software development Model

3.1 PROJECT INITIATION

Project initiation activity consists of all the activities which are necessary to be carried out prior to the start of development, such as:

- o Create Project Vision
- o Initial Infrastructure
- o Initial requirement
- o Identify Scrum Master and Stakeholder
- o Form Scrum Team
- o Develop Epic Release Planning (Release Planning Schedule)
- o Create Prioritized Product Backlog

3.2 PRODUCT BACKLOG

The product backlog is most important artifact and structured list of everything that may be required in the product development and is the main source of requirements for any changes to be made. The things those have been identified in this phase of development cycle are:

- o Detailed analysis document, which summarizes requirement for product.
- o It will be breaks the big-picture story into Product Backlog Items that are manageable increments of work
- o Product Owner Prioritized the sprint that which sprint is crucial to implement first
- o Requirement Traceability

3.3 SPRINT PLANNING

The lean principle specifies value is used to select a sprint on the basis of value given by the customer. Every sprint will be started with planning meeting which reviews stories from the Product which will be moved to next. Team will be independent to decide how and what the work is performed. All lean principles are used in sprint planning. The Product Owner can terminate a Sprint, which shouldn't occur often, and would usually happen due to a rapid change in business requirements. The Product Owner supports developers to focus on instant goals, and gives customers a tangible based view of progress.

3.4 SPRINT DESIGN

A Design Sprint phase provides flexible product design structure that serves to exploit the chances of doing something people want. It is concentrated effort conducted by a tiny team, A Sprint Master identifies the design challenge, brings the team together and gets a holds through all sprint stages. A Sprint design phase decreases the risk of downstream errors and generates vision-led goals.

The Sprint Design Phase consists of five discrete activities:

- o Understand background and user insights
- o Brainstorm what's possible
- o Rank solutions, pick one
- o Create a minimum viable concept
- o RCC rule has been working to control the change, there are three steps have been included in requirement change control principle. Those consist of: Planning, Trying and checking; either the change is applicable or not.

3.5 SPRINT CODING

A sprint code phase is getting developers for a specific amount of time for just writing code. Eliminate waste principle is used here to minimized developer overload. Developer will learn from each other's and not focus on instruction. During coding they follow the eliminate principle to reduce time.

3.6 SPRINT TESTING

In this step of development cycle the important points to remember are the following: Design of test Cases (There will be one test case for each Requirement, every requirement will have its individual test case design for particularly to check that requirement and with its implementation.). The following are the test cases have to develop for the requirements.

- o Unit Test
- o Acceptance Test
- o Integration Test
- o System Test
- o Function Test

Where unit testing result only like binary, either success or failure means yes or no. Like unit testing the acceptance test suggests also what is actually the reason of failure and applicable things can be also tell. Integration is also called definition of action, the testing in which both parts (software and hardware) are combined and comfort either that they both can relate and cooperate with each other according to customer expectations and requirements speciation's to give the user the required output. Software that must be workable frequently is one of the principles of the lean development that it is for delivering. Which means that the small pieces having functionality combined together and to make a set of them for delivery of system. Function testing is performed to check the functionality either it was the desired output or not.

- o To handle change either request to change are approved or rejected.
- o Removing of errors and failures Through customer involvement

3.7 SPRINT RELEASE

In this step of development cycle the product being developed fully after iterations and provided to customer after proper verification and validation to the customer. Final activities that are performed in this stage are lesson learned and checkpoint.

3.8 DEPLOYMENT

After all sprints, the software will be deploying for the customer in the last step. The proposed model has much capacity to agree to implement new requirements or change the existing requirements based on the customer demand integrated and the entire software will be deployed to the customer.

3.9 TRACEABILITY

Requirements traceability refers to flow from origins of change requirement through its development and specification, consequent deployment and use, and throughout all periods of current refinement and sprint in any of these phases. Not all projects need to have traceability but tracing is always useful for some project like large scale and mission critical. Traceability provides the following advantages in proposed software development model.

- o More transparency, it will be easier for anyone outside of the team to track the progress.
- o Reduce risk of losing information.
- o Could result in minimum time searching for bugs in big systems, the team could easily locate where to start looking for errors and what tests to fix if they know what constraint that is broken.
- o Possible to observe what requirements are tested, designed and validated.

4 THE TOP PRACTICES THOSE HAVE BEEN COMMENCED IN LEAN ARE:

- Designing at the very begin of a lean project to identify a feasible technical strategy for your solution there will be desire to do some preliminary, high-level architectural modeling.
- Continuous Documentation. Write deliverable documentation in small chunks of development during the lifecycle of lean-scrum development.
- Active Stakeholder Participation. Stakeholders and customers should provide information in a timely manner; decision should make on time, and in the development process throughout the use of systems be as actively involved.
- Iteration Modeling. At the start of each sprint there will do a chunk of modeling as part of iteration planning tasks.
- Document Late. As late as possible sprint should be write documentation, avoiding unreal ideas that are in errand of constant information likely to future adjust.
- Prioritized Requirements. Team implement requirements in desire priority order, as characterized by their stakeholders.
- Test-Driven Design (TDD). To accomplish a test write a single test case, either at the level of requirements or at design level.
- Traceability, to save the record of change in requirements.

5 DISCUSSION AND ANALYSIS

This section shows the results of the survey. Primary data for this study was collected through survey questionnaires from different software companies. The surveys were conducted to evaluate the proposed Model. The survey asked almost 13 questions to verify the usage lean principles and lean scrum models in these companies. The questionnaires were not open ended so that the resulted could be analyzed in better statistical form. The questioner based on the working of lean Scrum software development, if to be valid process for the development of software. The survey questions included the information of organization, practitioners, usage of lean principles and its benefits, improvements of using lean practices and principles and intentions its subsequent to reasons in adoption and the respondents who agreed to apply this hybrid model and who are not. Moreover it consisted on the information of the practitioners and their organization. The responses to surveys by the employee of chosen companies driving force towards the hybrid approach (lean, Scrum, agile) and advantages collected. The results are organized and compared with the results of previous methods on agile and lean with combined approach.

The total number of practitioners who were answering the survey questions was 30. The practitioners were working in different position in their organizations. The main organizational positions of the respondents were project managers,

developers and Software Engineer. Usage of lean scrum software development approach in the respondents was reported by 67% (respondents=20) organizational unit. The usage of lean software development methods would be help said by 67% because they agreed on about more than 50% benefits of lean. And left were not agreed or not sure and those were about 33%. Number of respondents who were accepted quality attributes about Lean Scrum Model shown in Table 1 where A is number of respondents who were accepted that quality attributes about lean. The graph also displayed which shows their level of acceptance.

Table 1: No of respondents who were accepted quality attributes about Lean Scrum Model

Lean benefits	Description	A
B1	Lean Principles in Scrum development reduce the developer overload	17
B2	Build quality into the code from the start take less time of software development	13
B3	Lean principles have acted as stabilizing mediator in scrum practice	14
B4	Decision will be made late lead to less taken of wrong decision	16
B5	Combining lean and agile with scrum model methodology improve scrum methodology	14

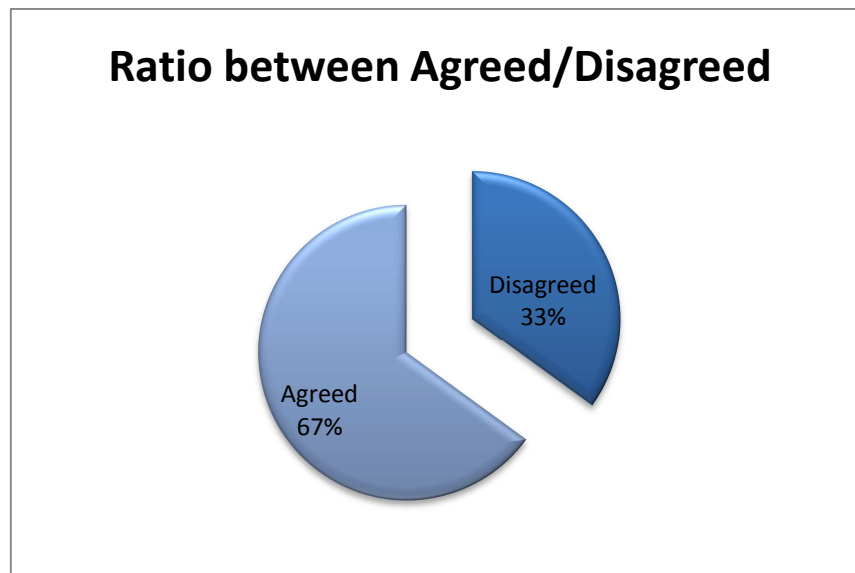


Figure 4: Ratio between Agreed/Disagreed

Fig.4 shows ratio between agree and disagree about Lean Scrum benefits.

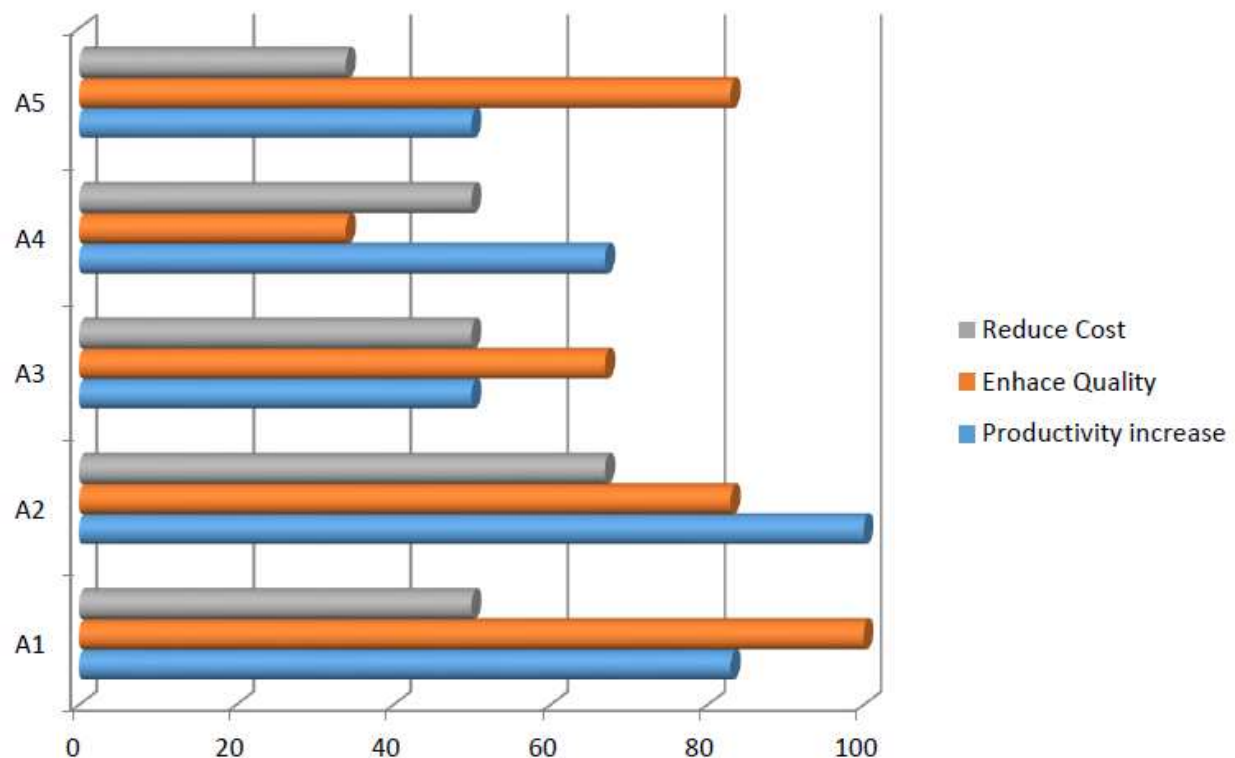


Figure 5: Benefits by using lean principles and agile Model with scrum practice

Fig.5 shows the benefits by using lean principles and Agile practice. Different organization shows productivity and quality enhanced with the proposed model.

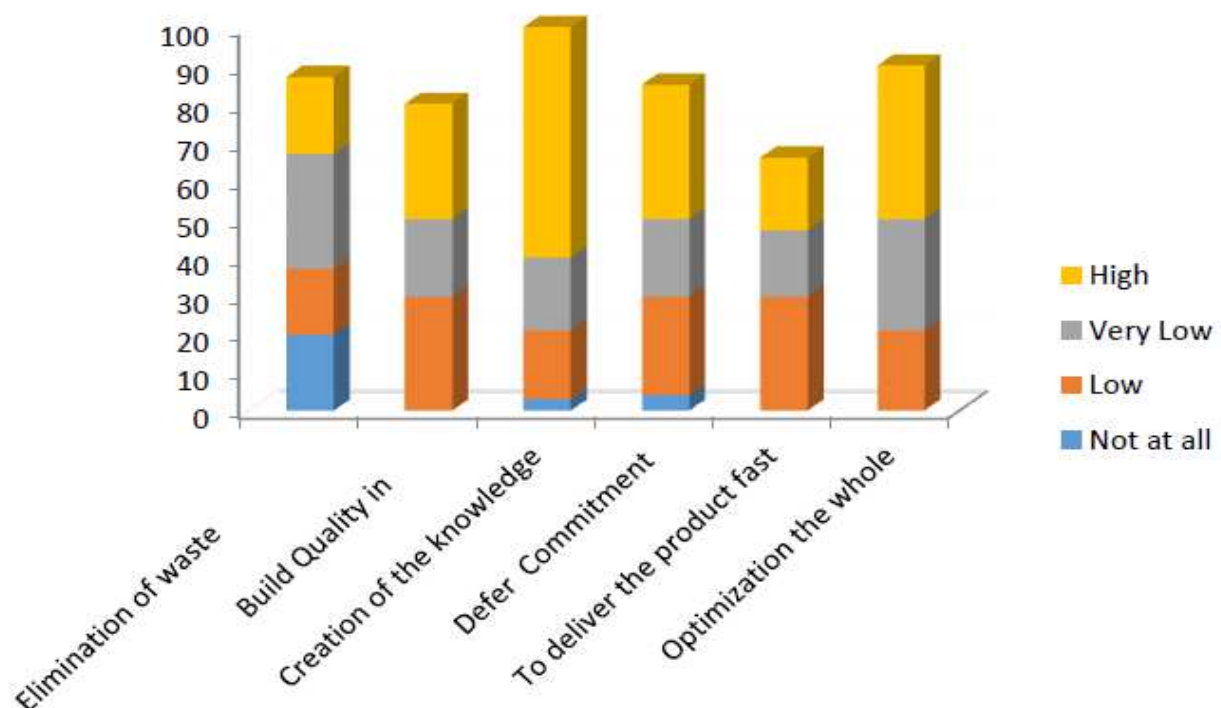


Figure 6: Lean principles value according to respondent

Fig.6 represents lean principles value according to respondents in software development process.

6 CONCLUSION AND FUTURE WORK

The current trend in software development points towards the combination of Lean thinking and ASD, after success in manufacturing process lean becomes most important part of software development. However, the body of knowledge on this topic is limited. This research formulated a process model by combining appropriate Lean principles with the agile process model to minimize the scrum issues and improved the scrum process certainty, productivity and stability. Lean thinking opens up a spacious variety of opportunities for advance research. The challenges recognized when moving towards a combination of Lean and ASD particularly advantage required further study.

REFERENCES

- [1] Pressman, *Software Engineering a Practioner's Approach*. New York, NY: McGraw-Hill education. pp. 38-94, 2012.
- [2] Middleton, P. and D. Joyce, Lean Software Management: BBC Worldwide Case Study. *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol.59, no. 1, pp. 20-32. 2010.
- [3] Wang, X. Conboy, K. And O. Cawley, Leagile software development: An experience report analysis of the application of lean approaches in agile software development. *Journal of Systems Software* vol.85, no. 6, pp.1287–1299.2011.
- [4] Balachander, A and A. Harris, A. Lessons in lean [lean manufacturing]. *Manufacturing Engineer*.vol.83, no. 5, pp. 16-19. 2012.
- [5] Ali, A. M. Survey on the State of Agile Practices Implementation in Pakistan. *International Journal of Information and Communication Technology Research*, vol. 2, no. 5, pp. 459–464, 2012.
- [6] Ahmad, M., J. Markkula and M. Oivo. Kanban in software development: A systematic literature review. *Proceedings of the 39th Euromicro Conference series on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA) Santander, Spain*, pp.9-16. 2013.
- [7] Jonsson, H., S. Larsson and S. Punnekkat, Synthesizing a Comprehensive Framework for Lean Software Development. *Software Engineering and Advanced Applications (SEAA)*. pp. 1-8.2013
- [8] Rodríguez P, Partanen J, Kuvaja P &Oivo M (2014) Combining lean thinking and agile methods for software development. A case study of Finnish provider of wireless embedded systems. *Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on Systems Sciences (HICSS 2014)*. In press.
- [9] Leffingwell, D. *Scaling software agility: Best practices for large enterprises*.1st Ed. 2007.
- [10] Agile Manifesto (2001) Beck K, Beedle M, van Bennekum A, Cockburn A, Cunningha, W.,Fowler M, Grenning J, Highsmith J, Hunt A, Jeffries R, Kern J, Marick B, Martin RC, Mellor S, Schwaber K, Sutherland J & Thomas D Manifesto for Agile Software Development, <http://www.agilemanifesto.org>.
- [11] Schwaber, K., and M. Beedle. *Agile software development with Scrum*, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.pp.53-62. 2001.
- [12] Poppendieck, M. & Cusumano, M.A., *Lean Software Development: A Tutorial*. *IEEE Computer Society*. 2012.
- [13] Y. Matsui, "An empirical analysis of just-in-time production in Japanese manufacturing companies", *International Journal of Production economics*, vol. 108, no. 1-2, pp. 153–164, 2007.
- [14] Womack, J.P., Jones, D.T, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, Simon & Schuster, New York. 2003.

