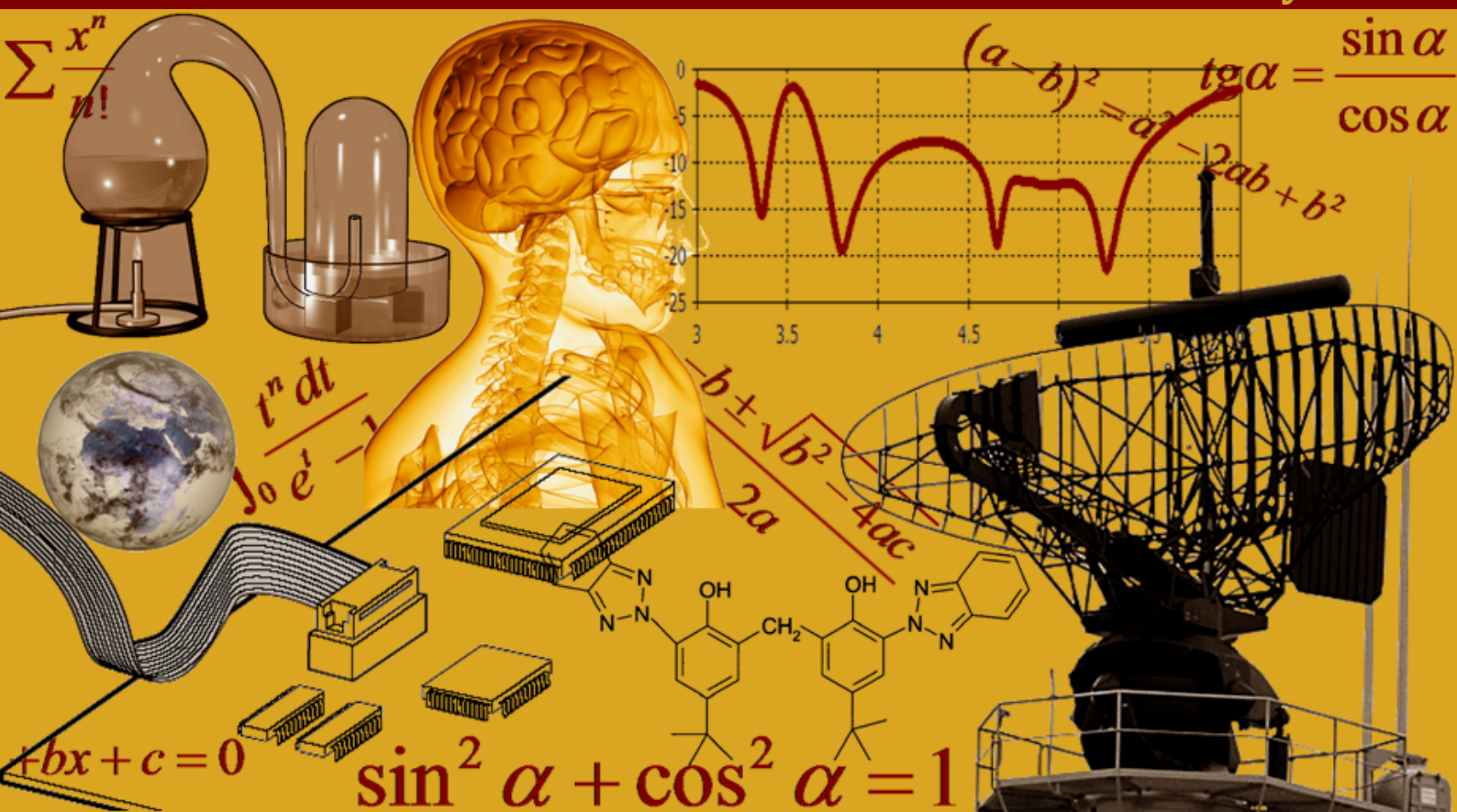


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 13 N. 2 February 2015



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

A SURVEY INTO THE PREVALENCE AND PATTERN OF RAPE IN A NIGERIAN TERTIARY INSTITUTION	349-353
Compensation of Carrier frequency offset in Two-way AF relays	354-371
An assessment of the impact of organizational culture on performance from faculty perspective in non-faith based Private university colleges in Ghana	372-379
Test sur la consommation des larves des moustiques par l'espèce <i>Barbus pellegrini</i> au CRSN/Lwiro, Sud Kivu, Est de la RD Congo	380-387
Etude de la macrofaune aquatique de la rivière Kalengo, Sud-Kivu, République Démocratique du Congo	388-397
Investigating the Relationship between Firewall Security and Network Performance in a Distributed System	398-413
Computing an overall Index for regulatory reforms required in the fixed telecommunication segment over the world	414-431
Effet des pratiques culturelles dans la lutte contre le flétrissement bactérien du bananier, <i>Banana Xanthomonas Wilt</i> , (BXW) à Kadjucu, Sud Kivu, République Démocratique Du Congo	432-442
Re-structure Public Library for Public Information Needs and Services. Study of Stella Obasanjo Library, Lokoja, Kogi State, Nigeria	443-454
La Réponse Hémodynamique Cérébral Pendant des Taches Mentales	455-462
Préférences et aversions au Maroc et les facteurs qui les influencent	463-473
Multiplication végétative in vitro de <i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild & T. Durand) Merrill, une espèce forestière de bois d'œuvre rare et menacée de disparition au Togo	474-484
Synthesis of Agro- based Copolymers for Treatment of Waste	485-496
ESSAI D'ELABORATION D'UNE THEORIE EXHAUSTIVE SUR LES EQUATIONS ALGEBRIQUES	497-514
Framework to Evaluate Quality of Object Oriented Design	515-522
Study of the antibacterial activity of the potassium permanganoferrate $K_3Fe_xMn_yO_8$	523-529
ADSORPTION DU BUTYLPARABÈNE SUR DU CHARBON ACTIVÉ À BASE DES COQUES DE COCO PROVENANT DE COTE D'IVOIRE	530-541
Modélisation des propriétés adsorbantes de charbons activés issus de deux variétés d'Acacia (<i>auriculiformis</i> et <i>mangium</i>)	542-553
Analyse discriminante cas d'un échantillon des partenaires d'une société industrielles	554-565
Optimisation linéaire du programme de production d'une société industrielle	566-579
Construction d'une carte de contrôle des procédés de production d'une société industrielle	580-590
Security Threats Analysis of Ibrahim Babangida Library, Modibbo Adama University of Technology, Yola	591-597
Decentralisation as a Rural Development Strategy in Zimbabwe: Good Policy but Bad Practise	598-606
Is the inclusion of Geography in the School and University Curriculum Important in the 21st Century?	607-614
The Role of Unit Operations in Agricultural Products Processing	615-627
Analyse des modes de Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité des Machines dans une démarche de qualité et de maintenance	628-635
Fairness in refugee status determination upon the transfer of competence to the national authorities of Cameroon	636-643
Literature, Pleasure, and Ethics: A Historico-Critical Investigation	644-653
Qui est l' <i>Homme</i> dans les Droits de l'Homme ? Une Réflexion Levinasienne	654-658
A Comprehensive Review of Recent Trend in Nano-Dental Materials Research	659-665
Parameterized consideration of Information Freedom and Ease in IT and Data Processing	666-678
Une analyse biostatistique de l'effet du médicament 6-mercaptopurine sur le temps de survie d'un échantillon aléatoire de patients atteint de leucémie aigue	679-688
HYDROGEOCHEMICAL EVALUATION OF GROUNDWATER QUALITY OF ABAKALIKI AND ITS ENVIRONS, SOUTH EASTERN NIGERIA	689-696

Wearable Biosensor Technologies

697-703

Annual and long term trends in water table fluctuations of a typical highland and midland sub-watersheds of Manimala River Basin, Kerala, South India and its correlation with rainfall data

704-713

A SURVEY INTO THE PREVALENCE AND PATTERN OF RAPE IN A NIGERIAN TERTIARY INSTITUTION

Odidika Ugochukwu J. Umeora and Johnson A. Obuna

Department of Obstetrics and Gynaecology, Ebonyi State University, Abakaliki, Nigeria

Copyright © 2015 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: *Objective:* To determine the incidence and pattern of rape among students in a Nigerian tertiary institution. *Method:* A cross-sectional study was conducted among 400 students of Ebonyi State University, Abakaliki over a two-month period (between March 1 to April 30, 2014). A well-structured self-administered questionnaire was distributed to them in sealed envelopes. These were answered in their privacies and returned sealed. *Results:* The response rate was 81.8%. The incidence of rape was 19.3%. 17.7% cases of rape occurred in fair-skinned females and only 1.6% occurred in dark-skinned females. Most of the cases of rape occurred in the age range 20-24 years, 12.5% and among the singles, 19.0%. Most rapes were perpetrated in the afternoon, 33.4%, followed by evening, 31.7%. 87.3% of victims recognized the rapists and could identify them. Most of the perpetrators of rape were relations of the victims, 60.3%. Most of the rape cases took place in the residence of the rapists, 48.6%, and the rapists were older than their victims in 100% of cases. 66.7% of victims did not make report to any person/authority and the commonest reason for not reporting was fear of shame and stigmatization, 70.6%. *Conclusion:* The incidence of rape in this study was very high. The victims of rape should be encouraged to open up. There should be legislation of stiffer penalties for the rapists.

KEYWORDS: Rape, victims, incidence, tertiary institution.

INTRODUCTION

Rape is defined as a sexual contact which may be oral, genital, anal or digital with an adult without consent or with a minor/ under age, mentally deranged person who cannot make a choice¹ or canal knowledge of a woman without consent². It is a crime against humanity.

Worldwide, it is predominantly directed against women and it is a violation of women's sexual and reproductive right¹.

In South Africa, about 500,000 cases of rapes are committed annually, about 1,370 daily³. One in four men commit rape in South Africa³ and about 50% have raped more than once³. In USA about one in six men are involved in rape⁴.

Rape is common in Nigeria but the true national prevalence is difficult to obtain for obvious reasons-poor national statistics and poor reporting. Rape is generally under reported worldwide because of male-dominated society, the need to protect her womanhood, fear of stigmatization and fear of not being married in the future. The legal system also tends to protect the rapists^{2,3}. The effects of rape on the victim are enormous-physical & psychological.

No study has been carried out in our environment to determine the prevalence and pattern of rape. This study aims at just doing that.

SUBJECTS AND METHODS

This is a cross-sectional study conducted among 400 female students of Ebonyi State University (EBSU) over a two-month period (March 1–April 30, 2014).

Well-structured, self-administered questionnaires were randomly distributed to them in sealed envelopes. These questionnaires were answered in their privacies and returned sealed. Three hundred and fifty nine (359) questionnaires were returned but only 327 were properly filled and were analyzed.

Information regarding demographic characteristics, sexual activities, rape experience, time of rape, knowledge of the rapists, venue of rape, events surrounding the rape and whether or not the victim reported the incidence, were obtained

Information also obtained included post rape experience, treatment offered and suggestions on how to reduce the menace of rape.

Data were analyzed using Epi info.

RESULTS

The response rate was 81.8% while the incidence of rape was 19.3%. 17.7% occurred in fair-skinned females and 1.6% in the dark-skinned females.

Most of the cases of rapes occurred between the ages of 20-24(12.5%) and amongg the singles (19%), 64.2% were already sexually active prior to rape.

Most rapes occurred in the afternoon (33.4%) followed by evening (31.7%). 87.3% of victims recognized the rapists and could identify them. Most of the perpetrators of rapes were relations of the victims (60.3%). Most of the rapes took place in the residence of the rapists (48.6%).

In 100% of cases the rapists were older than the victims. 66.7% of victims did not report to any person and the commonest reasons for not reporting were shame & fear of stigmatization (70.6%). Eighty one percent (81%) did not suffer any physical injury while 90.5% accepted to have suffered a form of psychological trauma.

65.1% were raped only once, while 34.9% were raped more than once. 93.7% involved a single rapist while 6.3% involved mass rape. The rapists used condom in only 1.6% of cases. Only 4.8% of victims used contraceptives after rape incidence. The reasons for not using contraception included lack of knowledge of contraception (48.7%), feeling that they cannot become pregnant(42.5%) while 8.8% felt it was not necessary.

Table 1: Demographic characteristics of respondents

Age(years)	No	%
<19	7	2.1
20-24	161	49.2
25-29	99	30.3
30-34	60	18.4
>35	0	0
Total	327	100
Marital status	no	%
Single	270	82.6
Married	31	9.5
Engaged	26	7.9
Divorced	0	0
Separated	0	0
Total	327	100

Table 2: Frequency of rapes on the victims

Frequency	No	%
1	41	65.1
2	7	11.1
3	8	12.7
4	7	11.1
Total	63	100

Table 3: Time of rape

Time	No	%
Morning	9	14.3
Afternoon	21	33.4
Evening	20	31.7
Night	13	20.6
Total	63	100

Table 4: Identity of the rapists

Identity	No	%
Relations	44	60.3
Acquaintances	19	26.0
Colleagues	10	13.7
Lecturer	0	0
Friends	0	0
Father	0	0
Christian brother	0	0
Pastor	0	0

Table 6: suggestions on how to prevent rape

Suggestion	NO	%
Females dress well	13	18.8
Legislation against rape	16	23.2
Girls avoid visit to opposite sex's houses alone	28	40.6
Security education-among girls	12	17.4

Table 5: Venue of rape

Venue	NO	%
Rapist's residence	34	48.6
Hotel	11	15.7
Rapist's friend's home	10	14.3
Hostel	8	11.4
Car	5	7.1
Victim's residence	2	2.9
Reading room	0	0
Open field/space	0	0

DISCUSSION

The incidence of rape in this study is high (19.3%). This is higher than the incidence of 17.6% reported in United States of America (USA)⁴ and South West Nigeria⁵⁻⁹.

Most of the rape cases (12.5% out of 19.3%) occurred in the age range 20-24. This is different from other reports where most rapes were seen among females within the age bracket of 12-17 years⁴⁻¹⁰. This study did not include this age group as the population was university students. A more broad study involving females in the primary, secondary and tertiary institutions will give a better picture of the age distribution of rapes in our environment.

Most of the rapes involved a single rapist (93.7%) with only 6.3% involving mass rapes. A high incidence of mass rapes (47%) was reported by Olusanya¹⁰. The reason for disparity may be related to environment.

Nineteen percent (19.0%) of victims sustained some form of physical injury. This is lower than report of other studies where as high as 33% of victims sustained physical injuries¹⁰. The difference may not be unconnected to the lower incidence of mass rape in this study. Mass rape is associated with more physical injuries. The difference may also be connected to the fact that most of the rapes occurred in the homes of the rapists and perpetrated by those who know the victims (60.3%). It may also be attributed to the fact that the victims were much younger than the rapists in 100% of cases, hence, were overpowered by the perpetrators.

Other possible reasons for disparity in the incidence of physical injuries include: this study involved females whose genital organs were already developed unlike other studies that included children whose genital organs were undeveloped and prone to injuries^{10,11}. Most females in this study were already sexually active (64.2%). Other studies involved mainly females who were not exposed sexually¹⁰⁻¹². However, as high as 90.5% sustained emotional trauma in this study. High incidence of psychological trauma has been reported by others^{1,4,10,13}.

Most of the rape cases occurred among singles (82.6%). This is similar to other studies^{5-10,14}. This is not surprising because single females are more in the university and are more exposed to risky behaviours that will expose them to rapes.

In this study rapes were more among fair-skinned females (17.7% out of the 19.3%) raped were fair-skinned. Out of the 188(57.5%) fair-skinned that participated in the study, 30.9% were raped compared to only 3.6% of the dark-skinned in the study that were raped. It appears men are more attracted to fair-skinned females or may be the fair-skinned are more involved in risky adventures that expose them to rapes.

Majority of the assailants were known to the victims. This is similar to other studies^{5,6}. Most rapes took place in the afternoon and evening. Similar pattern was reported in South West Nigeria⁵. Most females tend to visit their boyfriends during afternoon and evening periods. 66.7% of victims reported the incidence to someone. This differs from other studies^{1,3,13}. The disparity may be due to differences in population studied. Students were involved in this study and were likely to report for help.

Majority of victims (63.5%) did not seek medical attention. This compares with other reports^{3,11}. This is dangerous because of health consequences.

CONCLUSION

Rape should be treated as a significant social problem. Awareness about rape should be created in the society. African girls should be educated on social skills and how to relate with male partners to protect themselves from rape. Finally, we suggest that a rapist deserves death sentence

REFERENCES

- [1] Afua H. Common Paediatric Gynaecological problems. In: kwawukume EY & Emuveyan EE (ed). Comprehensive Gynaecology in the tropics. Graphic packaging ltd pp 258-267.2005
- [2] Nigerian constitution, sect 357 criminal code, cap77; laws of the federation 1999.
- [3] Medical Research Council(MRC), South Africa: the black race & rape 2009.
- [4] National Institute of Justice, Center for Disease Control & Prevention(NIJCDC) 1998: Prevalence, incidence & consequences of violence against women: findings from the national violence against women survey by Patricia Tjaden & Nancy Theonnes 1998.
- [5] Fatimat M Akinlusi*, Kabiru A Rabi, Tawa A Olawepo, Adeniyi A Adewunmi, Tawaqualit A Ottun and Oluwarotimi I Akinola. Sexual assault in Lagos, Nigeria: a five year retrospective review. BMC Women's Health vol 14 pp 115-119. 2014
- [6] Odu, Bimbolakemi, Falana Bernard Akinlali, Olotu, Olukoyaadewole. Prevalence of violent sexual assault on South West Nigeria Girls. European Scientific Journal vol 10 no 7. Pp 471-481 2014.
- [7] Uwom O Eze. Prevention of Sexual Assault in Nigeria. Annals of Ibadan postgraduate medicine vol 11 no 2.pp 65-70. 2013
- [8] NA Adeleke, As Olowookere, MB Hassan, JO Komolafe, EO Asekun-Olarinmoye. Sexual assault against women at Osogbo, South West Nigeria. Nigeria Journal of Clinical Practice Vol 15 no2. Pp190-193. 2012.
- [9] Olusegun Olalekan Badejoko, Henry Chineme Anyabolu, Bolaji Olusola Badejoko, Adebimpe Omotade Ijarotimi, Oluwafemi Kuti, Ebunoluwa Aderonke Adejuyigbe
- [10] Sexual assault in Ile-Ife, Nigeria Nigerian Medical Journal Vol 55 no 3 pp. 254-259. 2014
- [11] Olusanya O, Ogbemi S, Unuigbo, Oronsaye A. The pattern of rape in Benin City, Nigeria. Tropical & Geographical Medicine vol 38 no 3 pp 215-220. 1986
- [12] Shaahu V, Ajuwon AJ, Onadeko MO, Lawoyin T. A Review of Incidence of Rape from Police Records in Ibadan, Nigeria. Afr Med Sci vol 33 no 3. Pp 275-8. 2004
- [13] Odimegwu C, Okemgbo CN. Gender Role Ideologies & Prevalence of Violence against Women in Imo State, Nigeria. Anthropologist vol 5 no 4 pp 225-236. 2003
- [14] Alemika E. National Criminal Victimization & Safety Survey : Summary of Findings. Cleen Foundation, Lagos, Nigeria. 2009
- [15] Akinade EA, Adewuyi TDO, Sulaiman AA. Sociological factors that influence the perpetration of rape in Nigeria. Procedia-Social & Behavioural Sciences vol 5 pp 1760-1764. 2010

This manuscript is removed due to copyright infringement made by the author(s)

An assessment of the impact of organizational culture on performance from faculty perspective in non-faith based Private university colleges in Ghana

Hannah E. A. Acquah¹, Patrick O. Seshie², and Benjamin Edem Zogbator³

¹University of Professional Studies Accra, Ghana

²Wisconsin International University College, Ghana

³Regent University College of Science and Technology, Accra, West Africa, Ghana

Copyright © 2015 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 purpose of the study was to explore staff perceptions of organizational culture in their institutions and assess the impact of organizational culture on performance from faculty perspective. Data were collected from 80 faculty members from 3 non-faith based universities in Ghana. The study creates awareness and provides guidelines to non-faith based university colleges in formulating strategies to develop organizational culture types that empower faculty to work to achieve organizational goals. The findings showed that dominant existing achievement and support cultures impact positively on staff performance. The study contributes to the knowledge on organizational culture types and its practice especially in non-faith based private university colleges and their implications to performance. It also opens up the discussion on the place of organizational culture on performance in future research.

KEYWORDS: Power, Role, Achievement, Support, Non-faith Private Universities.

INTRODUCTION

Organizational culture from the literature has numerous definitions. To Martins and Martins (2003), organizational culture is seen as “a system of shared meaning held by members, distinguishing the organization from other organizations”. Organizational culture is the distinctive norms, beliefs, principles and ways of behaving that combine to give each organization its distinct character (Arnold (2005). It is the pervasive system of values, beliefs, and norms that exists and can encourage and discourage effectiveness (performance); it is important therefore, to note that, it is corporate/organizational culture that makes an organization tops among its competitors (Gibson et al., 2005). It is to an organization what personality is to an individual (Johnson 1990).

Organizational culture is becoming of major concern to administrators and researchers in higher education (Deal and Kennedy, 1982; Masland, 1985). Higher educational institutions (universities) in many ways operate similar to other organizations and also function in environments that are characterized by government, market forces, internationalization, paradigm shift from teaching to learning, new technologies and globalization among others (Levine, 2000; Middlehurst & Woodfield, 2004). Universities (higher educational institutions) are in the race of seeking to gain competitive advantage by changing norms and practices and again want to have competitive edge in order to attract many students and potential employees (Naris & Ukpere, 2010).

Three main reasons justifying the need for research in such universities are:

There has been a rise in number of private university colleges in Ghana recently with increased demand for higher education. Belfield and Levin (2003) define private universities as non-public independent universities which do not receive

government support and are usually administered by denominations or secular boards. Private university colleges usually administered by denominations are faith based while those administered by secular boards/individuals are non faith based. Currently, Ghana has about 57 accredited universities (public and private university colleges). Twenty-four of these are non faith based private university colleges. The numbers have led to competition among universities (public and private) in Ghana. Some researchers including Locke (2007) have reasoned that ignoring organizational culture in the management of institutional change can lead to a negative consequence.

Secondly, researchers including Balan (1990) cited by Sharimllah et al (2011) observed that private higher educational institutions has been more prompt in responding to market demands by providing the type of education most in demand by the economy and society. Further, Wind and Main (1999) cited by Sharimllah et al (2011) argue that organizational culture has been identified as a primary component of functional decision making in universities but has been considered as a major challenge in change management initiatives at higher educational institutions. Detert et al. (2000) earlier have reasoned that an organization's prevailing culture can disrupt management efforts before they can even begin. DeLong and Fahey (2000) cited by Sharimllah et al (2011) note that most managers instinctively acknowledge the importance of culture, streamlining the relationship of their existing culture to management objectives is found to be a colossal task.

Thirdly, research evidence has shown that different types of cultures exist in organizations and that culture has a long-term impact on the success and superior performance of the organization. Further literature has it that certain types of culture could enhance performance while yet still some researchers have found significant relationship between organizational culture and performance (Denison 1990; Kotter and Heskett 1992; Van der Post et al. 1998). The roles of these private university colleges in the development of the country are essential and form another motivation for the conduct of this study.

By the above reasons, it is vital to assess the impact of organizational culture of non faith based university colleges on performance from faculty perspective so as to allow administrators, faculty and management to efficiently coordinate in their environment for effectiveness.

The specific objectives of this paper are therefore:

- To identify the dominant culture type in non faith based private university colleges in Ghana.
- To explore the preferred culture type that enhances performance from faculty perspective at the non faith based private university colleges in Ghana.

The next section presents the literature on organizational culture types, organizational culture and performance relationship followed by the description of methodology employed. The empirical results are reported and subsequently the findings and their implications are discussed. The paper is then concluded with suggestions for future research.

LITERATURE REVIEW

University culture has been explained as the collective personality of the university whereas others view university culture as the atmosphere that is created by the social and professional interactions of the individuals at the university. Organizational culture is one of the dimensions most studied in the context of organizations and has been associated with strategy and organizational behavior (Quinn 1991; Parker 2000; Major 2000 and Wilderom & Glunk ,2000). Culture of organizations should rather be seen as central to the success of organisations rather than factors such as structure, strategy and politics. (Deal and Kennedy 1992; and Wilson,1992). Literature has different approaches to assessing organizational culture and different views as to how researchers classified organizational culture.

But to Norton (1984) culture serves a crucial role in determining "what the institution is and what it might become". Theoretical developments of the concept of organizational culture studies are conducted within the field of organizational theory from literature and some of the classifications included:

- Harrison (1993), who classified organizational culture as power, role, achievement and support.
- Gibson et al (2003) identified two major aspects of culture, which are strong culture and weak culture.

The above-mentioned typologies of organizational culture provide broad overviews of the variations that exist between theorists in their description which has mainly evolved over time. Different approaches are used in the literature to assess organizational culture. One of these approaches most frequently used is the model of Competing Values developed by Quinn and McGrath. (1985) which defines four types of organizational culture as: Clan; Adhocracy; Hierarchy and Market orientation and assesses culture by using organizational culture assessment instrument (OCAI). However, this study assesses culture by using Organizational Culture Assessment Tool (OCAT) mostly used by Organizational Capacity Improvement

Consultants (OCIC) UK, adopted from Harrison's (1993) work. In his work, Harrison (1993) reasoned that typical beliefs, values, work styles and relationships distinguish one organization from the other; organizations contain qualities that give it a particular climate or feel and that these specific qualities of the organization may show through four dimensions as: power, role, achievement and support.

Brown (1998) is of the view that "a power culture has a single source of power from which rays of influence spread throughout the organization" whereas power is centralised and organizational members are connected to the centre by functional and specialist strings as cited by Harrison (1993). From literature, it can be regarded as being rule oriented in the sense that it focuses on respect of authority, rationality in procedures, division of work and normalization. Harrison and Stokes (1992) view role-oriented culture as "substituting a system of structures and procedures for the naked power of the leader". This type of culture according to the literature focuses mainly on job description and specialization. Thus, work is controlled by procedures and rules that spell out the job description, which is more important than the person who fills the position. Harrison and Stokes (1992) further argue that achievement-oriented culture is defined as "the aligned culture which lines people up behind a common vision or purpose". Achievement culture from literature is often referred to as task culture in which organizational members focus on realizing the set purpose and goals of the organization. Brown (1998) also writes that "a task/achievement culture is one in which power is somewhat diffuse, being based on expertise rather than position or charisma". Support-oriented culture resembles the people orientation characteristic of organizational culture. Martins and Martins (2003) describe people orientation culture as "the degree to which management decisions take into consideration the effect of outcomes on people". With this type of culture, the well being of employees is important to managers and from the literature, it is often referred to as a person-oriented culture.

Organizational and performance relationship

Researchers including (Kotter & Heskett, 1992; Wagner & Spencer, 1996) among others have argued that organizational culture has been determined to be predictor of performance. Evidence from the field of business indicates that organisations whose culture focuses largely on key managerial components, such as customers, stakeholders and employees, and leadership, outperform those that do not have these cultural characteristics. Denison (1990) in his research examined the relationship between corporate culture and performance. Corporate culture was based on the perceptions of organizational practices and conditions, to characterize the organizational culture in his research. He found out that organisations with participative culture performed better than those without participative culture. Sadri and Lees (2001) argued that a positive corporate culture could provide immense benefits to the organization, and gain a leading competitive edge over other firms in the industry. They contended that, a negative culture could have a negative impact on the organizational performance as it could deter firms from adopting the required strategic or tactical changes. A study by Agboola (undated) examines the impact of organizational culture on performances of universities in Nigeria. Samples of 300 academic and non-academic staffs from 4 universities in Nigeria were drawn. The analysis shows that culture of the various universities studied are very low, therefore having a negative impact on their performances. One could easily imply from these researchers and others that organizational culture has a relationship with performance of organizations and that specific cultures may significantly impact positively/negatively on the performance of the organization. To buttress the implication above, Denison et al (2004) are optimistic that though organizational culture contributes to the success of the organization, not all dimensions of culture contribute the same.

In summary, the results regarding the organizational culture types adopted by non faith based private university colleges will serve as a reference for the body of knowledge regarding organizational culture in private universities in Ghana, which is negligible to date. More importantly, guidelines are provided to private university colleges in formulating strategies on how to deal properly with their organizational culture for effective performance of the university. The next section presents the methodology employed in this study.

RESEARCH METHODOLOGY

Sampling & Population

Private university colleges in Ghana are grouped into two: faith based (religious bodies) and non faith based (non religious bodies & individuals) with many of these located in Accra, the capital city of Ghana and its environs'. Non faith based university colleges in Accra were chosen for the study. Of the total, the researchers purposively selected three university colleges: Jayee, Regent and Wisconsin University Colleges for the study. Jayee has teaching staff strength of about 70, Regent about 150 and Wisconsin about 80. The population for the study was 300. The sample size was 120. Forty questionnaires

were sent to each university college. However, a total of 80 questionnaires were received with the distribution as follows: Jayee- 35, Regent- 25 and Wisconsin-20.

Instrument-scale

In order to assess the culture of the organization, the OCAT and interview guide were used. The OCAT has two columns; existing and preferred containing 15 statements. Respondents were asked to assign only one "4" one "3" one "2" and one "1" for each phrase in the "existing" column and for each phrase in the "preferred" column by ranking. The 4 being the dominant view or the respondents most preferred alternative. Each statement outlines an example of a possible behavior of management, people and the entire organization among others. The 15 items in the questionnaire are designed to evaluate faculty's perspective of the four dimensions of culture in the organization and what faculty preferred. The four dimensions measured are power, role, achievement and support cultures. The analysis discussed are based on explaining faculty's perceptions on four composite measures that reflect the dimensions of organizational culture at the non faith based university colleges selected for the study.

Data for each non-faith based university college was separately analysed before analyzing all three non-faith based university colleges as one. Analysis was obtained by first recording the rankings (either 4, 3, 2, and 1) under the sub headings 1a, 1b, 1c and 1d (representing power, role, achievement and support) for both existing and preferred culture types for each questionnaire. Afterwards, all scores under 1a, 1b, 1c and 1d were summed for both the existing and the preferred cultures differently. All summed rankings were then sent to a new excel sheet with the sub headings power, role, achievement and support for both the existing and preferred columns. The overall total for the subheadings power, role, achievement and support for both the existing and the preferred culture types were determined and further their averages/mean calculated. The culture indices for both the existing and the preferred culture types were then determined using a specific formula. This process was done for each university college and then all questionnaires received from the three non-faith based university colleges were analysed as one.

In addition, five respondents from each institution totaling 15 were sampled randomly and interviewed. Responses obtained were analysed using percentages.

RESULTS

Tables 1, 2 and 3 show the average scores for the four OC types at the non faith based university colleges and table 4 shows the mean scores for all 80 respondents. In Table 1, Power culture (44.34) is found to score the highest followed by role culture (31.57). This is followed by achievement and support cultures for the existing culture. On the other hand, academics in table 1 tend to rate achievement (42.17) and support (39.63) cultures as being more prevalent than the role and power cultures for the preferred cultures. The culture index for the existing culture is negative while the preferred culture has a positive culture index. Apparently, the other two university colleges from table 2 and 3 show the same trend; Power and role cultures being dominant followed by achievement and support cultures for the existing culture and with the preferred, achievement and support being more than power and role. Both do have negative culture indices for existing and positive culture indices for the preferred culture.

In table 4, data from all three non faith based private university colleges were combined and analysed. The results showed no difference with the individual analysis in tables 1, 2 and 3. Existing power culture (48.01) is the most dominant, followed by role culture (38.64). Achievement and support cultures then follow with 33.96 and 29.39 respectively as their average cultures. The culture index for the existing culture is -23.3 whereas the culture index for the preferred culture is 17.7. Achievement culture for the preferred is the most dominant (44.29) followed by support culture (39.56).

CULTURE INDEX=

A+S-P-R

Table 1 - (Jayee University College)

OCAT AVERAGES

CULTURE	POWER	ROLE	ACHIEVEMENT	SUPPORT	INDEX
EXISTING	44.34	37.6	36.49	31.57	-13.88
PREFERED	30.43	37.78	42.17	39.63	13.59

Source: field data 2014

Table 2 - (Regent University College of Science and Technology)

OCAT AVERAGES

CULTURE	POWER	ROLE	ACHIEVEMENT	SUPPORT	INDEX
EXISTING	53.56	40.72	31.16	24.56	-38.56
PREFERED	23.72	38.76	47.48	40.04	25.04

Source: field data 2014

Table 3 - (Wisconsin International University College)

OCAT AVERAGES

CULTURE	POWER	ROLE	ACHIEVEMENT	SUPPORT	INDEX
EXISTING	47.5	37.85	33.06	31.6	-20.7
PREFERED	29.65	37.5	44	38.85	15.7

Source: field data 2014

Table 4 - All three non-faith based university colleges

OCAT AVERAGES

CULTURE	POWER	ROLE	ACHIEVEMENT	SUPPORT	INDEX
EXISTING	48.01	38.64	33.96	29.39	-23.3
PREFERED	28.14	38.01	44.29	39.56	17.7

Source: field data 2014

DISCUSSIONS AND IMPLICATIONS

This research has achieved all two objectives set forward. The OCAT which was originally developed to assess organizational culture in business organizations (corporate sector) is validated in this study. The findings confirm that the OCAT is also applicable to university settings.

From table 4, the existing dominant culture is power. Harrison (1993) writes that this type of culture has a head that sits in the centre surrounded by inmates and subordinates who are dependants. This implies that a personal, informal and power management style becomes valued. Power oriented culture from the literature tends towards a rule by fear, with abuse of power for personal advantage on the part of the leaders. The tendency to instill fear and to abuse power in staff is high leading to nepotism and favouritism from leaders. Supporting this fact, it is interesting to note that 14 (93%) lecturers perceived a high level of nepotism from management when 15 staffs (5 from each of the university college) were randomly selected and asked how they perceive the relationship between management and the rest of lecturers. In a follow up

question as to whether this relationship encourages their goal attainment as lecturers, 14 (93%) were of the view that it does not.

The existing role of faculty (38.64) does not differ significantly from the preferred (38.01) from table 4. This type of culture from the literature focuses mainly on job description. Work as reasoned by Harrison (1993) is controlled by procedures and rules that spell out the job description which is more important than the person who fills the position. These roles or job descriptions are coordinated at the top by a narrow band of senior management. Authorities here are delegated within a highly defined structure. Organizations with role dominant culture form hierarchical bureaucracies, where power is derived from the personal position and rarely from an expert power. Control is made by procedures, strict roles descriptions and authority definitions.

Jobs are so tightly defined that there is little room to contribute one's unique talents and abilities. Faculty supported the fact that their job descriptions do not allow them to be more innovative in their lecturing when 12(80%) from 15 lecturers sampled confirmed that their job descriptions do not allow distinctive talents to be exhibited.

In reference to table 4, achievement culture is more prevalent in the preferred culture (44.29) than existing culture (33.96). The differences are highly significant. This type of culture entails that organizational member's focus on realizing the set purpose and goals of the organization which is performance. However, faculty perceive that the existing achievement culture of the organizations do not allow them to perform to their best of abilities. To Brown (1998), achievement culture has as its objective to bringing the right people together, in order to achieve the organizational goals. Achievement-oriented culture from the literature is similar to team orientation as a characteristic of organizational culture. Martins and Martins (2003) describe team orientation as "the degree to which work activities are organised around teams rather than the individuals". The findings on achievement culture from all three non faith based university colleges explain that academics do not collaborate with each other for the completion of tasks such as consultation, administration, and research which hinders performance of the university. This is because faculty members sampled in all three universities had their OCAT averages on existing culture lower than the preferred culture that faculty would have wanted. Supporting this finding, works from Sharimmah et al (2011) have it that collaboration between academics of public higher education institutions in terms of research and other scholarly activities is more common than their colleagues in the private higher education institutions. Further, from the literature, an organization with dominant achievement culture is characterized with high internal motivation and maximum utilization of members' talents which no doubt affects performance of the organization positively. Asked what lecturers would do differently if they were part of management for lecturers to perform, 9 sampled (60%) suggested that peer review of work will be paramount while 5(33.3%) others agreed that committees should be seen working. Thus, 14(93.3%) of the 15 respondents sampled and interviewed will support the fact that team work at the university enhances effectiveness/performance and that dominant existing achievement culture type impacts positively on performance.

Harrison and Stokes (1992) viewed support-oriented culture as an "organizational climate that is based on mutual trust between the individual and the organisation". Literature has it that support-oriented culture is characterized by individuals influencing each other through example and helpfulness, good internal communication and integration, high levels of commitment to decisions, sophisticated process skills, manage people issues well and high levels of cooperative, effective group work among others. This according to Harrison (1993) creates conducive work environment that enhance innovativeness, proactiveness and openness to change. This, no doubt is fundamental to the functioning of the university since universities are more dependent on the intellectual and creative abilities and commitment of faculty and also suggests that the organization values the talents of individual employees who also value their own work. However, from the three non- faith based university colleges; the preferred role culture (39.56) by faculty is higher than the existing culture (29.39); implying that management of the university colleges do not value the talents of staff and staff are not allowed to make decisions.

CONCLUSION AND SUGGESTIONS FOR FUTURE RESEARCH

This research has highly developed knowledge as far as assessment of the impact of organizational culture on performance from faculty perspectives in non-faith based private university colleges in Ghana is concerned. It is hoped that the findings will help university colleges' management to undertake a self-check of the various organizational culture types so that action can be taken to minimize any gaps. The results show that all four types of culture exist in the university colleges. Further non faith based private university colleges need to reduce their power culture and enhance achievement and support cultures while maintaining their role culture since the study showed that dominant existing achievement and support culture impacts positively on faculty's performance. The culture index for all three non-faith based private university colleges being

negative imply that power is vested more in management than faculty and these findings are suggestive of limits to manager's capacity to manage cultural change.

Culture change from the literature is not easy in that usually, introducing new elements and replacing old ones come with its own challenges and faculty may not be open to this. For it to be successful, management needs to convince faculty of the prospects/gains of the change in culture rather than the losses. Trice and Beyer (1993) as cited by Sharimllah et al (2011) reasoned that when higher educational institutions are ready for culture change, the following should be considered: higher education institutions must capitalize on poor financial/non financial performance of the university such as university rankings to introduce change; management of higher education must comprehend resistance to change by faculty; management of higher education should not introduce change drastically but should rather be a gradual process and remove some detrimental features while others are maintained little by little. This no doubt may allow gradual adjustment to change by faculty. Leaders and management must model the desired behavior to steer culture change if the change will be successful and in their words, Sharimllah et al (2011), are optimistic that "the first execution of change should be among organizational leaders and from this group to the general workforce so as to reinforce their commitment to the workforce that there will be no negative repercussions to change". Further, jobs assigned to faculty should be such that faculty can contribute their unique talents and be more innovative in their teaching. In addition, the work environment must equally enhance innovativeness and proactiveness with the main goal of providing university education to Ghanaian and other international citizens. Research by faculty can be done in teams and funding must be made available as a way of motivating faculty to research since it's a needed requirement in teaching at universities.

It is hoped that the recommendations provide insights to universities in general on how to cultivate their organizational culture types in the precise stability in order to be more competitive in facing global challenges and meeting the expectations of stakeholders. Even though this study makes a substantive contribution to knowledge on organizational culture and its impact on performance from faculty perspective, it has some limitations and these issues need to be explored in future research. It is worth highlighting that the research is limited to only 80 faculty members from three private university colleges (non -faith based) of the many outlined non faith based university colleges in Ghana. As such, it may be difficult to generalize the findings to other universities in the country, a promising area that future research should address. Secondly, this study is aimed as one of its objectives exploring the preferred culture type that enhances performance from faculty perspective, it attempted to create a snapshot of a best possible organizational culture so that a baseline description of organizational types at universities can be established. The study did not imply to develop a comprehensive picture of organizational culture types at non faith based private university colleges in Ghana. Future studies should not establish a baseline for organizational culture. Further, future studies can compare how organizational culture affects performance in public and private universities, faith-based and non-faith based private universities among others. Finally, future studies that build upon these limitations and simulated in different cultural settings may yield interesting discoveries.

REFERENCES

- [1] Agboola, M. G. (undated) "Impact of Organisational Performance of universities". Available at <http://eprints.covenantuniversity.edu.ng/459/1> Retrieved:4/09/2014
- [2] Arnold, J. (2005). *Work psychology: Understanding human behaviour in the workplace*, (4th edition) London: Prentice Hall Financial Times.
- [3] Basch, M.D. (2002). *Customer Culture: How FedEx and Other Great Companies Put the Customer First Every Day*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall,
- [4] Belfield, C.R., & Levin, H.M., (2003). *The Economics of Tuition Tax Credits Proceeding: National Association*, 16(2) pp.61-68.
- [5] Bronwen B., Seishi G. & Robin M, (2007),"Best practices in achieving a customer-focused culture", *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 14 Iss: 4 pp. 482 – 496. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1108/14635770710761889> and downloaded on 07-08-2014
- [6] Brown, A. (1998) *Organizational Culture*. (2nd. Ed) London: Pitman Publishing
- [7] Deal, T. and Kennedy, A.(1982), *A Corporate Culture*. Addison – Wesley, Reading, MA.
- [8] De Long, D.W. and Fahey, (2000) "Diagnosing cultural barriers to knowledge," *Academy of Management Executive*, Vol. 7 No. 4.
- [9] Denison, D.R. (1990), *Corporate Culture and Organizational Effectiveness*. John Wiley, New York, NY
- [10] Denison, Daniel R., Haaland, S. and Goelzer, P. (2004) "Corporate Culture and Organizational Effectiveness: Is Asia Different from the Rest of the World?" *Organizational Dynamics*, pp. 98–109.

- [11] Detert, J., Schroeder, R. and Mauriel, J. (2000), "A framework for linking culture and improvement initiatives in organizations", *The Academy of Management Review*, Vol. 25, pp. 850-63.
- [12] Gibson, J. L., Ivancevich, J. M., Donnelly Jr., J. H. and Konopaske, R.(2003). *Organizations: Behaviour, Structure, Processes*, USA, McGraw Hill Irwin, (11th Edition)
- [13] Hampden-Turner, C. (1990), "Corporate culture for competitive edge", *Economist*, London.
- [14] Handy, C. (1999) *Understanding Organisations*. Harmondsworth: Penguin Books.
- [15] Harrison, R. & Stokes, H. 1992. *Diagnosing Organizational Culture*. Amsterdam: Pfeiffer & Company
- [16] Harrison, R. (1993). *Diagnosing Organizational Culture: Trainer's Manual*. Amsterdam: Pfeiffer & Company
- [17] Hofstede, Geert (1991), *Cultures and Organizations: Software of the Mind.*, McGraw-Hill Professional.
- [18] Hofstede, G. (1998). Identifying organizational subcultures: An empirical approach. *Journal of Management Studies*, 35, 1-10.
- [19] Kilmann, R.H., Saxton, M.J., Serpa, R. and Associates (1985), *Gaining Control of the Corporate Culture*, Jossey-Bass, San Francisco, CA.
- [20] Kotter, J.P. and Heskett, J.L. (1992), *Corporate Culture and Performance*, The Free Press, London.
- [21] Levine, A.E. (2000), "The future of colleges: 9 inevitable changes", *Chronicles of Higher Education*, 7 October, www.education.gsu.edu/ctl/Programs/Future_Colleges.htm (16 September 2007).
- [22] Locke, W. (2007), "Higher education mergers: integrating organizational cultures and developing appropriate management styles", *Higher Education Quarterly*, Vol. 61 No. 1, pp. 83-102.
- [23] Major, D. A. (2000). Effective newcomer socialization into high-performance organizational cultures. In N. M. Ashkanasy, C. P. Wilderom, & M. F. Peterson (Eds.), *Handbook of organizational culture & climate* (pp. 355–368). Thousand Oaks: Sage Publications, Inc
- [24] Martins, N. & Martins, E. 2003. 'Organizational culture', In Robbins, S.P., Odendaal A. & Roodt, G. (eds), *Organizational Behaviour: Global and Southern African Perspectives*. Cape Town: Pearson Education South Africa.
- [25] McDermott, R. and O'Dell, C. (2000) "Overcoming cultural barriers to sharing knowledge", *Journal of Knowledge Management*, Vol. 5 No. 1, pp. 76-85.
- [26] Middlehurst, R. and Woodfield, S. 2004. *The Role of Transnational, Private, and For-Profit Provision in Meeting Global Demand for Tertiary Education: Mapping, Regulation and Impact. Case Study Malaysia. Summary Report*. Report Commissioned by the Commonwealth of Learning and UNESCO.
- [27] Mullins, D. K. V (2007) "The Relationship between Leadership Styles and Organizational Culture within Schools of Nursing". Unpublished PHD dissertation in Educational Leadership. Retrieved from <http://www.marshall.edu/etd.do> and downloaded on 30/04/2014.
- [28] National Accreditation Board (2013) Accredited Private Tertiary Institutions. Available at http://www.nab.gov.gh/nabsite/downloads/accredited_programmes downloaded on 20/04/2014
- [29] Norton, M.S. (1984), "What's so important about school climate?", *Contemporary Education*, Vol. 56 No. 1, pp. 43-5.
- [30] O'Rielly, Chatman & Caldwell (1991). "People and organizational culture: A profile comparison approach to assessing person-organization fit". *Academy of Management Journal*, 34, pp. 487–516
- [31] Parker, M. (2000) *Organizational Culture and Identity*, London: Sage.
- [32] Quinn, R. E. (1991). *Beyond rational management: Mastering the paradoxes and competing demands of high performance*. San Francisco: Jossey-Bass Inc. Publishers
- [33] Quinn, R. E., & McGrath, M. R. (1985). The transformation of organizational cultures: A competing values perspective. In P. J. Frost, L. F. Moore, M. R. Louis, C. C. Lundberg, & J. Martin (Eds.), *Organizational culture* (pp. 315–334). Beverly Hills: Sage Publications, Inc.
- [34] Schein, E.H. (2004), *Organizational Culture and Leadership*, Jossey-Bass, San Francisco, CA.
- [35] Smart, J.C. and St John, E.P. (1996), "Organizational culture and effectiveness in higher education: a test of the "culture type" and "strong culture" hypotheses", *Educational Evaluation and Policy Analysis*, Vol. 18 No. 3, pp. 219-41.
- [36] Sharimllah, D. R, Siong, C. C., Hishamuddin, I., (2011), "Organizational culture: An exploratory study comparing faculties' perspectives within public and private universities in Malaysia", *International Journal of Educational Management*, Vol. 25 Iss: 6 pp. 615 – 634. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1108/09513541111159086> and downloaded on 16-08-2014
- [37] Van der Post, W.Z., de Coning, T.J. and Smit, E.V. (1998), "The relationship between Organizational culture and financial performance: some South African evidence", *South African Journal of Business Management*, Vol. 29 No. 1, pp. 30-41

Test sur la consommation des larves des moustiques par l'espèce *Barbus pellegrini* au CRSN/Lwiro, Sud Kivu, Est de la RD Congo

[Test on the consumption of mosquito larvae by the species *Barbus pellegrini* to the CRSN/Lwiro, South Kivu, East the DRC]

Paul Mukungilwa NDAKALA¹, François Mwangi NGERA¹, Janvier Balikubiri BANDIBABONE², and Pascal Mulungula MASILYA³

¹Département de Biologie, Section d'Hydrobiologie, Laboratoire de Limnologie, Centre de Recherche en Sciences Naturelles (CRSN-Lwiro), D.S. Bukavu, RD Congo

²Département de Biologie, Section d'Entomologie, Laboratoire d'Entomologie et parasitologie, Centre de Recherche en Sciences Naturelles (CRSN-Lwiro), D.S. Bukavu, RD Congo

³Département de Biologie, Unité d'Enseignement et de Recherche en Hydrobiologie Appliquée (UERHA), ISP Bukavu, B.P. 854 Bukavu, RD Congo

Copyright © 2015 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: An experience was taken to the laboratory of Limnology of the CRSN/Lwiro in view to verify if fishes *Barbus pellegrini* would get acclimatized well in captivity and would consume larvae of mosquitos because well-known of entomophages, it of the 23/04 at 12/05/2014. To the term of this one, we noted a good acclimatization of our fishes in their surroundings of raising; larvae of mosquitos submitted to our fishes were consumed since the 6 hours of their submissiveness. When to what was to know how much of larvae a fish could consume, a variation in active number of 4 to 10 larvae in 24h was him. It has is sufficient 9 to 14 days so that develop himself of mosquito larvae in adults.

KEYWORDS: Experience, Acclimatization, consumption, larvae of mosquitos, *Barbus pellegrini*.

RESUME: Une expérience fut menée au laboratoire de Limnologie du CRSN/Lwiro en vue de vérifier si les poissons *Barbus pellegrini* s'acclimateraient bien en captivité et consommeraient les larves des moustiques car réputés d'entomophages, cela du 23/04 au 12/05/2014. Au terme de celle-ci, nous avons constaté une bonne acclimatation de nos poissons dans leurs milieux d'élevage ; les larves des moustiques soumises à nos poissons furent consommées dès la 6 heures de leur soumission. Quand à ce qui était de savoir combien de larves un poisson pouvait consommer, une variation en nombre allant de 4 à 10 larves dans 24h l'était. Il a suffit 9 à 14 jours pour que se développent des larves des moustiques en adultes.

MOTS-CLEFS: Expérience, Acclimatation, consommation, larves des moustiques, *Barbus pellegrini*.

1 INTRODUCTION

La population mondiale vient d'atteindre les 7 milliard d'individus sans que les ressources alimentaires ne suivent le rythme de cette croissance démographique. Il s'ensuit dans plusieurs régions du monde et de manière particulière en Afrique sub-saharienne des maladies des carences alimentaires, surtout celles en protéines animales [1] et [2].

En ce qui concerne les ressources aquatiques, la forte croissance démographique a augmenté la demande en poissons sur le marché [3] et [4], occasionnant une fréquence élevée de la pêche en eau douce. Cette situation a conduit au dépeuplement, voir à l'extinction de certaines espèces [3], [4]. Face à cette situation, l'idée de domestiquer les espèces piscicoles s'est finalement imposée [5] ; [6] et [7]; cela avec une bonne maîtrise des paramètres abiotiques et biotiques des différentes espèces à domestiquer [8].

Paradoxalement, les étangs piscicoles sont considérés comme milieu idéal favorisant la prolifération des moustiques anophèles, vecteurs du paludisme [9]. Selon l'OMS, le paludisme tue des millions d'hommes par an dans le monde et en invalide d'autres [9], [10], [11], [12] et [13]. Dans la région de Lwiro et ses environs, les recherches ont montrées que les étangs piscicoles sont les plus grands réservoirs des Anophèles [9]. Cependant la situation de la malnutrition due à la carence en protéines animales ne cesse de s'aggraver dans la région suite aux guerres à répétition observées dans le pays.

Pour diminuer la prolifération des moustiques les méthodes de lutte biologique sont encouragées par Organisation Mondiale de la Santé (OMS) [14]. Les poissons larvivores indigènes sont de matériels biologiques les plus utilisés dans nombreuses régions à forte malaria. Cette pratique a été introduite extensivement à travers le monde depuis 1900 [15] et [16]. Les poissons larvivores natives présentent l'avantage de se multiplier, de s'adapter aux conditions climatiques et de réduire continuellement la prolifération des moustiques dans un habitat autre que son milieu naturel. Ces espèces préfèrent les eaux moins profondes, habitat idéale pour les moustiques. Pour ces poissons la forme de la bouche est une caractéristique morphologique importante indiquant la capacité de se nourrir des moustiques. Néanmoins, certains poissons larvivores présentent des conséquences écologiques très néfastes [15].

Le premier poisson larvifère *Gambusia affinis* a été identifié au Texas (Etats Unis) ensuite dans l'île de Hawaï en 1905, puis en Espagne et en Italie vers les années 1921. La deuxième espèce reconnue est *Poecilia reticulata* native de l'Amérique du Sud [15]. Nombreuses études *in vitro* et dans des habitats naturels ont conduit à des résultats positifs dans plusieurs pays [17], [18], [15], [16], [19], [14] et [20]. La littérature montre qu'il existe plus de 200 espèces des poissons qui se nourrissent des larves des moustiques [16].

Au laboratoire de limnologie nous avons pensées au à l'espèce larvifère locale *Barbus pellegrini*. Ces espèces appartenant à la famille de Cyprinidae sont les plus abondantes dans les cours d'eau de Lwiro et ses environs (Ndakala, article en préparation). Les poissons du genre *Barbus* (Cypriniformes-Cyprinidae) sont connus d'une part comme des espèces entomophages, d'autre part comme étant résistants aux changements des certaines conditions environnementales [21] ; [22] et [23].

Cette étude vise à tester expérimentalement (in vitro) une espèce locale de poisson "*Barbus pellegrini*" comme pouvant être utilisée dans la lutte biologique contre les moustiques proliférant dans les étangs à Lwiro.

2 MATERIEL ET METHODE

Le matériel biologique comprend l'espèce de poisson *Barbus pellegrini* expérimenté in vitro et les larves des moustiques. Les poissons ont été récoltés dans le ruisseau Birunga, situé dans la région de Lwiro, partie orientale du Lac Kivu, au versant oriental du mont Kahuzi, province du Sud Kivu, Est de la RDCongo (28,80° – 28,81° de longitude Est et 2,24°- 2,25° de latitude Sud), entre 1659 m et 1675 m d'altitude. Notre station de prélèvement s'est située à 1675 m d'altitude, 28,8° longitude Est et 02,3° latitude Sud. Ces coordonnées géographiques ont été mesurées à l'aide d'un Global Positioning System (GPS) eTrex SUMMIT (Garmin, USA).

Les spécimens des poissons ont été récoltés à l'aide d'une senne de plage de 45 cm de circonférence et de 2mm de mailles. Les larves des moustiques appartenant aux genres *Anophele* et *Culex* ont été récoltées dans des eaux stagnantes (à 1634m d'altitude, 28,81° de longitude Est et 2,24° de latitude Sud) et étangs piscicoles de la région de Lwiro (se trouvant dans la partie occidentale du Lac Kivu au versant oriental du Mont Kahuzi- Biega entre 1460 et 2000m d'altitude ; 28,48° Longitude Est et 2,14° latitude Sud) situés aux environs du bâtiment abritant le Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro (CRSN/Lwiro). Le nombre de larves soumis aux poissons était en fonction de nombre d'individus capturés sur terrain. Au préalable de nos expériences, une étude sur l'acclimatation des poissons était réalisée au laboratoire. Un total de 20 poissons auxquels étaient soumis l'association : Farine des poissons et la farine du jaune d'œuf et reparti dans différents bassins durant dix jours de suivi.

Tableau 1. Description des sites de récolte des poissons et des moustiques

	Substrats	Couverture	Plantes aquatiques	pH moyen	Tm°C
Ruisseau Birunga	Sables ++ Argile +++ Vase +	-	-	8,4	27,9
Eaux stagnantes	Boues +++	-	-	8,2	21,1
Etangs piscicoles	Boues +++	-	-	7,4	27,1

Légende : + : Faible quantité ; ++ : Quantité Moyenne ; +++ : Grande quantité ; - : Nulle

Au cours de l'expérience, 20 poissons furent inégalement répartis dans des bassins contenant chacun 2 à 20 litres d'eau et des graviers mélangés au sable comme substrats utilisés. Les poissons utilisés dans notre expérience ont été choisis par hasard, sans tenir compte de l'âge, sexe et taille.

Table 2. Situation globale de l'expérimentation (Bassins, volume d'eau, Nombre de Poissons, larves de moustiques et aliment artificiel)

	Volume d'eau (litres)	Nbre Poissons	Larves/essai	Total larves	Aliment artificiel
1 ^{er} Bassin	10	9	-	452	-
2 ^{ème} Bassin	10	9	-	-	Farine de poissons + Jaune d'œufs
3 ^{ème} Bassin (Petit A)	2	1	10	200	-
4 ^{ème} Bassin (petit B)	2	1	-	-	Farine de poissons + Jaune d'œufs

Légende : - : Absence

L'expérience sur le degré de consommation des larves des moustiques par l'espèce *Barbus pellegrini* a été suivie du 23 Avril au 12 Mai 2014 dans des conditions de laboratoire. Au 1^{er} essai, 150 larves ont été soumises aux 9 poissons, 149 larves au 2^{ème} essai et 153 larves au 3^{ème} essai à partir de 7h du matin. Pour déterminer le nombre de larves consommées par poisson, 10 larves ont été soumises à 1 poisson pour une durée de 24 heures d'expérimentation. Pour maintenir les poissons dans les mêmes conditions d'acclimatation, la quantité d'eau contenue dans le bassin était remplacée chaque soir par l'eau puisée dans un étang situé dans le bâtiment du CRSN. Cet étang est approvisionné en eau par l'eau de robinet provenant de la rivière Kalengo. La température et le pH de l'eau dans le bassin étaient prélevés chaque jour matin et chaque soir avant remplacement. Afin de se rassurer que les larves étaient consommées par les poissons, chaque bassin était couvert d'une toile de moustiquaire non imprégnée d'insecticides de 1 mm de mailles.

L'analyse des données sera réalisée par la méthode de comptage de nombre d'individus.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 PARAMETRES PHYSICOCHIMIQUES DANS LES BASSINS D'EXPERIMENTATION

Tableau 3 : Valeurs de températures moyennes ($T_m^{\circ}\text{C}$) et pH (moyen) in vitro (B : Grand bassin et b : petit bassin)

Dates	B1		B2		b1		b2	
	T $^{\circ}\text{C}$	pH	T $^{\circ}\text{C}$	pH	T $^{\circ}\text{C}$	pH	T $^{\circ}\text{C}$	pH
23/04/2014	23,7	7,95	23,4	7,89	24,4	7,90	24,2	7,88
24/04/2014	25,5	8,03	24,3	7,86	25,0	8,00	24,8	7,98
25/04/2014	23,1	8,08	22,8	7,98	23,6	7,96	23,5	7,93
26/04/2014	23,2	8,18	22,9	8,10	23,0	8,14	22,9	8,14
27/04/2014	23,2	7,74	22,7	7,68	23,1	7,70	23,0	7,69
28/04/2014	24,0	8,30	23,6	7,89	23,8	7,80	23,5	7,72
29/04/2014	23,2	7,95	22,6	7,75	23,0	7,90	22,9	7,88
30/04/2014	23,7	7,90	23,2	7,78	23,5	7,86	23,3	7,85
01/05/2014	23,6	7,62	23,3	7,63	23,2	7,59	23,2	7,58
02/05/2014	23,6	7,84	23,2	7,72	23,3	7,80	23,1	7,79
03/05/2014	23,5	7,83	22,7	7,81	23,0	7,80	22,9	7,78
04/05/2014	25,2	7,81	24,2	7,79	25,0	7,79	25,1	7,80
05/05/2014	24,5	7,86	23,9	7,83	24,1	7,86	24,0	7,84
06/05/2014	24,4	7,90	23,9	7,89	24,0	7,95	24,2	7,81
07/05/2014	24,0	8,30	23,4	7,90	23,9	8,10	23,9	7,93
08/05/2014	22,8	8,02	22,5	7,87	22,7	8,00	22,8	7,89
09/05/2014	22,4	8,27	22,2	8,04	22,3	8,15	22,2	8,12
10/05/2014	22,2	8,25	21,9	8,03	22,2	8,20	22,3	8,22
11/05/2014	23,9	8,13	23,1	8,05	23,6	8,12	23,5	8,10
12/05/2014	23,7	7,76	23,4	7,77	24,5	7,92	24,2	7,83

Dans les différents bassins la température de l'eau varie entre 21,9 $^{\circ}\text{C}$ et 25,5 $^{\circ}\text{C}$. Le pH enregistré présente des valeurs basiques variant entre 7,59 (b1) et 8,30 (B1). Les valeurs obtenues in vitro permettent un bon déroulement de processus métabolique. Elles sont dans la marge du milieu naturel de ce poisson. Dans Birunga, milieu où l'espèce a été prélevée la température varie entre 22,1 $^{\circ}\text{C}$ (matin) et 27 $^{\circ}\text{C}$ (après 12h). Le pH présente une valeur basique de 8,4. La marge de tolérance de température et pH des eaux d'élevage pour ce genre de poisson est comprise respectivement entre 24-27 $^{\circ}\text{C}$ et 6-8 [18]. *Barbus pellegrini* a également été inventorié dans le Lac Kivu [24], [25] où la température l'eau varie entre 23-25 $^{\circ}\text{C}$ avec un pH basique variant entre 9,1-9,5 [26].

3.2 ACCLIMATION DES POISSONS DANS LES DIFFERENTS BASSINS

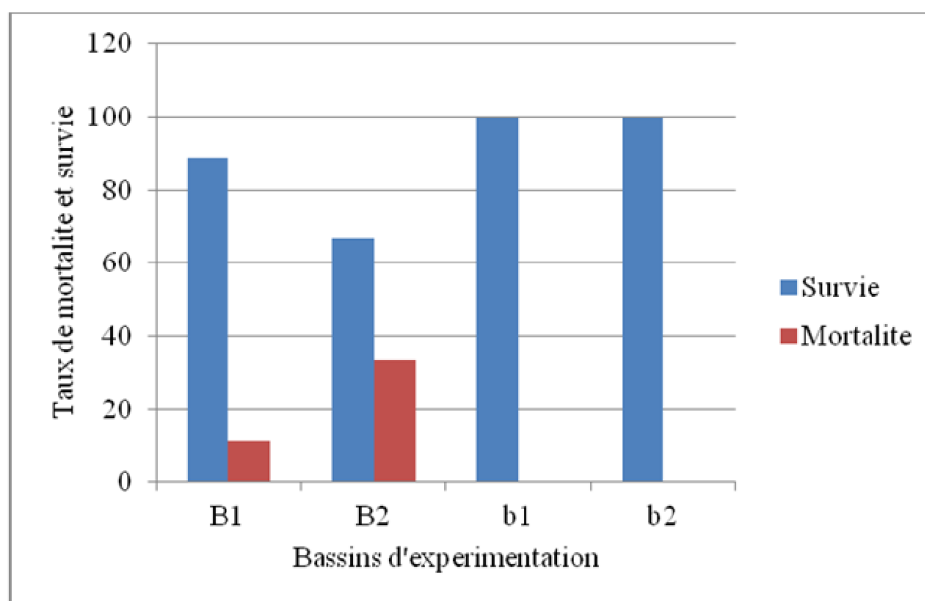


Figure 1. Le taux d'acclimation (survie et mortalité) des poissons dans les bassins

La figure 1, montre que l'espèce *Barbus pellegrini* s'est bien adaptée après 10 jours d'observation en laboratoire. Sur un total de 20 poissons testés le taux de survie est de (80 % soit 16 individus) et celui de mortalité est de (20% soit 4 individus). Le taux de mortalité (33,3% soit 3 individus sur 9) le plus élevé a été enregistré dans le bassin (B2). Tandis que dans les petits bassins le taux de mortalité est nul. Notons que les poissons du bassin B2, sont morts, les jours où l'eau n'avait pas été remplacée dans le bassin. Dans B1, le poisson a été retrouvé mort par terre lorsque le bassin n'était pas encore protégé par le filet.

Pour cette espèce, la rivière Birunga, son habitat naturel, présente les mêmes valeurs du pH (7,6-8,6) et de température (20°C – 30,2°C) que ceux obtenus dans les étangs de Lwiro approvisionnés en eau par la rivière Kalengo (Ngera, article en préparation). Ces résultats confirment ceux obtenus par nombreux auteurs [20], [15] et [14]. En Ethiopie 11 espèces indigènes ont été identifiées et se sont révélées plus efficaces dans la consommation des moustiques en laboratoire [20]. Nombreuses études recommandent les poissons indigènes que les espèces exotiques non seulement à cause de leur adaptation mais aussi parce qu'ils ne causent pas de dommages aux autres poissons indigènes [18], [19]. Le poisson *Gambusia* par exemple cause des conséquences écologiques graves lorsqu'il est introduit en dehors de son milieu naturel [15].

3.3 TAUX DE CONSOMMATIONS DES LARVES DES MOUSTIQUES PAR UN GROUPE DE POISSONS

Le tableau 4 renseigne sur le degré de consommation des larves des moustiques par les poissons *Barbus pellegrini*. Dans l'ensemble de 20 tests réalisés, un total de 452 larves ont été soumis au groupe de 9 poissons. Après 6 heures (7h-13h) d'expérimentation, 314 larves (soit 69,5%) étaient consommées par les poissons. Le 8^{ème} test présente le nombre le plus élevé des larves consommées après 6 heures. Tandis que la 3^{ème} et 13^{ème} expériences présentent zéro larve consommée après 6 heures d'exposition. Toute fois après 24 heures d'exposition toutes les larves (133 larves soit 29,4%) étaient consommées.

[18] ont révélé une consommation intense des moustiques par l'espèce *Puntius sophore* et *Trichogaster fasciata* pendant les 30 premières minutes d'exposition. Pour les mêmes auteurs, le nombre de larves consommés par ces espèces de poisson varie entre 45 et 66 larves par heure. Des études au laboratoire montrent que la durée et la période d'exposition (nuit ou journée) ainsi que le stade du développement des moustiques peuvent également influencer sur le taux de consommation [18], [15], [14]. [14] montre que le poisson *Aphyosemion geryi* consommait un grand nombre de larves pendant la nuit (19:00 – 7:00) que le jour (7:00 – 19:00) avec respectivement une moyenne de 52 et 154 larves par heure. Pendant la journée ce poisson a été plus efficace de 13:00-19:00 que de 7:00-13:00.

Pour nombreuses autres espèces le taux de consommation le plus élevé a été observée pendant la journée que pendant la nuit [18], [15], [14]. Ce nombre varie selon la taille et le type d'espèce de poisson [18], [15] ainsi que du stade de développement du moustique [14].

Dans le milieu naturel, nombreuses études ont révélé que la réduction de la prolifération des moustiques était associée à la présence de poissons larvivores. En Guinée, l'absence de culicidé a été associée avec la présence d'*Aphyosemion geryi* [14]. En Somalie, une réduction d'une moyenne de 52,8% de nombre de moustiques été observé après l'introduction de l'espèce l'*Oreochromis spilurus spilurus* [19]. A l'Ouest de Kenya, on a observé une réduction sensible des larves des moustiques après l'introduction de l'espèce *Oreochromis niloticus* dans un étang [16]. D'autres espèces des poissons *Aphalnius dispar*, *Aplocheilus blockii*, *A. lineatus*, *A. panchax*, *Colisa fasciatus*, *C. lalia*, *C. sota*, *Chanda nama*, *Oryzias melastigma*, *Danio rerio*, *Macroipodus cupanus*, *Carassius auratus*, *Gambusia affinis*, *Poecilia (Lebistes) reticulata*, *Nothobranchius guentheri*, *Xenentodon cancila*, *Oreochromis mossambica* ont été expérimentés au laboratoire et milieux naturels comme des espèces larvivores des moustiques [15]. Récemment en Inde, 58 espèces des poissons ont été identifiées comme mangeurs des larves des moustiques dans le Barrage de Manair [17].

Tableau 4 : Nombre de larves consommées par les poissons au cours de 20 tests

	1er	2e	3e	4e	5e	6e	7e	8e	9e	10e	11e	12e	13e	14e	15e	16e	17e	18e	19e	20e	Tot	%
Nbre de Larves et nymphes données	20	30	10	50	40	20	18	45	30	36	20	30	20	20	15	24	13	5	4	2	452	100
Nbre de larves consommées après 6h	14	18	0	10	34	20	18	43	26	33	20	30	0	5	9	10	13	5	4	2	314	69,5
Nbre de larves consommées après 24h	6	12	10	38	6	0	0	2	4	3	0	0	20	15	3	14	0	0	0	0	133	29,4
Développement en adultes	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	0,88

3.4 NOMBRE DE LARVES CONSOMMEES PAR POISSON

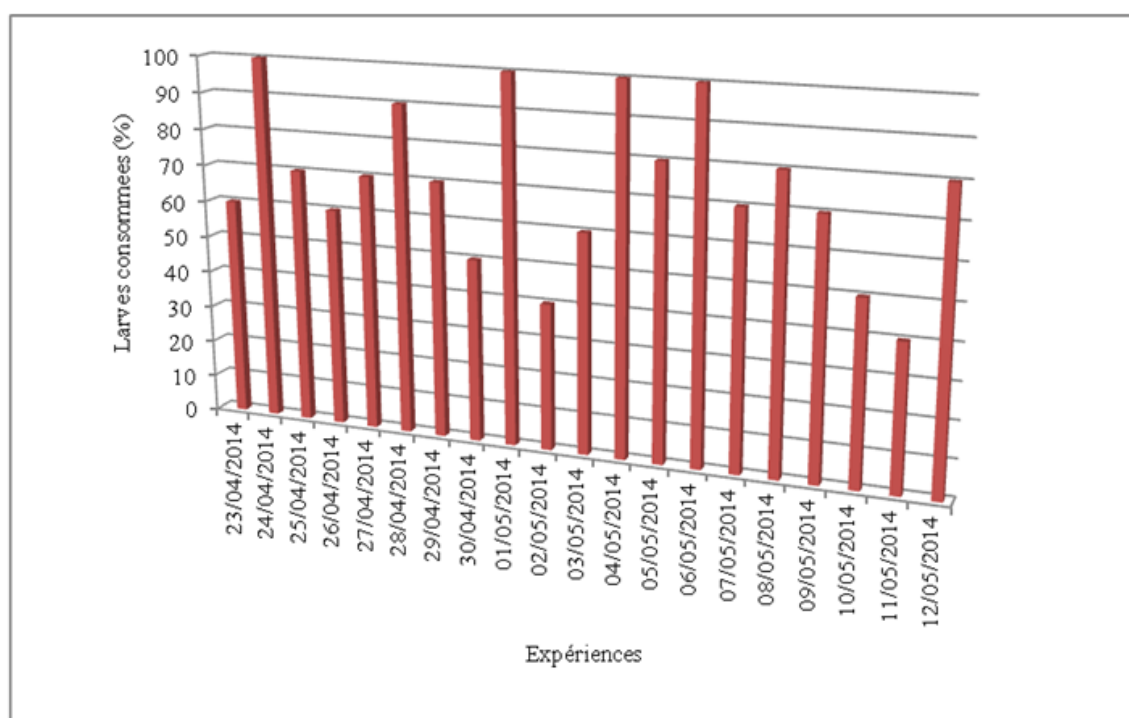


Figure 2: Taux de larves des moustiques consommées par poisson après 24 heures

La figure 2 présente 20 tests qui indiquent le nombre de larves consommées par un poisson par jour. En général, un poisson a consommé au moins 50 % (5 à 10 larves) de nombre de larves par jour. Le pourcentage le plus élevé (100% soit 10 larves) a été observé au cours de 4 tests. Tandis que deux tests présentent le taux (40%) le plus faible.

Nombreuses études montrent que la capacité d'un poisson de consommer les larves des moustiques varie d'une espèce à l'autre. Elle dépend de la taille du poisson, de son adaptation à la qualité physico-chimique de l'eau qui héberge les larves, de l'espèce de moustique et de son stade de développement [18], [15], [16], [14]. Au cours de notre expérience, les

caractéristiques des spécimens utilisés n'ont pas été mesurées. Toute fois l'espèce *Barbus pellegrinii* se révèle moins efficaces par rapport aux autres espèces. Des études menées en Ethiopie ont révélé qu'après 24 heures, 10 individus de *Oreochromis spilurus spirulus*, avaient consommés au minimum (83%) et au maximum (99%) du total de 250 à 300 larves de moustiques avec une moyenne de 25 à 30 larves par poisson. Au bout d'un mois d'exposition une réduction de 52% des moustiques avait été observée [19]. D'autres études montrent que l'espèce *Channa gachua* est capable de consommer plus de larves des moustiques que les espèces *Trichogaster fasciata* et *Puntius sophore* [18]. Au Kenya, on a trouvé que l'espèce *Oreochromis niloticus* avait réduit 94 % *Anophele gambia*, 97,5% de *A. fenustus* et 75,4% de *Culicinia* dans un étang [16]. *Colisa fasciatus* consomme entre 84 et 96 larves des moustiques par poisson [15].

4 CONCLUSION

Une expérience réalisée au laboratoire de Limnologie du CRSN/Lwiro montre que l'espèce *Barbus pellegrini* peut s'adapter bien dans un étang piscicole et consommerait les larves des moustiques. Cette espèce indigène présente un double avantage dans la région de Lwiro. Son élevage servira à la fois comme source de protéine et dans la lutte contre la prolifération des moustiques pour cette population qui souffre à la fois de la malnutrition et du paludisme. Cependant, les facteurs taille, sexe du poisson ainsi que le stade de développement et l'identification des larves moustiques jusqu'au niveau de l'espèce doivent être étudiées afin de savoir plus sur l'efficacité de ce poisson de consommer les moustiques. Les impacts écologiques des étangs piscicoles et la cohabitation de l'espèce *Barbus pellegrini* avec d'autres espèces devront aussi être approfondis.

REMERCIEMENTS

Nos sincères remerciements s'adressent à Mme Dr. CARMEN (Coordinatrice au Projet COOPERA), par son souci de promouvoir la pisciculture dans notre région ainsi qu'à tous nos agents techniques du laboratoire de Limnologie que ceux du laboratoire d'Entomologie médicale et parasitologie du CRSN/Lwiro, qui se sont mobilisés afin de nous fournir tout le matériel biologique utilisé dans cette expérience.

REFERENCES

- [1] Dumont G. F : *La démographie mondiale, Extrait de conférence aux étudiants à l'école centrale de Lyon*, Paris : 1-11, 2004
- [2] ONU : *La population mondiale devrait atteindre 9,6 milliards en 2050*, Actualités, extrait du site de l'Association Adéquation : 1-7, 2013
- [3] Micha, J-C : *Pas d'avenir sans pisciculture : le Big bang piscicole*, Bull. Séanc. Acad. R. Sci. Outre Mer, Vol. 52, 4 : 433-457, 25p, 2006
- [4] Fontaine P., Legendre M., Vandeputte M. et Fostier A.: *Domestication de nouvelles espèces et développement durable de la pisciculture*, Cahiers d'Agricultures, Vol. 18, n°2-3 : 119-124, 2009.
- [5] Lazard J. et Legendre M. : *La pisciculture africaine : enjeux et problèmes de recherche*, Cah. Agri., Vol. 3 : 83-92, 1994
- [6] Chevassus-au-Louis B. et Lazard J. : *Prospects for biotechnical research in fish culture*, Cahiers d'Agricultures, 18, 91-96, 2009
- [7] Nunez J. : *Domestication de nouvelles espèces d'intérêt piscicole en Amazonie*, Cah. Agri., Vol. 18, 2 : 136-143, 2009
- [8] Legendre M. et Lévêque C. : *Les poissons des eaux continentales africaines : Diversité, écologie, utilisation par l'homme*, IRD éditions, Paris, p. 573, 2006
- [9] Ombeni B. L, Bandibabone B. J, Musaka Z. B. et Chimanuka B., *Surveillance entomologique des vecteurs du Plasmodium dans les Gîtes larvaires en Territoire de Kabare, Est de la RDC*, IJIAS, Vol. 7 (2), 809-814, 2014
- [10] Lambrecht L. F. : *Anophélisme dans le Mosso-Sud (Urundi)*, Annales de la société Belge de Médecine tropicale, Tom XXXII, n°3, Rue nationale, 155, Anvers : 243-246, 1952
- [11] Lambrecht L. F. : *Notes sur l'anophélisme dans la vallée de la Ruzizi (Kivu-Congo Belge) et des essais de DDT-isation*, Annales de la société Belge de Médecine tropicale, Tom XXXIV, n°6, Rue nationale, 155, Anvers : 931-961, 1954
- [12] Basabose K. et Kilosho T. : *Notes sur les gîtes larvaires des vecteurs du paludisme dans une zone d'altitude à Lwiro, Est du Zaïre*, Rev. Sci. Nat ; Vol.2 : 29-39, 1994
- [13] Anonyme : *Bulletin d'informations humanitaires d'OCHA, RDC/Nord Kivu*, Publication Hebdomadaire, n°34/13, 2013
- [14] Pandare, D and Romand, R: *Feeding rates of Aphysemion geryi (Cyprinodontidae) on mosquito larvae in the laboratory and in the field*. Rev. Hydrobiol. Trop. 22(3): 251-258, 1989

- [15] Chandra, G., Bhattacharjee I., Chatterjee S.N., & Ghosh, A.: *Mosquito control by larvivorous fish*. Indian J Med Res 127, pp 13-27, 2008
- [16] Howard, A.F.V, Zhou, G, and Omlin, F.X.: *Malaria mosquito control using edible fish in western Kenya: preliminary findings of a controlled study*. BMC Public Health, 2007
- [17] Rao, K.R: *A study on larvivorous fish species efficacy of lower Mannair dam at Karimnagar, Andhra Pradesh, India*. Advances in Applied Science Research, 5(2):133-143, 2014
- [18] Phukon, H.K and Biswas, S.P.: *An Investigation on Larvicidal Efficacy of some Indigenous Fish Species of Assam, India*. Adv. Biores., Vol4 (3):22-25, 2013
- [19] Mohamed, A.A: *Study of larvivorous fish for malaria vector control in Somalia, 2002*. La revue de Santé de la Méditerranée Orientale, Vol. 9, N°4, 2003
- [20] Fletcher M, Teklehaimanot A, Yemane G, Kassahun A, Kidane G, Beyene Y.: *Prospects for the use of larvivorous fish for malaria control in Ethiopia: search for indigenous species and evaluation of their feeding capacity for mosquito larvae*. The Journal of Tropical Medicine and Hygiene. 96(1): 12-21, 1993
- [21] Khasirikani M, Kamondo M et Kakule B : *Contribution à l'identification des espèces des poissons larvivores pour la lutte biologique contre les moustiques aux environs des étangs piscicoles*, Journal of African and Asiatic studies, Patras University-Athens, Greece, Vol.15, 2006
- [22] Cherghou S., Khodari M., Yaâkoubi F., Benadid M. et Badri A : *Contribution à l'étude du régime alimentaire du barbeau (Barbus barbus callensis Vallenciennes, 1842) d'un cours d'eau du Moyen-Atlas (Maroc) : Oued Boufekrane*, Revue des sciences de l'eau 15 (1) : 153-163, 2002
- [23] Hadou-Anoun G., Lazizi N., Yahia Cherif S., Bidi S. et Cherbi M. : *Contribution à l'étude du régime alimentaire de deux cyprinidés : Barbus setivimensis (Valenciennes, 1842) et Cyprinus carpio (Linnaeus, 1758) du barrage de Kaddara*, USTHB- FBS- 4th international congress of the populations & animal communities « Dynamics & biodiversity of the terrestrial & aquatic ecosystems » CIPCA 4 « TAGHIT » (Bechar)- Algeria : 1-10, 2013
- [24] Baluku, B ; Bagalwa, M et Nkusi, K : *Nouveau foyer de Schistosomiase à Lwiro, Sud Kivu, Est du Zaïre*, Rev. Sci. Nat. Vol.2, 19-27, 1994
- [25] Mlewa M. C. : *Taxonomic study of Barbus neumayeri and Barbus pellegrini from the Lake Kivu- Lake Edward region, East Africa*, African Journal of Ecology, Vol. 51, Issue, 2013
- [26] Descy J. P et al (eds) : *Lake Kivu : Limnology and biogeochemistry of a tropical great lake*, Aquatic Ecology series 5, DOI 10.1007/978-94-007-4243-7_8, 2012

Etude de la macrofaune aquatique de la rivière Kalengo, Sud-Kivu, République Démocratique du Congo

[Study of the aquatic macrofauna of the Kalengo River, South-Kivu, Democratic Republic of Congo]

Paul Mukungilwa NDAKALA¹, Arthur Mubwebwe BISIMWA¹, Pascal Mulungula MASILYA², and François Mwangi NGERA¹

¹Département de Biologie,
Centre de Recherche en Sciences Naturelles (CRSN-Lwiro), D.S. Bukavu,
RD Congo

²Département de Biologie,
Unité d'Enseignement et de Recherche en Hydrobiologie Appliquée (UERHA), ISP Bukavu, B.P. 854 Bukavu,
RD Congo

Copyright © 2015 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 systematic sampling of the aquatic macrofauna of the Kalengo River has been achieved of October 2011 to September 2012 in five stations according to the method Man-time. To the whole 56 species were inventoried, repartees in 7 groups taxonomies to know: Bugs (35 species, either 62, 5%), Mollusks (8, either 14,3%), Fishes (6, either 10,7%), Annelids (3, either 5,4%), the Plathelmintheses (2, either 3,6%), Crustaceans and Amphibians (1, either 1,8%). Bugs, Mollusks and Annelids were present in all sites and it during all year round of survey. The evolution of populations of the aquatic macrofauna during the period of survey, watch a certain stability of the total specific wealth and a better representativeness during months of April and June.

KEYWORDS: Abundance, Frequency, Structure, Aquatic Macrofauna, River Kalengo.

RESUME: Un échantillonnage systématique de la macrofaune aquatique de la rivière Kalengo a été réalisé d'Octobre 2011 à Septembre 2012 dans cinq sites suivant la méthode Homme-Temps. Au total 56 espèces furent inventoriées, réparties dans 7 groupes taxonomiques à savoir: les Insectes (35 espèces, soit 62,5%), les Mollusques (8, soit 14,3%), les Poissons (6, soit 10,7%), les Annélides (3, soit 5,4%), les Plathelminthes (2, soit 3,6%), les Crustacés et les Amphibiens (1, soit 1,8%). Les Insectes, Mollusques et Annélides étaient présents dans tous les sites et cela durant toute l'année d'étude. L'évolution des peuplements de la macrofaune aquatique au cours de la période d'étude, montre une certaine stabilité de la richesse spécifique totale et une meilleure représentativité pendant les mois d'Avril et Juin.

MOTS-CLEFS: Abondance, Fréquence, Structure, Macrofaunes Aquatiques, Rivière Kalengo.

1 INTRODUCTION

Le changement climatique dû à la pollution, l'irrigation, l'érosion, la déforestation, etc. pourra, selon les estimations faites par les experts internationaux, entraîner la disparition de plus d'un million d'espèces d'algues, d'invertébrés, de poissons, de plantes, mammifères, oiseaux, reptiles, amphibiens d'ici 2050 [1]. Or, il existe encore aujourd'hui un nombre

considérable d'espèces inconnues et/ou négligées de la science. Cela est valable pour la biodiversité de certains écosystèmes aquatiques et terrestres, encore mal explorés au plan de leur biodiversité [2].

D'après [3], la plupart des écosystèmes aquatiques de la RD Congo en général et de la province du Sud-Kivu en particulier sont soumis à une forte pression anthropique qui les met en danger croissant de disparition; certaines des espèces qu'ils regorgent risquant ainsi de disparaître avant même leur identification. Dans un tel contexte, il est urgent que des inventaires se fassent régulièrement pour constituer une banque des données sur les espèces qui existent encore dans ces écosystèmes. Cette base des données pourra servir dans le futur pour évaluer alors les effets du changement climatique ou autres facteurs sur ces écosystèmes. Les inventaires systématiques qui ont été réalisés dans les différents écosystèmes aquatiques de la province du Sud-Kivu n'ont pas été globalisants, presque tous s'étant intéressés seulement à un seul groupe taxonomique. Ainsi pour les rivières et ruisseaux de la région de Lwiro par exemple, seuls les macroinvertébrés [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10] et les algues benthiques [11] et [12] ont déjà été étudiés. Cet article lui s'est assigné comme objectif de réaliser un inventaire général de toute la macrofaune aquatique de la rivière Kalengo.

2 MATERIEL ET METHODE

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

La rivière Kalengo, d'environ 8 Km de long [13], est située dans la partie occidentale du lac Kivu, au versant oriental du mont Kahuzi (28°45' – 29°25' de longitude Est et 2°15' - 2°30' de latitude Sud), entre 1465 m et 1850 m d'altitude [14], [11]. Elle coule sur des terrains d'origine volcanique et prend sa source dans la montagne de Busandwe (à environ 1850 m d'altitude) près du Parc National du Kahuzi-Biega et déverse ses eaux dans la rivière Lwiro. La rivière Kalengo traverse plusieurs localités à savoir celles de Kambaza (avec environ 1000 habitants), Lwiro (avec environ 5000 habitants), Muganzo (avec environ 2000 habitants) et Kankule (avec environ 3500 habitants). Ses populations riveraines subsistent essentiellement de l'agriculture et de l'élevage [6].

Les coordonnées géographiques de nos sites de prélèvement ont été mesurées à l'aide d'un Global Positioning System (GPS) *eTrex SUMMIT* (Garmin, USA). Pour l'ensemble, 5 sites ont été sélectionnés dont S1 (28°47' de longitude Est, 2°13' de latitude Sud et 1870m d'altitude, à 10m de la source de captage des eaux distribuées dans les groupements d'Irambi-Katana et Bugore pour la consommation); S2 (28°48 de longitude Est, 2°14' de latitude Sud et 1747m d'altitude, à environ 1000m de la source, tout près de la station sismologique du CRSN/Lwiro) ; S3 (28°48' de longitude Est, 2°14' de latitude Sud et 1672m d'altitude, à 1800m de la source de captage des eaux et près de la maternité de Lwiro et du village 3 du CRSN/Lwiro, mais au dessus des étangs piscicoles de BIKA) ; S4 (28°48' de longitude Est, 2°14' de latitude Sud et 1668m d'altitude, à 300 mètres du site 3, en dessous des étangs piscicoles cités et du camps des agents du CRSN/Lwiro, communément appelé <camps MATETE> ou village 2) et enfin S5 (28°48' de longitude Est, 2°14' de latitude Sud et 1636m d'altitude, à environ 4000m de S1, au dessus de la route Bukavu-Goma, vers la plantation d'*Eucalyptus* à quelques pas du lieu appelé Mianzi). Le choix de ces sites était dicté par leur accessibilité, leur type écologique et leur fréquentation humaine et animale. Les divers biotopes qui caractérisent la rivière Kalengo lui permettent d'héberger une macrofaune aquatique riche en divers macroinvertébrés, poissons et diverses algues benthiques. En amont, Kalengo est caractérisé par des cascades sur un fond pierreux. Dans son cours moyen, il traverse les marais de Lushala qui sont exploités par le projet BIKA et la population locale pour des activités piscicoles et agricoles. En aval, il a un profil variable avec des zones de courant lent sur fonds vaseux et sableux alternant avec des zones de rapides aux fonds de gravier [13].



Fig 1. Sites prospectés sur la rivière Kalengo

2.2 MÉTHODOLOGIE

Lors de l'échantillonnage, la largeur, la longueur et la profondeur de la rivière à chaque site, étaient mesurées à l'aide d'une canne graduée de 3 m. La nature du fond et la végétation aquatique de chaque site, étaient aussi prélevés par observation à l'œil nu. La vitesse du courant fut obtenue en déposant une autre canne graduée de 10m dans l'eau ; à l'aide d'un chronomètre, on regardait le temps que parcourait sur cette canne un petit flotteur.

Après ces différents mesurages ci-dessous décrits, le pH et la température de l'eau ont été prélevés par le pH-mètre *Waterproof* (Wagtech WE30020).

Durant les 12 mois (Octobre 2011 à Septembre 2012) qu'a duré l'échantillonnage, la faune aquatique a été récoltée d'une part grâce à une senne de plage de 45 Cm de circonférence et de 2mm de mailles, nasses de 10cm de circonférence et 0,5mm de maille fabriquées en matériel local (Bambous et corde): déposées les soirs puis relevées les matins, avec comme appât les restes de cuisine et la pêche à la ligne (chaque hameçon fut attaché sur un fil de nylon puis à une canne) pour la capture des poissons ; le ramassage sur les substrats et les pierres ainsi que le filet troubleaux de 40 cm de circonférence et de 1 mm de maille; cela suivant la méthode Homme-Temps [15] pour les macroinvertébrés et les amphibiens. Les individus capturés étaient introduits dans des bocaux étiquetés (type d'échantillon, site et date d'échantillonnage) contenant de l'alcool à 90% pour leur identification au laboratoire.

L'identification des macroinvertébrés se faisait au moyen d'une loupe binoculaire *Ken-a-vision* (T-2600C, grossissement 40X) et leur classement à l'aide des clés de détermination proposées par [16], [17], [18], [19], [20], [21] et [22]. L'identification des poissons se faisait par les clés de [23], [24], [25] et [26].

- L'abondance fut l'effectif total de chaque espèce ;
- La fréquence dans cette étude a été calculée par le rapport suivant :

$$F (\%) = \frac{\text{Total mois où l'espèce est présente}}{\text{Mois totaux}} * 100$$

3 RESULTATS

3.1 CARACTERES PHYSICOCHIMIQUES ET L'ETAT ENVIRONNEMENTAL DES SITES D'ETUDE

Le tableau 1 présente les différents paramètres physicochimiques et nature du fond des sites prospectés. La température et les activités humaines varient au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'amont (S1) et cela dans l'ordre de 20-26,4°C; les valeurs du pH sont comprises entre 7,9 et 9. La forte vitesse de l'eau est observée en amont (76cm/s) et la plus faible vitesse dans le cours moyen au S3 (25cm/s).

Tableau 1. Paramètres physicochimiques et nature du fond des sites

Caractéristiques	S1	S2	S3	S4	S5
Température (°C)	20	21,7	24	24,8	26,4
pH	7,9	8	9	8	8,5
Profondeur (m)	0,10	0,17	0,25	0,28	0,31
Largeur (m)	0,50	1,3	1,5	1,7	1
Vitesse (cm/s)	76	56	25	34	46
Débit (m ³ /s)	0,04	0,12	0,15	0,21	0,14
Nature du fond	Pierres, Cailloux, Sables	Pierres, Sables, Boues	Sables, Boues	Sables, Boues	Sables, Boues

3.2 PEUPLEMENT MACRO-FAUNISTIQUE AQUATIQUE DE LA RIVIERE KALENGO

Le tableau 2 renseigne sur la composition de la macrofaune aquatique de la rivière Kalengo. L'abondance la plus élevée est celle des insectes avec 17210 individus et la moins élevée est celle des amphibiens qui ne renferment que 8 individus. La fréquence la plus élevée est de 100% et la plus faible est de 8,3%. Le plus grand nombre d'individus est observé au mois d'avril 2012 et le faible nombre en septembre 2012.

Tableau 2. Communauté de la macrofaune aquatique de la rivière Kalengo (A=Abondance et F=Fréquence)

Grands groupes et espèces	2011			2012									A	F
	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Jui.	Jut	Aoû.	Sep.		
Poissons														
<i>Clarias liocephalus</i>	3	4	7	6	7	0	0	3	1	0	0	0	31	58,3
<i>Haplochromis sp</i>	4	1	2	3	0	0	1	1	0	0	1	1	14	66,6
<i>Barbus kerstenii</i>	3	4	0	0	3	4	1	0	0	0	0	2	17	50,0
<i>Barbus pellegrini</i>	2	0	0	8	0	0	0	0	0	4	0	0	14	25,0
<i>Aplocheilichthys sp</i>	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	8,3
<i>Oreochromis niloticus</i>	10	4	8	3	3	2	1	2	2	0	0	0	35	75,0
Total poissons	22	13	28	20	13	6	3	6	3	4	1	3	122	
Amphibiens														
<i>Xenopus sp</i>	3	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	8	33,3
Total amphibiens	3	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	8	
Mollusques														
<i>Pila ovata</i>	14	5	9	11	6	18	1	17	5	3	1	0	90	91,6
<i>Physa acuta</i>	51	6	10	12	6	12	19	14	0	0	0	7	137	75,0
<i>Lymnaea natalensis</i>	2	9	15	11	12	9	5	5	4	1	4	5	82	100,0
<i>Biomphalaria Pfeifferi</i>	23	7	7	7	3	16	6	0	1	3	3	3	79	91,6
<i>Pisidium casutranum</i>	0	0	2	0	0	11	17	5	0	0	2	0	37	38,1
<i>Tomichia kivuensis</i>	695	0	237	90	268	448	501	281	295	92	0	0	2907	75,0
<i>Potadoma schoutedeni</i>	7	40	19	3	20	151	162	169	0	0	0	0	571	66,6
<i>Potadoma ignobilis</i>	47	20	34	11	44	127	0	1	0	107	0	0	391	66,6
Total mollusques	839	87	333	145	359	792	711	492	305	206	10	15	4294	
Annélides														
<i>Lombric sp</i>	6	4	25	26	29	21	91	114	103	142	5	5	571	100,0
<i>Haemopsis sp</i>	26	17	23	8	54	23	32	9	17	7	12	13	241	100,0
<i>Glossiphonia sp</i>	0	2	1	3	0	1	5	1	1	0	2	6	22	75,0
Total annélides	32	23	49	37	83	45	128	124	121	149	19	24	834	
Plathelminthes														
<i>Planaria</i>	0	6	10	6	5	0	0	0	0	0	0	0	27	33,3
<i>Dugesia sp</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	16,6
Total plathelminthes	0	6	10	6	6	0	0	1	0	0	0	0	29	

Crustacés														
<i>Potamonautes emini</i>	10	27	2	33	32	48	27	21	27	10	5	3	245	100,0
Total crustacés	10	27	2	33	32	48	27	21	27	10	5	3	245	
Insectes														
<i>Gomphus sp</i>	42	3	0	1	0	12	1	0	0	0	0	0	59	41,6
<i>Aeschna sp</i>	131	5	8	9	18	3	17	134	7	13	7	2	354	100,0
<i>Cordulegaster sp</i>	0	36	2	2	0	5	0	0	0	0	0	0	45	33,3
<i>Sympetrum sp</i>	169	3	13	17	40	9	32	21	40	31	10	23	408	100,0
<i>Chlorocypha sp</i>	5	8	9	7	83	3	59	11	12	16	5	1	219	100,0
<i>Coenagrion sp</i>	111	162	223	248	90	241	286	118	132	114	102	149	1976	100,0
<i>Cordulia sp</i>	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	16,6
<i>Baetis</i>	155	121	70	130	50	148	44	143	48	54	5	83	1051	100,0
<i>Heptagenia sp</i>	19	57	56	26	25	12	13	8	32	22	6	24	300	100,0
<i>Ecdyonurus sp</i>	3	0	7	0	7	15	7	9	0	0	0	0	48	50,0
<i>Ephémérélla sp</i>	114	50	44	31	43	92	203	0	77	51	76	50	831	91,6
<i>Thaumaleidae sp</i>	0	1	28	24	45	2	30	0	0	0	0	0	130	50,0
<i>Tipula sp</i>	141	26	30	0	0	0	0	20	7	17	7	13	261	66,6
<i>Simullum sp</i>	172	9	5	9	23	226	226	174	297	19	42	68	1270	100,0
<i>Chrysops sp</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	8,3
<i>Dixa sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	8,3
<i>Chironomus sp</i>	124	0	0	0	0	36	124	130	5	3	6	3	431	66,6
<i>Empididae gen, sp</i>	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	5	25,0
<i>Ceratopogonidae sp</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	8,3
<i>Leptocerus sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	5	261	1	0	0	267	25,0
<i>Lepidostoma sp</i>	60	4	0	4	0	2	14	14	2	7	8	47	162	83,3
<i>Hydropsyche sp</i>	170	876	705	550	1288	916	1110	613	1138	917	342	63	8688	100,0
<i>Limnephilidae sp</i>	0	0	0	0	0	0	7	7	0	0	8	0	22	25,0
<i>Corixidae gen, sp</i>	40	27	23	23	14	15	25	2	5	14	3	11	202	100,0
<i>Plea sp</i>	0	0	0	0	0	0	4	16	21	0	1	0	42	33,3
<i>Hydrophilidae gen sp</i>	0	4	0	0	0	0	1	0	3	0	1	4	13	41,6
<i>Microvelia sp</i>	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	25	8,3
<i>Geris</i>	43	16	16	14	0	33	7	11	23	1	0	21	185	83,3
<i>Pelocoris</i>	0	9	3	1	0	5	11	2	12	2	0	0	45	66,6
<i>Nepa apiculata</i>	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	23	16,6
<i>Helophoridae gen sp</i>	8	3	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	19	41,6
<i>Gyretes sp</i>	25	5	12	7	5	5	6	0	0	2	0	2	69	75,0
<i>Phanocerus</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	4	16,6
<i>Eubriidae gen, sp</i>	20	6	4	0	0	0	6	2	2	0	0	8	48	58,3
<i>Psephenidae sp</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	8,3
Total insectes	1577	1431	1263	1105	1736	1809	2236	1440	2126	1284	630	573	17210	
TOTAL	2483	1589	1685	1347	2229	2702	3105	2084	2582	1653	665	618	22742	

3.3 STRUCTURES EN FONCTION DE LA FREQUENCE DU PEUPEMENT DE LA MACROFAUNE AQUATIQUE DE LA RIVIERE KALENGO

Le tableau 3 montre les structures qualitative et quantitative en fonction de la fréquence du peuplement macrofaunistique de la rivière Kalengo. Celles-ci sont en faveur des insectes qualitativement que quantitativement (35 espèces renfermant 17210 individus) et en défaveur des amphibiens (1 espèce à 8 individus)

Tableau 3. Structures qualitative et quantitative du peuplement de la macrofaune aquatique de la rivière Kalengo (Cons.=Constantes, Com.=Communes, Acc.=Accidentelles, Tot.=Total)

	Structure qualitative (Richesse spécifique)				Structure quantitative (Abondance d'individus)			
	Cons.	Com.	Acc.	Tot.	Cons.	Com.	Acc.	Tot.
Poissons	4	0	2	6	97	0	25	122
Mollusques	7	1	0	8	4257	37	0	4294
Annélides	3	0	0	3	834	0	0	834
Crustacés	1	0	0	1	245	0	0	245
Amphibiens	0	1	0	1	0	8	0	8
Plathelminthes	0	1	1	2	0	27	2	29
Insectes	19	5	11	35	16678	178	354	17210
Total	34	9	13	56	22111	250	381	22742

3.4 STRUCTURE QUALITATIVE DE LA MACROFAUNE AQUATIQUE DE LA RIVIERE KALENGO

La figure 2 présente la structure qualitative (Richesse spécifique) de la macrofaune aquatique par station dans la rivière Kalengo. Les espèces des poissons, insectes, crustacés, annélides et mollusques sont observées dans presque tous les sites durant toute l'année de notre étude. Quant aux amphibiens et plathelminthes, ceux-ci ne sont seulement visibles que dans quelques sites. Le plus grand nombre d'espèces est enregistré dans S4 (42 espèces) suivi de S5 avec 39 espèces. Le plus petit nombre est celui de S2 (32 espèces).

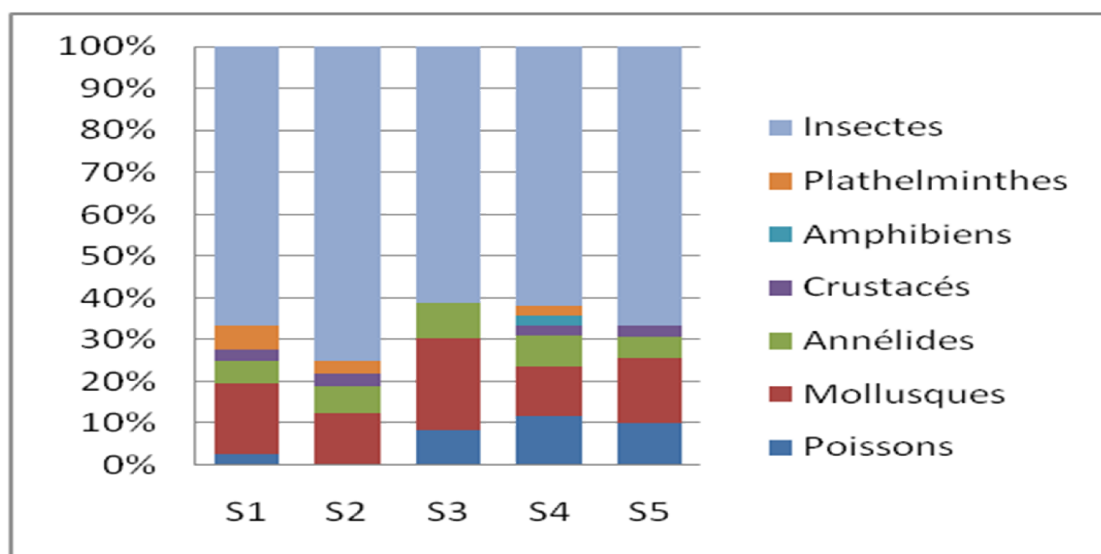


Fig 2. Structure de la macrofaune aquatique par rapport à la richesse spécifique totale

3.5 STRUCTURE QUANTITATIVE DE LA MACROFAUNE AQUATIQUE DE LA RIVIERE KALENGO

La structure quantitative (Abondance d'individus) de la macrofaune aquatique par station dans Kalengo est présentée dans la figure 3. Les insectes, les annélides et les mollusques sont nombreux dans tous les sites ; les amphibiens, les crustacés, les poissons et les plathelminthes sont moins abondants. Le S4 présente plus d'individus (6450 individus) et le S3 moins (3322 individus).

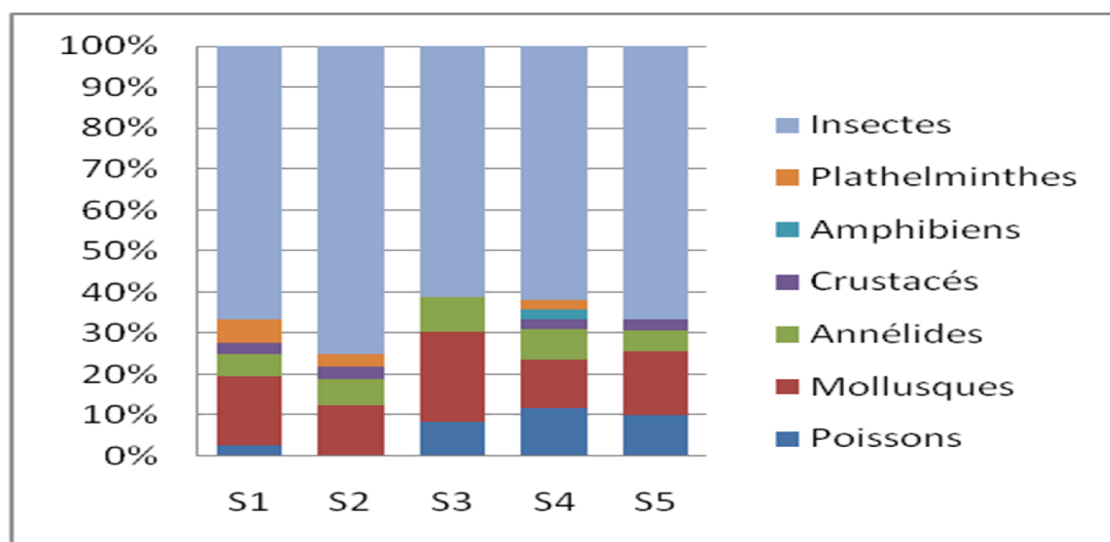


Fig 3 : Structure de la macrofaune aquatique par rapport à l'abondance totale

4 DISCUSSION

Des facteurs les plus importants pouvant affectés les organismes dans l'environnement aquatique figurent : la température, la vitesse du courant, l'habitat, pour ne citer que cela. Dans les cours d'eau, la vitesse de courant est un facteur important car elle conditionne le transport des nutriments, le renouvellement de l'oxygène et la dérive des insectes. Certains organismes ont d'ailleurs développé des adaptations morphologiques pour résister au courant. Ainsi les larves de trichoptères sont recouvertes de petits cailloux et de bouts de bois, ceci leur permet de se protéger et de s'orienter face au courant. Certaines larves d'éphémères sont aplaties afin de réduire la surface de leur corps exposée au courant, ce qui leur permet de moins se faire entraîner [11].

L'analyse du tableau 1 montre que les différents paramètres prélevés varient au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'amont et cela dans l'ordre de 20-26,4°C pour la température. La plus grande valeur de la température fut enregistrée en octobre 2011 au S5 et la plus faible en mars 2012 au S1. La vitesse grande s'observe dans S1 se trouvant en amont (76cm/s) pouvant se justifier par les cascades qui s'y observent et une plus faible dans le cours moyen (25cm/s) car n'affichant pas des cascades. Les valeurs du pH comprises entre 7,9 et 9 ; un débit faible compris entre 0,04 m³/s en juin 2012 et 0,25m³/s en novembre 2011. Ceux-ci se justifieraient par des multiples activités humaines (irrigations, agriculture, ...) en août et septembre 2012 et cela le long des S3, S4 et S5. Ces différentes valeurs semblent à ceux de [6] et [13] dans la rivière Birunga et Kalengo où les températures sont comprises pour le premier entre 21-24°C et le second entre 17,5-25,24°C, lorsque les premiers vérifiaient la présence des mollusques infestés *B. pfefferi* par le *Schistosoma* et les seconds, inventoriaient sur les macroinvertébrés. Ils signalent encore que dans l'ensemble, le faible débit de 0,06 à 0,15m³/s pouvait se justifier par une faible profondeur (11,1-36,9 cm) et un pH de l'eau basique (8-9); ils continuent en disant que cette rivière est entrain de perdre ses diverses biotopes qui les caractérisent par les actions anthropiques croissantes des agriculteurs tel que nous l'avons aussi constaté. Ceux-ci diffèrent de ceux de [11] qui a trouvé des valeurs faibles aux nôtres, comprises entre 13⁰ et 20,4°C. Cela serait du au fait que les rivières prospectées par celui-ci sont à des fortes altitudes.

Les résultats du tableau 2 montrent que la communauté de la macrofaune aquatique de la rivière Kalengo est constituée par 56 espèces réparties dans 7 groupes taxonomiques (Poissons, mollusques, amphibiens, annélides, crustacés, plathelminthes et insectes). Les insectes, les mollusques et les poissons totalisent 49 espèces, représentent 87,5% de la richesse spécifique totale (tableau 3a). En fonction de la fréquence (F), le tableau 3 montre que, les 56 espèces se répartissent en 9 espèces communes (25%<F<50%), correspondant à 16,1% de cette richesse spécifique et 13 espèces accidentelles (F<25%). Les 34 espèces constantes (F>50%) représentent l'essentiel de cette macrofaune aquatique, soit 60,7% du total des espèces.

Toute l'année de notre étude, les 56 espèces inventoriées regorgent 22742 individus. Les insectes, mollusques et annélides sont très largement dominants, constituant dans leur ensemble, 98,2% de cet effectif (tableau 3b). Ces résultats semblent à ceux de [8] et [10] lors de leurs inventaires des macroinvertébrés dans les rivières se trouvant dans la même

région de Lwiro où nous avons mené cette étude. Les autres groupes (poissons, amphibiens, crustacés et plathelminthes) sont les moins dominants (1,8%).

Les insectes renferment les plus d'espèces soit 75,6% de la macrofaune aquatique globale avec essentiellement une nette dominance des espèces *Hydropsyche sp*, *coenagrion sp* et *simullum sp*; ceux-ci sont suivis par les mollusques (18,8%) avec une dominance des *Tomichia kivuensis*. Les mêmes insectes renferment plus d'individus avec 62,5% (soit 35 espèces) avant les mollusques (8, soit 14,2%) et les poissons (6, soit 10,7%) qui affichent une prédominance en faveur des *Oreochromis niloticus* avec 35 individus, 75% de fréquence et une dominance de 67,6% quand les *Aplocheilichthys sp* présentent 11 individus et une faible fréquence de 8,3% et faible dominance (9%). D'après [18], [1] et [2], les insectes sont les plus prospères et nombreux que la terre ait jamais portée ; leur taille leur permet de s'adapter à une grande variété de micro-habitats mais surtout par le fait que ce sont les représentants essentiels des macroinvertébrés aquatiques. [1] ajoute que plusieurs adaptations chez les poissons sont liées aux propriétés physicochimiques de l'eau ; nos valeurs trouvées (tableau 1) semblent répondre aux préférences de chaque espèce inventoriée malgré la pauvreté affichée et naturelle dans notre contrée.

La structure de la macrofaune aquatique par rapport à la richesse spécifique comme le montre la figure 2 stipule que les insectes, annélides et mollusques sont observés dans tous les sites ; pendant que les amphibiens s'observent seulement dans S4 (milieu trop humide de tous les sites), les crustacés ne les sont pas dans S3 (milieu trop perturbé par les actions anthropiques) et les poissons dans S2 (Milieu à plusieurs cascades y compris le S1, même si accidentellement, partant de la présence d'un étang piscicole au dessus de S1, on y a trouvé un *O. niloticus*), ainsi que les plathelminthes dans S3 et S5 (milieux qui leurs semblent non favorables partant des activités de l'homme (lessives, baignades, irrigation, ...) ne permettant pas aux planctons de s'y développer).

La structure de la macrofaune aquatique par rapport à l'abondance totale dans Kalengo comme nous le constatons dans la figure 3, affiche que les insectes, annélides et mollusques sont nombreux dans tous les sites ; les amphibiens, crustacés, poissons et plathelminthes sont moins abondants. Le S4 présente plus d'individus (6450 individus) et le S3 moins (3322 individus). Cette différence est liée aux conditions physicochimiques favorables et à la vitesse du courant, lente dans ces sites où l'on a plus d'espèces [13] et [4]. Ces auteurs ont trouvé une prédominance en nombre d'individus capturés, des ordres d'éphéméroptères, trichoptères et odonates. Ce que confirment aussi nos résultats dans le tableau 2, avec une prédominance des trichoptères, odonates, éphéméroptères et odonates.

L'évolution de la structure qualitative et quantitative de la macrofaune aquatique de la rivière Kalengo si nous revenons au tableau 2 montre que les espèces d'insectes, crustacés, annélides, mollusques et poissons s'observent dans nos captures durant toute l'année de notre étude pendant que celles d'amphibiens et des plathelminthes les sont seulement dans quelques mois. Les mois de mars et d'avril 2012 affichent plus d'espèces (38 espèces) et d'individus (3105) pendant que ceux de juillet, août et septembre en présentent moins d'espèces que d'individus pouvant se justifier par le fait que cette période correspond avec celle culturale où une dégradation du cours le long de la rivière s'observe par les actions multiples de l'homme (laboure, irrigation, ...). Cette distribution se justifierait par les aléas climatiques ; le mois d'avril étant celui pluvieux et juillet- août observés comme secs durant notre étude.

5 CONCLUSION

Au terme de notre étude sur la macrofaune aquatique de la rivière Kalengo, effectuée d'octobre 2011 à septembre 2012, dans cinq sites choisis, dictés par leur accessibilité, leur type écologique et leur fréquentation humaine et animale, dans le but de dresser une liste taxonomique des espèces occupant celle-ci, nous avons inventoriés au total 56 espèces contenues dans 52 familles renfermées dans 16 ordres.

La température, la vitesse de courant et les activités anthropiques ont jouées un rôle dans nos captures. Quantitativement, un total de 22 742 individus fut capturé dont 17 210 individus d'insectes (soit 75,5%) suivis des mollusques avec 4 294 individus (soit 18,8%) puis des annélides avec 834 individus (soit 3,6%). Les autres groupes (poissons, crustacés, amphibiens et plathelminthes) viennent enfin avec moins de 250 individus. Qualitativement, nous avons récoltés 56 espèces comme dit tantôt, renfermant 35 espèces d'insectes suivies des 8 espèces des mollusques, des 6 espèces des poissons ; avec des faibles nombres d'espèces chez les autres groupes.

Les variations des structures qualitative et quantitative montrent que dans tous les sites durant toute l'année de notre étude, il y a présence d'insectes, mollusques et annélides. Bien que les crustacés et poissons soient aussi visibles toute l'année mais ils ne les sont pas dans certains sites (S3 et S2) malgré cet accident des poissons en S1 qui auraient échappés dans l'étang au dessus de ce site.

Nous constatons que la liste taxonomique établie pourrait s'enrichir si les modifications qui frappent cette rivière par les activités de l'homme (irrigation des eaux, les égouts, ...) s'arrêtaient mais aussi si plusieurs méthodes étaient appliquées dans la capture de nos échantillons voire aussi, la disposition des clés d'identification de toute la macrofaune aquatique, cas de celles des crustacés manquant. Ces résultats ne constituent donc pas une liste exhaustive. Que des études approfondies se poursuivent cela en utilisant plusieurs méthodes appropriées pour chaque groupe taxonomique colonisant cette rivière.

REMERCIEMENTS

Nos sincères remerciements s'adressent à l'Assistant Fidèle BISIMWA Mitima qui, par son don d'un lap top en notre disposition, tout le traitement des données et la rédaction du présent travail ont vu leur réalisation.

REFERENCES

- [1] Owen W, Larousse des animaux, Paris, 608, 2006.
- [2] Ramade, *Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité*, DUNOD, Paris, 726, 2008.
- [3] P-Béatra, *Etude de la biodiversité des écosystèmes du Parc national de Kahuzi-Biega (secteur de Tshibati) et du Lac Tanganyika et trois de ses affluents à Uvira*, Est de la RDC, Rapport de la session de formation, Programme Béatra, 90, 2004.
- [4] Marlier G, *Recherche Hydrobiologique dans les rivières du Congo Oriental. II Etude Ecologique*. Hydrobiologia Vol. VI N°3-4 : 225-265, 1954.
- [5] Baluku B, Josens G, Loreau M., *Etude préliminaire de la densité et de la répartition des mollusques dans deux cours d'eaux du Zaïre oriental*, Rev. Zool. Afr., 103, 291-302, 1989.
- [6] Baluku B, Bagalwa M et Nkusi K, *Nouveau foyer de Schistosomiase à Lwiro*, Sud Kivu, Est du Zaïre, Rev. Sci. Nat. Vol.2 : 19-27, 1994.
- [7] Ngera M. F et Bisimwa M. A, *Estimation de la qualité biologique des cours d'eau du Bassin du Lac Kivu : Cas de la rivière Ciberabakumi*, Recherches Africaines, n°21- 22, Janvier- Juillet : 177-188, 2008.
- [8] Bagalwa M, Baluku B et Mushayuma N, *Distribution des mollusques dans le Lac Kivu et leur importance médicale*. Cahiers du CERUKI, Numéro Spécial CRSN-Lwiro : 14-21, 2009.
- [9] Ngera M. F, Cammaerts D, Bisimwa M. A et Baluku B., *Etude comparative des Macroinvertébrés benthiques dans trois cours d'eau de la région du Rift Albertin située à l'Est de la République Démocratique du Congo*. Cahier du CERUKI: Numéro spécial CRSN-Lwiro: 95 – 107, 2009b.
- [10] Mushayuma N, Bisusa M, Wanga B. M et Bugoma M, *Diversité des macroinvertébrés benthiques des rivières tributaires du Lac Kivu*. Recherches Africaines. L'Afrique et son vécu, N°31-32 : 257-268, 2012.
- [11] Bisimwa, M.A., Ngera, M.F. et Baluku, B., *Inventaire préliminaire du périphyton épilithique des cours d'eau de la région de Lwiro, Sud-Kivu, RD Congo*. Cahiers du CERUKI, Numéro Spécial CRSN-Lwiro : 74-82, 2009a.
- [12] Bisimwa M.A., Baluku B. & Ngera M.F., *Estimation de la qualité des eaux des rivières Lwiro et Kabindi (Est de la RD Congo) à l'aide d'indice diatomique*. Cahier du CERUKI, Numéro Spécial CRSN-Lwiro: 62-73, 2009b.
- [13] Ngera M. F, Baluku B, Cammaerts D et Bisimwa M. A., *Evaluation biologique de la pollution de la rivière Kalengo par les invertébrés aquatiques*. Cahier du CERUKI : Numéro spécial CRSN-Lwiro : 89-94, 2009a.
- [14] Bagalwa M, et Baluku B, *Distribution des mollusques hôtes intermédiaires des schistosomiasis humaines à Katana*, Méd. Trop : 57, 369-372, 1997.
- [15] Olivier and Schnerderman, *Method for estimation the density of aquatic small population*. Exp. Parasitol. 5. b, 1956.
- [16] Pennak, K., *Freshwater Invertebrates of the United States*. The Ronald Press Company, New-York, 769, 1953.
- [17] Micha, J.C. et Noiset, J.-L., *Evaluation Biologique de la pollution des ruisseaux et rivières par les invertébrés aquatiques*. Probis-Revue, Vol. 5, n°1, 141, 1982.
- [18] Tachet H, Bournaud M et Richoux P, *Introduction à l'étude des Macroinvertébrés des eaux douces (systématique élémentaire et aperçu écologique)*. C.R.D.P 47-49 : rue Philippe de Lessale 69316 Lyon, Cedex. 168, 1980.
- [19] Tachet H, Bournaud M et Usseglio- Polatera P., *Invertébrés d'eau douce. Systématique, Biologie, Ecologie*. C.N.R.S Editions. 15, rue Malebranche-75005, Paris, 587, 2003.
- [20] Brown S.D., *Freshwater snail of Africa and their medical importance*. Taylor Francis, 609, 1994.
- [21] Cumberlidge N., *The Freshwater crabs of west Africa*, IRD editions, collection faune et flore Tropicale, Paris, 383, 1999.
- [22] Reed S-K et Cumberlidge N., *Taxonomy and biogeography of the freshwater crabs of Tanzania, East Africa (Brachyura: Potamoidea: Potamonautidae, Platythelphusidae, Deckeniidae)*, Zootaxa 1262: 1-139, 2006.
- [23] Mbega J.D. et Teugels G., *Guide de détermination de poissons du bassin inferieur de l'Ogooué*. Presses universitaires de Namur-Rempart de la vierge, 165, 2003.

- [24] Genevelle E, *Les non-cichlidés du bassin du Lac Tanganyika*, <http://tanganyika.netliberte.org>, 2000.
- [25] Roman B., *Les poissons des Hauts basins de la volta*. Musée royal de l'Afrique central-Sciences zoologiques, n° 150, Tervuren, Belgique : 99-117, 1966.
- [26] Needham J- G. et Needham P- R., *A guide to the study of fresh-water, Biology*. Fifth edition revised and enlarged. Holden- Day, INC, San Francisco, 108, 1951.

Investigating the Relationship between Firewall Security and Network Performance in a Distributed System

Francis Kwadzo Agbenyegah¹, Michael Asante², and Alexander Osei-Owusu³

¹Lecturer, school of Computer Science,
Data link University College,
Tema, Ghana

²Senior Lecturer, Head of Department,
Department of Computer Science, Kwame Nkrumah University of Science and Technology,
Kumasi, Ghana

³Research Coordinator, Graduate School,
Ghana Technology University College,
Accra, Ghana

Copyright © 2015 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 work investigated the firewall security and performance relationship for distributed systems. The relation between the security and performance efficiency is presented through different scenarios and the relationship between security and performance in firewalls is evaluated. Emphasis is on the relationship between network security and performance; the effects of firewalls on network performance. Various scenarios were evaluated through simulations using OPNET IT Guru Academic Edition 9.1 to show the effects of firewalls on network performance. The result shows that the network security does not have a direct correlation to network performance.

KEYWORDS: Firewalls, network security, network performance, OPNET.

1 INTRODUCTION

Internet connectivity is growing massively and most enterprises are migrating to the use of web based services for services provision [6]. As enterprises take on the Internet as a new business tool whether to sell, to collaborate or to communicate – web applications have become the new weakest link in the organization's security strategy [12]. Technological innovations are fundamentally changing the way people live, work, play, share information and communicate with each other [12]. This is seen to be sharpening organizations competitive edge as it provides customers, rapid access to information. Firewalls provide a mechanism for protecting these enterprises from the less secure internet over which customers or collaborating partners transfer packets destined for the corporate network [1].

Network Firewalls protect a trusted network from an untrusted network by filtering traffic according to a specified security policy. A firewall is often placed at the entrance of each private network in the Internet. The function of a firewall is to examine each packet that passes through the entrance and decide whether to accept the packet and allow it to proceed or to discard the packet. A firewall's basic task is to regulate some of the flow of traffic between computer networks of different trust levels. Typical examples are the Internet which is a zone with no trust and an internal network which is a zone of higher trust. A zone with an intermediate trust level, situated between the Internet and a trusted internal network, is often referred to as a "perimeter network" or Demilitarized zone (DMZ) [12].

2 RELATED WORK

[5] defined a security policy as a formal statement of the rules by which people who are given access to an organization's technology and information assets must abide. According to the authors this is an ongoing process, with regular reviews and auditing of security policies and mechanisms, providing feedback to improve the security policy.

[4] Postulate that it is extremely important to involve the users in the implementation of a security policy. Understanding of security problems by users, and giving them clear and easy to follow rules, can be a key factor in the successful implementation of the policy.

According to [9] Security policies protect the confidentiality, integrity, and availability of the assets of an organization. To enforce this, security services should be deployed, such as authentication, encryption, antivirus software and firewalls

[11] Argued that the access control part of the security policy deals with making sure that authorized individuals can perform the tasks they are authorized to and those others cannot. It is typically referred to as the 'access control policy'. According to [3], in terms of networks, the most commonly used access control mechanisms are firewalls and filtering routers.

[3] Argues that firewalls control access to resources by filtering network traffic, only allowing access that is specified by the security policy.

According to [9], the protection that these firewalls provide is only as good as the policy they are configured to implement. The policy should be clear, concise, and easy for the administrator to follow. [7], argued that if a policy is not well designed, then it will not be enforced properly and the security goals will not be met

[10], state that the configuration of a firewall is probably the most important factor in terms of the security a firewall provides

According to [2], [8], firewall policies are made up of rule sets, and these rule sets are ever expanding due to new rules continually being added and very few removed, so device access policies tend to be large and always increasing in size.

[8], showed that, for most firewalls, the ordering of the rules in a rule set are important, as in the common 'first match' filtering mechanism, the position of the rules in the rule set dictate if they are matched against traffic or not. The earlier in the rule set the higher the priority the rule has when matching against traffic

3 METHODOLOGY

The main aim of this study was to evaluate the performance of a distributed system against firewall security policy. The relationship between performance and security under three (3) different scenarios were evaluated: in particular the research sought to evaluate the performance of a network incorporating firewalls, some networks were modeled with and without firewalls and different firewall functionality and simulated such networks with an eye on their performances.

NO FIREWALL SCENARIO

The internet used across this simulation is done for 300 workstations and it is simulated in a way that, the 150 workstations access the database application and 100 workstations use file transfer Protocol (FTP) to download and upload file onto the file server. Following are the performance metrics used for the performance evaluation of internet when there is no security across the internet.

- DB query time and response time for the database application are estimated
- Ftp download response time and upload response time
- Node level statistics like server DB query response time and load are also estimated for the database application
- Link level and utilization statistics are also estimated across the simulation process
- Data throughput which is the amount of data transferred in the network per time unit is evaluated through statistics like Traffic Received and Traffic Sent (bits/sec) which indicates the value of throughput. A more efficient network should allow more traffic to pass that leads to larger throughput.
- Packet Delay
- Traffic drop
- Task processing time of the server is also evaluated

- Jitter: Packets arrive at destination with variable delay. Jitter depends on the congestion of the network. In computer networks, the term jitter means variations in delay of packets received. Jitter is an essential quality of service (QoS) factor in evaluation of network performance

The same performance metrics were used for the two scenarios. A packet size of 32MB (low), 100MB (medium) and 200MB (high) were imposed across the network and a link speed of 10Mbps, 1Gbps and 10Gbps were set between the router and the cloud and each of the above performance metrics was used to evaluate the behavior of each packet size with regard to the data rate to investigate applications performance.

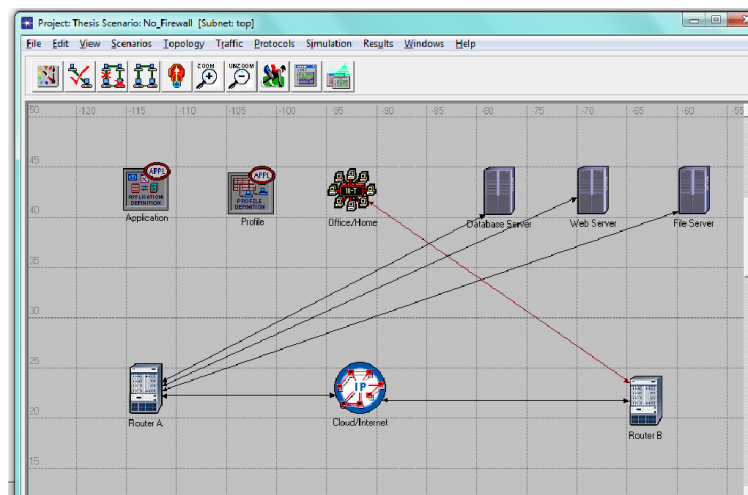


Fig.1 Network Layout (M. Asante ,F.K. Agbenyegah,A. Osei-Owusu (2014))

FIREWALL SCENARIO

The first scenario as shown in fig.1 is duplicated and the required firewall scenario was created. In this particular scenario a firewall router was created and a constant packet latency of 0.05 seconds was imposed for packet filtering. Similar performance metrics were used as in the first scenario.

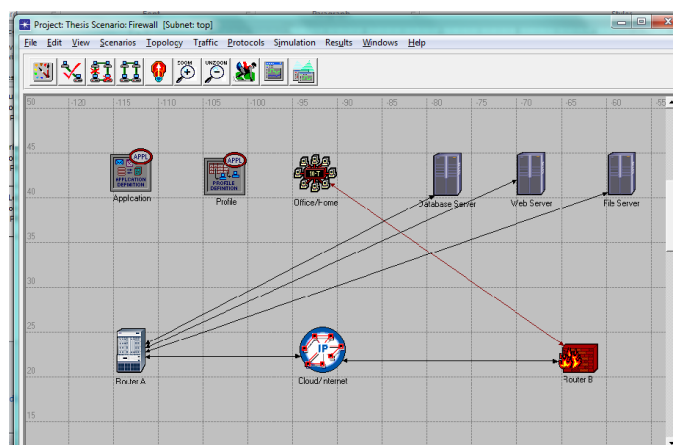


Fig.2 Firewall Scenario setup Network Layout (M. Asante ,F.K. Agbenyegah,A. Osei-Owusu (2014))

FIREWALL: WITH PACKET FILTERING CAPABILITIES SCENARIOS

This scenario is created by duplicating the fig. 2 scenario and the main aim of this scenario was to block the unauthorized applications access. After the three scenarios were created the simulation was run for two hours and the corresponding performance of the network was evaluated.

RUNNING THE SIMULATION

Once all the three scenarios had been set up, the simulation was run for two hours. It was run from the scenarios menu by choosing the manage scenarios option as shown below in fig. 3

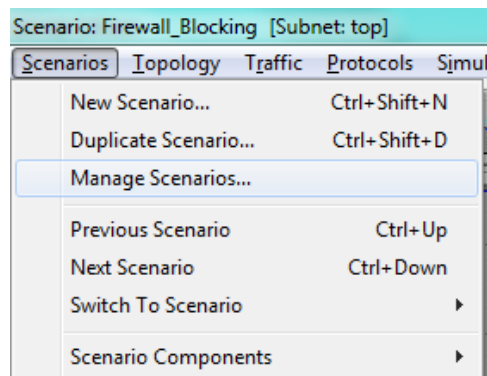


Fig. 3 Manage Scenario

With this option selected, a new window was opened and the simulation was run for two hours as illustrated in fig. 4 shown below

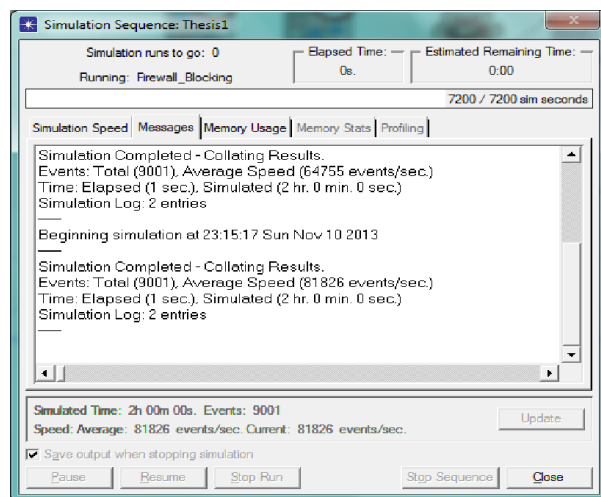


Fig.4 Running Simulation

Once the simulation was completed, the results were evaluated for all the three scenarios based on the performance metrics chosen and were compared with each other.

4 RESULTS AND EVALUATIONS

In this section, the result of the simulation of the three scenarios are presented and analyzed.

The evaluation was done based on;

- No Firewall scenario where there is no firewall security imposed on the network, so all the applications that generated the required traffic across the distributed system are allowed to pass through the router.
- Firewall scenario where a firewall is imposed to filter some packet of the other application
- The third scenario like the firewall with blocking capability where the ftp applications are blocked and only allowed the database application to pass through.

The performance of the database, and ftp applications were evaluated in this section based on the performance metrics chosen at all the three levels namely, global level, node level and link level. All the obtained graphs were compared against the performance metrics and a detailed analysis was given.

RESULT FOR DATABASE APPLICATION

The database application is one of the applications that generated traffic used in this simulation and the performance of the database application is estimated against the database query response time. A packet size of 32MB (low), 100MB (medium) and 200MB (high) were imposed across the network and link speeds of 10Mbps, 1Gbps and 10Gbps were set in turn between the router and the cloud and the database query response time was evaluated in each packet size and data rate to investigate applications performance.

Database Query Response Time is the elapsed time between the end of an inquiry, query or demand on a computer system (e.g. Database server) and the beginning of a response; for example, the length of the time between an indication of the end of an inquiry and the display of the first character (result) of the response at a user terminal. The lower the query response time of a database operation, the higher the performance of the database application

DATABASE QUERY RESPONSE TIME - NO FIREWALL SCENARIO

This scenario allows all the applications to pass through the router without any filtering or restriction to the flow of traffic.

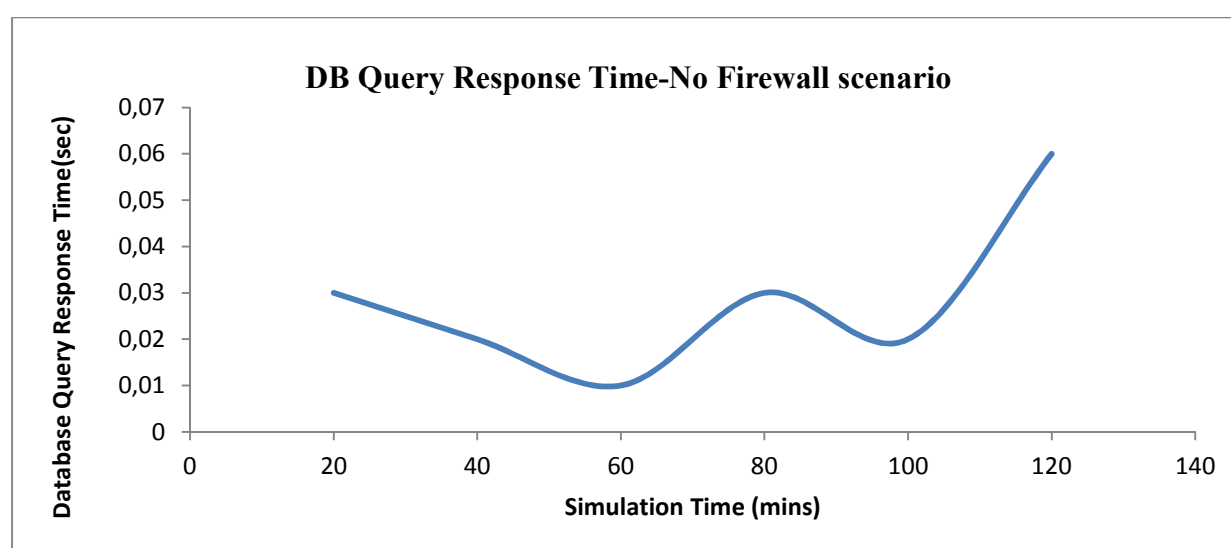


Fig. 5: Database Query Response Time - No Firewall Scenario

From Fig.5, the response time was constant throughout the simulation time with a value between 0.01 seconds and 0.06 seconds. As expected, since there is no restriction to the flow of traffic across the network, response time was smaller. When no security is implemented on the network, there is an easy flow of traffic through the router. As the packets gets to the router interface, there is no inspection of packets so the user request gets served quickly hence the low response value of 0.01 seconds.

DATABASE QUERY RESPONSE TIME - FIREWALL SCENARIO

In this scenario, a packet latency of 0.05 was imposed on the network to filter the packets. Latency is the time required by a system to complete a single transaction from start to finish. In this scenario, a latency of 0.05 introduces a delay of 50ms into the network.

The figure below shows the database response time when firewall was imposed on the network.

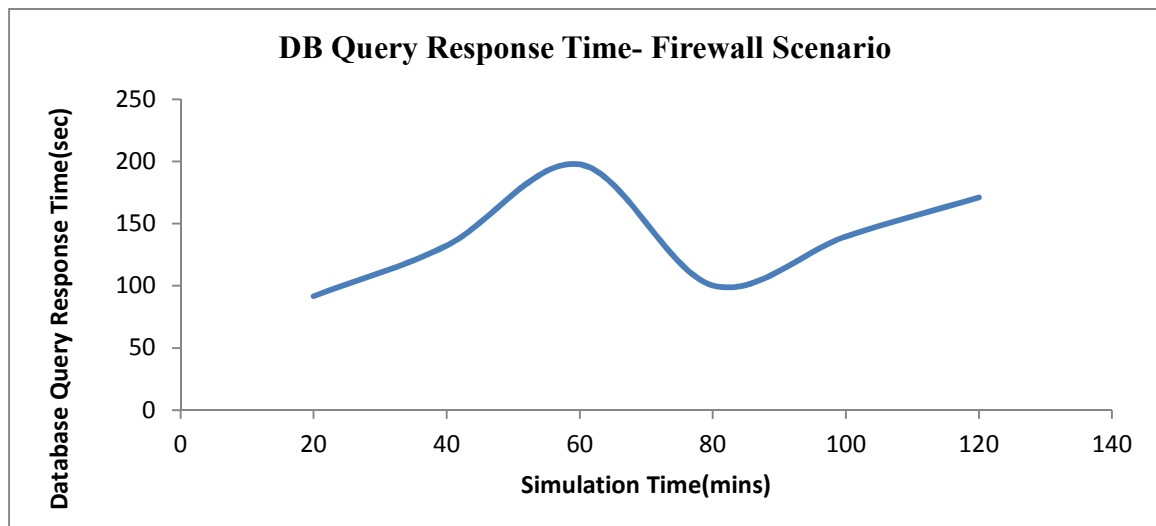


Fig. 6: Database Query Response Time - Firewall Scenario

From the fig. 6 above, the database query response time is as high as 197.60 seconds. This is due to the packet filtering imposed on the distributed system. When the distributed system has firewall protection, everything that goes in and out of it is monitored. The firewall monitors all this information traffic to allow 'good data' in, but block 'bad data' from entering computer network. Firewalls use packet filtering methods to control traffic flowing in and out of the network. Firewall software uses pre-determined security rules to create filters – if an incoming packet of information (small chunk of data) is flagged by the filters, it is not allowed through. Packets that make it through the filters are sent to the requesting system and all others are discarded. All these activities delay the response of the systems hence a high value in the database query response time.

DATABASE QUERY RESPONSE TIME - FIREWALL BLOCKING SCENARIO

In the third scenario, the functionality of the firewall is further increased incorporating filtering FTP traffic entering the system. The graph below in fig. 7 shows the database query response time when other application (ftp) is blocked. It has a high response time of 73.33 seconds. This is due to the fact that all other applications are blocked and only the database application goes through. As the packets reaches the firewall interface, the firewall looks at its filter table before making the decision to allow only the database packet to pass through hence the higher value of 73.33 sec since some packet filtering also occurs before decision are taken.

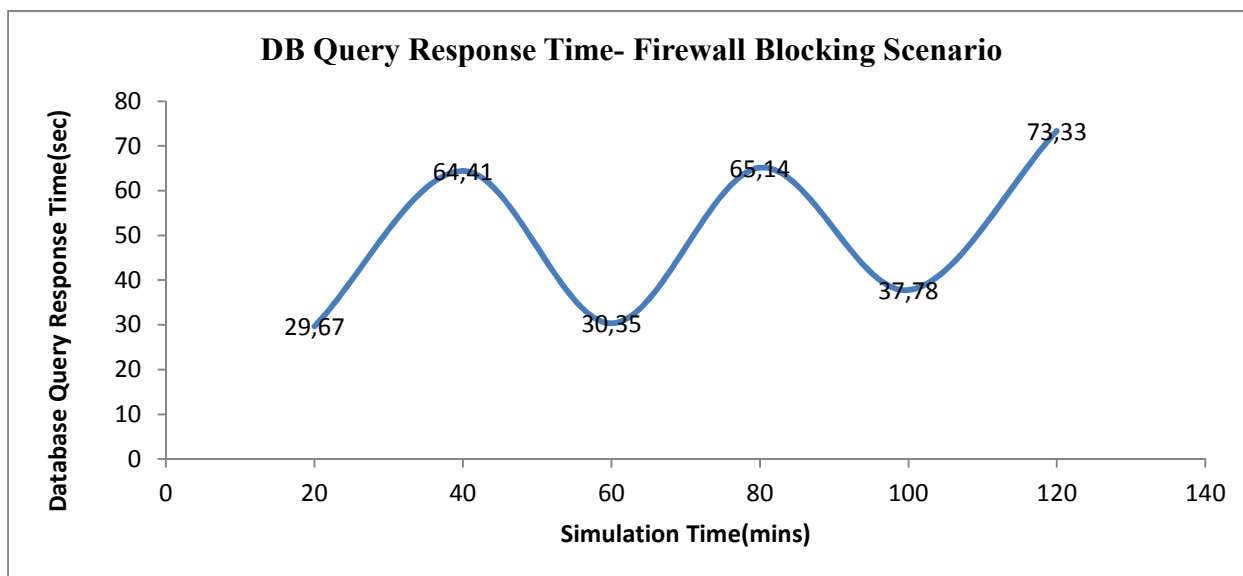


Fig. 7: Database Query Response Time - Firewall Blocking Scenario

SERVER DATABASE QUERY LOAD

The load on the database server was evaluated and analyzed in this section. The server database query load is in request per seconds. The higher the value of the server database query load, the longer user request from the database server waits and this degrades the performance of the server.

SERVER DATABASE QUERY LOAD - NO FIREWALL SCENARIO

The fig.8 shows the server loads across the network when no security policy is enforced.

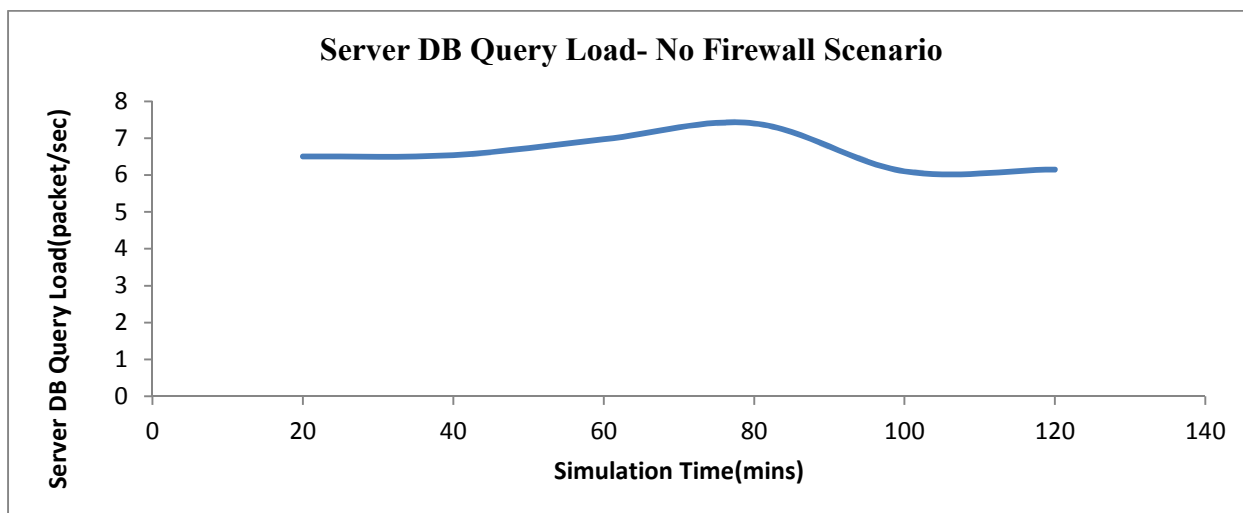


Fig. 8: Server Database Query Load - No Firewall Scenario

The higher load on the database server is as a result of a lot of request that goes through the router into the server. A database server (program) has defined load limits, it can handle only a limited number of concurrent client connections per IP address (and TCP port) and it can serve only a certain maximum number of requests per second. When a web server is near to or over its limit, it becomes unresponsive and this leads to a delay in user request.

When no security is applied, almost all the clients are connecting to the database server in a short interval, and this increases the load on the server since the server tries to process each request. The network slowdowns, so that client requests are served more slowly and the number of connections increases so much that server limits are reached.

SERVER DATABASE QUERY LOAD - FIREWALL SCENARIO

The fig.9 shows the load on the server when firewall is imposed on the network. As expected, the load on the server is very low when security is enforced across the network. Since most of the unwanted traffic have been blocked, only the legitimate packets goes into the server, so it quickly response to the user request hence the low value.

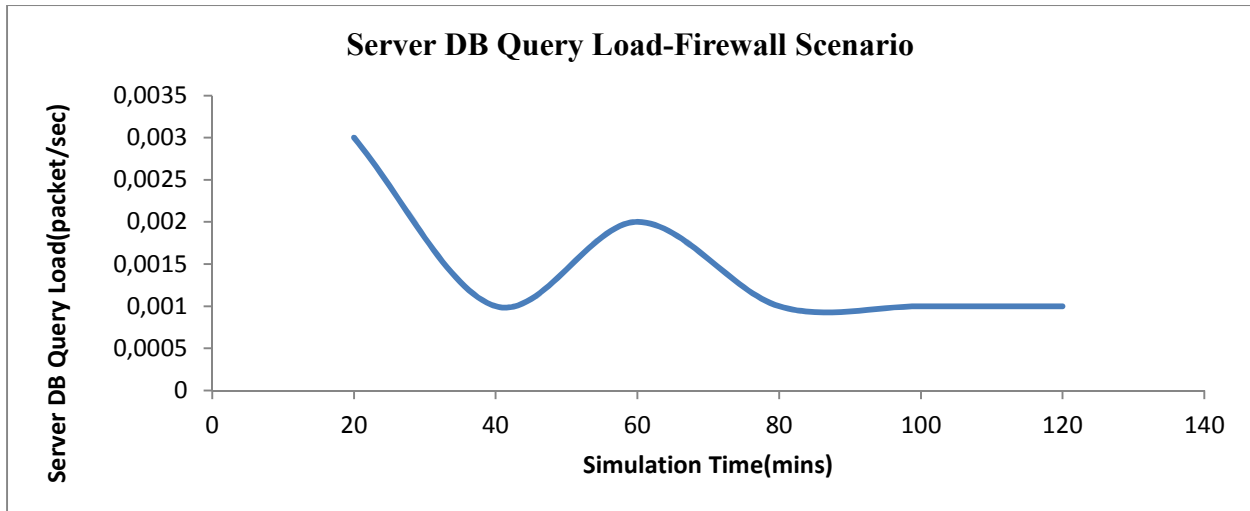


Fig. 9: Server Database Query Load - Firewall Scenario

From the graph, it has a higher value of 0.003 seconds during the initial stage and drops to 0.002 seconds and finally with 0.001 seconds. This shows that when firewall is imposed, because of the filtering of the unwanted packets, only some small legitimate packets goes to the server, hence the low load. When firewall is imposed, it limits the number of request that goes to the server for processing hence the lesser load on the server.

SERVER DATABASE QUERY LOAD - FIREWALL BLOCKING

In the third scenario, the FTP applications are blocked and only the database application is allowed access through the router.

The load on the server is high and almost equals the value when no firewall is imposed. In this scenario, all the applications are blocked and only the database application gets to the server, hence the higher load.

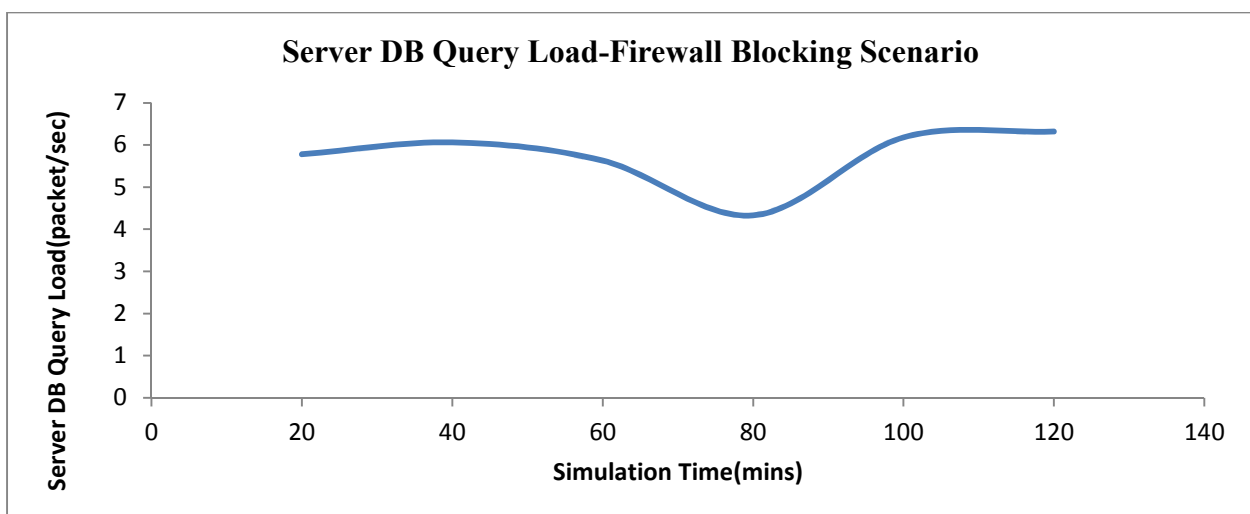


Fig.10: Server Database Query Load- Firewall Blocking Scenario

From the figure 10 above, it has an initial load of 5.78 seconds and later increase to 6.06 seconds and later has a value of 6.32 seconds. As expected, the load on the server in this case is high because the database application goes into the server without any restrictions hence the higher value. Combining the behaviour of graphs for figure.8, 9, and 10, the resultant graph is shown below in fig.11

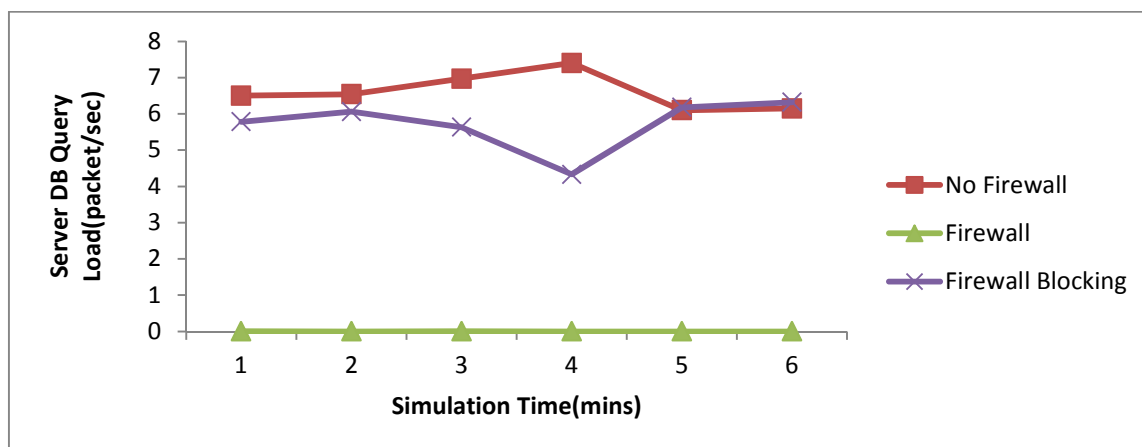


Fig 11: Server Database Query Load

From the graph, it can be seen that the load on server is almost equal in the case of firewall blocking and no firewall scenario. It has a low constant value when firewall is imposed on the networked. Since the firewall allows only legitimate packets access into the server, only packets that conforms to the security policy of the organization get pass through the firewall hence the low load on the database server when security is implemented

RESULT FOR FTP APPLICATION

This section discusses about the ftp application, which is one of the applications that generated traffic used in the simulation experiment. Ftp application is evaluated against download response time and upload response time. The load on the ftp server is also evaluated to investigate the performance of the network under the three different scenarios.

FTP DOWNLOAD RESPONSE TIME – NO FIREWALL SCENARIO

The fig. 12 below shows the ftp download response time when no firewall is imposed on the network. The result shows a low/quick download response time when no security is imposed on the network. Since there are no restrictions to the flow of traffic across the network, it leads to a faster response time. It can again be observed that the ftp download response time is not constant but varies along the simulations. It has a initial value of 0.11 seconds and then rise to 0.12 seconds and then drops again to 0.12 seconds.

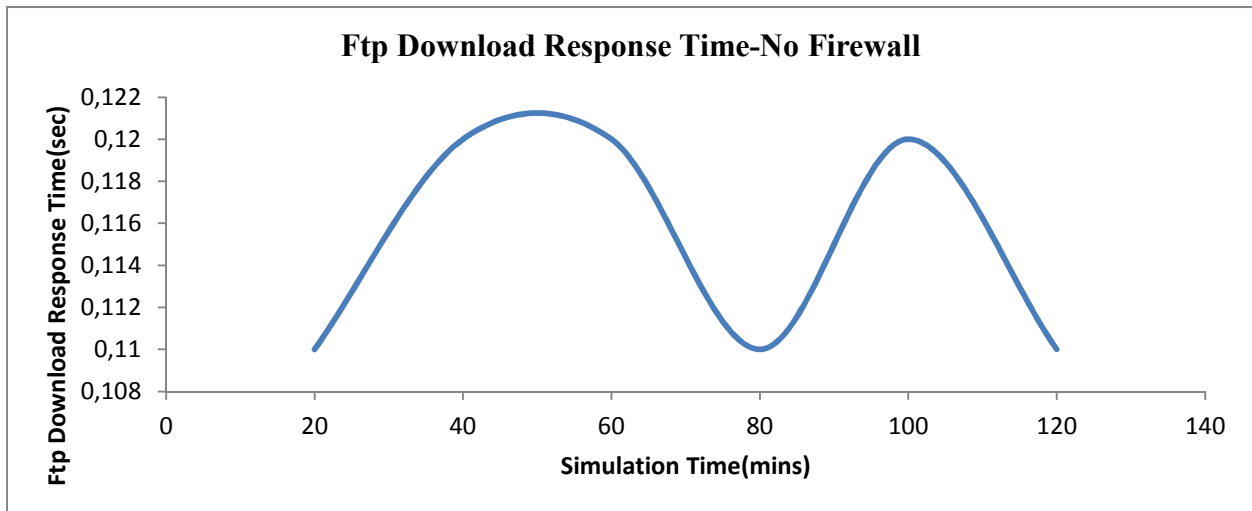


Fig.12: Ftp Download Response Time – No Firewall Scenario

FTP DOWNLOAD RESPONSE TIME - FIREWALL SCENARIO

When firewall was implemented, the download response time has a high value of 28.23 seconds when a packet size of 200MB is considered. The higher value is as a result of the overhead encounter by the firewall when processing the request and also the packet latency of 0.05 imposed to induce some delay into the system as in fig.13.

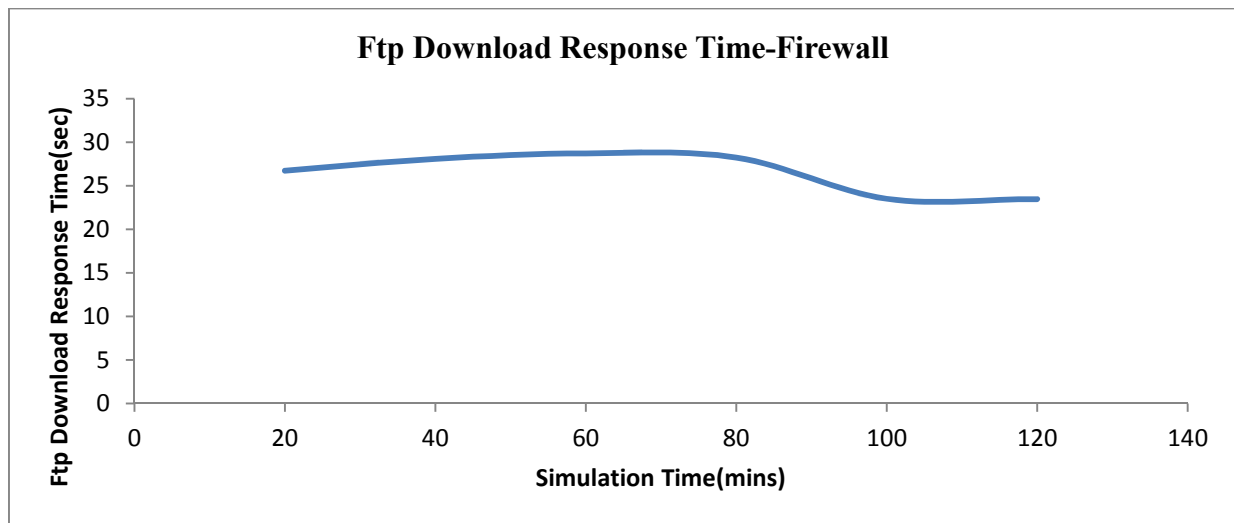


Fig13: Ftp Download Response Time – Firewall Scenario

A firewall is a piece of hardware or software that is capable of filtering network traffic. This is generally performed strictly based upon the origin and/or destination of the data packets. A packet is a container used to break up large messages into smaller more manageable segments. Each packet contains a header and data. The header contains its origin address, destination address and other information about the packet itself. Firewalls go through a simple three step process to determine whether a packet should be accepted or rejected. The firewall first analyzes the packet header. It then uses this information to determine if the packet matches any open connections within the state filter. Finally, if it does not match any state, a predetermined rule set is used to determine the action that should be taken. All these decisions by the router implementing the firewall take a considerable time on the processors hence the higher value.

FTP DOWNLOAD RESPONSE TIME – FIREWALL BLOCKING SCENARIO

In the third scenario, the ftp application is blocked from passing through the router. From the figure14 below, it can be observed that the response time is constant through out the simulation exercise. It has a value of 0.004 seconds across since the ftp application has been blocked access.

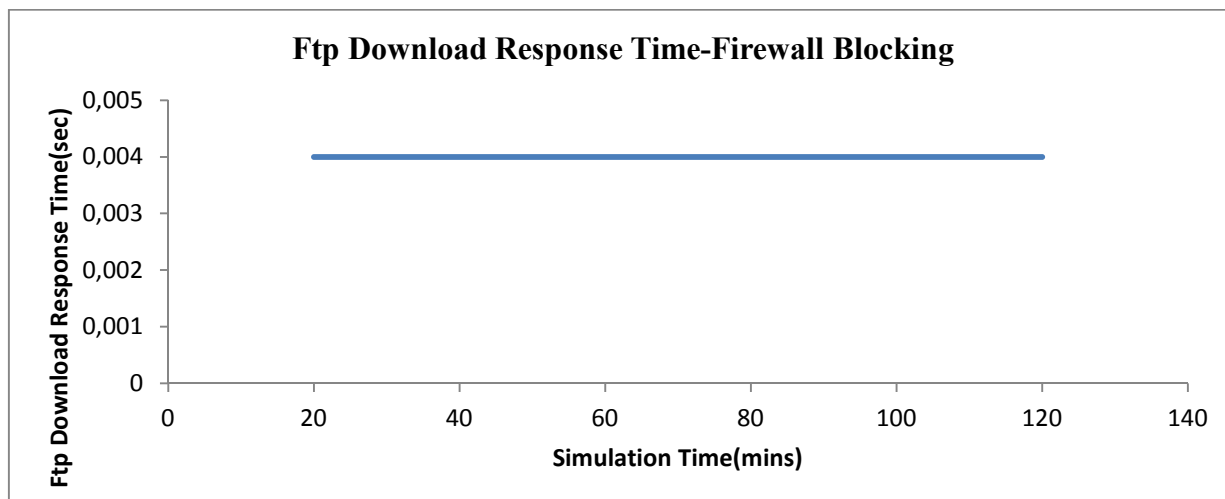


Fig.14: Ftp Download Response Time – Firewall Blocking Scenario

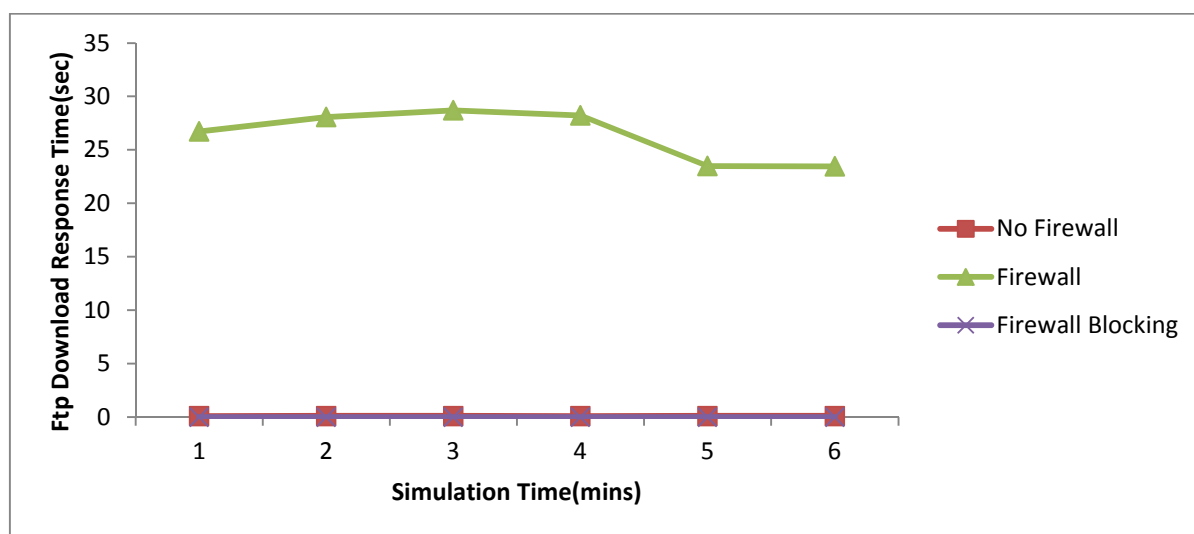
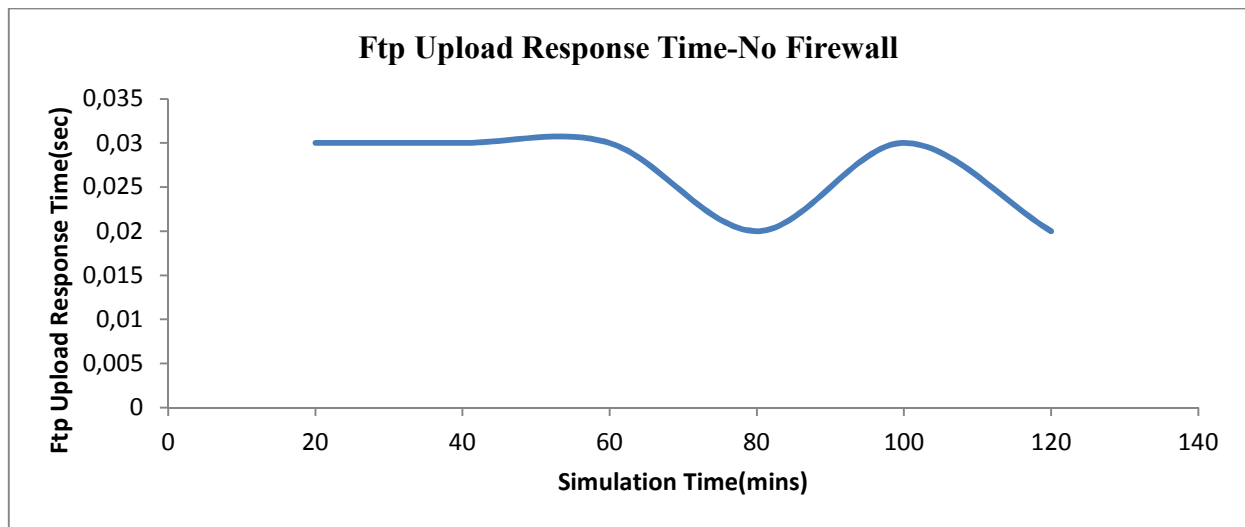


Fig.15: Ftp Download Response Time

When all the three scenarios were considered, the resultant graph is shown figure15. From the figure15 it can be seen that, the download response time is high when security is imposed on the network as in the second scenario. It can also be observed that the ftp download response time increases with an increase in the data packet. In the case where no security is implemented on the network, and some applications are blocked, the download response reduced considerably. The reduction in the download response time is as a result of no restriction across the network.

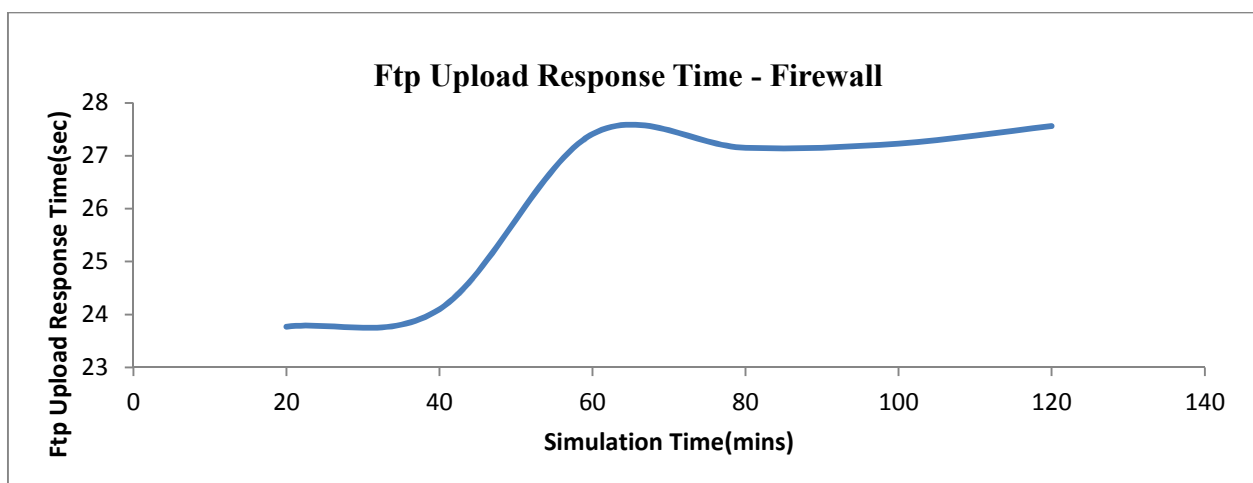
FTP UPLOAD RESPONSE TIME – NO FIREWALL SCENARIO*Fig.16: ftp upload response time – No firewall scenario*

The figure16 shows the graphical display when no firewall was implemented.

The low value as seen from the graph is as a result of the no restriction to the flow of traffic across the router. When no security is implemented on the network, there is an easy flow of traffic through the router. As the packets gets to the router interface, there is no inspection of packets so the user request gets served quickly hence the low response value of 0.02 seconds.

FTP UPLOAD RESPONSE TIME – FIREWALL SCENARIO

The figure 17 shows a high value when security is imposed on the network. The upload response time is high meaning users experience some delay when uploading their files onto the ftp server. This high value degrades the system performance since users have to wait a considerable amount of time before their request can be granted by the server. The high value in the upload response time when firewall is imposed is as a result of the extra processing being done by the router to filter out any illegitimate packets from accessing the router. Due to this overhead of the router, users get some delay in the system.

*Fig.17: ftp upload response time – Firewall scenario***FTP UPLOAD RESPONSE TIME – FIREWALL BLOCKING SCENARIO**

In the third scenario, the ftp application was blocked at the router. The upload response time was 0.004 seconds when trying to upload 200MB of data onto the server. The figure 18 shows the graphical display of the upload response time when the ftp application is blocked. Since the router takes some time to check its policy (filter) table before taking action on the packet, hence the value even though ftp is blocked

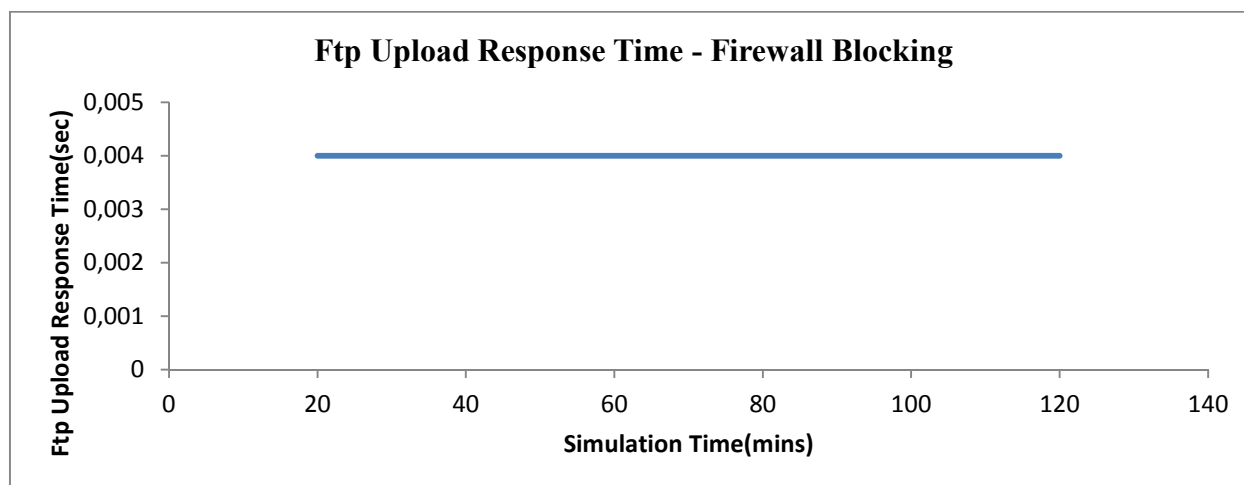


Fig.18: ftp upload response time – Firewall blocking scenario

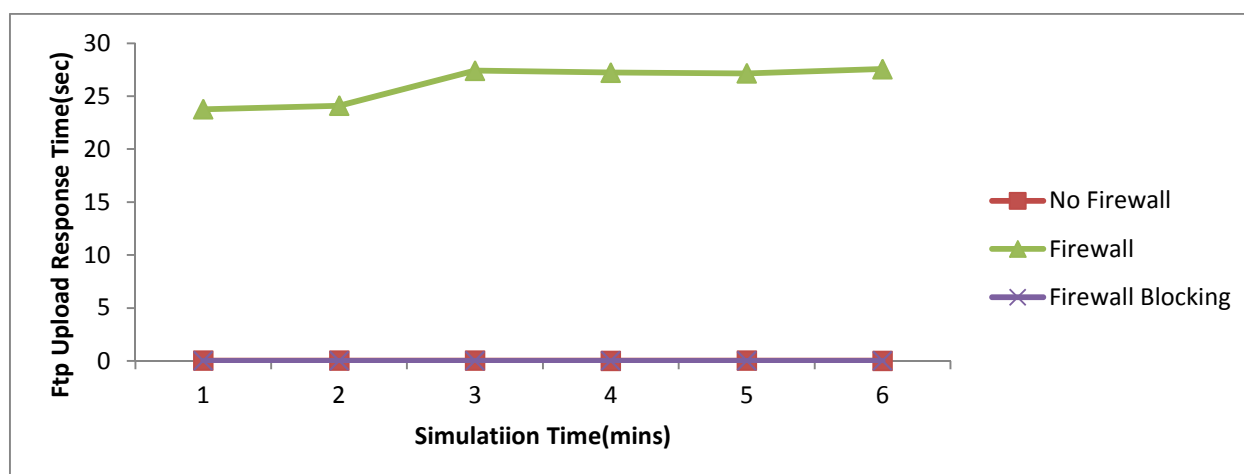


Fig.19: ftp upload response time

Taking the three scenarios into consideration resulted in the figure 19.

It is evident from the figure 19 that, when some applications were blocked from accessing the ftp server, it led to a low response time. When no firewall was imposed, it resulted in a decrease in the upload response time. But the upload response time is very high in the case of the presence of a firewall as a result of packet filtering occurring on the router.

SERVER FTP LOAD

The load is more when no firewall is imposed on the network. It has a high value of 0.14 seconds. In the second scenario where security is implemented on the system, the load reduces to 0.001 seconds. But in the third case, since the ftp application is blocked, it has a value of 0. In the second scenario, a value of 0.001 seconds is the load on the server, meaning only a small amount of packets gets to server for processing hence the server spends only 0.001 seconds processing user request. It can therefore be inferred that imposing firewall on the network increases response time for a user request. This unresponsive nature of the system degrades the system performance since users' requests are not granted quickly.

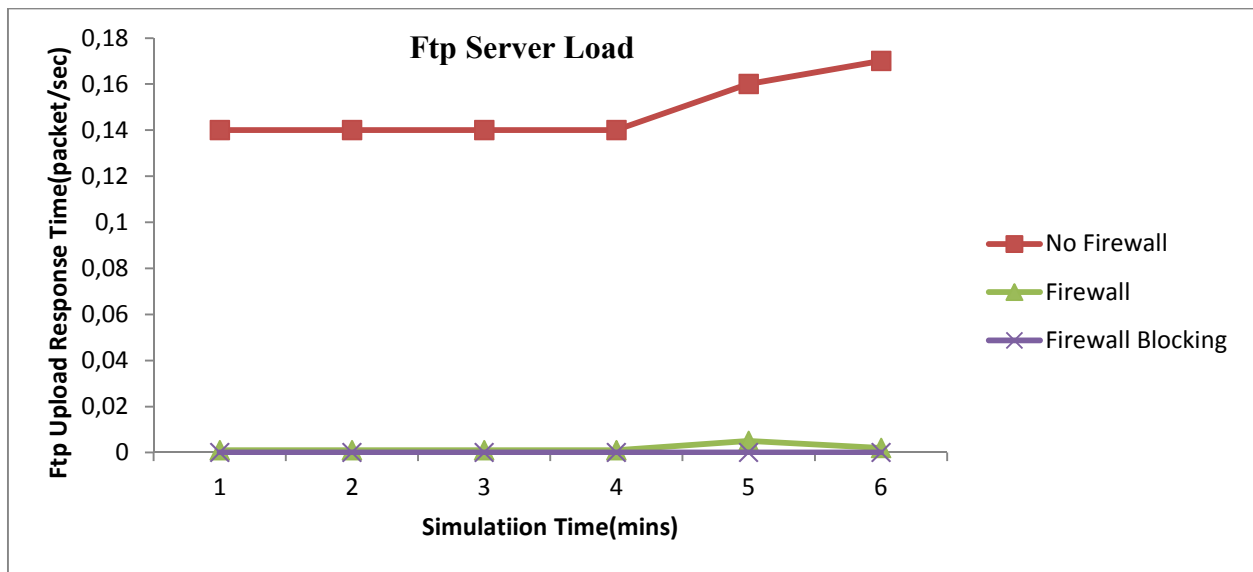


Fig.20 Ftp Server Load

CLOUD PERFORMANCE

This section discusses the cloud utilization. It is evaluated against the point to point utilization. Network utilization is the ratio of current network traffic to the maximum traffic that the port can handle. It indicates the bandwidth use in the network. While high network utilization indicates the network is busy, low network utilization indicates the network is idle.

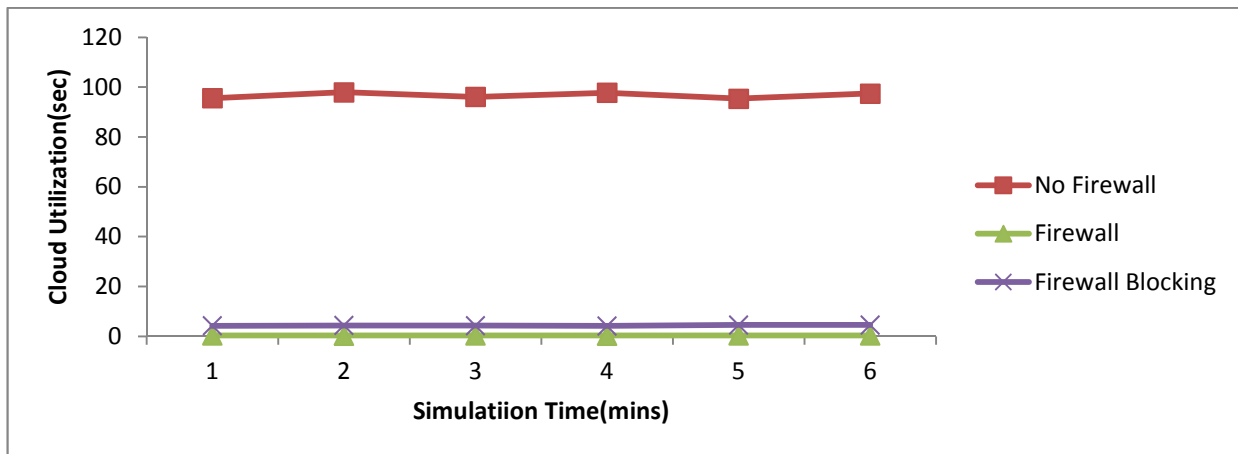


Fig.21: Cloud Point to Point utilization

It can be observed from figure 21 that the overall point to point utilization of cloud is more when there is no firewall across the network as the cloud needs to process the database, and ftp packets continuously. As the firewalls imposes some security policies and also delays the packets due to packet filtering, the cloud utilization is decreased. In the third scenario where the ftp traffics were blocked the overall utilization of the cloud is further reduced as shown in the figure 21. As the traffic is blocked, the cloud has ample space to process the database packets and the overall utilization is reduced. Thus from the overall analysis it can be estimated that the overall utilization of the cloud can be optimized when firewall is imposed on the network.

5 SUMMARY

The simulation experiment was used to measure the following:

- database query response time
- ftp upload and download response time
- Point-to-point link utilizations.

Simulation results given in figure.5, figure.6 and figure.7, shows the database response to user requests under the three different scenarios. Response time is low in the first scenario and the third scenario. Introduction of a firewall increases response times, however, when other applications traffics are filtered; the database response time improves over no firewall scenario. The low response time corresponds to a higher network performance.

Similarly, figure.15 and figure.19 shows the result for the ftp application. Again the download/uploads response time is very close and low for the ftp application when no firewall is imposed and some applications blocked. Also it was evident from the results that the chosen performance metrics increases with an increase in data size but almost the same with different data rates. This increases the network performance since users see a quick response to their request. The chosen performance metrics have a higher value when firewall is imposed on the network. This means that when security is imposed on a network, the network performance degrades.

The general conclusion is that network security and network performance are inversely related, which implies that imposing more security on the network, results to decrease in the network performance.

6 CONCLUSION

The need for firewalls has led to their ubiquity. Nearly every organization connected to the Internet has installed some sort of firewall. The result of this is that most organizations have some level of protection against threats from the outside. This study has found out that network security and network performance are inversely related. As seen from the result of the simulation, network performance is adversely affected when firewall is implemented. There is performance degradation when security policies of the organization are implemented. Nevertheless firewalls do not only secure a network but also contribute to network performance by stopping attacks, improving network availability, and reducing unnecessary processing of illegitimate requests.

7 RECOMMENDATION

Based on the result of the study we recommend that organizations turning to implement security on their network should be prepared to experience a little decrease in network performance. Implementation of firewall should however be subjected to organizational decision

The first and most important decision reflects the policy of how the organization wants to operate the system; is the firewall in place explicitly to deny all services except those critical to the mission of connecting to the internet, or is the firewall in place to provide a metered and audited method of queuing access in a non-threatening manner? There are degrees of paranoia between these positions.

The second is what level of monitoring, redundancy, and control do you want? Having established the acceptable risk level, you can form a checklist of what should be monitored, permitted, and denied.

On the technical side, there are a couple of decisions to make, based on the fact that for all practical purposes what we are talking about is a static traffic routing service placed between the network service provider's router and your internal network. The traffic routing service may be implemented at an IP level via something like screening rules in a router, or at an application level via proxy gateways and services.

The decision to make is whether to place an exposed stripped-down machine on the outside network to run proxy services for telnet, FTP, news etc., or whether to set up a screening router as a filter, permitting communication with one or more internal machines. There are benefits and drawbacks to both approaches, with the proxy machine providing a greater level of audit and, potentially, security in return for increased cost in configuration and a decrease in the level of service that may be provided (since a proxy needs to be developed for each desired service).

REFERENCES

- [1] Al-Shaer E. and Hamed, H. (2004) "Discovery of policy anomalies in distributed firewalls", in Twenty-third Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, vol.4
- [2] Caldwell, D., Gilbert, A., Gottlieb, J., Greenberg, A., Hjalmtysson, G., and Rexford, J. (2003) "The cutting edge of ip router configuration", in Proceedings of 2nd ACM Workshop on Hot Topics in Networks Hotnets-II.
- [3] Corbitt, T. (2002) "Protect your computer system with a security policy," Management Services, vol. 46(5), pp.20–21,[Online].Available:http://findarticles.Com/p /articles/mi_qa5428 /is_200205/ ai_n21313131/ pg_2? Tag =artBody;col1 [2002.]
- [4] Danchev, D., (2003) "Building and implementing a successful information security policy," [online] Available: <http://www.windowsecurity.com> [2003]
- [5] Fraser, B., Aronson, J. P., Brownlee, N., and Byrum, F. (1997) "Site security handbook (rfc2196)," [Online] Available: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2196.txt? Number =2196> [Sep 1997]
- [6] Hunt, R., and Verwoerd, T.(2003) "reactive firewalls - a new technique" Computer communications, Elsevier, UK. Vol. 26, No 12
- [7] Madigan, E. M., Petulich, C., and Motuk, K. (2004) "The cost of non-compliance: when policies fail" in SIGUCCS 04 in proceeding of the 32nd annual ACM SIGUCCS
- [8] Mayer, A., Wool, A., and Ziskind, E. (2006) "Offline firewall analysis", International Journal of Information Security vol.5 no.3 pp. 125-144
- [9] Richard. J. Macfarlane (2009) "An Integrated Firewall Policy Validation Tool"
- [10] Rubin, A. D., Geer, D., and Ranum, M. J. (1997) Web Security Sourcebook. Wiley
- [11] Samarati, P. and de Vimercati, S. C. (2000) "Access control: Policies, models, and mechanisms", Lecture Notes in Computer Science, vol.2171, pp.137–196.
- [12] Sheth, C., and Thakker, R. (2011) Performance Evaluation and Comparative Analysis of Network Firewalls

Computing an overall Index for regulatory reforms required in the fixed telecommunication segment over the world

Inès Ben Dkhil

LAMIDED Laboratory of Management of Innovation and Durable development,
Faculty of Management and Economic Sciences of Sousse,
University of Sousse, Tunisia

Copyright © 2015 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 provides a review and classification of the main regulatory reforms required in the fixed telecommunication segment. It also describes the methodology of the construction of a relevant measure of regulation. Precisely, we provide a description of the method of scoring of the individual regulatory reforms, as well as, the computation method of the overall regulatory index which aggregates the most applied regulatory reforms in the fixed telecom sector over the world. We collect data information from public sources including the regulatory data base of the International telecommunication Union (ITU) published in the year 2012 and contains regulatory information data for developed and developing countries in the world during the period from 2004 to 2011, as well as the database of the Plaut Economics. We complete the missing information data from the official reports that came from the regional and international organizations and the web sites of the National Regulatory Authorities (NRAs) of different countries considered. We are based on the scoring methodology of Zenhæusern et al. (2007, 2012 a, 2012 b) to construct individual measures for the regulatory reforms adopted since the opening of telecommunication markets to competition. Our overall regulatory index, which aggregates these individual measures of regulatory reforms, permits to measure the intensity of regulation in the fixed telecom sector for 107 developed and developing countries¹ during the period of 2004-2011.

KEYWORDS: Privatization, Accounting and Functional separation, local loop Unbundling, Interconnection price and agreements, Regulatory autonomous decision.

1 INTRODUCTION

Several institutions published scores or indicators measuring telecom regulation reforms. The most used in empirical studies are the OECD Regulatory Index and the European Competitive Telecommunication Association (ECTA) Regulatory Scorecard published in 2006. For example, London Economics (2006) uses both the OECD and the ECTA indexes, and Heimeshoff (2007) uses the OECD index. However, there is a doubt regarding the quality of these scores and the ability of

¹ Countries are: Albania, Algeria, Andorra, Argentina, Armenia, Australia, Austria, Azerbaijan, Bahrain, Bangladesh, Barbados, Belarus, Belgium, Belize, Bosnia and Herzegovina, Botswana, Brazil, Brunei Darussalam, Bulgaria, Cambodia, Canada, Chile, China, Colombia, Costa Rica, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Dominica, Ecuador, Egypt, Estonia, Finland, France, Georgia, Germany, Ghana, Greece, Grenada, Guatemala, Haiti, Honduras, Hungary, Iceland, India, Indonesia, Iraq, Ireland, Italy, Jamaica, Japan, Jordan, Kenya, Kyrgyz Republic, Latvia, Lebanon, Liechtenstein, Lithuania, Luxembourg, Malaysia, Maldives, Mali, Malta, Mexico, Monaco, Mongolia, Montenegro, Morocco, Mozambique, Namibia, Nepal, Netherlands, New Zealand, Nicaragua, Nigeria, Norway, Oman, Pakistan, Paraguay, Peru, Philippines, Poland, Portugal, Qatar, Romania, Rwanda, Saudi Arabia, Serbia, Singapore, Slovenia, Spain, Sudan, Sweden, Switzerland, Thailand, Tunisia, Turkey, Uganda, Ukraine, United Arab Emirates, United Kingdom, United States, Uruguay, Yemen, Zambia, Zimbabwe.

these rating to measure regulation in telecom industry. According to Weeks and Williamson (2006), Edwards and Waverman (2006) and Zenhäusern et al. (2007), these scores are subjective, arbitrary weighting and mostly incorporate telecom market performances, which calls into question their use in empirical studies analyzing regulation-telecom market performances relationship. More recently, Zenhäusern et al. (2007) has constructed the Plaut Economics Regulation Index for 27 European countries over the period of 1997-2006. This data is publicly available since 2007, and then updated and extended to further include the period from 2007-2010 and other countries (Australia, Japan, Singapore, Switzerland and the USA). Compared to earlier existing index, Plaut Economics Regulation Index has the three following advantages:

- First, it consists of 41 indicators measuring different regulatory reforms introduced in telecom industry such as accounting and vertical separation, infrastructure sharing, the three kinds of local loop unbundling (full local loop unbundling, bitstream, sub-loop), interconnection regime etc.
- Second, the relative simplicity in coding regulation reform to construct indicator is another important advantage of Plaut Economics regulatory index. In general, these indicators are binary variables. Each one takes the value of « 1 » if corresponding regulatory reform is required in a given country for a given year and the value of « 0 » otherwise. Only the indicator for access pricing regime reform is not a binary variable. It takes value between « 0 » and « 1 », ranged from the least to the most severe regulation regime as follows. The value of « 0 » corresponds to the case where there is no control for access price. The value of « 0.5 » corresponds to the case where the regulator sets an access price that exceeds the marginal costs permitting some mark up for incumbent (e.g., price cap, rate of return, retail minus or benchmark access pricing model). The value of « 0.8 » corresponds to the case where the determination of access price follows Fully Distributed Cost (FDC) methodology. This last model of access pricing regime is considered more restrictive than regimes such as price cap or rate of return because it is based on cost, and therefore, it reduces the margin over the marginal cost earned by the infrastructure owner operator. The value of « 1 » refers to the case where the model followed to price access is the Long Run Incremental costs (LRIC, LRAIC), which corresponds to the most severe access price regulation since it leads to price access at cost or let very small mark up over the cost for incumbent.
- Third, the weighting methodology is simple and clear. It simply consists in aggregating some or all indicators and then computing arithmetic means to construct sub-indexes or an overall index. Consequently, each indicator is equally weighted within the sub-index or the overall index.

Given the quality and the availability of Plaut Economics Regulation Index database, several recent empirical studies use it. We cite Friederiszick, Grajek and Röller (2008), Bauer and Shim (2012), Grajek and Röller (2012), Baccache, Broureau and Gaudin (2013) and Briglaue, Ecker and Gugler (2013).

However, as noted above, Plaut Economics regulatory indicators are available only for 32 developed countries: 27 European countries, and others which are the following: the Australia, Japan, Singapore, Switzerland and the United States American (USA). In addition, these data are not updated for year 2011. Furthermore, regulatory indicators of Zenhäusern et al. (2012 a, 2012 b) contain more items including questions relative to mobile sector. In consequence, to construct our regulatory data, only a part of the Plaut Economics Regulation database is used. In particular, this paper suggests computing an overall index for regulation in fixed telecommunication segment. For this purpose, we first compute individual measures for regulatory reforms adopted in the fixed telecom sector following the same methodology of scoring adopted by Zenhäusern et al. (2012 a, 2012 b). Then, we add these measures to compute an overall index. Our measures for regulatory reforms concern 107 developed and developing countries during a period of eight years from 2004 to 2011. The different values, taken by the overall index, measure the intensity of regulation in the fixed telecom sector.

The rest of this paper is organized as follows. In section 2, we provide an extensive review of the regulatory reforms required in the fixed telecom segment. In section 3, we give a description of the methodology of collecting data information and scoring to construct the regulatory indicators and the overall index of regulation. In section 4, we conclude.

2 THE REGULATORY REFORMS IN THE FIXED TELECOM SEGMENT

In the beginning of 1990s, a large number of countries have partially or wholly privatized the historical public monopoly (the incumbent), and established an independent regulatory authority to prevent and control the discriminatory behaviors of the dominant operators in order to promote and ensure competition in the fixed telecommunication markets. The main focus of policy makers over the three last decades has consisted to reduce market power of incumbent firms through mandating various access pricing regimes and entry regulation measures. Precisely, a number of access pricing models are suggested to control the access to the incumbent's existent infrastructure. Further, some countries have also chosen to introduce entry regulatory measures such as the "unbundling policies" and "separation models" which are argued to have a

great role in ensuring competition by permitting more controls of discriminatory behaviors of the significant market power operators (generally the incumbent firms).

2.1 THE ACCESS PRICING POLICIES

According to the theory of access pricing², price of access services, which is an important part of the access accords, must verify two conditions: (1) covering the fixed costs of building infrastructure networks incurred by the incumbent (cost-oriented) and avoiding inefficient entry. In particular, the theory of access pricing recommends that the price of access service must cover the loss of incumbent profits (the opportunity costs) due to providing facilities to entrants. This implies the respect of allocative efficiency principle, which consists in maximizing the industry surplus (2) not discriminating the new entrants and promote market competition. This implies the respect of efficiency productive principle, which consists to minimize the production costs of the industry. However, in practice and even if theoretically, it is difficult to satisfy both conditions simultaneously (see Valletti and Estache 1998). Regulatory frameworks based on the economic pricing approaches suggest various access price models.

Following Zenhäusern et al. (2012 a, 2012 b) and Mihevc (2010), we classify these approaches from the lowest to the strongest price policy imposed to incumbent operator (the regulated firm): (1) the non-cost based approaches (Retail minus, price cap, benchmark, rate of return) (2) the Fully distributed cost (FDC) (3) the Long Run Incremental costs (LRIC).

2.1.1 THE NON-COST BASED APPROACHES

The non-cost based approaches are the least intensive price regulation because they permit to regulated firm (the incumbent) to earn more mark-ups (above marginal costs of access service) by providing more flexibility in setting its access price. The well-known models are retail minus, price cap, international benchmark and rate of return.

1) The Retail Minus: The wholesale (access) price is computed as the difference (called the Minus) between the price and the estimated costs of the provision of the retail service. Compared to cost-based approaches, this method is simple to apply for regulators because it requires less information. Furthermore, this method has the advantage to provide more flexibility to incumbent to align its retail tariffs with respect to market changes. This approach also grants a sufficient access margin for incumbent and therefore prevents “margin squeeze” problem (anti-competitive behavior) (TATT 2009), which occurs when incumbent sets too high access price or too low retail price in the way that the costs of providing the retail service exceed the margin between retail price and wholesale price) (Padilla 2004).

2) The Price Cap: The regulatory authorities set a maximum rate or limit on price changes (price ceilings) for each service or for a packet of services during a given period. This limit is adjusted continuously each period to reflect market and environment changes (inflation, productivity, technologies, etc.). Price cap method provides the infrastructure owners a great flexibility to earn sufficient margin to cover their costs and to face to changes in market conditions (Briglauer and Vogelsang 2011).

3) The International Benchmark: This approach suggests determining both the maximum and the minimum prices for wholesale service based on price of similar service in comparable countries (that have close characteristics: demographic, economic... etc.) (AITI 2013).

4) The Rate of Return: (known also as “cost-plus” regime): This method permits incumbent to cover their costs of infrastructures and to benefit from margin computed as rate of return of their amount of investment (the asset). This regime covers the incumbent’s fixed costs but it has the disadvantage that it does not encourage the incumbent to be more efficient (OFWAT 2010).

² For a review of the access pricing theory see for e.g. Ben Dkhil (2014 a) : « Competition in fixed telecommunication market segments: challenges and theories ». Available at SSRN.

2.1.2 THE COST-BASED APPROACHES (THE COST ACCOUNTING MODELS)

The cost accounting models differ in the types of costs considered in calculating the price of access service and the accounting techniques used to allocate these different costs. (ITU 2009) distinguishes four categories of costs: (1) the direct variable costs (the marginal costs): are the costs generated by variation due to the provision of a given service. (2) The direct fixed costs are the initial costs specific to this service (assets and operating costs) that do not vary in the level of its production. (4) The joint costs are the costs generated by the provision of group of services and that are not affected if the provision of a single service among these decreases or ceased. (5) The common costs represent the costs resulting from provision of all services and that are not affected if the provision of one or more services decreases or ceased.

There are two cost accounting models that are generally used to price the wholesale services: the Fully Distributed costs (FDC) and the Long Run Incremental cost (LRIC).

1) Fully Distributed Costs (FDC): The FDC method suggests allocating these four categories of costs using different methods. It consists in determining of the uniform mark-up by production unit or proportional to revenues or price of access service considered. This method is practical and simple to apply and permits to incumbent to cover its fixed costs. However, economists reject the FDC approach. They mainly reproach the arbitrariness of costs allocation (determination of the proportion of joint and common costs for a given access service). They argue that the FDC approach does not respect the production efficiency principle (cost minimization) and does not take into account the demand characteristics. Furthermore, FDC is generally based on the backward-looking costs (the historical costs) of infrastructures facilities, which give entrants wrong information about costs which lead to inefficient entry or discourages the efficient entry (Valletti and Estache 1998).

2) Long Run Incremental cost (LRIC): The LRIC measures the additional costs that regulated firm incurs in the long term to provide additional unit of access service based on forward-looking costs, which are the current costs of construction of facilities to provide the same service using the best available technologies (Guthrie, Small, and Wright 2006). If the incremental costs are equal to one unit, LRIC is equal to marginal costs (ITU 2009). The incremental costs are more appropriate to price telecom service than marginal costs because of the importance of economies of scale in this industry (ERG 2005). There are different versions of LRIC (Long-Run Average Incremental Cost LRAIC, Total Service Long Run Incremental Cost (TSLRIC), etc.). The difference is that LRIC does not take into account the fixed costs. The other versions of LRIC include some mark-up to cover the fixed costs (see ITU 2009 and Valletti and Estache 1998). Engineering network software is used to compute the advanced calculations of LRIC that use advanced accounting methods. LRIC is recommended if the objective consists to promote competition. It is considered the most intensive regulation because it lets zero (the "pure LRIC") or small mark-ups (the other version of LRIC) to incumbent to cover its fixed investment costs (see Valletti and Estache 1998 and Guthrie, Small and Wright 2006).

2.2 THE UNBUNDLING POLICIES

There are two ways to enter telecom markets before constructing new networks infrastructures (facilities-based entry): (1) Carrier selection (CS): the entrant leases lines from incumbent at regulated terms (access agreements and prices). In this case, the entrant does not invest in any type of technology. (2) Unbundling access: entrant also leases lines from incumbent at regulated access conditions but it invests in some technologies and has the advantage to offer differentiated services relatively to those offered by incumbent. Therefore, unbundling access is an intermediate form of entry between CS and full facilities-based entry (Valletti 2003; Bijl and Peitz 2005).

According to OECD (2003 a), Local loop unbundling (LLU) is the technical process required by regulator that permits to new entrants a wholesale access by leasing a part or entire local loop circuits of the incumbent firm (mainly pairs of copper wire). Compared to simple line resale (CS), the unbundling policies require that entrant installs some technologies and thereby it is permitted to diversify its services relatively to incumbent products. In particular, in many countries, LLU is introduced as a remedy to duplication of local networks which is constrained by several difficulties including the high costs of infrastructure building compared with the revenue that can be generated from such investment (high sunk costs) and the difficulty to capture clients of the historical monopoly (the incumbent) given the high switching costs. Some regulators consider that LLU promote competition OECD (2003 a).

OECD (2003 a) distinguishes four main types of unbundling regulations: Full Local loop, Line sharing, Bitstream and Sub-Loop Unbundling. These different forms can be ranged from the lowest to the strongest unbundling policy requirement with respect to the incumbent operator as follows: (1) Full Local Loop Unbundling (Full LLU), (2) Line sharing (3) bitstream (4) Sub-Loop Unbundling (SLU) (Wallsten 2006).

2.2.1 THE FULL LOCAL LOOP UNBUNDLING (FULL LLU)

This form of unbundling requires that incumbent leases its entire copper loop to entrants. This form corresponds to the lowest unbundling regulation because it provides to entrant the advantage to fully control the incumbent's copper pairs and therefore, the entrant is permitted to offer all end-user services (both voice and broadband Internet access services). Although that the incumbent is still the exclusive owner of the unbundled local loop and it is therefore the sole responsible to its maintenance, the entrants have the possibility to ameliorate the incumbent's local loop by introducing the Digital Subscriber Access Lines (DSLAM) that sends customers' data signals from the "last mile" (customer's premises) of the incumbent's copper loop lines to the Internet backbones. This gives entrants a complete control for the incumbent's local loop infrastructures that permits more innovation and service differentiation (OECD 2003 a; Wallsten 2006)

2.2.2 THE LINE SHARING

This kind of unbundling is an intermediate unbundling regulation that permits to entrants a partial access to copper loop lines that are still controlled and modernized fully by the incumbent. Sharing a same copper loop lines, entrants only provide the broadband Internet access services while incumbent also offer the voice services for the same customer. This form of unbundling requires entrants to be invest in some wholesale equipment such as Splitter which must be installed at the premises of end-users in order to share the copper lines with the incumbent (see OECD 2003 a, and Bijl and Peitz 2005).

2.2.3 THE BIT-STREAM ACCESS (BSA)

According to Wallsten (2006), Bit-Stream unbundling regulation implies more requirements to incumbent than full LLU or line sharing. In particular, it requires the most cooperation from the incumbent operator by providing all necessary technologies, ADSL equipment and modems, which permit entrants to provide their retail services through incumbents' local loops (OECD 2003 a). Entrants can use entire technologies of incumbent to offer end-uses services. They do not invest in wholesale technologies. Otherwise, they do not need to install additional technologies.

2.2.4 THE SUB-LOOP UNBUNDLING (SLU)

This form is the most extensive unbundling regulation imposed to incumbent. It implies more technical obligations for incumbent while it provides more advantages techniques to new firms. Compared to other forms of unbundling, SLU permits to entrants to benefit from large market share and invest in advanced wholesale technologies such as the VDSL that must to be installed closer to the end-user premise to provide very high quality retail services (Wallsten 2006). According to OECD (2003 a), it is the most technical complicated unbundling policy for incumbent.

2.3 THE SEPARATION POLICIES

In 2001, OECD published a recommendation for its country members, in which it suggests various separation models of the dominant integrated operator firm as solutions to these persistent anti-competitive discriminatory behaviors. It is argued that this entry regulation tools may have a great role in limiting the market power of the integrated dominant operator, by separating non-competitive activities from competitive activities in telecom industry. Non-competitive activities consist in the wholesale activities and access network activities (the so-known the "last mile network") including maintenance and modernization of network infrastructures (copper local loop, fiber optic local loop, wholesale broadband access, ..) while competitive activities refer mainly to the retail activities including the provision of end-users services (long-distance services, value-added services, broadband services, local loop services, etc.) (OECD, 2003 b, 2006, 2011 a).

There are different levels (or degrees) of separation of the vertical integrated incumbent company, which can be ranged from the weakest to the strongest form with respect to "the regulatory intensity": (1) Accounting separation (2) Operational separation (3) Functional separation (4) Ownership (or structural separation) (Partner and Lawyer 2011; Cave 2006; Malcolm 2008; OECD, 2003 b, 2006, 2011 a).

2.3.1 THE BEHAVIORAL (OR THE VIRTUAL) SEPARATIONS

By opposition to the full structural separation, in which wholesale and retail activities are controlled by separated owners (see next paragraphs), these models of behavioral separations such as accounting, operational or functional separation, permit to historical integrated dominant operator (the incumbent) to control both wholesale and retail units.

1) The Accounting Separation: This model corresponds to the weakest degree of separation of the dominant operator. It simply consists in imposing to the integrated incumbent firm to provide in the end of every fiscal year separated accounts in which revenues, costs and capital are detailed and disaggregated by types of activities and services. In particular, wholesale and network access activities which consist on the modernization and maintenance of essential infrastructures (e.g., fixed-line bottleneck) and the other activities of telecommunications including provision of retail services are grouped in separated accounts. This regulation measure permits more transparency of information costs that serve in determination of efficient interconnection prices by providing a robust accounting data to regulators. This may explain the strong link between this form of separation and interconnection price model adopted by NRA. Indeed, if accounting separation is required, interconnection price regime adopted is generally a cost-based model. However, the implementation of accounting separation presents the difficulty to control information data of accounting costs provided by incumbent to regulator given the complexity of methods of cost allocations between wholesale and retail activities in incumbent firm (Malcolm 2008). Further, according to Cave (2006), accounting separation may be a solution for price discrimination but not for non-price discrimination. A combination of accounting and other types of separation may be therefore a good remedy to both price and non-price discriminations.

2) The other forms of behavioral separations: There are others intermediate forms of separation, between the weakest model, accounting separation, and the strongest model ownership separation. Legislations usually confuse them. These forms qualified as behavioral or virtual separation require dividing incumbent's business into wholesale and retail different entities retaining a same ownership (the incumbent's company). According to international telecom legislations, there are two intermediate forms of separations:

- The Operational Separation: This model is the weakest form, where dominant operator must create separate divisions for wholesale and retail business in its company. This model of separation does not deal with price discrimination problems. It is usually recommended to be coupled with accounting separation reform.
- The Functional Separation: This model is stronger than operational separation because it consists in separating both management and financial functions of wholesale and retail divisions. This separation of functions within divisions may address price discrimination behaviors because it permits internal transactions (sales and buys) between the wholesale and retail units.

Operational and functional separations are argued to permit to limit the ability and the incentive of incumbent to discriminate its rivals by facilitating the control of anti-competitive discriminatory behaviors of incumbent by both regulators and competitors through creating virtual separated wholesale and retail divisions. By opposition to full structural separation, these forms of separations have the benefits to keep the advantages of vertical integrated structure in telecom industry (e.g. economics of scope).

However, Malcolm (2008) notes that additional enforcement regulatory tools are necessary to ensure that the application of these virtual separations by incumbent follows the principle of non-discrimination. He cites the examples of Wholesale divisions, Openreach in the United Kingdom and Chorus in New Zealand, where additional regulatory tools, such as incentive remuneration to staff of wholesale divisions and establishment of independent oversight group that supervises incumbent's behaviors, are used after operational virtual separations to ensure the independency of wholesale divisions from retail divisions in order to permit equivalent access conditions for incumbent's retail division and competitors.

2.3.2 THE FULL STRUCTURAL SEPARATION (THE OWNERSHIP SEPARATION)

This form corresponds to the strongest level of the separation requirement of the dominant operator. In this model, wholesale and access network business and retail business must be owned and controlled by two separated (different) companies. Hence, this regulation reform modifies completely the structure of telecom industry by breaking up the historical integrated structure of the dominant telecom operator firm. Some analysts consider that full structural separation may undermine innovation and investment in local loops and the integrated structures are more convenient in industries characterized by rapid technology changes like the telecommunication industry. They argued that this form of separation of infrastructure owner is not a guarantee to avoid access price discrimination since access revenues became in this case the unique source of income for the separated infrastructure owner.

3 METHODOLOGY OF SCORING AND COMPUTING OF REGULATORY MEASURES

Table 1 reports regulation reform questions, codes of answers and main information sources. In this table, we describe main information sources, which came from ITU database and the Plaut Economics database. However, other sources are

used to complete information about the regulatory reforms. They consist in reports that contain information by groups of countries for one or more regulatory reforms, and academic papers, as well as, reports and Law texts provided by NRAs of countries (see the Appendix).

Table 1. Regulations reform questions, Answers coding and Main Information Sources

Regulation reform indicators : (Regulation reform question and corresponding answers coded)	Main Information Sources		
	ITU World Telecommunications Regulatory Database (Replies by National Regulatory Authorities ⁽¹⁾ to :		Plaut Economics Regulation database ⁽²⁾
	Question in « ITU survey on tariff policies 2012 » ⁽³⁾ :	Question in « ITU world telecommunication regulatory survey 2012 » ⁽⁴⁾ »	Corresponding question / code of indicator in Zenhäusern et al. (2012 a, 2012 b)
Accounting separation: Is accounting Separation required? (Yes=1; No=0.)	« 3.7 Is Accounting Separation applied in your country? »	« 79) c) Is accounting separation required? »	“14) Is there an obligation to separate accounting to ensure non-discrimination?” (indicator 14 A)
Functional separation⁽⁵⁾ Is functional separation required? (Yes=1; No=0.)		« 79) Does functional separation of SMP/dominant network operator(s) required by law in your country? »	“13) Does regulation require a vertical separation of the incumbent telecommunication firm?” (indicator 13 A)
Infrastructure sharing Is infrastructure sharing is mandated? (Yes=1; No=0.)	« 8.1Is infrastructure sharing Mandated “8.3 Is there a regulatory obligation to share infrastructures, or is it agreed directly between the operators? »	« 31)a) Line sharing »	“18) Is there a sector-specific regulation forcing the incumbent to share infrastructure (e.g. “line sharing”, “duct sharing”, “mast sharing”)?(18B ,18C)
Full LLU Is full Local Loop unbundling (LLU) is required? (Yes=1; No=0.)		« 31) Is unbundled access to the local loop required? (a) What type of local loop unbundling is required? »	“15) Is full unbundling regulated?”(Indicator 15B)
Bitstream Is bit stream unbundling (LLU) is required?			“16) Is bit stream access regulated?”(Indicator 16 B)
Sub-loop Is sub-loop unbundling is required? (Yes=1; No=0.)			“17) Is sub-loop unbundling regulated?” (Indicator 17B)
Interconnection regime (Long Run Incremental Costs LRIC, LRAIC= 1 ; Fully distributed Cost Benchmarking, Price ceiling approach, Rate of return regulation)	« 2.2 Please indicate, which Wholesale telecommunication services provided in your country are subject to price control and which are not?” “3.1 Do you use a Cost Model to determine prices of regulated services?” “3.2 Please indicate the type of costs on which it is based?” “3.3 How are the prices of regulated services determined in your country?”		4) What regulation of network interconnection is applied to the incumbent’s network? Indicator 4B

	“3.4 Which concept do you use as the basis for calculating telecommunication service tariffs?” “3.5 Which approach do you use to calculate telecommunication service tariffs?” “5.1 Which approach do you use to regulate interconnection prices? »		
Transparency of Interconnection Agreements: Is interconnection agreements made public? (Yes=1; No=0.)		« 32) Are interconnection agreements made public? »	
Transparency of Interconnection Price: Is interconnection price made public? (Yes=1; No=0.)		« 33) Are interconnection prices made public? »	
Status of SMP (Incumbent): « Is the main fixed-line operator (the incumbent) 100% state-owned ? » (Yes=1; No=0.)		« 80) Is the main fixed-line operator (the incumbent) 100% state-owned? »	« 26) What is the state's ownership share in the incumbent telecommunication firm (in percent)?” (indicator 26 A)
Regulatory autonomous decision (Yes=1; No=0.)		« 20) Is the regulatory Authority autonomous in its decision-making? »	

Notes:

⁽¹⁾ We downloaded dynamic reports (as Excel files) containing replies by NRAs from 2004-2012 for each question of ITU survey on tariff policies from the following website: <http://www.itu.int/ITU-D/ICTEYE>. We use Windows Access and Excel to organize data.

⁽²⁾ Data (as SQL file) is obtained by request addressed to Patrick Zenhäusern. (We are grateful to Patrick Zenhäusern for sending this database.)

⁽³⁾ ITU (2012 a). Survey On Tariff Policies.

Available at: http://www.itu.int/ITU-D/finance/work-cost-tariffs/sq1/2012/Tariff_Policies_Survey_2012-en.pdf

⁽⁴⁾ ITU(2012b). World Telecommunication Regulatory Survey.

Available at: http://www.itu.int/ITU-D/treg/Events/Survey/ITU_TREGsurvey12_E.pdf

⁽⁵⁾ Given the non-availability of precise information because usually NRA confuse between different forms of separations, we mean by “Functional separation” here the all forms of separation (including functional, operational and structural separations of incumbent), except accounting separation.

Following Zenhäusern et al. (2012 a, 2012b), we define the two following aggregated measures:

- **Entry-regulation** as the variable that aggregates our entry regulation reform indicators, which consists in accounting separation, functional separation, infrastructure sharing, full local loop unbundling, bitstream and sub-loop access.
- **Overall Regulation** as the sum of all reforms listed above in table 1.

Compared to Zenhäusern and al. (2012), we add the following aggregated measurement:

Interconnection Market Transparency -that aggregates transparency of interconnection agreements and transparency of interconnection price.

The following Table summarizes these definitions

Table 2. Aggregated measurements of regulation reform indicators

Aggregated measurement of regulation reform	Values of aggregated measurement	Definition
Entry – regulation	{0,1,2,3,4,5,6}	$\sum$ Entry – Regulation Reform indicator = Accounting separation + Functional separation+ Infrastructure sharing + Full LLU+ Bitstream+ Sub-loop
Market transparency	{0,1,2}	Transparency of Interconnection Agreements + Transparency of Interconnection Price
Overall Regulation	{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11} [*]	$\sum$ Regulation Reform indicators = Entry – regulation + Interconnection regime + Market transparency + Status of SMP (Incumbent) + Regulatory autonomous decision

Notes: The maximum value that *overall Regulation* measurement can reach is 11 since it aggregate 11 reforms (dummies). However, in our case, there is no country that applies the 11 reforms in the same year. The maximum value taken is 10.

We deduce then the sub-indexes and the overall index by applying simple averages (or an arithmetic means) as follows:

Table 3. Indexes of regulation reforms

Index	Value	Definition
Entry-regulation index	[0,1]	$\sum$ Entry – Regulation Reform indicator /6
Market transparency index	[0,1]	Market transparency/2
Overall index	[0,1]	$\sum$ Regulation Reform /11 indicators

It results from these above definitions of the aggregated measurements that the higher the value of these measures is, the higher the intensity of regulation is. These measures can be seen as indirect measurements of intensity of competition in telecom market since these regulatory reforms are imposed to incumbent in order to reduce its market power and discriminatory behaviors against its rivals.

4 CONCLUSION

In this paper, we have provided an extensive review of the regulatory reforms required in the fixed telecommunication segment. Furthermore, we have described the methodology of the construction of the indicators, the sub-index and the overall index of the regulatory reforms in the fixed telecommunication sector³. These measures have permitted to study the role of regulation in driving or delaying the development of the fixed telecommunication markets, which presents a crucial concern nowadays⁴. One major difficulty to conduct a robust analysis on this question is to obtain relevant measures for telecom regulatory reforms. In particular, using these different measurements and following a robust econometric methodology, Ben Dkhil (2014 c) finds an original result: the relationship between regulation and broadband deployment is an inverted U shape in the developed countries, but it takes a U form in the developing countries. This means that policymakers should follow a moderate regulatory regime to encourage investment in fixed telecommunication infrastructures in the developed countries. However, the regulators should stop the regulation in the fixed telecommunication segment in order to promote innovation. Indeed, as argued by Ben Dkhil (2014 c), in the developing countries, the infrastructures is already not sufficiently developed compared to those in rich countries. Therefore, the poor

³ These data can be obtained by addressing a request to author.

⁴ For a recent literature review on this concern, please see Ben Dkhil (2014 b): « Regulation and Investment in Telecom Network Infrastructure Facilities : the recent developments and debates », Available at SSRN.

countries should encourage the foreign investment to promote innovation in the advanced telecommunication infrastructures (the broadband networks) by reducing regulation.

ACKNOWLEDGMENT

We acknowledge the help of the International Telecommunication Union (ITU) and Patrick ZENHAEUSERN for providing me with a part of the data. I would also be thankful to Hans BAKKER, a member of Euro-Mediterranean Regulators Group (EMERG), for sending me the reports required to complete a part of the missing data.

REFERENCES

- [1] London Economics, "An Assessment of the Regulatory Framework for Electronic Communications-Growth and Investment in the EU e-communications sector". The European Commission Report, 2006. Available at: < http://www.estig.ipbeja.pt/~ac_direito/investment.pdf>.
- [2] Heimeshoff, U., "Investment in telecommunications markets: evidence from OECD Countries". Ruhr-University of Bochum, 2007. Available at: <<http://www.uni-graz.at/socialpolitik/papers/Heimeshoff.pdf>>.
- [3] Weeks, M., and Williamson, B., "A sound basis for evidence based policy? A critique of the ECTA regulatory scorecard and SPC Network papers on investment and broadband". A Report for ETNO, 2006. Available at:< http://www.independen.uk.com/docs/ecta_scorecard_june-2006.pdf>.
- [4] Edwards, G., and Waverman, L., "The effects of public ownership and independence on regulatory outcomes- a study of interconnect rates in EU telecommunications". Journal of Regulatory Economics, vol. 29, no. 1, pp. 23-67, 2006.
- [5] Zenhäusern, P., Telser, H., Vaterlaus, S., and Mahler, P., "Plaut Economics Regulation Index. Regulatory density index in telecommunications with particular consideration of investment incentives". Plaut Economics, 2007. Available at: < <http://www.econ.uzh.ch/staff/telser/publications/Regulatory-Index.pdf>>.
- [6] Zenhäusern, P., Schneider, Y., Berner, S., and Vaterlaus, S., "Polynomics Regulation Index 2012- Regulatory Density in The Telecommunication Sector". 23rd European Regional Conference of the International Telecommunication Society, Vienna, Austria, 2012 a. Available at: < <http://www.econstor.eu/bitstream/10419/60399/1/720283744.pdf>>.
- [7] Zenhäusern, P., Schneider, Y., Berner, S., and Vaterlaus, S., "Manual for the "Polynomics Regulation Index 2012" Data Set Polynomics", 2012b. Available at: < http://www.polynomics.ch/en/dokumente/Polynomics-Regulation-Index-2012_Manual-for-the-data-set.pdf>.
- [8] Friederiszick, H., Grajek, M., and Röller, L.-H., "Analyzing the Relationship between Regulation and Investment in the Telecom Sector". ESMT European School of Management and Technology, Schlossplatz 1, 10178 Berlin, Germany, 1-35, 2008. Available at: < <http://www.econ.upf.edu/docs/seminars/grajek.pdf>>.
- [9] Bauer, J. M., and Shim, W., "Regulation and innovation in Telecommunications". Quello Center Working Paper 01-2012, 1-26. Presented at Scientific Seminar entitled "Communications & Media Markets: Emerging Trends & Policy Issues", May 18-19, 2012. Available at SSRN-id2128538 since August 12, 2012.
- [10] Grajek, M., and Röller, L. -H., "Regulation and Investment in Network Industries: Evidence from European Telecoms". Journal of Laws and Economics, vol. 55, pp. 189-215, 2012.
- [11] Bacache, M., Bourreau, M., and Gaudin, G., "Dynamic entry and investment in new Infrastructures: empirical evidence from the fixed broadband industry". Telecom ParisTech Working Paper, no. ESS-11-01, pp. 1-35, 2013. Available at SSRN-id2314508.
- [12] Ben Dkhil (2014 a): « Competition in fixed telecommunication market segments: challenges and theories ». Available at SSRN.
- [13] Ben Dkhil (2014 b): « Regulation and Investment in Telecom Network Infrastructure Facilities: the recent developments and debates », Available at SSRN.
- [14] Ben Dkhil, I. (2014 c). "Investment in Fixed Broadband Networks and Access Regulation in Developed and Developing Countries: Panel Data Applications". Available at SSRN: <<http://ssrn.com/abstract=2511514>> or <<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2511514>> and at the Munich Personal RePEc Archive (MPRA) : <<http://mpra.ub.uni-muenchen.de/59337/>>.
- [15] Briglauer, W., Ecker, G., and Gugler, K., "The impact of infrastructure and service-based competition on the deployment of next generation access networks: recent evidence from the European member States". Information Economics and Policy, vol. 25, 142-153, 2013.
- [16] Valletti, T., and Estache, A. (1998). "The Theory of Access Pricing: An overview for Infrastructure Regulators". World Bank Institute. Available at: < <http://elibrary.worldbank.org/doi/pdf/10.1596/1813-9450-2097>>.

- [17] TATT, "Price regulation framework for telecommunications services in Trinidad and Tobago". Telecommunications Authority of Trinidad and Tobago, TTO 2009 TATT 2 (ICTDEC), 2009. Available at: < https://www.ictdec.org/ictdec-web/fr/regions/region_3/zone_85/database_11/decisions/510/en/associatedContent/getFormat.html?f=PDF>.
- [18] Mihevc, A., "The Influence of broadband regulation in EU on the development of regulated technology". XXVIII Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju, Beograd, 14. i 15. , pp. 31-40, December 2010.
- [19] Padilla, J., "The Economics of Margin Squeeze Margin Squeeze under EC Competition Law". London, GCLC and BT, December 10, PPT Presentation, 2004. Available at:
< https://www.coleurope.eu/content/gclc/documents/041210%20Margin%20Squeeze_London.ppt>.
- [20] Briglauer, W., and Vogelsang, I., "The need for a new approach to regulating fixed networks". Telecommunications Policy vol. 35, no. 2, pp. 102-114, 2011.
- [21] AITI, "Tariff regulation framework for telecommunications and broadcasting sectors in Brunei Darussalam". Report of Authority for Info-communications Technology Industry of Brunei Darussalam (AITI), 2013. Available at:
<<http://www.aiti.gov.bn/downloadables/Downloadables%20Library/Public%20Consultation%20Paper%20on%20Tariff%20Regulation%20Framework%20Final%20doc.pdf>>.
- [22] OFWAT, "Future price limits —Form of control and regulated/unregulated business". London: Frontier Economics Ltd. A report prepared for OFWAT, 2010. Available at:
< http://www.ofwat.gov.uk/publications/commissioned/rpt_com_1010fplform.pdf>.
- [23] ITU, "Regulatory Accounting Guide". International Telecommunication Union Report, 2009. Available at:
<https://www.itu.int/ITU-D/finance/Studies/Regulatory_accounting_guide-final1.1.pdf>.
- [24] Guthrie, G., Small, J., and Wright, J., "Pricing Access: Forward-looking versus Backward-looking Cost Rules". European Economic Review, vol. 50, no. 7, pp. 1767–1789, 2006.
- [25] ERG, "ERG common position: guidelines for implementing the commission recommendation c (2005) 3480 on accounting separation and cost accounting systems under the regulatory framework for electronic communications", 2005. Available at:
< http://www.erg.eu/streaming/erg_05_29_erg_cp_rec_as_and_cas_final.pdf?contentId=543322&field=ATTACHED_FILE>.
- [26] Valletti, "The theory of access pricing and its linkage with investment incentives". Telecommunication Policy, vol. 27, pp. 659-675, 2003.
- [27] Bijl, P., "Structural separation and access in telecommunications markets". Journal of Network Industry, vol. 6, no. 2, pp. 95-114, 2005.
- [28] OECD, "Developments in Local Loop Unbundling". Working Party on Telecommunication and Information Services Policies, P(2002)5/FINAL, pp. 1-60, 2003a. Available at: < <http://www.oecd.org/sti/6869228.pdf>>.
- [29] OECD, "The Benefits and costs of structural separation of the local loop". Working Party on Telecommunication and Information Services Policies, 2003 b. Available at: <<http://www.oecd.org/dataoecd/39/63/18518340.pdf>>.
- [30] OECD, "Arab country experience in establishing independent regulatory authorities". Special session of the OECD working party on Regulatory Management and Reform in the Framework of Good Governance for Development Initiative in Arab Countries, Paris, 28 September 2005. Available at:
<<http://www.oecd.org/mena/governance/35553858.pdf>>.
- [31] OECD, "Report on Structural Separation". OECD Journal of Competition Law and Policy, vol. 8, no. 2, pp. 1-51, 2006. Available at:
<http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/governance/report-on-structural-separation_clp-v8-art2-en>.
- [32] OECD, "Report on experiences with the the Structural separation". OECD Report, pp. 1-122, 2011a. Available at:
<<http://www.oecd.org/daf/competition/50056685.pdf>>.
- [33] OECD, "Next Generation Access Networks and Market Structure". Working Party on Communication Infrastructures and Services Policy, P(2010)5/FINAL, 2011b. Available at: < <http://www.oecd.org/sti/ieconomy/48460232.pdf>>.
- [34] Wallsten, S., "Broadband and Unbundling Regulations in OECD Countries". Working Paper 06-16. AEI-Brookings Joint Center for Regulatory Studies, 1150 17, 2006. Available at SSRN: <<http://ssrn.com/abstract=906865>>.
- [35] Partner, P., and Lawyer, O., "Separation regulation of dominant telecommunications operators in today's legacy networks and tomorrow's next generation networks", 2011. Available at: <<http://www.gtlaw.com.au/wp-content/uploads/Separation-regulation.pdf>>.
- [36] Malcolm, W., "Breaking Up is Hard to Do: The Emergence of Functional Separation As A Regulatory Remedy". Thailand: ITU. 8 th Global Symposium for Regulators. ITU Report, 2008. Available at:
<https://www.itu.int/ITU-D/treg/Events/Seminars/GSR/GSR08/discussion_papers/Malcolm_Webb_session3.pdf>.
- [37] Cave, M., "Six degrees of separation". Communications and Strategies, no. 64, 4th quarter, pp. 89-102, 2006

APPENDIX: DATA INFORMATION SOURCES

Table A. 1 : The Main data Source

Data Source	Details
ITU regulatory database 2012 The integrality of reforms & sample considered in this study , data contain important missing information for some countries and some years)	We downloaded dynamic reports (as Excel files) containing replies by NRAs from 2004-2011 for each question of ITU survey on tariff policies in November 2012 from the following website: http://www.itu.int/ITU-D/ICTEYE Regulatory information Data are downloaded by author at the beginning of 2013 from this last link. This We use Windows Access and Excel to organize data. (see table 4.2 for more details)
Plaut Economy data 2012 (for the integrality of the regulatory reforms considered in this study, except the transparency of access agreements & prices, data available from 2004-2010 for 32 countries: 27 EU and Australia, Japan, Singapore, Switzerland and USA)	Data (as SQL file) is obtained by e-mail request addressed to Patrick Zenhäusern. (We are grateful to Patrick Zenhäusern for sending this database.)

Table A. 2: Regulatory data Sources by group of countries

Group of countries Information	Sources
OECD countries All type of regulatory reforms	OECD Communication Outlooks 2004-2011 (publicly available at the web site of the OECD)
OECD countries Sub-loop Unbundling	Australian Competition and Consumer Commission, 2007. Unconditioned Local Loop Service ACCC Inquiry into Possible Variation of The Service Declaration for the Unconditioned Local Loop Service Position Paper, December. Available at: http://www.accc.gov.au/system/files/ACCC%20position%20paper%20on%20possible%20ULLS%20variation%20-%20Dec%2007.pdf .
Latin American and Caribbean countries Access tariffs	Balra, R. 2008. Efficient Operator: Methodologies, Modelling and Application for Tariff Regulation, Guide for Regulators of Countries. ITU. Available at: http://www.itu.int/ITU-D/finance/Studies/Efficient%20operator/Empresa_Eficiente_final_en.pdf .
Europe & the USA Full LLU & Bitstream unbundling	Bauer, J., M. et al 2006. Local Loop Unbundling and Bitstream Access: Regulatory Practice in Europe and the U.S. Available At: http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.44714.de/diwwkompakt_2006-020.pdf .
African Countries Cost-based tariffs Privatization Independency of the regulatory authority	Bezzina, J. 2004. Does Dominant Regulatory Telecom. Model Fit With African Specificities? Discretion in Forward-Looking Cost-Based Pricing of Interconnection. <i>Communications & Strategies</i> , No. 55, 3 rd quarter. Available at: http://www.comstrat.org/fic/revue_telech/89/C%26S55_BEZZINA.pdf .
MENA Countries Privatization Full LLU	Blominvest Bank 2010. Telecommunications in the MENA Region. Available at: http://www.blominvestbank.com/Library/Files/Uploaded%20Files/telecommunicationswebsite_.pdf . EC 2012. Telecommunications: Middle East and North Africa. Available at: http://www.cullen-international.com/ressource/3778/0/ .
Latin American and Caribbean countries Access tariffs Accounting separation Unbundling policies	Body of European Regulators for Electronics Communications (BEREC) 2011. Next Generation Access–Collection of Factual Information and New Issues of NGA roll-out. Available at: http://www.erg.eu/streaming/Bor%20%2811%29%2006%20BEREC%20Report%20NGA%20Country%20Cases%20Study_final.pdf?contentId=547141&field=ATTACHED_FILE . Body of European Regulators for Electronics Communications (BEREC) 2011. Annex 3: Wholesale physical network infrastructure access. Available at: http://berec.europa.eu/files/document_register/2012/8/bor_12_41_coin_report_annex3_final.pdf .
OECD Countries Unbundling policies	CESifo 2009. Development of Local Loop Unbundling. Available at: http://www.cesifo-group.de/ifoHome/facts/DICE/Infrastructure/Communication-Networks/Regulation/dev-loc-loop-unbund_0/fileBinary/dev-loc-loop-unbund_0.pdf .
Arab Countries Privatization Independency of regulatory authorities	Dahel, R. 2001. Telecommunications Privatization in Arab Countries: An Overview. Available at: http://core.kmi.open.ac.uk/download/pdf/6337390.pdf .
Albania, Croatia, Bosnia & Herzegovina, Macedonia , Montenegro, Serbia and Kosovo, Turkey. Privatization Independency of regulatory authority Unbundling policies Separation policies Access pricing policies	EC 2010. Analysis of Relevant Electronic Communications Markets in the Enlargement Countries. Cullen International monitoring report 4 for the European Commission, December 2010. Available at: http://www.culleninternational.com/cullen/projects/balkan2/Analysis_of_relevant_electronic_communications_markets_in_the_enlargement_countries.pdf . EC 2010. Enlargement Countries Monitoring Report IV, December. Available at: http://www.culleninternational.com/asset/?location=/content/assets/research/studies/2008/09/enlargement-countries-monitoring-report-4.pdf/enlargement-countries-monitoring-report-4.pdf .
Latin American countries Privatization	Estache A., Manacorda M., Valletti T., M. 2002. Telecommunications Reform, Access Regulation, and Internet Adoption in Latin America. <i>Economia</i> , Spring. Available at:

Accounting Separation Access Pricing Models Unbundling	< http://rcirib.ir/articles/pdfs/cd1%5CIngenta Sage Articles on 194 225 11 89/Ingenta890.pdf >.
MENA Countries Unbundling Separation policies Privatization Independency of regulatory authorities Access pricing models	European Investment Bank (EIB) 2011. Summary Report Evaluation of the Market, Business and Financial Aspects for the Development of Broadband Access for FEMIP Countries,. Analysis Mason ⁵ . Hall, R., & Higham, N. 2011. Benchmark of regulatory activities 2011.Report for the Euro-Mediterranean Regulators' Group (EMERG).
Integrity of countries considered in this study Separation policies Unbundling policies Access pricing policies	ITU 1999. Statescitel Guidelines and Practices for Interconnection Regulation, <i>Organizacion De Los Estados Americanos Organization of American</i> , available at: < http://www.itu.int/ITU-D/treg/Legislation/CITEL/co-462_e.pdf >.
Integrity of countries considered in this study 2002-2006 Accounting separation Access pricing policies	ITU 2004. Report on interconnection- Study Group 13rd Study Period (2002-2006), available at: < http://www.itu.int/itudoc/itu-d/question/studygr1/q6-1-1.pdf >.
The adoption of Functional, operational or structural separation in the World	Malcolm, W. 2008. Breaking Up is Hard to Do: The Emergence of Functional Separation as a Regulatory Remedy, ITU Report. Available At: < http://www.itu.int/ITU-D/treg/Events/Seminars/GSR/GSR08/discussion_papers/Malcolm Webb session3.pdf >.
Integrity of countries considered in this study 2006-2010 Accounting separation Access pricing policies	ITU 2010. Report: Question 12-2/1: Tariff policies, Tariff Models and Methods of Determining the Costs of Services of National Telecommunication Networks, Including Next-Generation Networks, Study Group 14th Study Period (2006-2010). Available at: < http://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/stg/D-STG-SG01.12.2-2010-MSW-E.docx >.
Several countries included in our worldwide sample Transparency of interconnection agreements and prices Access pricing policies Unbundling policies	ITU 2012. Interconnection and Access: Assessment Report, available at: < http://www.itu.int/ITU-D/projects/ITU_EC_ACP/hipcar/reports/wg2/docs/HIPCAR_2-2-A_Assessment_Report_Interconnection-and-Access.pdf >.
Structural separation in the world	ITU 2012. Structural Separation Explained and Applied, ICT Regulation Toolkit, Practice Note. Available at: < http://www.ictregulationtoolkit.org/en/PracticeNote.3149.html >.
Algeria, Egypt, Israel, Jordan, Lebanon, Malta, Morocco, Syria, Tunisia and Turkey Privatization Independency of regulatory authorities	Kauffmann C., & Wegner L. 2007. Privatization in the MEDA Region: Where Do We Stand? OECD, available at: < http://www.oecd.org/dev/39145511.pdf >.
Latin American and Caribbean Countries Access pricing policies Accounting separation	Klein, G. 2007. Study on the Application of Cost Models in Latin American and Caribbean Countries. ITU. Available at: < http://www.itu.int/ITU-D/finance/costmodels/Klein%20study-EN.PDF >.
Sub-Saharan Africa Privatization Independency of regulatory authorities	Noll, R., G., & Shirley M., M., .Telecommunications Reform in Sub-Saharan Africa: Politics, Institutions And Performance. Available at: < http://dev.wcfia.harvard.edu/sites/default/files/656_nollshirley.pdf >.
OECD countries Separation policies Access pricing policies	OECD 2001. Interconnection and Local Competition. Available at: < http://www.oecd.org/sti/1894706.pdf >.
OECD Countries Unbundling policies	OECD 2003. Developments in Local Loop Unbundling. Available at: < http://www.oecd.org/sti/6869228.pdf >
Arab countries Independency of regulatory authorities	OECD 2005. Arab Country Experience in Establishing Independent Regulatory Authorities. Special session of the OECD working party on Regulatory Management and Reform in the Framework of Good Governance for Development Initiative in Arab Countries, Paris, 28 September 2005. Available at: < http://www.oecd.org/mena/governance/35553858.pdf >.
OECD Countries Separation policies Unbundling policies Access pricing policies	OECD 2011. Next Generation Access Networks and Market Structure. Available at: < http://www.oecd.org/sti/ieconomy/48460232.pdf >. OECD 2013. Broadband Networks and Open Access. <i>OECD Digital Economy Papers</i> , No. 218, OECD Publishing. Available at: < http://dx.doi.org/10.1787/5k49qgz7cmmr-en >.
European countries, USA, Japan, Canada, Australia LRIC models	OFTEL, 2002. The use of Long Run Incremental Cost (LRIC) as a costing methodology in regulation, available at: < http://www.ofcom.org.uk/static/archive/oftel/publications/mobile/ctm_2002/lric120202.pdf >.

Functional Separation in the world	Olsen O., J., Henten, A. and Falch, M. 2008. Functional Separation in Telecommunications: A comparative Analysis of Infrastructural areas. 17th Biennial ITS Conference Montreal, 24-27 June. Available at: < http://www.canavents.com/its2008/abstracts/104.pdf >.
Argentina, Belize, Bolivia, Brazil, Bulgaria, Costa Rica, Czech Republic, Ecuador, El Salvador, Ghana, Honduras, Jamaica, Jordan, Kenya, Malawi, Mongolia, Pakistan, Panama, Peru, Slovak Republic, South Africa, Tanzania, Uganda, Romania, Ivory Coast, Mexico and others Access pricing policies, see table I. p. 20	Perez A., H., and Rangel, L. 2006. Institutions, Regulatory Policy Choice and Efficiency in the Telecommunications Industry. Available at: < http://epge.fgv.br/files/2141.pdf >.
MENA Region Independency of regulatory authority Privatization	Shehadi, K., S. 2002. Challenges to Telecommunications Regulation in the MENA Region. Available at: < http://www.oecd.org/sti/broadband/1810112.pdf >.
Some European & African countries LRIC models	Stork C. 2009. Interconnection Benchmarking in Namibia. Available at: < http://www.cprsouth.org/wp-content/uploads/2010/03/Christoph-Stork-1.pdf >.
Several countries across the world Unbundling policies	Sutherland, E. 2007. Unbundling local loops: global experiences. Link Centre. Available at SSRN: http://ssrn.com/abstract=1468906
Operational, Functional, Structural Separation in the world	Telecom Italia 2012. Annual Report. Available at < http://organodivigilanza.telecomitalia.it/pdf/Relazione_annuale_2012_eng.pdf >.
Several countries across the world Cost-based access tariff Privatization Independency of regulatory authority	United States Agency for International Development 2009. Trade in Telecommunication Services in the Lao PDR. Available at: < http://egateg.usaid.gov/sites/default/files/Trade%20in%20Telecommunication%20Services.pdf >.
Several countries in the world Privatization	Viani, B., E. 2006. Vertical Separation, Monopoly, and its Consequences: Evidence from Tele Com Privatizations. <i>International Industrial Organization Conference</i> . Boston, April 7-9. (see table p.8) Available at: < http://editorialexpress.com/cgi-bin/conference/download.cgi?db_name=IIOC2006&paper_id=486 >.
Several countries in the world Privatization	Wallsten, S. 2002. Does Sequencing Matter? Regulation and Privatization in Telecommunications Reforms. Development Research Group, The World Bank, February ((table p. 18). Available at: < http://info.worldbank.org/etools/docs/voddocs/152/334/sequencing.pdf >.

Table A 3: Regulatory data sources by country

Country Information	Sources
Nepal -Price cap since 2004 -LRIC 2008 -Privatization 1992 p.10	Guidelines Issued by the Authority as per the Telecommunication Act 1997. Documents available at : http://www.nta.gov.np/en/legislation/guidelines Nepal Telecommunications Authority 2010. Interconnection Regime in Nepal. Available at: http://www.apr.int/sites/default/files/SATRC-WG-NET01-11_Nepal_Interconnection_regime_in_Nepal.ppt ITU, 2012. Wireless broadband master plan for the Federal Democratic Republic of Nepal. Available at: http://www.itu.int/ITU-D/tech/broadband_networks/WirelessBDMasterPlans_ASP/WBB_MasterPlan_Nepal.pdf
Rwanda Interconnection regulation (accounting system, cost based charge)	Rwanda Utilities Regulatory Agency, 2004. Interconnection guidelines. Available at: http://www.rura.gov.rw/docs/Interconnect_guidelines.pdf
Bolivia Interconnection agreement (made public).p12.	Inter-American Telecommunication Commission, 2006. Citel Guidelines and Practices For Interconnection Regulation. Available at: http://www.itu.int/ITU-D/treg/Legislation/CITEL/co-462_e.pdf
Yemen Interconnection rate.	http://tel-eco.com.ar/downloads/Three_hats.pdf
Thailand - "Interconnection charges are to be negotiated privately. No method for calculating interconnection fees is prescribed, but the law requires that the interconnection rates be reasonable and fair to all the licensees concerned".	Nikomborirak, D. and Rueanthip , K., 2011. Telecom Regulatory and Policy Environment in Thailand: Results and Analysis of the 2011 Telecom Regulatory Environment Survey. Available at: http://linneasia.net/wp-content/uploads/2010/07/TH_First-Draft_8-Apr-2011.pdf
Cambodia - "The interconnection charge established by the MPTC has been revised several times. While the MPTC had authorized negotiations	Telecommunications in Cambodia. Available at: http://www.winne.com/asia/cambodia/2004/cr06.php

between operators to establish cost-based interconnection charges the Ministry abruptly changed its mind in mid-2001”.	
Saudi Arabia -Telecom privatization in 2002.	Homoud Al-Kussayer, 2003. Evolution of Saudi Telecom During Sector Reform, 3rd Annual Private Sector Cooperation Meeting in the Arab Region. Available at: http://www.ituarabic.org/PreviousEvents/2003/Priv2003/11.ppt
Zambia LRIC 2009.	Speech By The Director General Of The Zambia Information And Communications Technology Authority, Ms. Margaret K.Chalwe On The Occassion To Announce The Determination of Interconnection Rates For Mobile And Fixed Network Providers. Available at: http://www.zicta.zm/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=36&view=finish&cid=81&catid=9
Grenada Cost-oriented (LRIC) 2003.	National Telecommunications Regulatory Commission Grenada.Telecommunications (Interconnection) Regulations 2003. Available at: http://www.ntrc.gd/Documents/Legislations/Legislation%20-%20Interconnection%20Regulations%20SRO%2033%20of%202003.pdf National Telecommunications Regulatory Commission Grenada.Telecommunications (Interconnection) Regulations 2009. Available at: http://www.ntrc.gd/Documents/Legislations/Legislation%20-%20Interconnection%20Regulations%20SRO%2014%20of%202009.pdf
Brunei Darussalam - Interconnection regime -Privatization 2006	- Interconnection Handbook 2006 and public consultation 2012. Available at: www.aiti.gov.bn/downloadables/Downloadables%20Library/Public%20Consultation%20Paper%20on%20Unified%20Licensing_April2012.pdf Digital Review of Asia Pacific 2007/2008 - Page 117. Available at: http://idl-bnc.idrc.ca/dspace/bitstream/10625/34958/1/127081.pdf
China -LLU amanded -LRIC and Accounting separation 2003 P55 -telecom privatisation started in 1990	Chunghwa Telecom Co., Ltd, Republic of China. Annual Repport 2004. Available at: http://www.cht.com.tw/en/ir/upload/content/200420F.pdf Zheng S., Ward M., R. 2010. The Effects of Market Liberalization and Privatization on Chinese Telecommunications. <i>China Economic Review</i> , Volume 22, Issue 2, June 2011, Pages 210–220.Available at: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1741271
Haiti Privatization 2010	- http://en.wikipedia.org/wiki/Telecommunications_in_Haiti
Egypt - “Interconnection charges should be cost-based with a reasonable profit margin. Cost models should be approved by NTRA” - Account separation is required: “The licensee enjoying the significant market power shall separate the accounts of its different services and activities. NTRA enjoys the right to audit these data” -Structural separation can be imposed to SMP operator: “In cases of cross subsidization that result in harming or curbing competition, structural separation (on the financial and organizational level) shall be considered, NTRA is the decision maker in this case”	- According to Law No. 10/ 2003. Available at: http://www.tra.gov.eg/english/dpages_dpagedetails.asp?ID=230&Menu=1 - http://www.tra.gov.eg/english/dpages_dpagedetails.asp?ID=231&Menu=1
Indonesia -2004:revenu sharing since 2005 LRIC applied -Functional separation required / infrastructure sharing (tower) /LLU required (Telecommunications Law, 1999)	-Zita, K. 2012. Indonesia Telecom Brief , Network Dynamics Associates LLC, Available at : http://www.ndaventures.com/nda/docs/Indonesia_Telecom_Brief.pdf - Meurling N., Grainger T., Sawitri D., and Redfordi A. 2012. An overview of regulation in 46 jurisdictions worldwide. Indonesia, chapter writed by, pp 237-244. Available at: http://www.oentoengsuria.com/wp-content/uploads/2012/05/T2012-Indonesia.pdf
Philippine - Agreement between players	- http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PDACC806.pdf - http://www.itu.int/ITU-D/tech/NGN/CaseStudies/NGN_CaseStudy_IND_PHIL_SLKA_V2.pdf
Maldives -Interconnection :agreement between operators (the regulator can intervene) - obligation share facilities 2003 - Accounting separation not mandated Local loop unbundling	- http://liirneasia.net/wp-content/uploads/2009/07/TRE_Maldives_2008Dec29.pdf http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1554755 MALDIVES TELECOMMUNICATIONS REGULATION 2003, available at: - http://www.agoffice.gov.mv/pdf/subrege/Telecom.pdf - http://www.connect-world.com/~cwiml/index.php/magazine/asia-pacific/item/2488-regulation-in-the-philippines-in-the-era-of-convergence http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PDACC806.pdf - http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADJ654.pdf
Malaysia -Cost-Based Interconnection Pricing in Malaysia, issued by the Minister of Energy, Telecommunications and Posts in 10 ,April 1998.	-G.Sivalingam, Network Governance in Malaysia’s Telecommunications Industry. Available at: http://www.hks.harvard.edu/netgov/files/NIPS/Paper_G_Sivalingam.pdf
Mongolia -Access price is based on revenue sharing	TARMIZI, M., S., 2003. Interconnection (2): Mongolian Scenarios, Malaysian Communications And Multimedia Commission, 6 JULY 2003.

model in 2003 -since 2007 LRIC Model And accounting separation.	Available at: http://www.itu.int/ITU-D/treg/Events/Seminars/2003/Mongolia/32-Interconnection%2020-%20Mongolian%20scenarios.pdf Information Technology, Post and Telecommunications Authority, 2013. Tariff Policy in Mongolia, ITU Regional Seminar on Costs and Tariffs for SG3RG-AO Tokyo, Japan, 8-9 April, 2013. Available at: - http://www.itu.int/ITU-D/finance/work-cost-tariffs/events/tariff-seminars/Japan-13/documents/Sess4-3_Mongolia_Uranyaya.pdf
Uganda	http://www.compcom.co.za/assets/Uploads/events/Fifth-Annual-Conference/south-africa-conference-on-competition-law.pdf
Namibia - Separation /ULL (not implemented) -state-owned incumbent operator	Sherbourne R., & Stork C., 2010. Namibian Telecommunication Sector Performance Review, Towards Evidence-based, ICT Policy and Regulation, Volume TWO, Policy Paper 7. Available at: http://www.researchictafrica.net/publications/Policy_Paper_Series_Towards_Evidence-based_ICT_Policy_and_Regulation_-_Volume_2/Vol%202%20Paper%207%20-%20Namibian%20Telecommunication%20Sector%20Performance%20Review%202010.pdf
Algeria -LRIC model since December 2005	Autorité de Régulation de la Poste et des Télécommunications Rapports Annuelles 2004-2011. Available at : http://www.arpt.dz/fr/pub/raa/
United Arabia Emirates - LRIC + Accounting separation 2010 Model -Site sharing 2006	UAE Telecommunication Regulatory Authority , 2012. Telecommunications Sector Developments & Indicators, 2008 –2011, 3rdAnnual Sector Review, p.10. Available at: http://www.tra.gov.ae/download.php?filename=Third-Annual-Market-Review-2008-2011-Eng.pdf -UAE Telecommunication Regulatory authority, 2008. Site sharing instructions, 22May. Available at: http://www.tra.gov.ae/download.php?filename=policies_regulations/Site%20Sharing%20Instructions%20Issued%2022%20May%202008.pdf
TUNISIA -Accounting separation/LLU 2008 -LRIC 2008	Instance Nationale des Télécommunications, 2010. Expérience tunisienne en matière de modélisation de coûts. Available at : http://www.africaneconomicoutlook.org/fileadmin/uploads/aeo/Pict_Home/Exp%C3%A9rience%20Tunisienne%20en%20mati%C3%A8re%20de%20mod%C3%A8les%20de%20co%C3%Bats.pdf
Argentina - Accounting separation 2000 -Privatisation 1990	ITU 2009. Regulatory Accounting Guide. Available at: http://www.itu.int/ITU-D/finance/Studies/Regulatory_accounting_guide-final1.1.pdf http://en.wikipedia.org/wiki/Telecom_Argentina
Armenia -Privatization (1998)/ interconnection price: the PSRC sets a maximum price and the operators must negotiate to determine interconnection charge. - “Public Services Regulatory Commission (PSRC), an independent State body” (1997) - Line sharing (mandated Law 2005)/ LLU and separation are not madated :	http://en.convdocs.org/docs/index-5555.html?page=5 EBRD, Armenia Country Profile. Available at : http://www.ebrd.com/downloads/legal/irc/countries/armenia.pdf EBRD 2012. Commercial Laws Of Armenia. Available at: http://www.ebrd.com/downloads/sector/legal/armenia.pdf
Azerbaijan	EBRD 2011. Commercial Laws of Azerbaijan . An Assessment By The EBRD, March 2011. Available at: http://www.ebrd.com/downloads/sector/legal/azer.pdf
Bangladesh - “state-owned incumbent company” -“Accounting separation/ interconnection regime”: - infrastructure sharing 2003 -“Interconnection regime before requiring LRIC model: operators negotiates and Bangladesh commission may set maximum and minimum rate”. - “Cost model (LRIC) project started in 2010” (not yet applied)	http://en.wikipedia.org/wiki/Telecommunications_in_Bangladesh - http://www.btrc.gov.bd/downloads/Licensing%20Guidelines/interconnection_exchange.pdf http://www.breeze.com.biz/doc/%28IGW%29%20Services%20in%20Bangladesh.pdf Bangladesh Telecoms Sector Challenges & Opportunities. Chapter 9: Telecoms Infrastructure Sharing. Available at : http://www.at-capital.com/images/at/Telecoms/Chapter%209.pdf David Butcher, 2010. Telecommunications Regulation - Competition - ICT Access in the Asia Pacific Region. Available at: http://www.unescap.org/idd/events/2009_sRW-MDG-WSIS-SEAsia%20and%20Pacific/2010-04-20_UN_ESCAP_Telecom_Seminar_Report.pdf Bangladesh Telecommunication Regulatory Commission, 2004. Interconnection Regulations. Available at: http://www.btcl.gov.bd/home/main/acts/BTRC_Interconnection_Regulations_2004.pdf Bangladesh Telecommunication Regulatory Commission(BTRC), 2012. Cost & Tariff in Bangladesh. Available at: http://www.itu.int/ITU-D/finance/work-cost-tariffs/events/tariff-seminars/Indonesia-12/pdf/Session4_BangladeshExperience.pdf
Monaco -Privatisation 1999	Adrien, P. 2012. Un nouvel actionnaire majoritaire pour Monaco Telecom??, Monaco HEBDO. Available at : http://www.monacohebd.com/9764-un-nouvel-actionnaire-majoritaire-pour-monaco-telecom
Serbia privatization 1997	Begovic B., Mijatovic B., Zivkovic B., 2000. The New Model of Privatization in Serbia, Center for Liberal Democratic Studies. Available at: http://www.clds.rs/pdf-e/e-privatisation.pdf
Norway - Account separation required since 1998 - Privatization 2000	OECD, 1999. COMMUNICATIONS OUTLOOK TELECOMMUNICATIONS: Regulatory Issues (Norway). Available at: http://www.oecd.org/sti/broadband/2754019.pdf

	http://en.wikipedia.org/wiki/Telenor
Liechtenstein - Accounting separation and LRIC model required since 2000	- P8 http://www.llv.li/pdf-llv-ak-euv-mobilkom_%28liechtenstein%29_ag_vom_14._juni_2000.pdf
Jordan - "Total Service Long Run Incremental Cost Plus" (TSLRIC+). 2005 (agreement between operators in 2004)". - Infrastructure sharing 2005. - Accounting Separation.	Annual Report 2005. Telecommunication Regulatory Commission, Regulations. available at: http://www.trc.gov.jo/index.php?option=com_content&task=view&id=429&Itemid=936&lang=english
LEBANON LRIC 2009 Accounting separation 2009	Lebanon Telecommunications Law: Law 431/2002, http://www.tra.gov.lb/Telecom-Law-431-2002 Telecommunications Regulatory Authority, 2009. The Interconnection Regulation, decision 4/2009, available at : http://www.tra.gov.lb/library%5Cfiles%5Cuploaded%20files%5Cinterconnection_regulation_english.htm
Oman LRIC model 2007 Accounting Separation 2009	Telecommunication Regulatory Authority, 2007. Annual Report. Available at: http://www.tra.gov.om/newsite1/Portal/Upload/Documents/183_TRA%20Annual%20Report%20Final.pdf Telecommunication Regulatory Authority, 2010. Annual Report. Available at: http://www.tra.gov.om/newsite1/Portal/Upload/Documents/483_TRA_AnnualReport2010En.pdf
Mexico - access charge negotiated between	OECD, 2012. Review of Telecommunication Policy and Regulation in Mexico. (see Table 2.3, P64) Available at: http://www.oecd.org/sti/broadband/50550219.pdf
Bahrain - LRIC model early year 2012 before this year RA use the fully Allocated Cost (FAC approach) - Line sharing 2005 - Account separation 2004	- Interconnection2004.pdf Telecommunications Regulatory Authority, 2011. The Draft Order On The Reference Offer of the Bahrain Telecommunications Company B.S.C. http://www.tra.org.bh/en/pdf/LightspeedSubmissionToDraftROOrderOf03112011.pdf Telecommunications Regulatory Authority, 2005. Access Regulation. Available at : http://www.tra.org.bh/EN/pdf/Final_Access_Regulation_En_30_4_05.pdf Telecommunications Regulatory Authority, 2012. Legal Instruments by TRA - Regulations. Available at - http://www.tra.org.bh/EN/LegalRegulations.aspx
Barbados - Rate of Return 2001 than Price cap model since 2005 - Accounting separation (not required p.41)	Fair Trading Commission, 2011. Telecom Regulation Over the Past Decade, 2011. Available at : http://www.ftc.gov.bb/index.php?option=com_content&task=view&id=211&Itemid=26 Telecommunications Authority of Trinidad and Tobago, February, 2012. Accounting Separation Guidelines for the Telecommunications Sector https://tatt.org.tt/Portals/0/documents/Accounting%20separation%20guidelines%20February%202012.pdf
Belarus Privatization (100% state-owned) - AR is not yet independent from government	http://en.wikipedia.org/wiki/Telecommunications_in_Belarus European Bank for Reconstruction and Development, 2013. Strategy for BELARUS. Available at: http://www.ebrd.com/downloads/country/strategy/belarus.pdf
India - Accounting separation 2004 (required)	Telecom Regulatory Authority of India, 2004. The Reporting System on Accounting Separation Regulation, 2004. Available at: http://www.dot.gov.in/Acts/legislation/23feb2004.pdf
Qatar - 1 st Law for interconnection regulation : Law 2006 - privatization 1998 - Interconnection: agreements between operators (regulation if interconnection agreements fail conform to international standards (i.e. benchmark) - Cost models and accounting separation planned.	ICT QATAR-Regulatory Authority, 2008 : Overview of the Economy and the Telecommunications Sector of the State of Qatar. Available at: http://www.ictqatar.qa/sites/default/files/documents/MarketOverview.pdf ICT QATAR-Regulatory Authority, 2011/12. Annual Report. Available at: http://www.ictqatar.qa/sites/default/files/documents/RA_Annual_Report_2011_EN_1.pdf ICT QATAR-Regulatory Authority, 2012. RAS Instructions to Qtel Qatar (Qtel) Q.S.C, p.5. Available at : http://www.ictqatar.qa/sites/default/files/documents/2012%2010%2023%20RAS%20Instructions%20-%20Consultation%20v1%2000_1.pdf
Albania Price cap 2002 LRIC 2009	ITU, 2000. Overview of Telecommunications in Albania, World Telecommunication Development Conference, Sofia (Bulgaria), 28-30 November 2000. Available at: http://www.itu.int/ITU-D/eur/WTDC02/Documents/17e.pdf Electronic and Postal Communication Authority (AKEP), 2010. Price control and regulating cost accounting methodologies: Albania, by RRAPAJ A., Director of Market Regulation, Cullen International. Forum 4, Sarajevo 4-5TH November 2010. http://www.cullen-international.com/ressource/319/0/akep-tariff-regulation-and-cost-orienta.pdf
Japan - independence of AR ("no independent body")	The 19th ITS Biennial Conference 2012 "Moving Forward with Future Technologies: Opening a Platform for All" 18 - 21 November 2012, Thailand. Available at: http://www.its2012bangkok.com/uploadfiles/fullpaper/full%20paper/6C3_Dikshant%20Wadhwa_Comparative%20Analysis%20of%20ICT%20Regulation%20A%20Study%20of%20Five%20Countries.pdf
New Zealand	Telecom Corporation of New Zealand, 2011. Annual Report. Available at:

- Privatization 1990 -Operational/ Accounting separation (required) in 2001. Operational S. (implemented in 2008. Accounting S. (required in 2001 and repealed in June 2011)	https://www.nzx.com/files/attachments/145822.pdf Telecommunication Act 2001. Available at: http://www.legislation.govt.nz/act/public/2001/0103/latest/DLM124961.html
Nigeria -LRIC model (Nigerian communication Act 2003, implementation 2004)	Nigerian communication Commission, 2006. Determination of Interconnection Rate. Available at: http://www.ictregulationtoolkit.org/en/Publication.3622.html
Pakistan - Account separation 2007 -Privatization 2006	Pakistan Telecommunication Authority, 2011. Annual Report. Available at: http://www.pta.gov.pk/annual-reports/pta_ann_rep_11.pdf Shah M., A., J., Rashid, H., U., Ullah H., Ahmed S., 2009. The Impact of Privatization. Available at: http://www.bth.se/fou/cuppsats.nsf/all/a9529602471e0e4ac12575ec0037c500/\$file/Impact%20of%20Privatization%20on%20PTCL%20Performance%20and%20Development%20Final.pdf
Morocco -Accounting Separation is required in 2003) -LRIC (CMILT 2006)	Annual Reports, available at: http://www.anrt.ma/publications/rapport-annuel
Iceland Privatization 2005	http://eng.fjarmalaraduneyti.is/media/wvr2006/WWR_261006.pdf Document published by the Ministry of Finance in Iceland, October 26 th 2006.
Turkey Reforms in Telecom Turkey (by year)	Ahmet DARICI, Muhammet Gungor, ICT Experts, Tariffs Department/ Information and Communication Technologies Authority: "Wholesale Tariff Regulations in TURKEY". Available at: http://www.cullen-international.com/ressource/326/0/icta-wholesale-tariff-regulations-in-tu.pdf

Effet des pratiques culturelles dans la lutte contre le flétrissement bactérien du bananier, *Banana Xanthomonas Wilt*, (BXW) à Kadjucu, Sud Kivu, République Démocratique Du Congo

[Effect of the cultural practices in the struggle against the bacterial withering of the banana, *Banana xanthomonas wilt*, (BXW) in Kadjucu South Kivu, Democratic Republic of Congo]

BYENDA Mutuga Bienfait

Section Agronomie Générale,
Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques et Vétérinaires(I.S.E.A.V) Mushweshwe,
Bukavu, Sud Kivu, RD Congo

Copyright © 2015 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 survey carrying on the effect of the cultural practices in the struggle against the bacterial withering of the banana tree (wilt) in Kadjucu South Kivu area has been led during fifteen months in order to value the effects of the ablation of the male inflorescence, the unstamped and the cut of the sick stumps while using the disinfected materials. For that, we considered three impacts of which 5 to 10%, 11 to 15%, more than 20% and three witnesses of which one for every impact. And the duration of propagation of *Banana Xanthomonas wilt* in field has been valued. The results show us that the cultural practices are efficient if the illness is again in the beginning. So one can manage the bacterial withering of the banana plants by the cultural practices if the impact is lower to 20%, but if the rate of attack is raised more it is recommended to practice the rotation of the cultures. The duration of propagation of *Banana xanthomonas wilt* between two banana trees on a same stump is of vicinity two months and a half. Therefore these results show that this illness cannot be eradicated by these cultural practices. It is recommended to suppress the sources of inoculums and to eliminate the risks of dissemination in the fields which are not reached.

KEYWORDS: Cultural practices, Bacterial wilt, Banana, Incidence, Ablation, Unstamped, Illness.

RESUME: L'étude de l'effet des pratiques culturelles dans la lutte contre le flétrissement bactérien du bananier (wilt) à Kadjucu, Sud Kivu a été menée pendant quinze mois afin d'évaluer les effets de l'ablation des inflorescences mâles, du dessouchage et de la coupe des plants et des souches malades à l'aide des matériels désinfectés. Pour y parvenir, trois incidences de *Banana xanthomonas wilt* ont été considérées dans les bananeraies attaquées dont 5 à 10%, 11 à 15%, plus de 20% et trois témoins dont un pour chaque incidence. Et la durée de propagation de cette bactériose dans les différentes parcelles a été évaluée. Les résultats montrent que ces pratiques culturelles sont efficaces si la maladie est encore au début. Ainsi on peut gérer le flétrissement bactérien du bananier par les pratiques culturelles si son incidence dans les bananeraies est inférieure à 20% mais si le taux d'attaque est plus élevé il est recommandé de pratiquer la rotation des cultures. La durée de propagation de la maladie entre deux plants sur une même souche est d'environ deux mois et demi. Toute fois ces résultats montrent que cette maladie ne peut pas être éradiquée par ces techniques culturelles. Il est recommandé de supprimer les sources d'inoculum et éliminer les risques de dissémination dans les champs non encore atteints.

MOTS-CLEFS: Pratiques culturelles, Wilt bactérien, Bananier, Incidence, ablation, dessouchage, maladie.

1 INTRODUCTION

Les hautes terres tropicales d'Afrique centrale et orientale produisent beaucoup de fruits qui jouent un rôle important dans les différents pays [1]. Les cultures fruitières produites dans la Région Tropicale d'Altitude (RTA) sont très variées, mais la banane et le plantain constituent plus de 48% des productions dans certains pays comme l'Ouganda, le Rwanda et le Burundi dans lesquels ces deux fruitiers sont très dominants [2]. Le bananier est une culture très importante en République Démocratique du Congo. Au point de vue production, le bananier vient en 2^{ème} position après la culture du manioc. Dans les régions d'altitude de l'Est de la République Démocratique du Congo, le vin de banane a une forte signification sociale et culturelle, il est omniprésent dans toutes les cérémonies. Cependant il commence à être rare dans certaines circonstances car les bananeraies sont sujettes à beaucoup de maladies actuellement.

Les bananes et leur bière sont des sources de revenu pour les agriculteurs et de ce fait, ces produits vivriers étaient les plus commercialisés à Kadjucu. Nombreuses familles ne vivaient que de ce commerce surtout celui de la bière qui leur procurait de l'argent avec lequel, elles achetaient certains biens, scolarisaient leurs enfants etc. [3]. Les formes de consommations de la banane sont variées allant de celles grillées à celles transformées en boisson locale Kasigi ou en alcool éthylique passant par les cuites, les moulues et les brassées. Les bananes de table sont utilisées comme dessert ; celles à cuire sont consommées pilées ou tel quel après cuisson ; mûres, elles peuvent être frites [4].

Cependant au Sud Kivu, le rendement des bananiers reste encore faible, il varie entre 4 et 10 tonnes à l'hectare par an. Pourtant, les résultats de recherches indiquent que dans la région de Grands Lacs Africains, et dans les bonnes conditions, 30-40 tonnes des bananes par hectare peuvent être produites [2].

Plusieurs contraintes sont à la base de ce faible rendement, notamment : la dégénérescence des variétés ; la recrudescence des bioagresseurs, l'épuisement du sol, les mauvaises pratiques culturales, la technologie post récolte et la recherche sur le bananier peu développées dans le milieu. Le flétrissement bactérien du bananier ou *Banana xanthomonas wilt* (BXW), la fusariose, les cercosporioses, le bunchy top, le charançon du bananier, les fourmis prédatrices et les nématodes sont les plus importantes maladies et ravageurs des bananiers ([5], [6]).

Parmi ces maladies, le flétrissement bactérien du bananier ou BXW, une nouvelle maladie pose des problèmes spécifiques de lutte et de gestion en raison de sa propension à devenir épidémique en quelques semaines [7]. Cette maladie qui était détectée en Ethiopie vers les années soixante est causée par la bactérie gram négatif *Xanthomonas campestry* pv. *musacearum* appelée en anglais Bacterial wilt of banana découverte en 1968 par YIRGOU et BRADBURY. Le BXW a été détecté dans le centre de l'Ouganda en 2001 [5] et de là il s'est propagé dans les pays voisins et entre septembre et octobre 2001 il a été observé pour la première fois en République Démocratique du Congo dans le territoire de Masisi, au Nord Kivu. De là, il s'est propagé dans les territoires d'autres provinces et actuellement la maladie sévit aussi bien au Nord Kivu (Rutshuru, Beni, Lubero et Nyiragongo) qu'au Sud Kivu (Kabare, Kalehe, Walungu et Île d'Idjwi) et en Province Orientale (Irumu, Mahagi et Djungu) (enquêtes réalisées en Août 2010 par l'Université Catholique de Graben {UCG} et l'INERA sous les auspices de la FAO). A Kabare, la maladie est entrée à partir du groupement d'Irhambi katana, précisément par la localité de Kadjucu qui avoisine le territoire de Kalehe en 2009. A partir de la RD Congo et de l'Ouganda cette maladie s'est étendue au Rwanda et en Tanzanie en 2005 et au Kenya en 2006. Le *Xanthomonas campestry* pv. *musacearum*, agent du flétrissement bactérien du bananier (BXW) peut se transmettre par le biais des insectes comme les abeilles, les guêpes, les drosophiles etc. qui l'inoculent au niveau de l'inflorescence mâle mais aussi à travers l'utilisation d'outils agricoles contaminés ou par la dissémination des parties du bananier infecté [8].

Actuellement, le wilt bactérien du bananier (BXW) est en train de causer une chute alarmante de la production et des revenus des paysans agriculteurs. Il pose par ailleurs un grave problème de sécurité alimentaire dans les zones où la banane constitue l'aliment de base. Les enquêtes menées par la FAO à Kitchanga (dans le Nord Kivu) ont montré que le revenu annuel des agriculteurs, qui était en moyenne de 1 600 dollars américains par hectare, a été très affecté par cette maladie [9].

Selon une enquête réalisée en novembre et décembre 2010, à Kadjucu, le taux d'abandons scolaires des enfants par manque des moyens entraîné par la mosaïque du manioc, a augmenté sensiblement depuis l'apparition du wilt bactérien chez les bananiers. Ces deux principales cultures de cette contrée sont décimées pourtant le paysan de Kadjucu ne comptait que sur ces deux cultures, maniocs et bananiers, pour son épanouissement socio-économique. Les autres cultures ne sont pratiquées qu'à petite échelle sur un sol épuisé par l'érosion couplée à la surexploitation. Même dans d'autres groupements attaqués par le flétrissement bactérien du bananier dans le territoire de Kabare comme à Bugorhe, à Ishungu, à Bushumba etc., les parents éprouvent actuellement des difficultés évidentes à assurer la survie de leurs familles ou à payer les soins de santé et les biens de première nécessité. Par ailleurs, souvent associé à d'autres cultures vivrières, le bananier est une plante antiérosive dont la disparition risque d'entraîner des perturbations importantes de l'environnement.

Dans le groupement d'Irhambi Katana, vers les années 2006, un régime de banane coûtait de 0,5 à 1 dollars, mais actuellement suite à cette maladie, un régime coûte entre 5 et 8 dollars américains soit une augmentation d'environ 200% par an. Ceci montre que la réduction du rendement met en danger les moyens d'existence de beaucoup de personnes.

Tous les géotypes les plus couramment cultivés succombent au wilt bactérien du bananier, une nouvelle maladie, qui détruit les souches de bananier, les régimes de bananes et peut réduire à zéro les rendements [8]. Cette maladie actuellement dévastatrice de toutes les variétés de *Musa* n'a pas de traitement curatif pour son éradication, donc il nécessite d'être géré de façon à contrôler sa propagation dans les bananeraies et/ou supprimer les foyers d'inoculum. C'est pour contribuer à la lutte contre ce fléau que cette étude, portant sur l'effet des pratiques culturales utilisant les techniques d'élimination des inflorescences mâles, la coupe et/ou le dessouchage des plants et des souches malades, à l'aide des outils désinfectés avec le feu, a été menée, afin de vérifier et d'évaluer si ces pratiques apporteraient une solution au fermier paysan et à quelle probabilité de réussite par rapport au taux d'attaque de la bananeraie.

Il est connu que les pratiques culturales constituent un moyen préventif de lutte contre le flétrissement bactérien du bananier [10]. Mais il est important d'élucider leurs effets sur la gestion de la pathologie si elles sont utilisées par les paysans pendant que leurs champs sont déjà attaqués. A quel taux d'attaque ces pratiques seraient-elles efficace ? Cette étude a duré une année et un trimestre soit 15 mois allant de janvier 2011 à mars 2012.

2 MILIEU, MATERIEL ET METHODE

2.1 LE MILIEU D'ÉTUDE

a. Localisation globale du site

L'expérimentation a été réalisée précisément dans la localité de Kadjucu, dans le groupement d'Irhambi Katana, Territoire de Kabare, Province du Sud Kivu en République démocratique du Congo où en 2010, les enquêtes diagnostiques ont été réalisées dans les ménages sur le flétrissement bactérien des bananiers (Wilt), son impact socio économique et les moyens de lutte contre cette maladie. Le groupement d'Irhambi Katana jouit d'un climat d'altitude avec 8 à 9 mois de pluies et plus ou moins 3 mois de saison sèche qui commence à la mi-mai jusqu'en septembre et bénéficie des températures annuelles moyennes de 15 à 20°C suivant les saisons.

Cependant ce dernier temps on assiste à une perturbation climatique qui a des conséquences dramatiques sur l'environnement. C'est le cas en 2010 où la saison sèche a commencée en juin et s'est prolongée vers fin novembre, perturbant ainsi le calendrier agricole de la région. Le sol d'Irhambi Katana est préalablement riche, certaines localités ont le sol argileux, c'est le cas de Kadjucu et de Kabamba et d'autres ont les sols de types volcaniques et/ou les sols forestiers c'est le cas des localités de Mwanda et de Kahungu. Généralement sur les sommets des collines, les sols sont emportés par les érosions. Les formes de végétation à Irhambi Katana sont influencées par les activités anthropiques, la pression démographique et l'agriculture font reculer les limites de la forêt.

Kadjucu est une localité presqu'île du territoire de Kabare vers le nord en limite avec le territoire de Kalehe et qui a une population composée de 9.407 personnes en 2012. Cette localité a un relief qui est beaucoup caractérisé par les vallées des versants ondulés descendant graduellement sur plusieurs mètres en pentes douces et courtes.

b. Identification et localisation spécifique des sites

Pour bien mener les investigations, les champs suivants dont les coordonnées géographiques figurent dans le tableau 1 ci-dessous ont fait l'objet des traitements.

Tableau 1. Coordonnées géographiques des sites d'étude.

N°	SITES	Les coordonnées géographiques du site		
		Latitude	Longitude	Altitude
1	Champ n°1 de 4 hectares ayant 3 parcelles appartient au fermier Bulangalire	S 02°10'15 8	E 028°52'55 9	1485,4m
2	Champ n°2 de 3 hectares ayant 2 parcelles appartient au fermier Nyakahama de trois hectares	S 02°10'01 9	E 028°53'11 1	1509,6m
3	Champ n°3 de 1.5 hectare ayant 1 parcelle appartient au fermier Bonane	S 02°10'06 6	E 028°53'14 5	1529,4m
4	Champ n°4 de 2 hectares ayant 2 parcelles appartient au fermier Katera.	S 02°10'09 3	E 028°52'62 9	1500,1m
5	Champ n°5 de 2 hectares d'une seule parcelle appartient au fermier Masumbuko	S 02°10'11 7	E 028°51'96 1	1488,4m
6	Champ n°6 de 5 hectares ayant 3 parcelles appartient au fermier Byenda.	S 02°10'18 3	E 028°51'81 7	1489,4m

Les coordonnées géographiques ont été obtenues par le GPS map 76 marque GARMIN n° S/N 221734558 copyright 2009, made in Taiwan

2.2 MATÉRIELS

Pour la réalisation de cette expérimentation le matériel biologique utilisé est constituée des 1200 touffes ou souches de bananiers, le matériel non biologique est constitué des outils comme la houe, la machette et la serpe pour couper les inflorescences et dessoucher les plants malades. Ces outils étaient désinfectés par le feu avant et après usage. Pour traiter les données recueillies, les logiciels EXCEL et PAST ont été utilisés.

2.3 MÉTHODES

a. Choix des parcelles

Les parcelles choisies devraient répondre aux conditions suivantes : Etre une bananeraie d'au moins un demi hectare ayant plus de 100 souches de bananiers présentant déjà les symptômes d'attaque par BXW. Ce champ devrait être isolé des autres champs des bananiers par soit des parcelles contenant d'autres cultures pour essayer d'éviter l'influence des attaques du wilt dans les champs très proches. Ce pendant le mouvement des insectes était difficile à maîtriser. La parcelle témoin pouvait être choisie dans le même champ ou dans un champ éloigné mais de même incidence. Par la méthode des blocs aléatoires simples une parcelle contenant 100 souches était délimitée pour chaque incidence afin d'y mener l'étude.

b. Détermination de l'incidence

Les incidences du wilt bactérien du bananier étaient choisies de la manière suivante :

Une parcelle de 100 souches de bananiers qui avait 5 à 10 souches porteuses des plants malades appartenait à l'incidence de 5 à 10% ; celle qui contenait 11 à 15 souches ayant des plants malades était de l'incidence 11 à 15% et en fin une parcelle de 100 souches qui avait au moins 20 souches porteuses des plants de bananiers malades était de l'incidence supérieure à 20%. La dimension moyenne de chacune des parcelles était de 15m x 24m soit une superficie de 360m². Cependant étant donné que les bananeraies étaient exploitées pendant longtemps les écartements entre les souches étaient perturbés et n'étaient plus standards.

Partant de ces critères 12 parcelles recrutées dans six champs ont constituées l'échantillon pour les essais chacune ayant 100 souches. Pour les 1200 souches de bananiers se trouvant sur 12 parcelles, 900 souches se trouvant sur 9 parcelles étaient traitées, c'est-à-dire, dans lesquelles les pratiques culturales étaient utilisées en raison de trois parcelles pour le dessouchage des souches malades, trois pour la coupe des plants malades et trois pour l'ablation des inflorescences mâles et enfin 300 autres souches étaient dans les trois parcelles témoins situées à côté de ces parcelles à traiter dont une parcelle de 100 souches par incidence. Les 9 parcelles traitées étaient divisées en 3 incidences du BXW dont l'incidence de 5 à 10%, l'incidence de 11 à 15%, et l'incidence de plus de 20% de 3 répétitions pour chacune.

Les travaux ont commencé en Janvier 2011 et ont pris fin en mars 2012, soit 15 mois. Ils concernaient la numérotation des souches, le dessouchage entier des souches comportant des plants malades, la coupe des plants malades et l'ablation des inflorescences mâles. Ceux-ci se faisaient deux fois par mois.

c. Traitement (Technique)

La souche à traiter portait le plant qui manifestait les symptômes ci – après :

- Un jaunissement et un flétrissement complet de la plante qui commence avec les feuilles les plus périphériques ;
- L'arrêt de la croissance et la mort de la plante ;
- Le murissement prématuré du régime parfois juste après son émergence,
- L'inflorescence mâle apparaît flétrie et parfois décolorée,

Après avoir observé les symptômes cités ci haut et choisi les incidences, le traitement s'effectuait de la même manière dans toutes les répétitions. Le traitement consistait en l'ablation des inflorescences mâles, le dessouchage des plants atteints et le dessouchage des souches entières portant les plants malades. Tous les pseudo-troncs, les tiges souterraines et les feuilles dessouchés ou coupés des bananiers malades étaient jetés loin des parcelles traitées. Les digues antiérosives étaient creusées aux alentours des parcelles pour éviter l'érosion qui peut contaminer les parcelles.

Pour les parcelles témoins, toutes les souches étaient numérotées comme dans les parcelles à traiter mais les plants malades étaient observés sans aucun traitement.

Dans la région, les légumineuses sont cultivées sous le bananier mais pendant toute la durée de la recherche aucune autre culture n'était admise.

d. Observations

Pendant l'expérimentation, les paramètres qui ont fait l'objet des observations sont les suivants : Le nombre de souches malades dessouchées, des plants malades coupés, le nombre de régimes dont les inflorescences mâles ont été coupées, le nombre de jours de l'apparition des symptômes entre 2 plants voisins sur une même souche, et en fin le nombre de souches portant les symptômes de la maladie dans les parcelles témoins.

3 RESULTATS

Dans la perspective de la lutte contre le flétrissement bactérien du bananier, BXW, l'effet des pratiques culturales sur la gestion de ce fléau a été étudié durant une période de 15 mois allant de janvier 2011 à mars 2012 dans les parcelles déjà atteintes par la maladie appartenant aux fermiers de Kadjucu. Les tableaux 2, 3, et 4 suivants, résument les résultats des observations dans les parcelles des incidences 5 à 10%, 11 à 15% et supérieure à 20%.

Le tableau 2 ci-dessous présente le nombre des souches malades qui ont été dessouchées pendant toute la durée de l'expérimentation et le nombre de souches saines restantes après 15 mois.

Tableau 2 : Dessouchage des souches malades par mois par incidence

Incidence	Souches	Evolution des effectifs des souches atteintes par le BXW et saines par mois à Kadjucu/Sud Kivu															
		Janvier 2011	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier 2012	Février	Mars	Total
5 à 10% Dessouchés	Restantes	100	93	87	83	80	80	77	76	73	71	68	66	65	61	61	64
	Malades	7	6	4	3	0	3	1	3	2	3	2	1	4	0	3	36
Témoin 5 à 10%	Restantes	100	94	88	78	73	64	56	49	46	41	35	33	31	31	30	28
	Malades	6	6	10	5	9	8	7	3	5	6	2	2	0	1	2	72
11 à 15% Dessouchés	Restantes	100	88	79	74	73	72	71	68	67	65	68	68	65	62	59	55
	Malades	12	9	5	1	1	1	3	1	2	3	0	3	3	3	4	45
Témoin 11 à 15 %	Restantes	100	87	77	72	66	64	57	54	52	46	43	40	36	31	27	24
	Malades	13	10	5	6	2	7	3	2	6	3	3	4	5	4	3	78
Plus de 20% dessouchés	Restantes	100	73	61	54	47	42	38	38	36	32	30	26	25	25	23	22
	Malades	27	12	7	7	5	4	0	2	4	2	4	1	0	2	1	78
Témoin + 20%	Restantes	100	77	66	59	55	49	47	40	32	27	25	24	21	15	12	7
	Malades	23	11	7	4	6	2	7	8	5	2	1	3	6	3	5	93

Les résultats consignés dans le tableau 2 ci-dessus, montrent que dans l'ensemble des parcelles utilisées pour la technique de dessouchage entier des souches malades, le pourcentage des souches malades a augmenté de 27% (pourcentage obtenu au début de ces travaux) à 78 % (résultat obtenu à la fin des travaux) dans les parcelles de l'incidence supérieur à 20%. Et dans la parcelle témoin de la même incidence le pourcentage est passé de 23 à 93%.

Dans les parcelles de l'incidence de 11 à 15%, le pourcentage des plants malades a augmenté de 12% à 45% et dans la parcelle témoin pour la même incidence le pourcentage de nouveau cas est passé de 13% au début des travaux à 78% à la fin des travaux. Cette même situation s'observe dans l'incidence 5 à 10% dont le nombre des nouveaux cas a augmenté de 7 à 36% alors que dans la parcelle témoin le pourcentage est passé de 6% à 72%.

La figure 1 ci-dessous montre le nombre des souches qui ont été atteintes par la maladie et le nombre des souches saines restantes dans chaque incidence après 15 mois de traitement ou des pratiques des techniques de lutte contre le flétrissement bactérien du bananier par le dessouchage des souches malades.

Figure1. Souches des bananiers malades et souches saines après 15 mois des pratiques culturales de lutte contre le BXW au Sud Kivu



Il ressort de ce graphique que le nombre des souches atteintes par le flétrissement bactérien du bananier pendant 15 mois se chiffre à moins de 50% pour les incidences 5 - 10 et 11 - 15%, soit respectivement 36 et 45 souches sur 100 souches par parcelle alors que dans les parcelles temoins et dans la parcelle de l'incidence plus de 20%, les souches malades dépassent 70% par parcelle soit 72,78, et 93 pour les trois parcelles temoins et 78 souches pour l'incidence de plus de 20% d'attaque .

Le tableau 3 ci-dessous présente l'évolution du nombre de régimes de bananes dans les différentes incidences du flétrissement bactérien du bananier en fonction de l'utilisation de la pratique d'ablation des inflorescences mâles après l'apparition de la dernière main pendant 15 mois d'essai à Kadjucu.

Tableau 3 : Pratique de l'ablation des inflorescences mâles sur les régimes pendant 15 mois.

Incidence	Régimes	Régimes par parcelle en fonction des incidences																Total	%
		Janvier 2011	Février 2011	Mars 2011	Avril 2011	Mai 2011	Juin 2011	Juillet 2011	Août 2011	Septembre 2011	Octobre 2011	Novembre 2011	Décembre 2011	Janvier 2012	Février 2012	Mars 2012			
5 à 10%	Total	5	3	4	1	2	6	2	2	3	1	8	2	2	2	1	44		
	Malades	1	0	1	1	0	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0	7	16	
Témoin de 5 à 10%	Total	4	2	6	2	1	1	2	0	0	2	3	3	2	1	2	40		
	Malades	0	2	1	2	3	0	2	4	3	2	3	1	2	3	1	29	72.5	
11 à 15%	Total	4	2	3	2	2	6	3	2	4	2	1	5	1	4	2	43		
	Malades	2	1	0	2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	8	18.5	
Témoin de 11 à 15%	Total	3	2	1	2	3	1	2	6	3	2	3	3	2	3	2	38		
	Malades	2	0	3	2	1	2	1	1	2	1	3	2	1	4	1	26	68.4	
> à 20%	Total	2	3	3	0	0	2	1	1	4	1	4	2	1	3	1	28		
	Malades	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	6	21.5	
Témoin	Total	2	1	1	0	1	0	2	3	0	2	3	2	2	1	0	20		
	Malades	1	0	3	1	4	0	0	1	0	1	2	0	5	1	1	20	100	

De ce tableau ci-dessus, il ressort que pour les régimes dont les inflorescences mâles ont été coupées le pourcentage des nouveaux cas malades n'a pas augmenté sensiblement. Les résultats obtenus pendant 15 mois d'essai montrent que seulement 16, 18.5 et 21.5 % des régimes ayant subi la technique de coupe des inflorescences mâles sont tombées malades respectivement pour les incidences 5 à 10, 11 à 15 et plus de 20% alors que pour les mêmes incidences les parcelles témoin pour lesquels aucune coupe d'inflorescence n'a été effectuée on a eu respectivement 72.5, 68.4 et 100 pourcent des régimes produits pendant 15 mois sont tombées malades.

Les résultats de la dernière pratique culturale utilisée dans les essais qui consistait à couper le plant malade sont présentés dans le tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4 : Pratique de la coupe des plants malades par souches.

Incidence du BXW	Souches malades sur 100 souches de l'essai.	Total des plants sur souches malades	Plants malades sur souches atteintes	Pourcentage (%)	Plants sans symptômes apparent sur souches malades	Pourcentage (%)	Plants coupés
5 à 10 %	34	342	97	28.4	245	71.6	97
Témoin	72	500	368	73.6	132	26.4	0
11 à 15 %	42	446	187	41.9	259	58.1	187
Témoin	78	510	325	63.7	185	36.3	0
Plus 20%	79	508	380	74.8	128	25.2	380
Témoin	93	536	511	95.3	25	4.7	0

Il ressort du tableau 4 ci-dessus que dans les incidences inférieures donc de 5 à 10 et 11 à 15 %, le pourcentage des plants présentant les symptômes d'attaque est de l'ordre de 28.4% et 41,9% respectivement pour ceux qui ont reçu la

pratique de coupe de plant malade, contre 73.6 et 63.7% de leurs témoins respectifs. Cependant pour l'incidence du BXW qui supérieure, donc de plus de 20% dans un champ, le pourcentage est de 74.8% pour la parcelle ayant reçu le traitement contre 95.3% de son témoin. Ceci se répercute également sur le nombre des plants ne présentant pas des symptômes apparents de la maladie. En effet, plus l'on pratique la coupe du plant malade par souche dans un champ faiblement attaqué plus le pourcentage des plants ne présentant pas les symptômes d'attaque est élevé.

Pour compléter les connaissances sur la vitesse de transmission de la maladie, le nombre de jours d'apparition des premiers symptômes de l'attaque du bananier par le Wilt bactérien du bananier entre deux plants sur une même souche a été prélevé. Il est évident que cette période reprend aussi une partie de la période d'incubation de la bactérie. Le nombre de jours pour estimer cette période a été prélevé dans les parcelles de l'incidence 5 à 10 et 11 à 15 %. La figure 2 suivant présente le nombre de jours d'apparition des symptômes entre deux plants sur une même souche. Les valeurs représentent les moyennes $\pm$ Écart-type (ET).

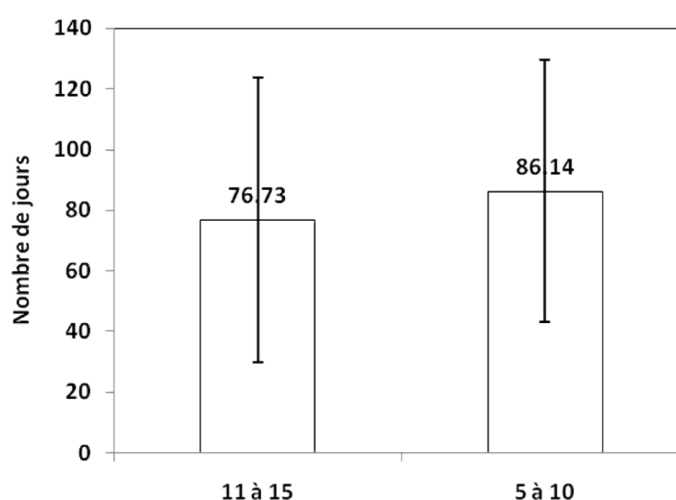


Figure 2. Nombre de jours d'apparition des symptômes de BXW entre 2 plants sur une même souche

Cette figure montre que le nombre des jours de l'infection ou tout simplement d'apparition des premiers symptômes du BXW entre deux plants de bananier sur une même souche ne sont pas significativement différent selon les incidences. En effet, entre deux plants sur une même souche le nombre moyen de jours vari entre 76.73 jours pour l'incidence 11 à 15% et 86.14 jours pour l'incidence 5 à 10%.

4 DISCUSSION

Ces résultats montrent que la technique de dessouchage des souches des bananiers infectées par *Xanthomonas campestry* pv. *musacearum* est une méthode efficace de lutte contre le BXW étant donné qu'elle a limité son expansion rapide dans le champ. En effet, dans la période d'une année et trois mois l'incidence de la maladie est restée inférieure ou égale à 36% et 45% pour les incidences 5 à 10% et 11 à 15% respectivement alors que dans toutes les parcelles témoins et dans la parcelle de l'incidence plus de 20% le pourcentage d'attaque le plus bas est de 72% et le plus élevé 93%. Ceci implique que la pratique de la technique de dessouchage des souches malades est efficace dans un champ de bananier si ce dernier n'est pas fortement attaqué.

Il a été démontré que la pratique de dessouchage des souches porteuses des plants malades est efficace si l'incidence de la maladie dans le champ est faible. Cependant, si cette même pratique culturale est appliquée dans une bananeraie infectée à plus de 20%, les plants continuent à être infectée avec la même allure que dans les parcelles sans traitement. Cette situation se vérifie également par le nombre de souches qui sont restées saines après 15 mois de la pratique de dessouchages. Il ressort de ces résultats que la maladie peut être gérée par cette technique si le taux d'infection de la bananeraie est inférieur à 20%. En comparant les souches saines restantes après 15 mois de traitement il se remarque que quand l'incidence est faible la pratique est plus efficace comme le montre les nombres des souches indemnes après 15 mois de traitement soit 64, 55 et 22 respectivement pour les incidences 5 -10, 11 -15 et plus de 20%. En effet si l'attaque est

encore au début cette pratique peut aider à gérer la maladie mais si le champ est infecté totalement il est recommandable de pratiquer la rotation culturale.

L'ablation des inflorescences mâles quant à elle, est efficace dans la lutte contre le flétrissement bactérien du bananier dans toutes les incidences. Ce pendant les effectifs des régimes produits pendant 15 mois soit 44, 43 et 20 montrent que dans un champ fortement attaqué (comme dans le champ d'incidence du BXW supérieur à 20%) la production baisse.

Il ressort de cette étude que la technique de coupe de plant malade a un effet positif dans la lutte contre le flétrissement bactérien du bananier en ce sens que le nombre des plants atteints dans les parcelles traitées reste de loin inférieur à celui des témoins. Ce qui signifie qu'en coupant les plants malades on agit sur la propagation de la maladie ce pendant il ressort de ces mêmes résultats que plus l'incidence est élevée plus le nombre de plants malades est élevé dans la parcelle et par le fait que le nombre de souches atteintes aussi augmente la pratique ne peut être efficace dans la gestion de la maladie que si l'incidence est inférieure à 20%.

Ces résultats confirment ce qui a été proposés [10] qui dit que l'ablation du bourgeon mâle, le dessouchage et l'utilisation des matériels désinfectés sont des moyens de prévention du wilt bactérien du bananier mais il se révèle qu'elles ne sont efficaces que si l'incidence est faible donc moins de 20%.

5 CONCLUSION

Ce travail avait comme objet la gestion du wilt bactérien du Bananier ou flétrissement bactérien du bananier dans les champs des paysans agriculteurs de Kadjucu au Sud Kivu afin de contribuer à la sécurité alimentaire par la protection des plantes contre les actions néfastes des bioagresseurs. L'objectif était d'évaluer l'effet des pratiques culturales dans la lutte contre le flétrissement bactérien du bananier si ces pratiques sont utilisées dans un champ déjà attaqué.

Pour ce faire, les observations ont été faites sur le nombre de souches malades dessouchées, de plants malades coupés, le nombre de régimes dont les inflorescences mâles ont été coupées, et nombre de jours d'apparition des symptômes d'infection entre 2 plants sur une même souche et enfin, le nombre de plants malades dans les parcelles témoins.

En général, les résultats ont montré que dans un champ de 100 souches de bananiers, si on y enregistre 5 à 15 plants atteints de flétrissement bactérien du bananier, il faut pratiquer l'ablation de l'inflorescence mâle dès l'apparition de la dernière main sur le régime, le dessouchage des souches entières infectées et la coupe des plants malades par des outils désinfectés. Mais, si on identifie plus de 20% des souches malades dans un champ, il faut dessoucher tous les bananiers et pratiquer la rotation des cultures à l'immédiat. Cet effet se justifie par le pourcentage des malades qui s'augmentait (78%) dans les parcelles de l'incidence de 20% et plus et qui demandait de dessoucher toutes les souches qui portaient les plants malades. Pour cette incidence, il est resté 22 souches seulement au bout de 15 mois d'essai, c'est-à-dire 22%. Les parcelles de l'incidence de 5 à 10 qui ont été traitées par les techniques de dessouchage des souches malades et de coupe des plants malades sur la souche infectée ont connu en moyenne 35% des souches malades seulement et celles de l'incidence de 11 à 15 ont connu en moyenne 43.5% souches malades contre 72 et 78% respectivement pour les parcelles témoins pour les mêmes incidences. Ceci traduit que les pratiques sont efficaces si la maladie est encore au début. Il est probable que la combinaison simple de ces trois techniques peut donner un résultat encore plus escompté dans la gestion d'un champ déjà attaqué.

Ainsi, ces résultats montrent qu'on peut gérer le flétrissement bactérien du bananier par les pratiques culturales d'ablation des inflorescences mâles, les dessouchages de souches malades ou la coupe des plants malades par des outils désinfectés si son incidence dans la bananeraie est inférieure à 20% mais si le taux d'attaque atteint 20% et plus il est recommandé de dessoucher tous les plants et valoriser les parcelles par d'autres cultures donc la rotation des cultures devient impérative dans cette situation de la maladie.

Cependant la meilleure pratique pour contrôler la maladie serait de supprimer rapidement les sources d'inoculum et réduire ou éliminer les risques de dissémination dans les champs non encore atteints car le traitement curatif n'existe pas encore. Etant donné que le dessouchage exige des moyens financiers et de l'énergie il serait important d'étudier les pratiques qui seraient plus économiques pour bien gérer les souches infectées.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Madame **AIMEE MAPENZI** pour avoir financé les travaux de terrain, les fermiers pour avoir accepté que cette étude soit réalisée dans leurs bananeraies.

REFERENCES

- [1] VERHEIJ ED, *La culture fruitière dans les zones tropicales*, Publication de CIAT, pp. 24-67, 2006 :
- [2] NYABYENDA P, *Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitudes d'Afrique*, Gembloux, Belgique : Les Presses Agronomiques de Gembloux, pp. 238, 2006
- [3] CIALCA, *Technical Progress Report* N°9, pp.33, 2009
- [4] VAN DEN ABEELE et VANDEN PUT, *Les principales cultures du Congo Belge*, Direction de l'Agriculture, des forêts et de l'élevage, Bruxelles, 3^e édition, pp. 765-766, 1956
- [5] TUSHEMERIRWE W., A. KANGIRE, J. SMITH, F. SSEKIWOKO, M. NAKYANZI, D. KATAAMA, C. MUSIITWA, & R. KARYAIJA, *Epidémie de flétrissement bactérien sur le bananier en Ouganda*. INFOMUSA 12(2): pp. 6-8. 2003
- [6] YOUDEOWEI A., *La lutte intégrée en production des plantes à racines et tubercules et des bananiers plantains*, Guide du vulgarisateur de la lutte intégrée-3, Ministère de l'alimentation et de l'agriculture (MOFA) du Ghana et GTZ, CTA, PP. 47, 2004.
- [7] ANONYME, *Le bulletin analytique international sur les bananiers et bananiers plantains*, in musarama, 11 (1), Publication de l'INABAP, CTA, pp. 33, 2008
- [8] www.fao.org/flétrissementbacterien, 2010.
- [9] www.fao.org/emergencies, 2011.
- [10] NDUNGO V., *Situation du wilt bactérien du bananier dans la région de Minova. Cartographie, impact sur la sécurité alimentaire et recommandations pour le contrôle durable*. ACF/Rapport de consultance sur le wilt, RDC, septembre pp. 16-25, 2008

Re-structure Public Library for Public Information Needs and Services. Study of Stella Obasanjo Library, Lokoja, Kogi State, Nigeria

Stephen Adeyemi Bello¹, Ayefu I. Omale², and Garos Davou Choji³

¹Department of Library and Information Science, University of Nigeria, Nsukka, Nigeria

²Kogi State University Library, Anyigba, Kogi State, Nigeria

³University of Jos Library, Jos, Plateau State, Nigeria

Copyright © 2015 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: Re-structure of public library is essential when its present state cannot meet the standard and objectives upon which it is been established. The purpose of the study is to know the extent of services rendered, state of information needs met and level of information resources available in Stella Obasanjo Library, Lokoja, Kogi State, Nigeria. Descriptive survey design was adopted. Instruments of data collection are questionnaire and personal interview. Questionnaire contains Table 1, 2, 3, 4, and 5 which were designed to obtain data from both library staff and library users. Eight (8) library staff answered questions in table 1: services rendered in their public library while, forty-seven (47) library users responded in answering questions in Table 2: types of information needs; Table 3: information resources needed; Table 4: available of information needed; Table 5: available of information resources needed. Data were analyzed in Table 1 by the use of criterion mean where ≥ 2.50 and < 2.50 are considered significant (considerable response) and not significant (inconsiderable response) respectively. Analysis shows that it is only leisure and recreation, and reading services are rendered to great extent, others are low extent except service with disadvantage groups that is rendered at no extent. Simple percentage was used to analyze Table 2, 3, 4, and 5 where above 50% and below 50% are considered agreed and disagreed respectively. Analysis shows in Table 2 that information needs of library users cut across agriculture, sports and games, health, property, politics, social, business, education, geographical and religion. On Table 3 it was discovered that information resources needed by library users includes all the itemized resources except audio and video conferencing, as well as audio cassette. From Table 4 it was discovered that 93.6% of library users do not have their information needs while, 6.4% did. Furthermore, in Table 5 it was discovered 80.9% of information resources needed by library users are not available while, 19.1% is available. Hence, from the data analyzed, the public library understudy need to be re-structured and the proffered recommendations will be of significant if adherent to.

KEYWORDS: Public library, Information needs, Information resources, Services rendered, Stella Obasanjo library, Lokoja, Kogi state, Nigeria.

1 INTRODUCTION

For many decades, information has been the most needed resources for every man kind. It is what they use for clarity of uncertainty and decision making. Regardless of profession or activities everyone engaged in; information is a necessity product. Information is holistic product for man's survival. It is indispensable product to the functioning of every society [1]. In the same vein, information is man's accumulated knowledge in all subjects, in all forms and from all sources that could help its users to make rational decision [2]. Furthermore, one cannot but agreed that information helps in value planning, decision making and execution of programme [1]. No wonder, people required information for defensive, passive and offensive intelligence [3].

From ongoing, it can be concluded that information is a necessity for everyone. The categories of information people want cuts across all their needs. Information needs is the need of necessity of life, happiness, success or fulfillment [4]. But spectrum factors affecting information needs are age, educational level, and linguistic ability of the users of information, as well as factors related to jobs such as rank and length of experience, the nature of work, the subject field of work, the stage that project has reached, the size of any immediate work team, the nature of the institution where the user's work, the size of the institution and communication structure within it [4]. This connote that information needs of people therefore vary according to various factors responsible in perpetuating it. The factors may be background, qualification, job affiliation, social-cultural as well as political affiliation. More to these individual activities has a great effect on his information need. For instant civil servant may need relevant information to enhance his work, the company's workers may need information of a practical nature that can solve his problems promptly. Hence, information needs of everyone vary based on activities and occupations they engaged in.

To this end, it is imperative to note that information needs must be prepared, packaged into format for easy accessibility. The formats in which information needs are packaged can be referred to as information sources. "Reference [5] stated that, the carries of information can be referred to as information sources". The sources can be print or non-print formats. These include textbook, journals, television, radio, computer, video tape, internet, audio cassette tape, resources person, etc. But for everyone to have access to categories of their information needs there must be an information center that can be freely visit and accessible by information seekers. Such center is public library. This is because is a local gate way for provision of information resources to the communities populace. It is an excellent tool for lifelong learning which provide fountain of knowledge from which everybody can draw and being refreshed [6]. Public library doors are open to all kind of people regardless of gender, profession, status, race, culture and religion [7]. Relatively, public libraries are regarded as the people's university being the local gateway to knowledge, providing opportunities for life, independent decision making and cultural development of individuals and social groups [8].

Hence, public libraries in Nigeria were not far distinct from the political history of Nigeria. Because, Dr. Nnamadi Azikwe, saw public library as a vehicle for intellectual emancipation and its political influence as Governor General in 1960-1963 and former president of Federal Republic of Nigeria in 1963-1968 led to the passage of bill that established the public libraries [9]. More to this, prior to independence the British Council established reading rooms in some Nigeria's towns and cities to serve as propaganda outfit during the Second World War; and at end of the war, the reading rooms served as a place for enlightens and spreading of British cultures. In support of this, the report from UNESCO seminar in 1953 held at Ibadan was also in support of establishment of public library in Nigeria. It is also noted that, from that period the reading room that serve as propaganda outfit was redeveloped as public libraries and new system were established in all most part of the country. Such as Bida, Sokoto, Maiduguri, Port Harcourt, Calabar, Lokoja, etc and they were given different names while some are named after people [10]. Evidently is Stella Obasanjo library. It is a public library. It was established and located in Lokoja, headquarter of Kogi State, Nigeria. Just like other libraries Stella Obasanjo library has sections which could be referred to units. This includes acquisition, cataloguing, circulation/ reader, reference, reserve/consultancy, administrative, electronic media/Information and Communication Technology units. The library is open for use throughout the week except public holidays.

2 BRIEF LITERATURE REVIEW

2.1 PUBLIC LIBRARY SERVICES

By standard, public libraries are established with the objectives to serve general public without discrimination. Public libraries are maintained from the public pocket while its services are offered freely. Any nations which really intend to acquire substantial knowledge must work independently in their search by using information resources and services available in their public libraries [6]. This means that public library is a great path through which communities can satisfy information needs of the various groups. Because it major task is to disseminate information to a wide range of patrons based on their needs. "Reference [11] stated that public libraries encourage reading habit, promote cultural heritage and education agencies for people" To achieve fore-mentioned in public libraries in this information age; the libraries must be well stocked with different formats of information resources and to be buttress with rendering of services. Hence, the service roles of public libraries in contemporary age are extension services, enhance use of information and communication technology (ICT) services, recreation and crime reduction, services to disadvantages groups, civil education and community information services [6] not limited to these but include reading and consultancy services. Extension services involves, various ways by which library staff take the responsibility to assist the local dwellers to improve on their activities. Public library at the state headquarters for instance, can established local branch at different communities to rendered information services to the

dweller based on their occupations or activities they engaged in. Upon this, they will be well established and more productive.

The use of information and communication technology (ICT) in librarianship in the contemporary time is essential. This is not because they are just similar in order of activities – acquiring, processing, storing, disseminating and archiving. But there are helpful in wide spreading of information to different location and made accessible by the information seekers [6]. One cannot but submit that the invention and introduction of ICT to library operations is of great significant to stage of virtual interaction. With this public library at headquarters can link with each other branches of libraries and share information and; while library users acquire their timely information. Furthermore, it is worthy to note that, the present world is enslaved with different anti social behaviors. However, expansion and effective rendered of services by public libraries can put a great limit to crime by engaged the communities dwellers in choice of information with recreation mode.

2.2 INFORMATION NEEDS IN PUBLIC LIBRARY

Information is an essential commodity needed by everyman kind. Though the needs might be varies based on situations at hand or at a particular point in time. It is worth noting that there are three reasons why people need information. These are: to aid professional development, leisure acquisition and to take actions. Profession is an endeavor chosen as carrier. To be successful in this information related, professionals must acquired information to buttress personal generated ideas which together could be regarded as block building to crave advance development. Information as leisure acquisition is important to a lot of people when exhausted or in dismay. These groups of people see information as energizer to stimulate their moral. For instance, some people read news papers, magazine, historical books, just among others to wipe away stress and ugly situations from their minds. Furthermore, information is use to take action. Many people find it so cumbersome to take action without relevant information that will serve as evident and guide to their decision making. However, it is imperative to note that information needs of people in public domain cut across agriculture, economy/business, health, and politics [5] not limited to these but also includes sports and games, education, social, properties, geographical, and religions. This implies there are various information needs public libraries can provide to the public; and as a result of these, information resources to be provided in public libraries should able to contains the various information needs of the public.

2.3 INFORMATION RESOURCES IN PUBLIC LIBRARY

The fact remains that, public libraries are established to meet total populace information needs. But it is worth to understand that information needs cannot be met or provided without resources where the information is been packaged. The package formats comprises of electronic, print and non-print. They can also be referred to as book and non-book format [12]. However, books and print format usually refereed to information package in book or paper form. Non-books or and electronics format are often use interchangeably. Because most time both involve the use of electricity before the information there in can be accessed. But the bottom line is, regardless of the formats information resources are where information is been stored for utilization.

To this end, it is worth to understand that if public library can house the following information resources it will be of great advantage for information seekers. Among the print information resources are books, serials publication, reference materials, patent, standard, bibliographies of bibliography, guide to literatures, just among others; and while the electronic format could be dedicated or enhancement. These include audio cassettes tapes, radio, video tapes, CD-ROM and DVD, internet, audio conferencing, audio graphics, and video conferencing [13]. Audio-cassette tapes it is use to communicate oral information. It provides permanent and flexible storage of information that can convey information that may be easier to illustrate with sound than text and diagrams. Audio-cassette tape can accompany other means of instruction such as print-based materials and also, provide detailed information step-by-step [14]. That is, information available in audio cassette can help the blind individuals who are also part of the people that lives in a community to acquire detail information on their needs.

Radios are an information broadcast devices. It has different channels with frequency of which information can be retrieved from. Using radio in public libraries should be encouraged. This is because is a device for information acquisition. Some radios have antennal while some did not. However, there are different types of radio. They include transistor radios, battery-powered radios and solar-powered crank radio [15]. Hence, all the types of radios are good and having them in the public library will be a plus to acquire information on hourly bases as network news in Nigeria context and BBC news just among others in worldwide context.

Video tape is another information resource that made available for use in the public libraries. "Reference [13] recommends that information provided therein should not be too long to avoid fatigue". It is an opinion that, video tapes

should not be longer than 10minute with short segments of less than three minutes [16]. With these, one cannot but agreed that information to be prepared and stored in video tape should be concise. Video tape can accommodate and present information prepare in both audio and visual. For information acquisition in public library, the library patrons can acquired preamble knowledge about a phenomena through watching of video tape contains information on their area of concerned.

Progressively, Compact Disc (CD) is of different types which are available in the market today. Such as rewriteable, read access memory, read only memory. Compact disc is information storage device that can store information digitally which cannot be changed. It is a device that requires computer system or CD player before information stored in can be accessed. Relatively, Digital Video Discs / Digital Versatile Disc perform the same function with CD but just that it is a latest version and requires more sophisticated technology in building it and usage. If properly handle it can retain information stored there in more than 50 years. Furthermore, most CD has 650 or 700 megabytes storage space where as most DVDs has room for 4.7 gigabytes. Hence, in public libraries, CD and DVD are use to store large information and data on different needs kept for library patrons for utilization.

Internet is one of the most recent information resource adopted in the contemporary libraries. It is a virtual resource that involves the connection of various computers in virtual worlds. It availability in the library enable library patrons and staff to acquire information needs remotely with the aid of boarding the actual or related into the virtual central remote computer through appropriate website or browsers. Similar to this, is intranet. It availability in public libraries can enable public library at state headquarters to get link with other branches of public libraries in within the state. With this confidential information regarding the works in the library can be communicated. It is worth to note that, in most recent time audio conferencing and video conferencing they have information roles play in the public library. Audio conferencing that involves the use of telephone lines can be use for communication on subject matters among the professionals and library clientele. The number of telephone lines depends on the numbers of participates involved in the communication at the same time. Audio conferencing can also be carried out using the internet as a resource where, digitized voice packets are sent between individuals over the internet. Precisely, programmes like yahoo messenger, whatsapp, facebook, 2go, skype, AOL instant messenger, Microsoft Net meeting just among others. While; video conferencing allows participates individuals in different locations to see and hear each other in real-time [17]. Video conferencing can be enabling with the use computer and webcam.

Using of computer system for information works in the library became more essential as a result of information glut that led to high volume of publications to meet the information needs of the seekers [18]. "Reference [19] referred to computer system is a programmable, multiuse machine that accepts data – raw facts and figures- and processes, or manipulates its function we can use, such as summaries, totals or reports". This implies that computer system is a devices that can also accept input data, process it according to programmed logical and arithmetical rules, store and output data/ or calculate results. Its purpose is to speed up problem solving and increase productivity regardless of its classification: super computer mainframes, mini- computers and macro-computer [4]. Generally, the uses of computer system in the library are grouped into four- word processing, spread sheet, data base management and information networking [18].

3 SIGNIFICANCE OF THE STUDY

The outcomes of the study will be of importance to groups of people such as state government, friends, staff, users of public libraries and library students. To state government and library friends the study will help them to know where to come in for provision of information resources needed in the library. To library staff, the study will help them to know how to render effective services. To library users, the study will help to know their information needs and information resources needed, which to be provided in the library for their uses. The study will also serve as reference material to library students.

4 OBJECTIVES OF THE STUDY

The following objectives guide the study;

1. To know the extent of services render in library understudy
2. To identify the information needs of library users in library understudy
3. To identify the information resources needed by library users in library understudy
4. To know if the information needed by library users are available in library understudy
5. To know if the information resources needed by library users are available in library understudy

5 RESEARCH METHODOLOGY

Descriptive survey research was adopted. Questionnaire and personal interview were used as instrument for data collection. Questionnaire were designed to obtained data from eight (8) library staff and forty seven (47) library users within a week respectively in the library under study. Precaution was taken to ensure respondents do not fill more than a copy of questionnaire; by asking them, have you fill this questionnaire before. Data collected with personal interview from both library staff and library users were used to buttress the discussion of the findings. While; data collected with questionnaire are presented in Table 1, 2, 3, 4 and 5. In table 1, Data were analyzed using Likert Mean response rate to determine the extent of services rendered. The acceptable Mean is 2.50 and above. Where, ≥ 2.50 is Significant (considerable response) and < 2.50 is not Significant (inconsiderable response). Specifically, for each items in Table 1 real limit of numbers was used to determine the decision level as follows: Very Great Extent (VGE): 3.50 and above; Great Extent (GE): 2.50 – 3.49; Low Extent (LE): 1.50 – 2.49; No Extent (NE): 0.00- 1.49. Relatively, for table 2, 3, 4, and 5 their data were analyzed using simple percentage where 50% and above is considered agreed while, below 50% is considered disagreed. More to this, data analyzed in table 3, 4 and 5 are presented with chart for more clarity.

6 STATEMENT OF THE PROBLEM

For decades societies at different organizations have depends solely on information for their survivor. Having public library established in a community is an important access for information services to be rendered and meet information needs of the public. Identify information needs of public, and provide necessary information resources in the public library will serve as knowledge facilitator and guide to perfection on public needs. On the contrary, if there is established public library without knowing the information needs and resources needed by public as well as library staff not rendering enough services requires of them is as bad as not having public library. This is because, the public will not be illuminated on their needs and making progress in this contemporary time will be very cumbersome. This justify the current study and the question put in view is; what is the state of public library for public information needs and services render in Stella Obasanjo library, Lokoja, Kogi State?

7 DATA ANALYSIS

7.1 SERVICES RENDERED IN PUBLIC LIBRARY

Table 1: Services Rendered in Public Library

S/N	Items	X	Rank	Decision
1	Leisure and recreation services	2.53	2 nd	GE
2	Services to disadvantaged groups	1.28	8 th	NE
3	Extension services	2.34	7 th	LE
4	Services with Information and Communication Technology	2.42	4 th	LE
5	Information consultancy services	2.47	3 rd	LE
6	Educational services	2.39	5 th	LE
7	Reading services	2.61	1 st	GE
8	Community information Services	2.37	6 th	LE

Source: Field survey

From table 1 above, “reading services” has mean weight of 2.61, “leisure and recreation services” has mean weight of 2.53, “information consultancy services” has mean weight of 2.47, “Services with information and communication technology” has mean weight of 2.42, “educational services” has mean weight of 2.39, “community information services” has mean weight of 2.37, “extension service” has mean weight has mean weight of 2.34 and “services to disadvantaged groups” has mean weight of 1.28. It can be concluded that, “reading services” and “leisure and recreation services” has mean weight of above 2.50 as criterion mean, thereby considered great extent while others are below 2.50 as criterion mean thereby considered low extent and the least of all is “services to disadvantaged groups” which as mean weight of 1.28, thereby considered no extent.

7.2 INFORMATION NEEDS OF LIBRARY USERS

Table 2: Information Needs of Library Users

S/N	Items	Yes	No
1	Agriculture information needs	√	
2.	Sports and games Information needs	√	
3.	Health information needs	√	
4.	Property information needs	√	
5.	Politics information needs	√	
6.	Social information needs	√	
7.	Business / economy information needs	√	
8.	Educational information needs	√	
9.	Geographical information needs	√	
10.	Religion information needs	√	
	Total	100%	0%

Source: Field survey

From table 2 above, option “Yes” has 100% while, option “No” has 0%. It can be concludes that library users information needs cut across all itemized needs. This is because; option “Yes” is above 50%.

7.3 INFORMATION RESOURCES NEEDED BY LIBRARY USERS

Table 3: Information Resources Needed by Library Users

S/N	Items	Yes	No
1	Journals	√	
2	Text books	√	
3	News paper	√	
4	Magazine	√	
5	Reference materials	√	
6	Computers	√	
7	Radios	√	
8	Audio cassette		√
9	Internet	√	
10	Compact disc and Digital versatile disc	√	
11	Audio conferencing tools		√
12	Video conferencing tools		√
	Total	75%	25%

Source: Field survey

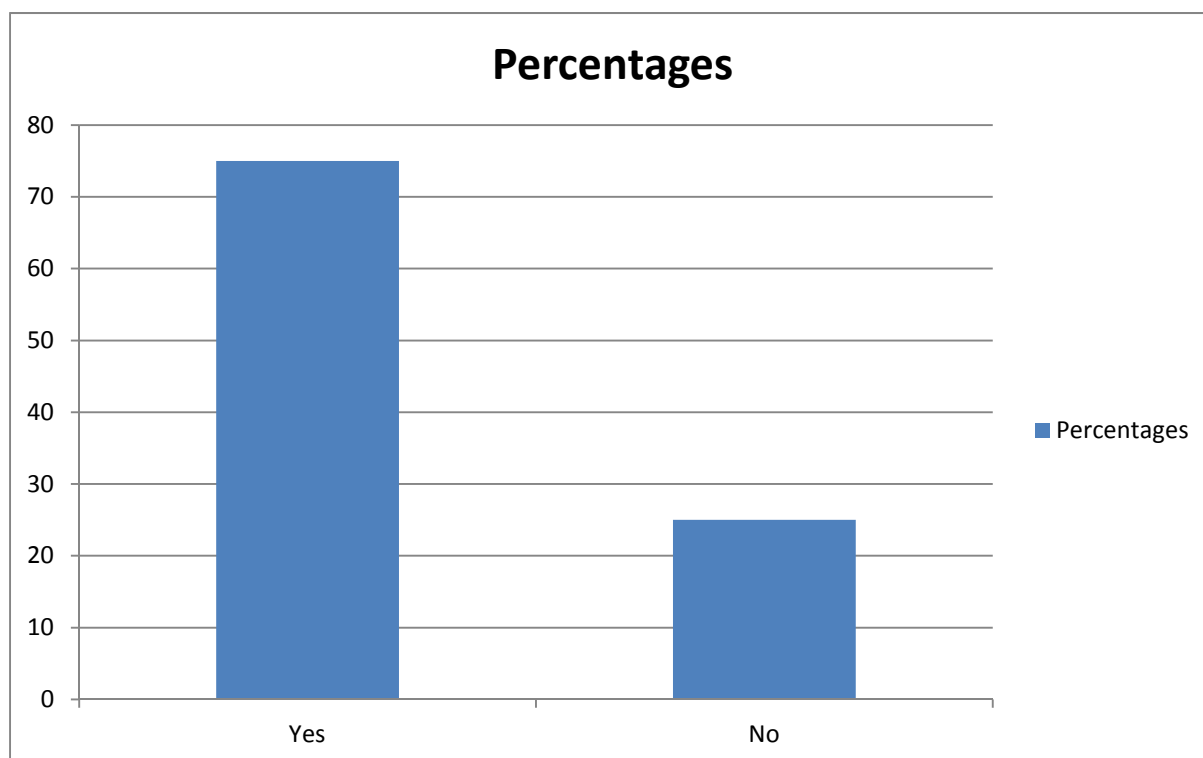


Fig. 1: Bar chart showing Percentages of Information Resources Needed by Library Users

From table 3 and its chart above, option “Yes” has 75% while, option “No” has 25%. It can be concluded that most of the itemized information resources are needed by library users. This is because option “Yes” is above 50%.

7.4 AVAILABLE OF INFORMATION NEEDED BY LIBRARY USERS

Table 4: Available of Information Needed by Library Users

S/N	Items	Respondents No	Percentages (%)
1	Yes	3	6.4
2	No	44	93.6
	Total	47	100%

Source: Field survey

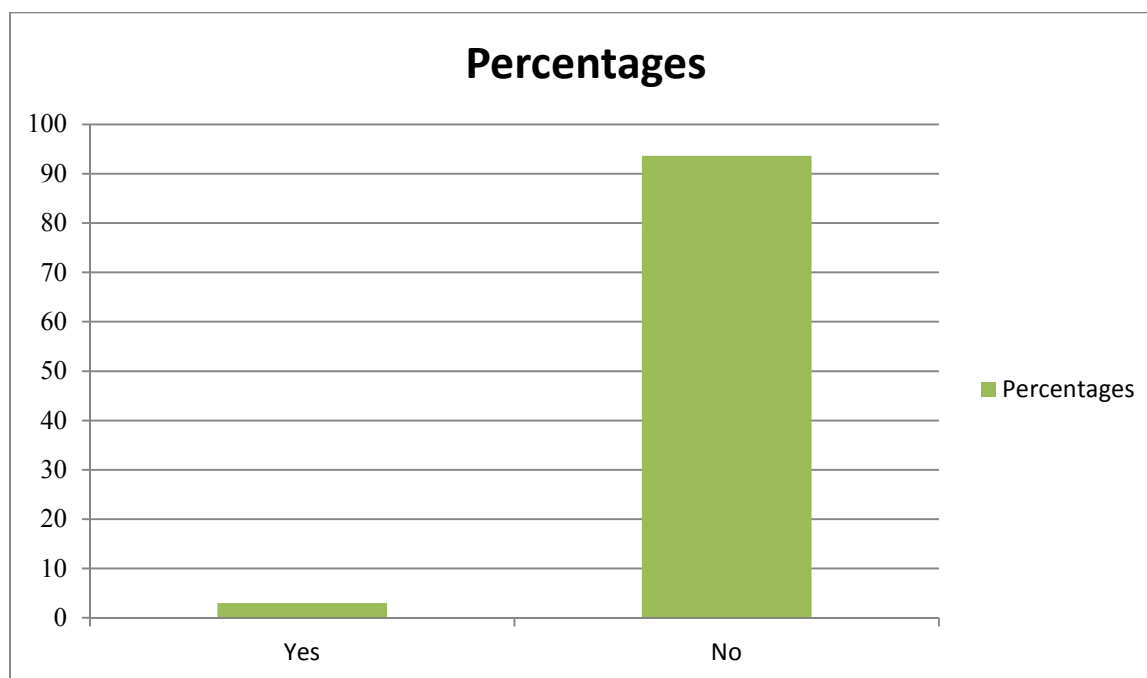


Fig. 2: Bar Chart showing the Percentages of Available of Information Needed by Library Users

From table 4 and its chart above, item “Yes” has 6.4% while item “No” has 93.6%. It can be deduced that information needed by majority of respondents are not available. This is because item “No” is above 50%.

7.5 AVAILABLE OF INFORMATION RESOURCES NEEDED BY LIBRARY USERS

Table 5: Available of Information Resources Needed by Library Users

S/N	Items	Respondents	Percentages (%)
1	Yes	9	19.1
2	No	38	80.9
	Total	47	100%

Source: Field survey

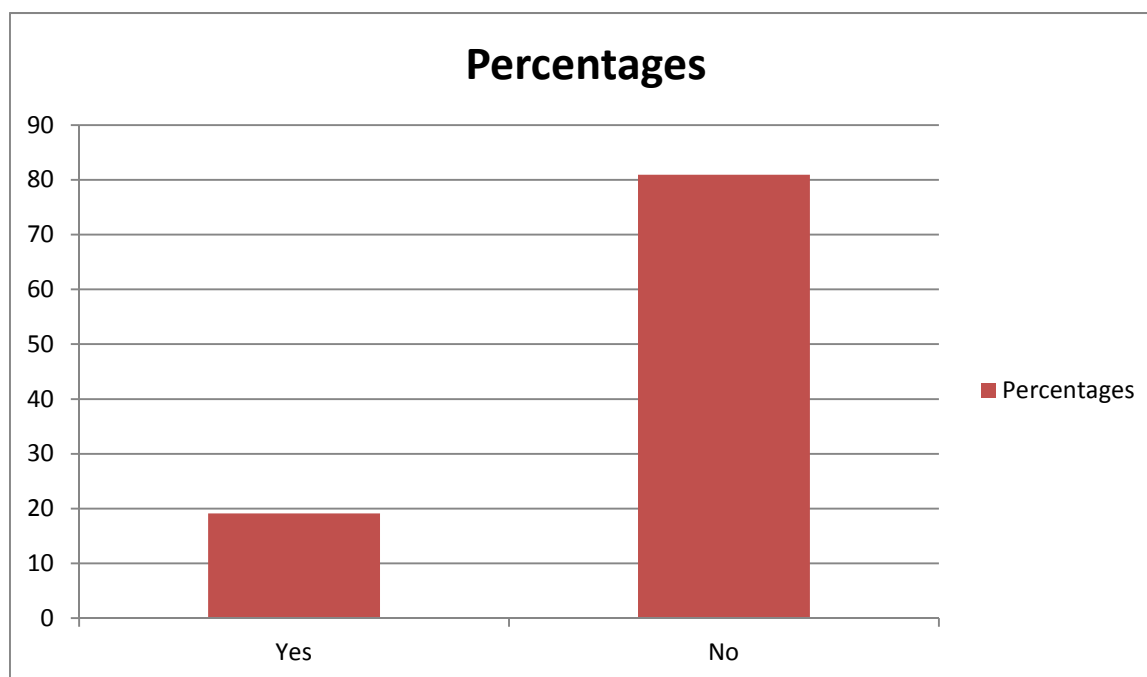


Fig. 3: Bar Chart showing the Percentages of Information Resources Needed by Library Users

From table 5 and its chart above, item "Yes" has 19.1% while item "No" has 80.9%. It can be concluded that majority of information resources needed by library users are not available. This is because item "No" is above 50%.

8 DISCUSSION OF THE FINDINGS

Beyond establishment or erect of build called public library. It is expected to render significant services to very great extent to the public where is located. From data analyzed it is observed that, services rendered in the public library understudy are not efficient. It is only reading, and leisure and recreation services that are great extent. Others are low extent but, least of all is services to disadvantaged groups which indicate no extent. Though, information acquired through interview illuminate that the library need a lot funds, information resources and staff motivation. Precisely, the library does not have capable vehicles to operate their extension services, and also information and communication technology infrastructures of reputable and good quantities are needed. More to these, it was discovered that almost information needed by library users are not available. This might be as a result of obsolete information resources that are available in the library. Though, information acquired through interview show that, some library friends such as neighboring banks and institutions use to donate few journals and magazines once in a while. But it is observed that the library do not have good numbers of information resources. It is imperative to note that, any public library that cannot rendered full primary services as noted by [6]; need to be restructure and guided. Furthermore, for public library not to meet the information needs of the public is not edifying; because information is a holistic product for survivor [1]. However, recommendations proffered should be cognizant of.

9 SUMMARY OF MAJOR FINDINGS

Based on data analyzed the following findings are summarized;

- Among the services rendered only reading, and leisure and recreation services are rendered at great extent. Information consultancy services, services with Information and Communication Technology, educational services, community information services, and extension services are rendered at low extent. While, services to disadvantaged groups is rendered at no extent.
- The information needs of library users includes agriculture, sports and games, health, property, political, social, business and economy, educational, geographical and religions.

- Needed information resources of library users are journals, text books, news papers, magazines, reference materials, computer system, radios, internet, and Compact disc-ROM and digital versatile disc-ROM
- 93.6% of respondents agreed, that, their information needed are not available in the library.
- 80.9% of respondents agreed, that, information resources needed are not available in the library.

10 IMPLICATION OF THE STUDY

Knowing the extent of services rendered, information needs met and provided information resources needed by library users in library understudy is essential. It is very unfortunate to note that essential services of public library are not rendered to very great extent despite values attached by [6]. It is also discovered that most information needed by library users are not acquired. This might result from not having available of information resources needed despite the importance attached to information and information resources [1]. To this end, it is important to note that if the essential services are not rendered to very great extent and needed information resources not made available in the library understudy; it roles as information facilitator and enabler will be eroded.

11 CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

In structuring public library for the benefit of general public; three aspects must be considered. These are: Service rendered, information needs and information resources to meet the needs. In the course of this study, it was discovered that services rendered in the public library understudy is not efficient neither there is sufficient information resources to meet the information needs of the library users. However, for public library to serve the general public effectively, the library must be well funded to run sundry activities and errant, library staff must be motivated with evidence of job satisfaction as well as proffered recommendations in Table 6 should be considered for services rendered while, information resources to be provided in the library should contains varieties of information as grouped for different information needs in Table 7.

Table 6: Public Library Services

S/N	Public Library Services	Activities in services
1	Leisure and recreation services	Setup Cinema shows *soccer's shows *selling of snack for refreshment *display of exhibition *local and foreign games play
2	Services to disadvantages groups	*Identify the categories of advantages groups such as hear impairment, blind, deaf and dump *Based on the groups provide them information resources to meet the needs. That is; visual information resources for hear impairment, audio information resources for blind, and while print and pictorial information resources for deaf and dump.
3	Extension services	*Visit villages to advertized the available of public library and its importance *Paste of information resources media such as postal, bills, letters and news paper cut on new issues or availability of information resources in the library *Paste information regarding information needs.
4	Services with Information and Communication Technology (ICT)	*Computer information works *Snapping and printing of digital passport and photographs *Cyber works * audio and video conferencing activities *Information package and repackaging
5	Information Consultancy Services	*Accept direct and indirect quires *Search for appropriate information based queries *Process, analyzed and disseminate information to seekers
6	Educational services	*Embrace information literacy *Make teaching and learning resources available and organize and set them for use
7	Reading services	*Display information resource on shelves at different rooms where specific information needs can be acquired *serve library users with specific information and information resources on request.
8	Community information services	*Cut and pastes information resources at strategic places and areas in the community *Send information to the public through religions houses such as churches and mosque *Broadcast important and urgent information to the public through radios and television stations, as well as town criers

Sources: Authors' experiences

Table 7: Information needs and the variables

S/N	Groups of Information needs	Information variables
1	Agricultural information needs	*Animal and birds' production *Plants and crops production (annual, bi-annual and perennial) *Animals, birds, plants, and crops diseases: causative agents, symptoms, preservation and controls *Products monetary values
2	Sports and games information needs	*Agility *Vaulting *Track events *Field events *soft games *Sport messages: pre-events, inter-events, and post-events
3	Health information needs	*Drugs *Nutrition *Foods *Body systems *Sickness *Human diseases: causative agents, symptoms, preservation and controls
4	Property information needs	*Lands and forestry *Buildings and materials *Vehicles *Wears
5	Political information needs	*Political parties *Systems of government *Political news and history *Political analyses and results *Political leaders
6	Social information needs	*Fashion *Recreation *Leisure *Friendships *Loves and affections *Social movies *Gender and genders differences
7	Business information needs	*Market and marketing *New products advertisement *Business policies *Entrepreneurships and practices *Gross domestic products *Gross national product *Banking and profit making
8	Educational information needs	*Education and comparative practices *Teaching, learning and research practice *Educational system and issues *Educational system and government involvement *Perspectives in pre-primary, primary, secondary and post secondary institutions. *Educational resources and finance
9	Geographical information needs	*Water bodies *Mountainous bodies *Vegetations *Planetary bodies *Climate and weather distributions *Continents *Latitude and longitude differences *Population distributions *Maps *Transportation *Mineral resources and locations
10.	Religion information needs	*Christianity *Islam *Traditional god worship *Naturalist

Sources: Authors' experiences

REFERENCES

- [1] S. A. Bello, G.D Choji, and M. A. Alla, "Business Information Services for Library and Information Professionals in Nigeria: Sensitivity and Evaluation" *Communicate: Journal of Library and Information Science*, vol. 15, no. 1, pp. 42-51, 2013.
- [2] W. O. Aiyepoku, "Information Transfer Implications of Development Research Administration in Nigeria", *Journal of Public Administration and Development*, vol. 3, no. 5, pp. 161-172, 1983.
- [3] Anyanwu, A., *Information Management*. In: B. C. Onuoha, (Eds) *Small Business Management and Entrepreneurship*, 2nd ed. African Entrepreneurship and Leadership Initiative, Port Harcourt, pp. 112- 124, 2008
- [4] S. O. Popoola, *LSE 122 Information and Development: Ibadan External studies Programme Series*. Ibadan: Center for External Studies; University of Ibadan, 2002.
- [5] L. O. Aina, *Library and Information Science Text for Africa*, Third World Information Science, Ibadan, 2004.
- [6] A.J.C. Mole, and C. L. Dim. "Public Libraries Information Services as Veritable Tools for National Transformation in Nigeria". *International Journal Educational Research*, vol. 11, no. 1, pp. 173-179, 2012.
- [7] T. Olantokun, *A Handbook in Library use understanding the Library*, Lagos: Antolu press, 1993.
- [8] E. A. A. N. Onyegade, and W.O Mokogrou, *Forty Years of Public Library Services in Nigeria*. In: S. D. Dkukokun, (Eds.) *Years of Library Services in Nigeria*, (NLA/ Ikofa press), pp. 1-2, 2003.
- [9] C. C. Aguolu, "A Force in Libraries Development in Nigeria" *World Libraries*, vol. 7, no 2, pp. 18-23, 1997.
- [10] J. A. Evans, *Tropical Library Service: The Study of Ghana's Libraries*. Accra Uto, 1964
- [11] C. O. Omekwu and C. F. Ugwuanyi, *Introduction to the use of library*. In: C. O. Omekwu, M. O. Okoye & C. N. Ezeani, (Eds.) *Introduction to the use of the Library and Study Skills*, Liberty Printing and Publishing Co: Nsukka, pp. 1-16, 2010.
- [12] K. Olowu, (2007). *Reference Services in Law Libraries*, In: C.O. Omekwu (Eds.) *Law Libraries in Nigeria*. Nigerian Association of Law Libraries, pp. 79-92. 2007.
- [13] I. B. Ohanu, "Challenges and Prospect of Using Information Technology (ICT) in Teaching and Learning of Electronic/Electronic in Technical Colleges in Anambra State" *International Journal Educational Research*, vol. 11, no. 1, pp. 154-161, 2012.
- [14] H. Perraton, C. Creed, & B. Robinsin, *Teacher Education Guides: Using Open and Distance Learning*. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001253/125396e.pdf>. on 13 January 2002.

- [15] M. Oujo, "Radio- Wiring Schools with Wireless". *Techknowlogia*, vol. 1no.1, pp. 26-28, 1999.
- [16] C. Hampton, & J. Bartra, *Delivering the Programme*. In: A. K. Mishra, and J. Bartram, (Eds.), *Perspectives on Distance Education: Skills Development through Distance Education*. Retrieved from http://www.col.org/skills_Development.pdf. on October 28, 2002
- [17] G. Stevens, Distance Learning for Technical and Vocational Education in Sub-Sahara Africa, 2001. Retrieved from <http://www.gtz.de/wbf/bibliothek/detail.asp> on 9 February 2003.
- [18] S. A. Bello, and M. A. Alla, "Challenges, Causes and Ways Forward in Using Computer System for Library Information Works: A Case Study of Nnamadi Azikwe University Library, Nsukka, Nigeria". *International Journal of Education and Research*, vol. 2, no. 8, pp. 11-20, 2014
- [19] W. Sawyer, *Using Information Technology: A practical Introduction to Computer and Communication*, London: Longman, 2003

La Réponse Hémodynamique Cérébral Pendant des Taches Mentales

[Hemodynamic Cerebral Response to Mental Tasks]

Chaima Hihoud¹⁻⁴, Beatriz Rey¹⁻², Noura Aknin⁴, Vera Pakhutik³, José Tembl³, and Mariano Alcañiz¹⁻²

¹IBBH/LabHuman, Universitat Politècnica de València, Camino Vera s/n, 46022, Valencia, Spain

²Ciber, Fisiopatología Obesidad y Nutrición, CB06/03 Instituto de Salud Carlos III, Spain

³Hospital University La Fe, Valencia, Spain

⁴Université Abdelmalek Essaadi, Faculté des Sciences, Tetouan, Morocco

Copyright © 2015 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: For generations, man has kept studying and thinking about the communication capacity that could be established between machines and thought. This is an old dream, a fantasy that was not supposed to happen some day: pushing the limits of the human condition. Nowadays, advances in science make this dream almost come true. We always wanted to have any kind of super power, but now it gets really believable or possible. We are the first species to take control of our own evolution, not in the future but right now, thanks to artificial intelligence. Artificial intelligence is a new technology that allows an old fantasy to come true: improving the daily human and build machines that haunt the imagination of science fiction. Technologies of cognitive neuroscience have recently increased considerably and helped to advance the understanding of some mechanisms of the brain and human thought. This advance was made possible thanks to developments in the technology field and the computer science progress.

KEYWORDS: Brain Activity, Blood Flow Velocity, Transcranial Doppler, Cerebral Artery, Virtual Reality

RESUME: Depuis des générations, l'homme n'a cessé d'étudier et d'imaginer la capacité de communication qui pourrait s'établir entre les machines et la pensée. Ces études ont nourri l'imagination de l'humanité sous la forme antique d'anciens mythes et plus moderne d'histoires de science fictions. C'est un vieux rêve, un fantasme qui n'était pas censé se réaliser un jour : repousser les limites de la condition humaine. Aujourd'hui le progrès de la science nous donne les moyens de tutoyer ce rêve. Nous avons toujours voulu avoir toute sorte de super pouvoir, mais aujourd'hui cela devient vraiment plausible voire possible. Nous sommes la première espèce à prendre le contrôle de notre propre évolution, non dans un futur lointain mais là maintenant grâce à l'intelligence artificielle. L'intelligence artificielle est une nouvelle technologie qui permet de réaliser un vieux fantasme : améliorer la vie quotidienne de l'homme et construire des machines qui hantent l'imaginaire de la science fiction. Les technologies de la neuroscience cognitive ont récemment progressé de manière spectaculaire et ont permis d'avancer sur la compréhension de certains mécanismes de fonctionnement du cerveau et de la pensée humaine. Cette avancée a été réalisée grâce aux développements dans le domaine de technologie de pointe et au progrès en informatique.

MOTS-CLEFS: activités cérébrales, vitesse du flux sanguin, Doppler Transcranial, artère cérébrale, réalité virtuelle.

1 INTRODUCTION

Que se passe-t-il dans votre cerveau en ce moment-même ? Voilà une question que tout le monde s'est posé au moins une fois et qui ne cesse de fasciner les scientifiques. Centre de contrôle mais aussi des pensées, le cerveau est un organe crucial dont on tente de percer les secrets depuis des décennies. Aujourd'hui, des scientifiques ont réussi à franchir un pas important vers la compréhension de l'activité de notre cerveau.

Dans le domaine de contrôle et de surveillance des activités cérébrales dans certain environnement, la technique de Doppler TCD est largement utilisée par les chercheurs et les laboratoires des neurosciences parce qu'elle est la plus adéquate pour la réalisation des tests pratiques [1,2]. En se concentrant sur TCD, cette technique est basée sur l'effet Doppler qui fournit des mesures de haute résolution temporelle de la vitesse du flux sanguin local et en direction de la partie proximale des grosses artères intracrâniennes [2,3]. A l'aide d'une sonde placée sur le crâne du sujet, un faisceau d'ultrasons est émis, et ensuite un signal est reçu par la même sonde après avoir été réfléchi par les cellules sanguines en mouvement à travers les vaisseaux du cerveau. Le décalage de fréquence entre le émis et les signaux reçus permet le calcul de la vitesse des cellules sanguines. La sonde est placée de préférence sur la fenêtre transtemporel [3], un lieu qui permet l'enregistrement des principales artères cérébrales, permettant l'enregistrement de renseignements de l'artère cérébrale moyenne (MCA), l'artère cérébrale antérieure (ACA) et l'artère cérébrale postérieure (PCA), dans l'hémisphère gauche et droit.

Ces études ont été principalement basées sur l'analyse de la vitesse maximale et la vitesse moyenne des signaux de flux du sang (BFV : blood flow velocity). Des recherches antérieures ont montré que la BFV moyenne obtenus à partir de données TCD augmente lorsque les utilisateurs font une activité cognitive par rapport aux périodes de référence [4,5]. Comme l'immersion et la navigation virtuelles étant une expérience complexe [6,7], des différentes expériences sont proposées pour surveiller l'activité du cerveau pendant l'exécution de tâches simples, comme les tâches de perception visuelle et des tâches motrices. Différents paramètres des signaux seront obtenus selon le type de l'analyse utilisée, et les contributions de ces paramètres pour l'analyse de l'expérience de réalité virtuelle sera discuté.

Avec ce travail, nous confirmons qu'il est possible d'analyser les données capturées avec TCD des sujets réagissant à des stimuli visuels ou motrice, l'obtention des paramètres objectifs de la méthodologie proposée pour estimer les variations entre le repos et l'activation.

Notre objectif principal était d'obtenir une meilleure compréhension des processus qui se produisent en réponse à ces stimuli. Compte tenu de l'importance des régions cérébrales occipitales (postérieures) dans la perception visuelle, le signal de l'artère cérébrale postérieure bilatérale (PCA) a été surveillé. Et aussi l'étude du signal l'artère cérébrale moyenne (MCA) durant la perception motrice (mouvements de la main pour contrôler la manette), comme dans les études précédentes.

L'une des principales contributions de la présente étude est la proposition d'une méthodologie pour l'analyse temporelle des signaux BFV. Nous avons appliqué différentes analyses afin de déterminer les périodes qui reflètent des différences significatives entre les valeurs BFV pour différentes périodes de repos et l'activation de calcul des paramètres d'intérêt dans la moyenne globale des différentes périodes (de repos et d'activation).

Ce genre d'études peut être utile pour de futures études utilisant TCD, qui aspirent à une meilleure compréhension de l'activité cérébrale dans les milieux V.R. Chaque facteur contribuant à générer une expérience complète de V.R. doit être étudiée séparément pour analyser son influence sur les variations BFV, afin de mieux comprendre l'activité du cerveau dans des environnements V.R. D'autres études seront nécessaires pour analyser moteurs stimuli avec une plus grande complexité et d'autres facteurs individuels qui contribuent à l'expérience V.R.

2 MÉTHODE

Comme on a déjà mentionné, ce travail est basé sur deux études expérimentales pour analyser la réponse cérébrale. L'étude a comme référence les expériences suivantes :

2.1 LA PERCEPTION VISUELLE

2.1.1 PARTICIPANTS

Vingt-trois volontaires droitiers (13 hommes, 10 femmes) d'âges allant de 19 jusqu'à 66 ans (âge moyen: 33,52) ont participé à l'étude. Les essais ont été réalisés dans une chambre calme et sombre. Dans la phase préparatoire, les sujets ont reçu des instructions écrites pour l'expérience basée sur l'Inventaire de Dominance d'Édimbourg.

2.1.2 MATERIELS

Nous avons utilisé l'unité Doppler-Box; (DWL Compumedics Germany GmbH, Singer, Allemagne), pour obtenir une mesure bilatérale continue du signal Doppler. Cet appareil a permis le calcul en ligne de la BFV pendant l'expérience. Ce dispositif a été connecté à un ordinateur dans lequel un logiciel DWL Doppler (logiciel QL) a été utilisé pour recevoir les données à partir de la boîte de Doppler.



Figure 1: Le Doppler Box utilisé pour enregistrer le signal de la vitesse d'écoulement de sang.

La pression artérielle a été mesurée avant et après les tâches visuelles à l'aide d'un moniteur de pression artérielle de poignet (R3 Intellisense; Omron Healthcare Co., Ltd, Kyoto, Japon).

Un projecteur Sony VPL-CX5 (Sony, Minato, Tokyo, Japon) a été connecté à un PC pour fournir la stimulation visuelle.

2.1.3 PROCÉDURE

La stimulation visuelle a été fournie par la présentation développée dans Microsoft Office PowerPoint qui a été projetée sur l'écran. Il affiche des diapositifs vides en noir et blanc alternativement, chacun d'entre eux apparaissant pour une durée fixe de 20 s.

Les sujets ont été exposés à de courtes périodes d'obscurité et de l'éclairage (20 de la longueur de chaque période). La présentation entière a duré 6 minutes et 40 s. Il a montré des diapositifs vides en noir et blanc alternativement, chacun d'entre eux apparaissant pour une durée fixe de 20 s. Cette longueur a été sélectionnée conformément à la méthodologie appliquée dans d'autres études précédentes qui ont également utilisé en alternance des périodes de repos et d'activation de 20s [1,8]. Cette durée est suffisamment longue pour garantir que le temps maximal après le début de la tâche mentale se trouve à l'intérieur de la période d'analyse. Lors de la projection des diapositifs noirs, la salle devient complètement sombre (périodes de repos). Lorsque les diapositifs blancs ont été projetés, l'écran en face de l'objet était éclairé (périodes d'activation). L'apparition de chaque diapositive a été marquée avec un bip sonore qui indique au sujet que le diapositif est changé. L'expérience entière rassemblait dix répétitions de cycles de repos et d'activation. L'utilisateur a fermé et ouvert les yeux alternativement, coïncidant avec les périodes de repos et d'activation.

Enfin, lorsque la phase de stimulation visuelle a été réalisée, la pression artérielle du sujet a été mesurée à nouveau, juste pour confirmer que l'expérience ne change pas la pression artérielle du sujet de manière significative.

Les données de BFV obtenues dans les deux artères PCA droit et gauche atteignent leur maximum, ces signaux correspondent à la vitesse instantanée de cellules sanguines dans les vaisseaux. Pendant les périodes d'activation et de repos les données BFV dans PCA-L et PCA-R ont été acquises avec une fréquence d'échantillonnage de 100 Hz. Le BFV de certains sujets n'a pas été inclus dans l'analyse, car un signal assez clair de la qualité n'a pas pu être observé pour les deux PCA.

Pour chaque participant et chaque échantillon temporel du signal BFV, un test t a été appliqué pour évaluer s'il y avait des différences significatives entre les valeurs BFV correspondant aux différentes périodes de repos et d'activation. La moyenne

globale des différentes périodes de repos et d'activation a été calculée. L'analyse est limitée aux périodes où des différences significatives entre le repos et l'activation ont été observées, améliorant ainsi la précision temporelle de la méthode. Les valeurs de la vitesse moyenne d'écoulement de sang ont été calculées à partir de la moyenne globale de BFV lors de l'activation et de repos. Ces valeurs peuvent être utilisées pour analyser les différences globales entre les périodes de repos (vs activation), comme dans les études précédentes [8], [9].

2.2 LA PERCEPTION MOTRICE

2.2.1 PARTICIPANTS

Pour atteindre notre objectif, nous avons invité 25 volontaires pour participer à l'expérience, les participants de différents âges (à partir de 22 à 47 ans - âge moyen de 34,5 ans) et différents sexes (10 hommes et 15 femmes), parmi eux seuls deux hommes étaient gauchers. Les tests ont été effectués dans une chambre calme et sombre. Dans la phase préparatoire, les sujets ont reçu des instructions écrites pour l'expérience. Lorsqu'ils ont terminé, ils se sont assis sur une chaise en face d'un écran (2,40 x 1,80) m². Deux sondes fixées symétriquement et maintenues en place pour superviser les Artères cérébrales moyennes gauche et droite (MCA-L et MCA-R) pendant l'expérience à travers la fenêtre temporelle.

2.2.2 MATÉRIELS

Une boîte de Doppler pulsée d'une onde de 2 MHz (DWL Compumedics Germany GmbH, Singer, Allemagne), a été utilisée pour obtenir une mesure bilatérale continue du signal Doppler. La technologie numérique intégrée offre une meilleure qualité de signal et un accès total aux données brutes pour une analyse externe complète du signal qui est exporté en format ASCII. Le logiciel fournit une excellente représentation graphique de la circulation du sang dans les vaisseaux situés dans le faisceau d'ultrasons. L'affichage en mode M Doppler permet de déplacer à travers toute la gamme de profondeur et ainsi sélectionner facilement les meilleurs signaux Doppler et les données cliniques les plus pertinentes.



Figure 2: Doppler pulsé utilisé pour enregistrer le signal de la vitesse d'écoulement de sang.

La pression artérielle a été mesurée avant et après les tâches visuelles à l'aide d'un moniteur de pression artérielle de poignet (R3 Intellisense; Omron Healthcare Co., Ltd, Kyoto, Japon).

Un projecteur Sony VPL-CX5 (Sony, Minato, Tokyo, Japon) a été connecté à un PC pour fournir la stimulation visuelle.

Et un joystick (Logitech Freedom 2.4 Cordless, Tokyo, Japon) a été utilisé pour réaliser les mouvements demandés à travers l'écran.

2.2.3 PROCÉDURE

Une fois que les sondes avaient été ajustées, le sujet a été demandé de se détendre pour mesurer sa tension artérielle. Ensuite, l'étape de stimulation motrice commence. Les instructions ont été fournies par une présentation Microsoft PowerPoint projetée sur un écran large; il affiche des diapositifs avec textes décrivant le type de mouvements de la main pour chaque instant, chaque apparition dure une période fixe de 20 s. La présentation complète dure 6min 40s.

Au début, le sujet met ses deux mains sur la table d'une façon confortable sans aucun mouvement. Une fois le diapositif apparaît sur l'écran en lui donnant l'instruction, le participant détient les manettes de jeu et commence à le déplacer à l'aide de la main droite (période d'activation), juste au moment où la période de 20s se termine, il se repose pour une durée de 20 s (période de repos) jusqu'à que diapositif suivant soit affiché avec l'instruction de déplacer la manette de commande avec la main gauche pendant la même période de 20s, et ainsi de suite jusqu'à la fin de la présentation. L'apparition de chaque diapositif a été marquée par un bip acoustique qui indique au sujet que diapositif a changé. L'expérience est consistée de 10 répétitions de cycles repos-activation. Les sujets bougent et détendent leurs mains alternativement en coïncidant avec les périodes de repos et d'activation.

Juste après que l'expérience est terminée, la tension artérielle du sujet a été mesurée à nouveau, juste pour confirmer que l'expérience ne change pas la pression artérielle du sujet de manière significative.

Les signaux maximums BFV dans MCA-L et MCA-R, qui correspondent à la vitesse instantanée de cellules du sang dans les vaisseaux, ont été enregistrées. Les données BFV dans les vaisseaux pendant les périodes d'activation et de repos de ont été acquis avec une fréquence d'échantillonnage de 100 Hz. Les données BFV de certains sujets ne sont pas incluses dans l'analyse, car un signal assez clair de la qualité n'a pas pu être observé pour les deux MCA. Les données maximales BFV étaient filtrés passe-bas pour les raffiner et les normaliser par rapport à leur valeur moyenne avant l'analyse qui suit.

3 RÉSULTATS

Un résumé des résultats dans les différents vaisseaux et dans les différentes conditions est illustré dans les figures suivantes. Les figures 3 et 4 montrent la moyenne et l'écart type de la vitesse d'écoulement de sang au cours des périodes de l'activation et de repos dans les différents les conditions et différents vaisseaux.

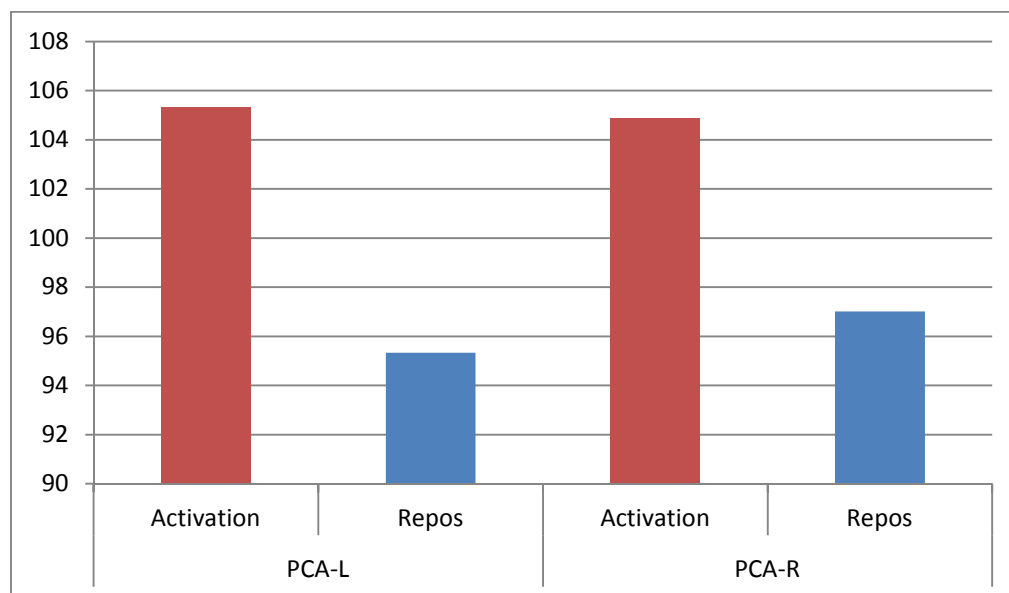


Figure 3 : Moyenne de la vitesse moyenne d'écoulement du sang lors de l'activation et de périodes de repos.

PCA-L= l'artère cérébrale postérieure bilatéral gauche; PCA-R= l'artère cérébrale postérieure bilatérale droit.
PCA-L et PCA-R les signaux de BFV des périodes de repos et d'activation;

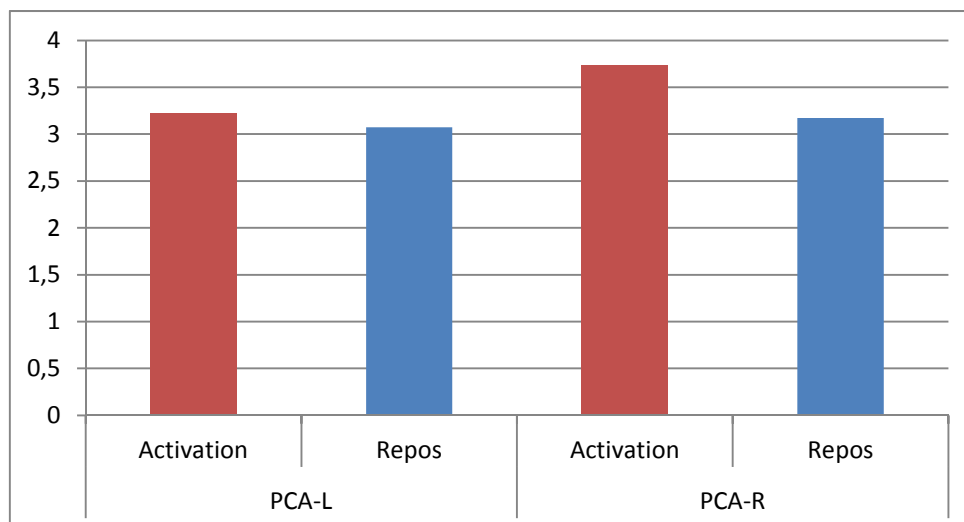


Figure 4 : l'écart type de la vitesse moyenne d'écoulement du sang lors de l'activation et de périodes de repos.

PCA-L= l'artère cérébrale postérieure bilatéral gauche; PCA-R= l'artère cérébrale postérieure bilatérale droit.
PCA-L et PCA-R les signaux de BFV des périodes de repos et d'activation;

Nous représentons dans la figure 5, la moyenne calculée pour la moyenne normalisée BFV pendant les deux périodes d'activation et de repos dans chaque vessel des artères cérébrales moyennes gauche et droite dans les différentes tâches lorsque les sujets utilisent la main droite et gauche. La figure 6 montre l'écart type de ce parametre pour la moyenne normalisée BFV pendant les deux périodes d'activation et de repos dans chaque vessel des artères cérébrales moyennes gauche et droite dans les différentes tâches lorsque les sujets utilisent la main droite et gauche.

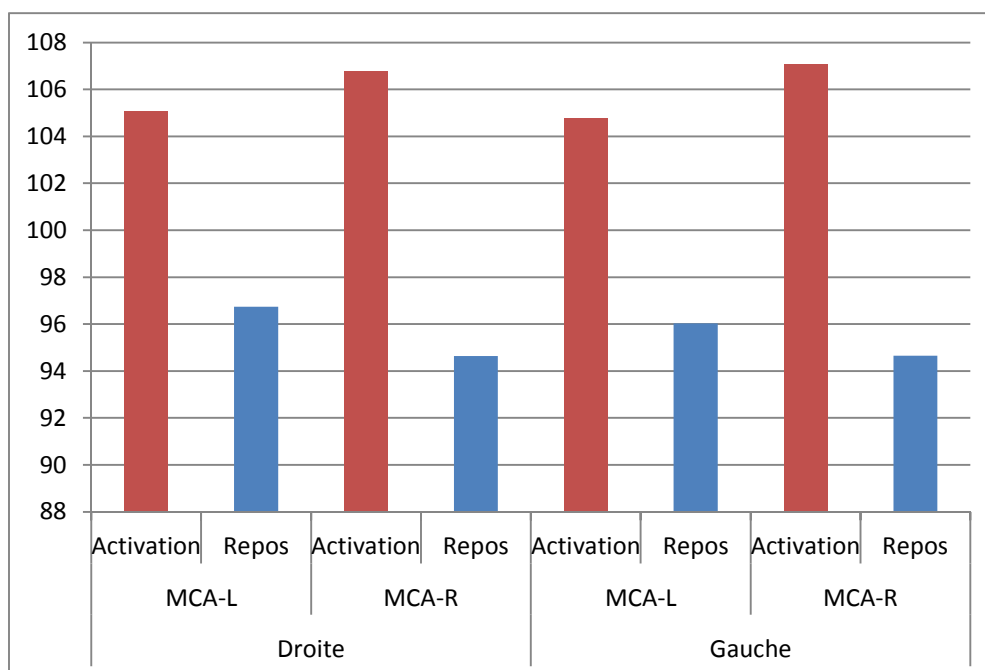


Figure 5 : Moyenne de la vitesse d'écoulement de sang moyenne normalisée pendant les périodes d'activation et de repos dans chaque navire dans les artères cérébrales moyennes droit et gauche dans les différentes tâches lorsque les participants utilisent la main gauche.

MCA-L= l'artère cérébrale moyenne bilatéral gauche; MCA-R= l'artère cérébrale moyenne bilatérale droit.
MCA-L et MCA-R les signaux de BFV des périodes de repos et d'activation;

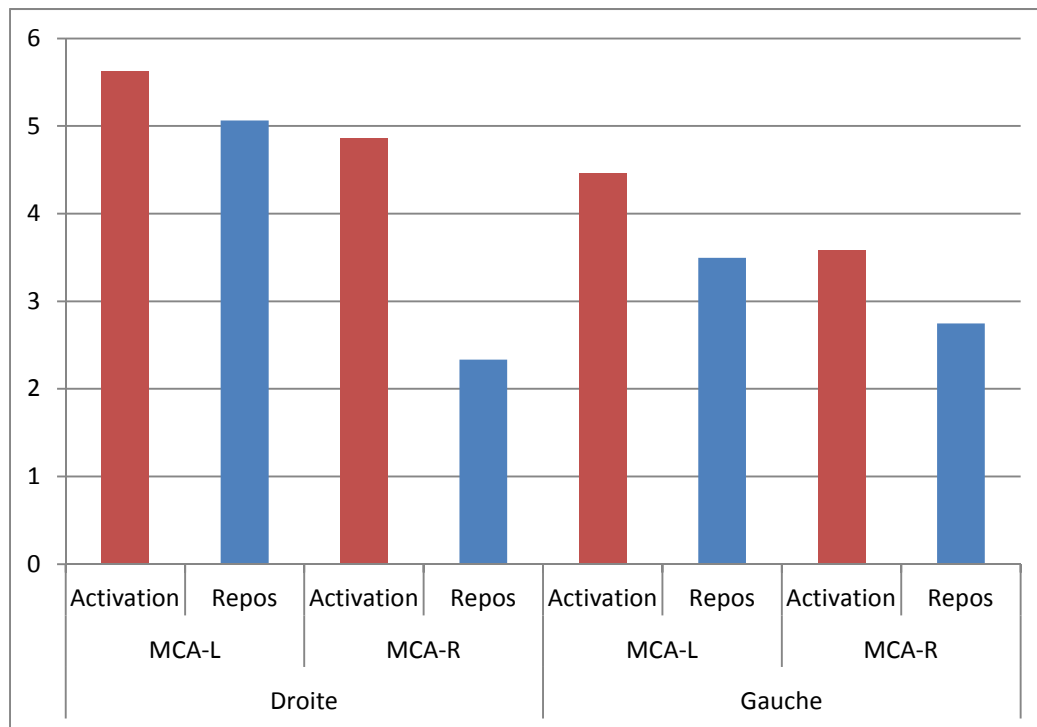


Figure 6 : l'écart type la vitesse d'écoulement de sang moyenne normalisée pendant les périodes d'activation et de repos dans chaque navire dans les artères cérébrales moyennes droit et gauche dans les différentes tâches lorsque les participants utilisent la main gauche.

MCA-L= l'artère cérébrale moyenne bilatérale gauche; MCA-R= l'artère cérébrale moyenne bilatérale droit.
MCA-L et MCA-R les signaux de BFV des périodes de repos et d'activation;

4 DISCUSSION

L'étude présentée dans ce travail montre que l'exécution des tâches mentales (visuelles ou motrices) provoque une augmentation de la BFV maximale en quelques secondes après le début de la stimulation de signal BFV.

Avec ce travail, nous confirmons qu'il est possible d'analyser les données BFV capturées avec TCD des sujets réagissant à des stimuli visuels, obtenir les paramètres objectifs de la méthodologie proposée pour estimer les variations entre le repos et l'activation.

Les résultats de ce travail montrent comment un type spécifique de stimuli peut contribuer à l'interprétation de l'évolution de la BFV pendant les expériences dans VE. En présence de stimuli visuels. L'activité dans le lobe occipital du cerveau, provoquée par le stimulus visuel est à l'origine de l'augmentation du BFV que l'on observe dans les PCA dans la présente étude. Les paramètres obtenus ont montré des variations importantes entre la période de repos et activation de MCA -L et MCA - R Ces résultats sont en cohérence avec les études antérieures, [2, 3, 10, 11, 12 et 13].

La répétition de la même expérience à plusieurs reprises (10 fois exactement) et le fait d'appliquer un test t fournit une exactitude optimale lorsque l'on cherche à localiser exactement l'intervalle de temps où il existe des différences significatives dans la BFV entre le repos et l'activation (lors de l'exécution d'une tâche donnée). L'exactitude fournie par le procédé a un impact important lors de l'étude de l'activation du cerveau.

La TCD a été choisie pour être utilisée dans notre étude, non seulement en raison de l'absence d'envahissement, mais aussi en raison de sa capacité à fournir des informations instantanées sur les changements de débit cérébral et la capacité minimiser les influences que les facteurs environnementaux peuvent provoquer. La possibilité d'enregistrer en même temps les deux vaisseaux de gauche et droit de l'hémisphère du cerveau réduit les effets de l'enregistrement de chaque vessel séparément. De plus, il nous permet d'analyser l'évolution temporelle de l'activation cérébrale dans chaque hémisphère en fonction de ses variations de vitesse d'écoulement de sang, qui peuvent être appliquées dans les études de latéralité.

Ce genre d'études peut être utile pour de futures études utilisant TCD aspirant à une meilleure compréhension de l'activité cérébrale dans les réglages VR. Chaque facteur contribuant à générer une expérience complète de VR doit être

étudiée séparément pour analyser son influence sur les variations BFV, afin de mieux comprendre l'activité du cerveau dans des environnements VR. D'autres études seront nécessaires pour analyser les stimuli visuels avec une plus grande complexité et d'autres facteurs individuels qui contribuent à l'expérience VR.

REMERCIEMENTS

Cette section non numérotée est utilisée pour identifier les personnes qui ont aidé les auteurs dans l'accomplissement du travail présenté et de reconnaître les sources de financement.

REFERENCES

- [1]. R. Aaslid, T.M. Markwalder, H. Nornes. Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. *J Neurosurg* 1982;57:769–774.
- [2]. N. Stroobant, G. Vingerhoets. Transcranial Doppler ultrasonography monitoring of cerebral hemodynamics during performance of cognitive tasks: A review. *Neuropsychol Rev* 2000;10:213–231.
- [3]. G. Orlandi and L. Murri, Transcranial Doppler assessment of cerebral flow velocity at rest and during voluntary movements in young and elderly healthy subjects, *International Journal of Neuroscience*, vol. 84, no. 1, pp. 45–53, 1996.
- [4]. S. Duschek, R. Schandry. Functional transcranial Doppler sonography as a tool in psychophysiological research. *Psychophysiology* 2003;40: 436–454.
- [5]. R.E. Kelley, J.Y. Chang, N.J. Scheinman, B.E. Levin, R.C. Duncan, S.C. Lee. Transcranial Doppler assessment of cerebral flow velocity during cognitive tasks. *Stroke* 1992;23:9–14.
- [6]. Mariano Alcañiz, Beatriz Rey, José Tembl, Vera Parkhutik, “A Neuroscience Approach to Virtual Reality Experience Using Transcranial Doppler Monitoring”. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 18(2): 97-111, 2009.
- [7]. Beatriz Rey, Vera Parkhutik, Mariano Alcañiz, José Tembl, Valery Naranjo. “Transcranial Doppler: A Tool for Augmented Cognition in Virtual Environments”. *Computer Science*, page 427-436. Springer, 2009.
- [8]. B. Rey, V. Naranjo, V. Parkhutik, J. Tembl, M. Alcañiz. A New Visually Evoked Cerebral Blood Flow Response Analysis Using a LowFrequency Estimation. *Ultrasound in Medicine and Biology*, 36(2010), 383-391.
- [9]. S. Knecht, B. Drager, M. Deppe, L. Bobe, H. Lohmann, A. Floel, E.B. Ringelstein, H. Henningsen. Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans. *Brain* 2000;123:2512.
- [10]. M. Sitzer, U. Knorr, and R. J. Seitz, “Cerebral hemodynamics during sensorimotor activation in humans,” *Journal of Applied Physiology*, vol. 77, no. 6, pp. 2804–2811, 1994.
- [11]. J. Klingelhöfer, G. Matzander, D. Sander, J. Schwarze, H. Boecker, and C. Bischoff, “Assessment of functional hemispheric asymmetry by bilateral simultaneous cerebral blood flow velocity monitoring,” *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, vol. 17, no. 5, pp. 577–585, 1997.
- [12]. M. Matteis, C. Caltagirone, E. Troisi, F. Vernieri, B. C. Monaldo, and M. Silvestrini, “Changes in cerebral blood flow induced by passive and active elbow and hand movements,” *Journal of Neurology*, vol. 248, no. 2, pp. 104–108, 2001.
- [13]. M. Silvestrini, C. Caltagirone, L. M. Cupini, M. Matteis, E. Troisi, and G. Bernardi, “Activation of healthy hemisphere in poststroke recovery. A transcranial Doppler study,” *Stroke*, vol. 24, no. 11, pp. 1673–1677, 1993.

Préférences et aversions au Maroc et les facteurs qui les influencent

[Preferences and aversions in Morocco and influencing factors]

Rachida Belloute and Mohammed Diouri

Département de Biologie,
Université Moulay Ismail, Faculté des Sciences,
B.P. 11201, Zitoune, Meknès, Maroc

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper presents a study on the description of eating behavior in humans, whose main objective is to know the current choice of Moroccan and study the influencing factors. This study is based on a structured questionnaire administered to a random sample of 100 respondents. This survey showed that the perception of a food is not only determined by its organoleptic properties but also by its nutritional properties and by social factors. These determinants are influenced by several factors including age, gender, level of education and specialization, health, and cultural factors. The results obtained confirm that the consumption patterns of individuals are not diversified; they are based primarily on the meats with a strong attraction to the sweet taste. Addictions and aversions were also the subject of this study. We found that all addictions and aversions emerged from childhood and addictive foods are mainly sugar products, coffee, and tea. These behaviors were governed by factors related to the individual and the environment

KEYWORDS: Eating behavior, addiction, taste, organoleptic properties, nutritional properties

RESUME: Cet article présente une étude sur la description du comportement alimentaire chez l'homme, dont l'objectif principal est de connaître le choix actuel des marocains et étudier les facteurs qui l'influencent. Elle est basée sur un questionnaire structuré auprès d'un échantillon de 100 enquêtés. Cette enquête montre que la perception d'un aliment n'est pas uniquement déterminée par ses propriétés organoleptiques mais aussi par ses propriétés nutritionnelles et des facteurs sociaux. Ces déterminants sont influencés par plusieurs facteurs notamment l'âge, le sexe, le niveau d'étude et la spécialité, l'état de santé et les facteurs culturels. Les résultats obtenus permettent de confirmer que les habitudes de consommation des individus ne sont pas diversifiées ; elles se basent principalement sur les viandes avec une forte attirance à la saveur sucrée. Les addictions et les aversions font également l'objet de cette étude, nous avons remarqué que toutes les addictions et les aversions déclarées sont apparues depuis l'enfance et que les aliments addictifs sont principalement les produits sucrés, le café et le thé. Ces comportements sont régis par des facteurs liés à l'individu et à l'environnement.

MOTS-CLEFS: Comportement alimentaire, addiction, goût, propriétés organoleptiques, propriétés nutritionnelles

1 INTRODUCTION

Le comportement alimentaire désigne l'ensemble des conduites d'un individu vis-à-vis de la consommation des aliments. La principale fonction physiologique de ce comportement est d'assurer l'apport des substrats énergétiques et des composés biochimiques nécessaires à l'ensemble des cellules de l'organisme [1]. Il participe donc au maintien d'un état de bien-être physique, psychologique et social qui définit la santé. Il est régi à la fois par des systèmes physiologiques, psychologiques, techniques, sociaux et économiques [2].

Le choix des aliments dépend en premier lieu de la mémoire que nous en avons (préférences acquises) grâce à un mécanisme d'apprentissage biologique de type pavlovien [3] et de préférences qui existent depuis la naissance (préférences innées) [4], [5]. Ces choix alimentaires sont donc ajustés par des mécanismes neurophysiologiques qui permettent d'associer les propriétés sensorielles des aliments ingérés et leurs effets postingestifs, positifs ou négatifs, induisant ainsi des préférences ou des aversions. Une aversion gustative est définie comme un sentiment d'antipathie violente, voire de répulsion à l'égard d'un goût [6], elle est conditionnée en associant un goût à un sentiment déplaisant, généralement la nausée [7]. Comme l'animale, l'homme apprend avec une performance étonnante à éviter les ingesta dont la consommation a été suivie (même plusieurs heures plus tard) d'un malaise, surtout gastro intestinal, cette capacité étonnante d'apprentissage est favorisée lorsque le goût qui précède le malaise est nouveau [8]. Par contre l'addiction est définie comme une consommation compulsive irrésistible, malgré ses conséquences désastreuses pour la santé physique ou mentale [9]. L'homme parvient à établir la liaison entre un goût et les conséquences, bonnes ou mauvaises, qu'il ressent plus tard.

Au Maroc, pendant les dernières années, les soucieux de la santé de la population et les spécialistes en nutrition ont beaucoup insisté sur le fait que les habitudes alimentaires semblaient se déstructurer [10]. Les populations Marocaines, autrefois, vivaient selon une alimentation traditionnelle, se nourrissant essentiellement de céréales, de légumes et de fruits (produits du terroir). Ces aliments végétaux, socialement pauvres mais diététiquement riches (riche en fibres et faible en graisses et sucres). L'alimentation traditionnelle est fondée sur un ensemble d'usages et de rites sociaux qui déterminent et encadrent l'alimentation des individus (on mange à certaines heures, dans un certain ordre, avec certaines personnes, selon certaines règles...). L'urbanisation, l'industrialisation des villes, des changements de l'environnement socio-économique et la mondialisation, puis l'entrée croissante des femmes dans la vie professionnelle et les contraintes de temps, favorisent cette déstructuration des habitudes alimentaires (l'augmentation du grignotage hors repas, l'irrégularité des repas, le fait de ne pas les prendre ensemble ou selon les repères alimentaires traditionnelles...) et provoquent la transition nutritionnelle [11]. L'apparition de ces nouvelles mœurs alimentaires chez les individus pourrait influencer leurs choix vis-à-vis des aliments. A cet effet, l'objectif de ce travail est de connaître le choix actuel des marocains et étudier les facteurs qui l'influencent.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 POPULATION ETUDIEE

L'étude a porté sur un échantillon de 100 enquêtés recrutés d'une manière aléatoire et qui ont accepté d'y participer (dans la rue, dans les jardins publics, dans les supers marchés, devant les écoles et les facultés et dans les associations), âgés de 12 à 70 ans, d'origine urbaine et rurale, appartenant principalement à la région Meknès-Tafilalet. Il comporte des hommes, des femmes et des enfants appartenant aux différentes classes sociales et de niveaux de vie différents, de niveaux d'étude différents et d'origines culturelles différentes. La description de la population étudiée est illustrée dans le tableau 1.

Tableau 1. Description de la population étudiée

Variables	effectifs
Groupes d'âge	
12-23	25%
24-35	41%
36-47	24%
48-59	6%
60-70	4%
Sexe	
Hommes	27%
Femmes	73%
Origine	
Urbaine	79%
Rurale	21%
Niveau d'étude	
Inférieur au Baccalauréat (y compris les analphabètes)	30%
Baccalauréat	19%
Supérieur au Baccalauréat	51%
Spécialité	
Sans spécialité (y compris les analphabètes)	22%
Littéraires	37%
Scientifiques	41%
Classes sociales et niveaux de vie	
Avec travail	52%
Sans travail	48%
Résidence	
Meknès- Tafilalet	91%
Fès	6%
Taza	3%
Origine culturelle	
Oujda	2%
Taza- Al-Hoceima-Taounate	14%
Fès	4%
Meknès-Tafilalet	74%
Rabat-salé	4%
Casablanca	2%

2.2 METHODE D'ENQUETE

Notre enquête était transversale par interview (méthode de face à face), et s'est déroulée au moyen d'un questionnaire structuré auprès des individus qui ont accepté d'y participer. Les données étaient remplies sur le questionnaire en papier. Le protocole de l'enquête, défini en fonction des objectifs d'étude, incluait des questions portant sur: les caractéristiques sociodémographiques de chaque enquêté (nom, sexe, âge, statut marital, niveau d'étude, spécialité, profession), l'activité physique, les conditions physiologiques, les comportements de choix des aliments, les habitudes de consommation, les aversions et les addictions.

L'enquête s'est déroulée entre les mois de mai 2012 et juin 2013. Le questionnaire était composé de questions fermées et ouvertes. Les données collectées étaient de nature qualitative et quantitative.

Avant le début de l'enquête principale, le questionnaire a été testé auprès d'un échantillon préliminaire de 20 enquêtés afin de contrôler la compréhension et la conformité des questions avec les objectifs recherchés.

2.3 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES

Les informations collectées étaient transférées sur un tableur (Excel). L'analyse statistique des données s'est faite par le logiciel SPSS Statistics 20.0 [12], et par le logiciel R. 3.0.3 [13].

Le traitement statistique des données s'est fait selon la nature des variables. La relation entre les variables quantitatives a été testée par la Corrélation, et par l'Analyse en Composantes Principales (ACP) [14]. La relation entre les variables qualitatives a été testée par le test du χ^2 , et selon l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) [15], [16]. La liaison entre une variable qualitative et une variable quantitative a été testée, soit par une Analyse de la Variance (ANOVA) [16], [17] soit par un test t de Student.

L'étude du rôle des sens sur le choix des aliments et les facteurs qui l'influencent notamment le facteur « âge » est effectuée par l'ACP. Nous avons distingué pour cette étude 11 variables quantitatives ; « Goût », « Odeur », « Apparence », « Température » et « Diversité des ingrédients », les saveurs « sucré », « salé », « amer », « acide » et « umami ». En plus de ces cinq principales stimulations gustatives nous avons étudié le « piquant ». Lors du remplissage du questionnaire, nous avons demandé aux enquêtés de donner une note sur 10 à chaque variable selon son intérêt. La corrélation entre ces variables est testée par le Coefficient de Corrélation (r). Pour les variables corrélées, nous avons procédé à la création des nouvelles variables portant la valeur des moyennes des dites variables notamment les variables relatives aux facteurs sensorielles (goût, odeur, température et l'apparence), et les propriétés nutritionnelles des aliments (charge nutritionnelle, aliment sain et la diversité des ingrédients).

L'influence des autres facteurs notamment le sexe, le statut marital, le traitement et le régime suivi, s'est effectuée par le test t de Student. Ces variables sont de nature qualitative nominale.

Pour les facteurs qualitatifs ordinaux notamment le niveau d'étude, la spécialité et l'état de santé, l'analyse de leur influence sur les choix était étudiée par l'Analyse de Variance (ANOVA).

L'étude des habitudes de consommation des mangeurs et les facteurs qui les influencent étaient effectués par le test χ^2 et selon l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC). Pour cette étude nous avons utilisé les variables suivantes : le comportement (ce qui est mangé effectivement) et la préférence (ce qui est préféré) pour les légumes, les fruits, les légumineuses, les poissons et les viandes.

L'étude des aversions et des addictions des enquêtés était effectuée d'abord par une analyse descriptive selon les trois critères suivants : la présence ou non d'une aversion ou d'une addiction et son type, la raison de l'addiction ou l'aversion et l'âge d'apparition de l'addiction ou de l'aversion. L'étude de la relation entre ces deux variables et les facteurs qui les influencent était testée par le test χ^2 et selon l'AFC.

Le goût umami était présenté aux enquêtés comme étant le goût spécifique du Qadid (Viande rouge croustillant sous le soleil).

3 RESULTATS ET DISCUSSION

66% des enquêtés déclarent qu'ils sont en bonne santé et 34% annoncent que leur état de santé est moyen. 85% ne suivent aucun traitement et 15% le suivent (Diabète, rhumatisme cardiaque, maladie des reins...).

3.1 IMPACT DES PROPRIETES ORGANOLEPTIQUES DES ALIMENTS SUR LE CHOIX DES ALIMENTS ET LES FACTEURS QUI L'INFLUENCENT

94% des enquêtés ont donné une note supérieure ou égale à 9 au goût, 76% à l'odeur, 73% à l'apparence, 77% à la température, 43% à la charge nutritionnelle et à l'aliment sain, 11% à la diversité des ingrédients et 38% aux facteurs sociaux. Ces résultats montrent l'importance des facteurs sensoriels dans le choix des repas. Ainsi, l'analyse de la Figure 1 illustre une relation entre ces facteurs sensoriels, les propriétés nutritionnelles des aliments et les facteurs sociaux.

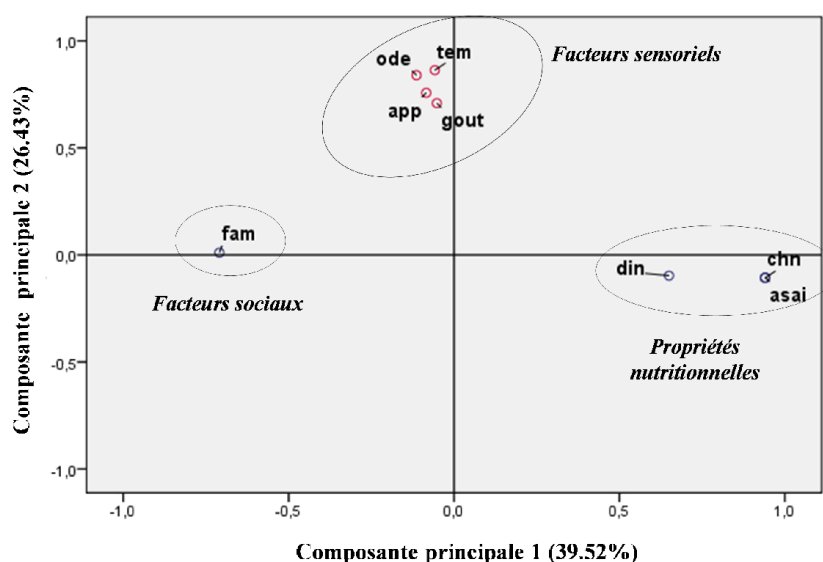


Fig. 1. Proximité entre les variables sensorielles, les propriétés nutritionnelles des aliments et les facteurs sociaux

Légende : Odeur (ode), Température (tem), apparence (app), goût (gout) toutes ces variables représentent les propriétés sensorielles de l'aliment. Diversité des ingrédients (din), charge nutritionnelle (chn), aliment sain (asai) ; ces variables représentent les propriétés nutritionnelles de l'aliment. La famille le mange (fam), ce variable représente le facteur social.

On observe sur la composante principale 1 que les propriétés nutritionnelles des aliments sont fortement liées entre elles avec une signification élevée ($p < 0,001$). Cet axe met en évidence la corrélation négative entre les critères liés à la valeur nutritive et ceux dictés par les facteurs sociaux dans le choix des repas. Les valeurs des coefficients de corrélation sont présentées dans le tableau 2. Les gens qui donnent plus d'importance aux propriétés nutritionnelles des aliments ne font pas beaucoup attention à ce que leurs familles préparent ou mangent. Ce comportement peut s'expliquer par le haut niveau et la spécialité d'étude de ces personnes ou bien par la quantité d'information que cumule chacun d'entre elles sur les aliments qu'elles mangent.

La deuxième composante fait ressortir la corrélation qui existe entre les facteurs sensoriels dans le choix des aliments ($p < 0,001$). Cette corrélation signifie l'existence d'une grande interaction entre les signaux sensoriels dans le processus de perception [18]. En plus du goût et d'olfaction, les qualités sensorielles d'un aliment peuvent être complétées par une description visuelle et somesthésique [19].

Tableau 2. Corrélation entre les variables étudiées

		Goût	Odeur	Apparence	Température	Div. Ing	Alim. Sain	Charge Ntr.	Famille
Goût	Corrélation de Pearson Sig. (Bilatérale)	1	.560 .000	.284 .004	.476 .000	-.053 .597	-.135 .182	-.141 .163	.063 .537
Odeur	Corrélation de Pearson Sig. (Bilatérale)		1	.512 .000	.609 .000	-.186 .064	-.175 .082	-.177 .079	.098 .332
Apparence	Corrélation de Pearson Sig. (Bilatérale)			1	.635 .000	-.127 .208	-.153 .129	-.132 .189	.023 .822
Température	Corrélation de Pearson Sig. (Bilatérale)				1	-.102 .312	-.154 .125	-.174 .084	.012 .925
Div. Ing	Corrélation de Pearson Sig. (Bilatérale)					1	.497 .000	.492 .000	-.155 .122
Alim. Sain	Corrélation de Pearson Sig. (Bilatérale)						1	.975 .000	-.209 .037
Charge Ntr.	Corrélation de Pearson Sig. (Bilatérale)							1	-.206 .040
Famille	Corrélation de Pearson Sig. (Bilatérale)								1

Légende : Diversité des ingrédients (Div. Ing), Aliment sain (Alim. Sain), Charge nutritionnelle (Charge Ntr.)

Ces résultats mettent en évidence le rôle prédominant du goût, de l'olfaction de la vision et de la température dans le choix alimentaire de l'homme [20], [21] et l'influence des facteurs sociaux et la valeur nutritive des aliments. La vue de ce que l'on va manger est bien sûr importante, c'est le premier signal qui nous dit si c'est « bon à manger pour moi » [22]. Le goût a trois rôles principaux dans la nutrition : la détection et l'identification des aliments, le rejet ou l'acceptation de l'aliment grâce à la composante hédonique des sensations et enfin, la préparation de la digestion, de l'absorption et du stockage des nutriments, il interagit avec les autres sensibilités (la somesthésie avec la sensibilité trigéminal, l'olfaction, la vision et l'audition) [23]. Le Tableau 3 ci-après montre les moyennes données par les enquêtés pour chaque critère.

Tableau 3. Moyenne des notes (sur 10) données par les enquêtés à ces différentes variables

Variables	Moyenne	Ecart-type
Goût	9,65	,657
Odeur	9,13	1,031
Température	8,96	1,015
Apparence	8,93	1,158
Famille	6,62	3,152
Aliment Sain	6,40	3,426
Charge Ntr.	6,23	3,381
Diversité des Ingrédients	5,13	2,718

Ces résultats sont en accords avec ceux obtenus par Luquet [24] qui démontre que la prise alimentaire est modulée par des facteurs sensoriels comme l'aspect, le goût, l'odeur et la texture des aliments. Elle augmente si les aliments sont palatables, mais diminue si la sensation est désagréable. Les mêmes résultats ont été obtenus par Bellisle [25] qui apprécie que l'acceptabilité des aliments dépend pour une grande part de leurs qualités organoleptiques.

Ces déterminants du comportement alimentaire sont influencés par plusieurs facteurs notamment le sexe, le niveau d'étude, la spécialité, le traitement suivi et les facteurs culturels.

Le facteur âge n'a pas d'influence sur les critères de choix des aliments.

3.1.1 INFLUENCE DU SEXE

Les femmes donnent plus d'importance aux propriétés nutritionnelles des aliments dans le choix de leurs repas que les hommes ($p < 0.05$). En revanche le sexe n'a aucune influence sur les facteurs sociaux et les propriétés sensorielles de l'aliment. Ce résultat s'oppose à ceux trouvés par Weylon [26] qui montrent que l'olfaction est liée au sexe. Ces résultats suggèrent qu'au Maroc les femmes sont plus soucieuses de leur santé et celle de leurs familles que les hommes, elles adoptent des choix plus sains.

3.1.2 INFLUENCE DU NIVEAU D'ETUDE

Les enquêtés qui ont un niveau au moins égale au Bac donnent plus d'importance aux propriétés nutritionnelles ($p < 0.05$), alors que les autres qui ont un niveau inférieur au Bac donnent plus d'importance aux facteurs sensoriels et sociaux ($p < 0.05$). Ces résultats pourraient expliquer la corrélation négative entre les propriétés nutritionnelles et les facteurs sociaux (figure 1).

3.1.3 INFLUENCE DE LA SPECIALITE

Les scientifiques se basent dans le choix de leurs repas sur les propriétés nutritionnelles et la diversité des ingrédients ($p < 0.05$), les littéraires donnent plus d'importance aux propriétés sensorielles ($p < 0.05$). Aucune influence de la variable spécialité sur l'impact des facteurs sociaux n'a été observée.

3.1.4 INFLUENCE DE L'ETAT DE SANTE

Les gens qui suivent un traitement s'intéressent plus aux facteurs sensorielles ($p < 0.05$) et accordent moins d'importance ($p < 0.05$) aux propriétés nutritionnelles des aliments. Ce résultat est inattendu, nous nous attendions lors de l'analyse des résultats que les gens suivant un traitement soient plus préoccupés par leur santé et exigent plus que jamais des choix plus sains et plus nutritifs. Ces résultats pourraient être expliqués par la diminution de l'appétit et à la modification de la perception des goûts au cours du traitement. Quelques médicaments provoquent une diminution de l'olfaction d'une façon importante (hyposmie) s'accompagne d'une perte de goût. A cet effet les gens suivant un traitement cherchent des aliments palatables qui ont tendance à les mettre en appétit.

Les gens qui suivent un régime ne donnent pas d'importance aux facteurs sociaux lors de la prise des repas avec une différence significative ($p < 0.05$).

3.1.5 INFLUENCE DES FACTEURS CULTURELS

63% des enquêtés ne donnent pas d'importance aux facteurs culturels (facteurs issus des différentes composantes liées à la culture ou l'environnement culturel auxquelles appartient l'individu autres que la famille) et 37% des enquêtés déclarent que ces facteurs influencent leur régimes alimentaires.

Les enquêtés qui déclarent que les facteurs culturels n'ont pas d'influence sur leurs régimes alimentaires donnent plus d'intérêt aux propriétés organoleptiques des aliments lors de la prise alimentaire ($p < 0.001$). En revanche, les gens qui affirment que les facteurs culturels influencent leurs régimes alimentaires accordent plus d'importance aux propriétés nutritionnelles ($p < 0.05$). Ces derniers s'intéressent à des produits naturels et des mets traditionnels spécifiques de la région dans laquelle ils vivent en évitant les aliments industriels et les produits transformés.

Ces résultats révèlent le rôle que jouent les facteurs culturels dans le choix des aliments des personnes. C'est ainsi que des individus acquièrent des goûts caractéristiques pour des plats épicés ou des mets spécifiques à la région dans laquelle ils vivent. D'après Rozin [27], le facteur le plus déterminant des choix alimentaires est la culture dans laquelle la personne vit. La culture détermine ce qu'on mange et les conditions de cette consommation. Elle détermine également les limites de ce qui est « dégoûtant », notion apprise par l'enfant avant l'âge de 30 mois [28].

3.2 RELATION ENTRE LE COMPORTEMENT ET LA PREFERENCE DU GOUT SUCRE, SALE, ACIDE, AMER, PIQUANT ET UMAMI ET LES FACTEURS QUI LES INFLUENCENT.

52% des enquêtés ont donné une note supérieure ou égale à 9 pour le sucré, 38% pour le salé, 20% pour l'umami, 14% pour le piquant, 5% pour l'acide et 2% pour l'amer. Ces résultats montrent que les individus sont fortement attirés par les saveurs sucrées. Les propriétés hédoniques du sucré font que les aliments sucrés ont un fort potentiel de récompense renforçant leur propre consommation et les comportements de consommation [29].

L'analyse des résultats obtenus a montré une forte corrélation positive et hautement significative ($p < 0.001$) entre le comportement (ce qui est consommé réellement) et la préférence (ce qui est aimé) des variables étudiées (tableau 4). Ce résultat suggère, pour chaque variable, qu'il n'y a pas de différence entre la préférence et le comportement vis-à-vis d'un goût ; le goût préféré est celui mangé dans la plupart des situations comme le montre la Figure 2.

Tableau 4. Corrélation entre le comportement et la préférence des différents goûts

		M. Sucré	M. Salé	M. Amer	M. Acide	M. Umami	M. Piquant
P. Sucré	Corrélation de Pearson	,835**	,154	-,002	,109	,240*	,045
	Sig. (bilatérale)	,000	,127	,984	,279	,016	,659
P. Salé	Corrélation de Pearson	,102	,990**	,060	,178	,264**	-,016
	Sig. (bilatérale)	,312	,000	,551	,077	,008	,878
P. Amer	Corrélation de Pearson	-,021	,049	,988**	,166	,124	,347**
	Sig. (bilatérale)	,834	,626	,000	,099	,219	,000
P. Acide	Corrélation de Pearson	,138	,103	,149	,928**	,333**	,394**
	Sig. (bilatérale)	,172	,307	,139	,000	,001	,000
P. Umami	Corrélation de Pearson	,289**	,216*	,145	,317**	,963**	,143
	Sig. (bilatérale)	,004	,031	,150	,001	,000	,154
P. Piquant	Corrélation de Pearson	,021	-,013	,317**	,401**	,217*	,903**
	Sig. (bilatérale)	,839	,896	,001	,000	,030	,000

Légende : Préférer (P.), Manger (M.)

** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

* . La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

On a observé aussi une corrélation faible mais significative ($r = 0.280$; $p < 0.01$) entre le goût sucré et le goût umami. Une corrélation ($r = 0.243$; $p < 0.05$) entre le salé et l'umami, entre l'amer et le piquant ($r = 0.341$; $p < 0.01$) et entre l'acide et l'umami ($r = 0.354$; $p < 0.01$) et entre l'acide et le piquant ($r = 0.431$; $p < 0.001$).

On peut déduire donc qu'il y a une corrélation positive et significative entre le goût umami et tous les autres goûts sauf l'amer et le piquant.

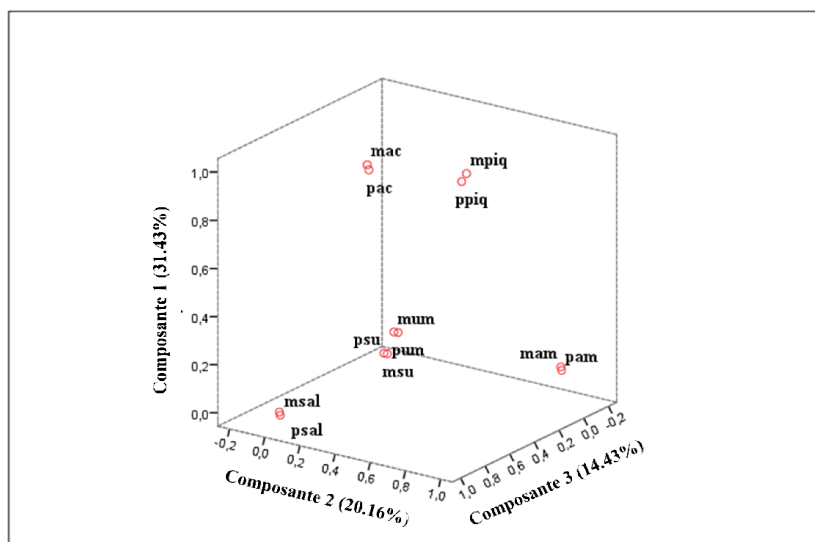


Fig. 2. Corrélation entre les différents goûts des aliments

Légende : préférer le sucré (psuc), manger le sucré (msu), préférer le salé (psal), manger le salé (msal), préférer l'amer (pam), manger l'amer (mam), préférer l'acide (pac), manger l'acide (mac), préférer l'Umami (pum), manger l'umami (mum), préférer le piquant (ppiq), manger le piquant (mpiq).

Le choix des différents goûts est influencé par plusieurs facteurs notamment l'âge, le sexe, le niveau d'étude et la spécialité.

3.2.1 INFLUENCE DE L'ÂGE

La variable âge est corrélée négativement avec le sucré ($r = -0.294$, $p < 0.01$) et positivement avec l'amer ($r = 0.217$, $p < 0.05$), l'acide ($r = 0.226$, $p < 0.05$) et le piquant ($r = 0.264$, $p < 0.01$). Cela signifie que la préférence au goût sucré diminue avec l'âge. Nicklaus a montré que la préférence pour le goût sucré observée à la naissance s'estompe relativement dans la petite enfance, mais reste forte dans l'enfance et l'adolescence, puis elle diminue à l'âge adulte [30]. Cette diminution peut être due soit aux expériences alimentaires de chacun [31] soit à l'état de santé et l'état physiologique des individus. Les enfants ont besoins de plus d'énergie pour leurs développements et activités que les âgés. En revanche la préférence aux goûts amer, acide et piquant augmente avec l'âge. En effet, l'adulte distingue mieux les goûts bénéfiques de ceux qui sont à éviter.

3.2.2 INFLUENCE DU SEXE

Les hommes aiment l'amer plus que les femmes ($p < 0.05$), alors que pour les autres goûts les résultats obtenus ne révèlent aucune différences entre les deux sexes.

3.2.3 INFLUENCE DU NIVEAU D'ETUDE

Les gens qui ont un niveau d'étude inférieur au bac préfèrent plus le goût umami par rapport aux personnes qui ont un niveau supérieur ($p < 0.01$). Ce goût est lié avec le Qadid qui est communément soupçonné d'être nuisible en particulier à cause de la manière avec laquelle on le prépare au Maroc. Ces résultats peuvent aussi être expliqués par le fait que ces personnes (niveau supérieur), s'éloignant de leurs familles pour étudier ou travailler, se libèrent des facteurs sociaux et s'intéressent plus aux propriétés nutritionnelles comme le montre la relation trouvée plus haut entre le niveau d'étude et l'influence des facteurs sociaux et nutritionnels.

3.3 LES AVERSIONS ET LES ADDICTIONS ET LES FACTEURS QUI LES INFLUENT.

26% de la population étudiée ont une aversion et 44% ont une addiction vis-à-vis d'au moins un aliment depuis un long temps. Ce résultat peut être expliqué par le fait que les préférences et les aversions se manifestent habituellement vers l'âge de 2 ou 3 ans et qui s'atténuent avec l'âge [32], surtout les préférences pour le goût sucré qui est apprécié par le nouveau-né dès sa naissance [33]. Ainsi, Marlier et al [34] montrent que les perceptions olfactives commencent in utero, le nouveau-né prématuré et même très prématuré se montre réactif à une large palette de stimulations olfactives. Le taux élevé des addictions peut être expliqué par la disponibilité des aliments addictifs [35]. Les résultats obtenus confirment l'étude précédente de Cherrate et Diouri [36], déclarant que 63% des enquêtés ont une aversion ou/et addiction vis-à-vis d'un aliment au moins.

73% des aversions et 64% des addictions ne sont pas justifiées par les enquêtés. 11,5% des aversions sont causés par la grossesse, 11,5% par la maladie et 4% par l'odeur de l'aliment ; cette déclaration représente plutôt une manifestation qu'une cause d'aversion. Ainsi, 7% des addictions sont expliquées par la grossesse, 4% par les habitudes, 14% par la sensation de bonne forme, 7% par la charge nutritionnelle de l'aliment et 4% par les études.

Les aliments addictifs déclarés sont principalement les produits sucrés, le café et le thé. En revanche, Les aliments aversifs étaient très diversifiés comportant les produits laitiers, les viandes et certains légumes.

A l'égard des autres comportements, les addictions et les aversions sont également modulées par plusieurs facteurs notamment l'activité physique pratiquée par la personne. L'âge, le sexe, le niveau d'étude, la spécialité, les facteurs culturels, le traitement et l'état de santé n'avaient pas d'influence sur les addictions et les aversions déclarées.

3.3.1 INFLUENCE DE L'ACTIVITE PHYSIQUE

Les gens qui font du sport ont moins d'addictions ($p < 0.05$) et d'aversions ($p < 0.01$) par rapport aux autres qui ne pratiquent aucun sport. Ce résultat pourrait signifier que l'activité sportive empêche les individus à avoir des comportements alimentaires addictifs ou aversifs. Garcia Hejl et al [37] ont mis en lumière la corrélation qui existe entre l'activité sportive intense et le comportement alimentaire. Afflelou et al [38] ont évoqué également la complexité de cette relation. Ils ont mis en évidence la liaison existante entre les pratiques sportives intenses et les troubles du comportement alimentaire.

4 CONCLUSION

En guise de conclusion, les résultats obtenus mettent en évidence le rôle prédominant des propriétés organoleptiques des aliments dans le choix alimentaire chez l'homme. Elles sont considérées comme des déterminants appréciables du comportement alimentaire et jouent un rôle important dans ses différentes phases. Le choix des aliments se fait aussi sous l'influence des facteurs sociaux et des propriétés nutritionnelles des aliments. L'influence de ces déterminants sur le comportement alimentaire est modulée par d'autres facteurs liés à l'individu et au contexte.

Les individus qui ont un niveau d'étude supérieur s'intéressent aux facteurs nutritionnels. Les scientifiques se basent dans le choix de leurs repas sur les propriétés nutritionnelles et la diversité des ingrédients tandis que les littéraires donnent plus d'importance aux propriétés sensorielles. Ainsi, les facteurs culturels jouent un rôle très important dans le choix des aliments des personnes, de tel sorte que les gens déclarant que les facteurs culturels influencent leurs régimes alimentaires accordent plus d'importance aux propriétés nutritionnelles. Le traitement médical influence également le choix des aliments ; les gens suivant un traitement se basent dans le choix de leurs repas sur les facteurs sensoriels des produits alimentaires.

A l'égard des comportements et des préférences vis-à-vis d'un goût, les résultats obtenus révèlent qu'ils sont fortement corrélés avec une forte attirance au goût sucré. En outre, il y a une relation significative entre le goût umami et le goût sucré, salé et acide. En outre la préférence du sucré diminue avec l'âge.

Concernant les addictions et les aversions alimentaires, nous avons constaté que 70% des enquêtés ont une addiction et/ou une aversion vis-à-vis d'un aliment depuis leur enfance (depuis un long temps) dont presque la moitié reste non justifiable. Ce pourcentage est assez élevé ce qui nécessite une réflexion sur notre mode de vie. L'activité physique joue un rôle incontournable dans le choix des aliments, elle diminuerait la possibilité d'avoir des addictions et des aversions alimentaires.

Ces résultats pourraient contribuer à l'élaboration de recommandations pour une alimentation plus saines.

DECLARATION D'INTERETS

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

REFERENCES

- [1] F. Daddoun et M. Romon, "Régulation physiologique du comportement alimentaire", *Cahiers de nutrition et de diététique*, vol. 39, pp. 422-428, 2004.
- [2] S. Lahlou, "Les systèmes et niveaux de détermination du comportement alimentaire", *Cahiers de nutrition et de diététique*, vol. 41, pp. 273-278, 2006.
- [3] F. Bellisle, "Des qualités organoleptiques des aliments aux choix alimentaires", *Cahiers de nutrition et de diététique*, vol. 41, pp. 269-272, 2006.
- [4] S. Issanchou et S. Nicklaus, "Déterminants précoces du comportement alimentaire", *Archives de Pédiatrie*, vol. 17, pp. 713-714, 2010.
- [5] L. Marlier, F. Mosser et T. Fichet, "La programmation du goût chez l'enfant : les habitudes alimentaires façonnent-elles les préférences de demain", *Journal de Pédiatrie et de Puériculture*, vol. 25, pp. 361-363, 2012.
- [6] "Aversion", *Larousse Dictionnaire de Français*, consulté le 10 novembre 2014, [Online] Available: «<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/aversion/7055> »
- [7] Westen, *Psychology, Mind, brain and culture*, De Boeck Université s.a., France, pp. 1-1251, 2000.
- [8] Dupin, *Alimentation et nutrition humaines*, Esf Editeur, Amazon France, pp. 1-1537, 1992.
- [9] F. Bellisle, "Addiction au goût sucré : vrai ou faux débat ?", *Cahiers de nutrition et de diététique*, vol. 43, no. 2, pp. 255-255, 2008.
- [10] Y. Aboussaleh, M. Farsi, M. El Hioui et A. Ahami, "Transition nutritionnelle au Maroc: Coexistence de l'anémie et de l'obésité chez les femmes au Nord-Ouest marocain", *Antropo*, vol. 19, pp. 67-74, 2009, [Online] Available: www.didac.ehu.es/antropo.
- [11] K. El Rhazi, "Transition nutritionnelle, facteurs associés et émergence des maladies chroniques au Maroc : étude transversale en population générale adulte", Thèse de Doctorat, Université Bordeaux 2 – France et l'Université Sidi Mohamed Benabdellah - Fes –Maroc, 2010.
- [12] J.J. Meulman and W. J. Heiser, *IBM SPSS Catégories 20*, Manuel. IBM Corporation 1989, pp. 1- 325, 2011, [Online] Available: URL: <http://ibm-spss-statistics.soft32.com/>.

- [13] R. Core Team, R: A language and environment statistical computing. R. foundation for statistical computing, Vienna, Autriche, 2014, [Online] Available: URL: <http://www.R-project.org/>.
- [14] Morrison, *Multivariate Statistical Methods*, 2nd ed., McGraw-Hill, Singapore, p 1-77, 1988.
- [15] Benzecri et Benzecri, *La pratique de l'analyse des données*, Tome 1, Analyse des Correspondances, exposé élémentaire, Paris: Dunod, 1983.
- [16] Stafford et Bodson, *L'analyse multivariée avec SPSS*, presses de l'université de Québec, pp. 1-239, 2006.
- [17] Bertrand, *L'Analyse statistique des données*, Sainte-Foy, presses de l'université de Québec, pp. 1-375, 1986.
- [18] F. D'Hauterville, "Processus sensoriels et préférence gustative : Apport de la recherche expérimentale au marketing agro-alimentaire", *Revue française du marketing*, vol. 194, no. 4 /5, pp. 13-27, 2003.
- [19] Barthelemy, Clement, Dansart, Issanchou, Koster, Mac-Loed, Nicod, Sauvageot, Sztrygler et Touraille, *Evaluation sensorielle*, Manuel méthodologique, Paris: Lavoisier Tec & Doc, pp. 1-328, 1990.
- [20] Koster, *Diversity in the determinants of food choice: A psychological perspective*, 2nd European Conference on Sensory Consumer Science of Food and Beverages, The Hague, Netherlands, pp. 26-29, 2006.
- [21] Bellisle, F., Cardon, P., Chandon, P., Etile, F., Fromentin, G., Gojard, S., et al, *Déterminants des comportements alimentaires*, in : ESCo "Comportements alimentaires", Chapitre 2, pp. 73-178, 2010.
- [22] Rigaud, D., *Contrôle et modulation de la prise alimentaire*, In: Cano N., Barnoud D. et Hasselmann M. (Eds.), *Traité de nutrition artificielle de l'adulte*, Springer-Verlage France, Paris, pp. 295-307, 2007.
- [23] L. Brondel, A. Jacquin, S. Meillon et L. Pénicaud, "Le goût: physiologie, rôles et dysfonctionnements", *Nutrition Clinique et Métabolisme*, vol. 27, pp. 123-133, 2013.
- [24] S. Luquet, "Régulation de la prise alimentaire", *Nutrition Clinique et Métabolisme*, vol. 22, pp. 52-58, 2008.
- [25] F. Bellisle, "Qualité organoleptiques des suppléments nutritifs et prise alimentaire", *Nutrition Clinique et Métabolisme*, vol. 11, pp. 39-42, 1997.
- [26] R. Weylon, "le goût et l'odorat", *Nouvelle presse médicale*, vol. 3, pp. 41-43, 1974.
- [27] Rozin, P., *Human food selection: the interaction of biology, culture and individual experience*, in: Barker, L. M., (Eds.), *the psychobiology of human food selection*, pp. 225-254, 1982.
- [28] F. Bellisle, "Faim et satiété, contrôle de la prise alimentaire", *EMC-Endocrinologie*, vol. 2, pp. 179-197, 2005.
- [29] J. Blundell et G. Finlayson, "Le rôle du sucré dans le contrôle de l'appétit", *Cahiers de nutrition et de diététique*, vol. 43, pp. 2S42-2S46, 2008.
- [30] S. Nicklaus et C. Schwartz, "L'acquisition des préférences alimentaires: le cas du goût sucré", *Cahiers de nutrition et de diététique*, vol. 43, pp. 2S47-2S51, 2008.
- [31] F. Bellisle, "Comportement alimentaire et sucre", *Médecine des maladies Métaboliques*, vol. 4, pp. 511-513, 2010.
- [32] M.L. Pelchat and P. Pliner, "Antecedents and correlates of feeding problems in young children", *Journal of Nutrition Education*, vol. 18, pp. 23-29, 1986.
- [33] S. Nicklaus et C. Divert, "Le goût sucré, de l'enfance... à la dépendance ?", *Cahiers de nutrition et de diététique*, vol. 48, pp. 272-281, 2013.
- [34] L. Marlier, C. Gaugler, D. Astruc, et J. Messer, "La sensibilité olfactive du nouveau-né prématuré", *Archives de Pédiatrie*, vol. 14, pp. 45-53, 2007.
- [35] K.W. Cullen, T. Baranowski, E. Owens, T. Marsh, L. Rittenberry and C. de Moor, "Availability, accessibility, and preferences for fruit, 100% fruit juice, and vegetables influence children's dietary behavior", *Health Education & Behavior*, vol. 30, pp. 615-626, 2003.
- [36] M. Cherrate et M. Diouri, "Préférence et comportement alimentaires et thérapeutiques envers la nature au Maroc", *ScienceLib Editions Mersenne*, vol. 6, pp. 1-11, 2014.
- [37] C. Garcia Hejl, J.M. Garcin, C. Garcia, C. Bigaillon, F. Ceppa et P. Burnat, "Addiction au sport et anorexie", *Pathologie Biologie*, vol. 56, pp. 43-45, 2008.
- [38] S. Afflelou, M. Duclos et S. Simon, "Quels liens entre pratiques sportives et troubles du comportement alimentaire?", *La Presse Médicale*, vol. 33, pp. 1601-1605, 2004.

Multiplication végétative *in vitro* de *Nauclea diderrichii* (De Wild & T. Durand) Merrill, une espèce forestière de bois d'œuvre rare et menacée de disparition au Togo

[*In vitro* vegetative multiplication of *Nauclea diderrichii* (De Wild & T. Durand) Merrill, an endangered forest species in Togo]

Pitekelabou Rassimwai^{1,2}, Aidam Atsou Vincent², Kokou Kouami³, Kokoutsè Adzo Dzifa³, Etsè Kodjo Djidjolé², Adjonou Kossi³, Glato Kodjo², and Aliaki Esozima²

¹Institut Togolais de Recherche Agronomique, Centre de Recherche Agronomique du Littoral (ITRA/CRAL), Laboratoire de Défense des Cultures et Biosécurité, Lomé, Togo

²Laboratoire de Physiologie et Biotechnologie Végétales, Faculté des Sciences, Université de Lomé, Lomé, Togo

³Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale, Faculté des Sciences, Université de Lomé, Lomé, Togo

Copyright © 2015 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: *Nauclea diderrichii*, is a forest species whose seeds germination is difficult in its biotope. Its overexploitation for its very resistant wood against the attacks leads to its disappearance in Togo. *In vitro* micropropagation trials were carried out for its faster and massive regeneration. *In vitro* seedlings apexes had been cultivated on four media (MS, ½ MS, WPM and ½ WPM). The high ionic concentration in macroelements in the culture medium is harmful to *N. diderrichii*'s seedlings development. Complete Woody Plant Medium (WPM) (41,54mM) allowed a better growth of the seedlings during initiation phase. Among both cytokinins (BAP and Kinetin) used, BAP at 2 mg/L, has gave a better multiplication rate ($13,65^d \pm 5.71$ nodes/seedling). Among three auxins (IBA, NAA and 2,4-D) used at 0,1mg/L, IBA has gave seedlings with vigorous roots which are better appropriate for weaning, that those obtained with NAA. 2,4-D produced only calluses. The weaning of the seedlings, realized on vermiculite was succeeds at 100%. Thus fast and massive multiplication of *N. diderrichii* can be done *in vitro* on WPM added with BAP at 2 mg/L. IBA at 0,1mg/L is the auxin which is better appropriate for improvement of seedlings' rooting.

KEYWORDS: Togo, Litimé, *Nauclea diderrichii*, *in vitro* micropropagation, cytokins, auxins.

RESUME: *Nauclea diderrichii*, est une espèce forestière dont la germination de ses graines est difficile dans son biotope. Sa surexploitation pour son bois très résistant aux attaques entraîne sa disparition au Togo. Pour sa régénération rapide et en masse les essais de sa micropropagation *in vitro* ont été entrepris. Les apex des plants issus de la germination *in vitro* des graines ont été repiqués sur quatre milieux différents (MS, ½MS, WPM et ½WPM). La concentration ionique élevée en macroéléments dans le milieu de culture est nuisible au développement des plantules de *N. diderrichii*. Le milieu WPM complet (41,54mM) a permis une meilleure croissance des plantules pendant la phase d'initiation.

Parmi les deux cytokinines (BAP et Kinétine) utilisées, la BAP à 2 mg/L, a permis d'avoir un meilleur taux de multiplication ($13,65^d \pm 5,71$ nœuds/plant). Dès 3 auxines (AIB, ANA et 2,4-D) utilisées tous à 0,1mg/L, l'AIB a permis d'avoir des plantules avec des racines plus vigoureuses qui conviennent mieux au sevrage, que celles obtenues avec l'ANA. Le 2,4-D n'a produit que des cals. Le sevrage des plants, réalisé sur de la vermiculite a été réussi à 100%.

Ainsi la multiplication rapide et en masse de *N. diderrichii* peut se faire *in vitro* sur le milieu WPM additionné de la BAP à 2 mg/L. L'AIB à 0,1mg/L est l'auxine qui convient mieux pour l'amélioration de l'enracinement des plantules.

MOTS-CLES: Togo, Litimé, *Nauclea diderrichii*, micropropagation *in vitro*, cytokines, auxines.

ABBREVIATIONS:

NAA: Naphthaleneacetic acid; 2,4-D: 2,4 dichlorophenoxyacetic acid
IBA: Indol-3-butyric acid; BAP: benzylaminopurine; GA₃: gibberellic Acid A₃
WPM: woody Plant Medium; MS: Murashige and Skoog

ABBREVIATIONS:

ANA : acide naphthalène-acétique ; 2,4-D : acide 2,4 dichlorophénoxyacétique
AIB : acide indole-3-butyrique ; BAP : benzyladéninepurine ; GA₃ : acide gibbérellique A₃
WPM: woody plant medium; MS: Murashige et Skoog

1 INTRODUCTION

Les espèces forestières ligneuses se multiplient souvent par leurs graines [1]. Cependant, il arrive que les graines produites soient dormantes. Dans ce cas la régénération des plants de ce type d'espèce pose problème. *N. diderrichii* fait partie de ces espèces dont les graines ne germent pas sous les semenciers car ces dernières sont dormantes [2]. C'est est une espèce forestière atteignant 35 à 40 m de haut, appartenant à la famille des Rubiaceae, qui se retrouve dans la forêt tropicale africaine depuis la Sierra-Léone jusqu'en Ouganda en passant par l'Afrique centrale et certaines parties de l'Afrique de l'Est [3].

Au Togo, cette espèce se rencontre seulement dans la plaine du Litimé en zone forestière du Togo [4]. Dans cette forêt du Litimé, [5] et [6] ont observé que les semenciers de cet arbre produisent un grand nombre de fruits renfermant chacun de nombreuses petites graines. Mais, malgré ce grand nombre de semences, aucune jeune pousse n'est rencontrée sous les semenciers.

Partant de cette remarque, la régénération *in situ* pose alors des problèmes et par là celui de la sylviculture de l'espèce. Ce déficit de germination *in situ* est très préoccupant quand on sait que l'espèce est abusivement exploitée par les scieurs locaux qui de surcroît, ne pensent pas à son reboisement. En effet, cette espèce fournit du bois d'œuvre très résistant aux champignons (*Coriolus versicolor*), aux Lyctus, aux termites (*Reticulitermes santonenensis*) et aux foreurs marins [7]. En Afrique et particulièrement dans le bassin du Congo, le bois de *N. diderrichii* est très recherché pour sa qualité [8] et plusieurs organes de l'arbre sont utilisés en médecine traditionnelle [9], [10]. D'après, [11], la pulpe du fruit mûr est comestible par les Hommes et les animaux sauvages comme les éléphants.

Compte tenu de ses usages multiples (médicinale, bois d'œuvre), l'utilisation de l'espèce en sylviculture devient urgent; surtout que cette essence est considérée comme espèce rare au Togo [12] à cause de sa faible répartition géographique. Sa sylviculture, doit passer par la disponibilité du matériel de plantation, or la germination de ses graines pose problème.

[13], ont montré que les graines de *N. diderrichii* ont une viabilité courte et leur extraction des fruits est difficile. Selon [14], face au problème d'extinction de cette espèce, sa régénération artificielle devient nécessaire. Pour [15], il est important de mettre en place d'autres méthodes de multiplication rapide qui permettront d'avoir du matériel de plantation à grande échelle. Pour [16], la multiplication végétative était la seule alternative en foresterie pour fournir un grand stock du matériel de plantation et la multiplication du génotype désiré. En effet il existe quatre principales méthodes de multiplication végétative: le bouturage, le greffage, le marcottage et la culture *in vitro*. Parmi ces quatre méthodes, la culture *in vitro* est appliquée avec succès à plusieurs plantes comme c'est le cas ici avec *N. diderrichii*. Cette technique permet d'avoir en un temps court non seulement un grand nombre de plants mais aussi des plants génétiquement homogènes [17]. C'est dans cette optique que cette étude est réalisée pour mettre en place une technique de production rapide et en masse des plants de *N. diderrichii*. Il a s'agit spécifiquement de trouver le meilleur milieu de culture, la meilleure cytokinine pour la multiplication végétative rapide *in vitro*, la meilleure auxine pour l'enracinement des plants et le meilleur milieu pour l'acclimatation des plants.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le matériel végétal utilisé est constitué des segments uninodaux des jeunes pousses issues de la germination *in vitro* des graines de *N. diderrichii*. La culture a été initiée à partir des graines extraites des fruits au laboratoire en délayant ces dernières dans l'eau. Elles sont ensuite tamisées et séchées à l'air du climatiseur pendant 7 jours. Ces graines séchées sont ensuite désinfectées superficiellement en les trempant successivement dans l'alcool éthylique à 70° pendant 4 minutes, dans

de l'hypochlorite de sodium à 75% v/v pendant 3 minutes, dans l'alcool éthylique à 95° pendant 2 minutes, puis dans l'eau distillée pendant 3 minutes trois fois.

L'initiation de la culture a été faite dans les Boîtes de Pétri sur le milieu complet de [18]. Ce milieu a été supplémenté au saccharose à 30 g/L et solidifié avec de l'agar-agar à 8 g/L; le pH étant ajusté entre 5,6 et 5,7 avec du NaOH à 1N ou du HCl à 1N puis autoclavé à 120°C sous une pression de 1 bar pendant 20 minutes. Les graines désinfectées et lavées sont mises à germer sur ce milieu. Après germination les apex sont prélevés et cultivés sur deux milieux complets : celui de [18] et de [19] et sur leur dilution de moitié (½MS et ½WPM). Ces quatre milieux sont différenciés par seulement, le type et la concentration des macroéléments (macroéléments MS et WPM) (tableau 1). Les microéléments, les vitamines et le Fer chélaté MS ont été communs à tous les milieux. Ils ont été supplémentés au saccharose à 30 g/L et solidifiés avec de l'agar-agar à 8 g/L; le pH étant ajusté entre 5,6 et 5,7 avec du NaOH à 1N ou du HCl à 1N. Le milieu est ensuite reparti dans des tubes de 20 x 150 mm puis autoclavé à 120°C sous une pression de 1 bar pendant 20 minutes. Les tubes contenant le matériel repiqué sont placés dans une chambre de culture avec une photopériode de 16 heures, une température de $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ et une intensité lumineuse de $120 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$. L'éclairement est fourni par des tubes fluorescents. Les plantes issues de la culture des apex sont découpées en segments uninodaux et chacun est repiqué sur le même milieu que celui des explants primaires, les conditions de culture restant identiques. Les repiquages ont été effectués toutes les six semaines. A la fin de chaque semaine, il a été relevé le nombre de racines, de pousses et de nœuds; l'allongement de la tigelle de chaque plantule a été mesuré. Chaque mesure a été faite sur vingt individus, avec 2 répétitions par traitement.

Tableau 1 : Composition et concentration ionique des macroéléments des milieux utilisés

	MS		½MS		WPM		½WPM	
Macroéléments	mg/L	mM	mg/L	mM	mg/L	mM	mg/L	mM
CaCl ₂	332,02	2,99	166,01	1,495	72,50	0,65	36,25	0,325
Ca(NO ₃) ₂ , 2H ₂ O	-	-	-	-	471,26	2,35	235,63	1,175
KH ₂ PO ₄	170,00	1,25	85,00	0,625	170,00	1,25	85,00	0,625
K ₂ SO ₄	-	-	-	-	990,00	5,68	495,00	2,84
MgSO ₄	180,54	1,50	90,27	0,75	180,54	1,50	90,27	0,75
KNO ₃	1900,00	18,79	950,00	9,395	-	-	-	-
NH ₄ NO ₃	1650,00	20,61	825,00	10,305	400,00	5,00	200,00	2,50
Concentration ionique totale (mM)	93,27		46,64		41,54		20,77	

MS: milieu de Murashige et Skoog, ½MS : dilution de moitié de MS, WPM : woody plant medium, ½WPM : dilution de moitié de WPM.

Pour améliorer le taux de multiplication, des explants ont été repiqués sur un nouveau milieu WPM complet additionné de la BAP ou de la Kinétine à (0,05-0,1-1-2 et 5 mg/L); ou de la BAP à 2 mg/L combiné à différentes concentrations (0,1- 0,5- 1 mg/L) de GA₃.

L'amélioration de l'enracinement des explants est faite en repiquant des explants sur un nouveau milieu WPM complet additionné soit de l'AIB, de l'ANA, ou du 2,4-D; tous à 0,1 mg/L ou de AIB à différentes concentrations (0,1-0,2-0,3-0,4-0,5 et 1 mg/L).

Le sevrage a été fait dans les bacs de sevrage sur de la vermiculite. Les racines des plantules sorties des tubes ont été lavées pour les débarrasser de toute trace de gélose. Elles ont été ensuite repiquées dans de petits pots contenant de la vermiculite, puis le tout a été mis dans les bacs de sevrage hermétiquement fermés et laissés dans la salle de culture. Les plants ont été arrosés chaque 2 jours avec de l'eau de robinet pour maintenir constante l'humidité pendant 2 semaines.

Après ces 2 semaines les plants ont été transférés dans la serre dans les sachets contenant certains du terreau simple et d'autres du mélange de $\frac{2}{3}$ terreau et de $\frac{1}{3}$ des fèces des moutons. Leur croissance a été suivie pendant 3 mois avant leur transfert en champs.

Les données recueillies ont été saisies et les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel STATISTICA version10.

3 RESULTATS

3.1 PHASE D'INITIATION

3.1.1 DEVELOPPEMENT DES PLANTULES SUR MILIEU MS, $\frac{1}{2}$ MS, WPM ET $\frac{1}{2}$ WPM

Le pourcentage des explants ayant émis des racines, sur ces différents milieux était de 75% sur le MS et 100% sur les autres milieux. Les plantules obtenues sur le milieu WPM complet ont des entre-nœuds plus longs, des feuilles plus larges et des pousses plus grosses que sur les trois autres milieux (photo 1). Ces plantules ont eu une meilleure croissance par rapport aux plantules des trois autres milieux. Par contre, aucune différence significative selon le test de Newman et keuls au seuil de 5%, n'est observée en ce qui concerne, le nombre de racines, de nœuds et celui de pousses par plantule, entre les quatre milieux (tableau 2). Les plantules de tous les milieux ne poussent pas assez de racines secondaires. Cette absence de racines secondaires sur celles primaires est plus marquée au niveau des plantules du milieu MS complet.

Tableau 2 : Comportement des plantules sur milieu MS, $\frac{1}{2}$ MS, WPM et $\frac{1}{2}$ WPM, après six semaines de culture

Milieux	Racines/plant	Nœuds/plant	Pousses/plant	Taille d'un plant (cm)
WPM	3,10 ^a ± 1,52	5,45 ^a ± 1,54	3,00 ^a ± 1,34	3,44 ^c ± 0,96
MS	1,65 ^b ± 1,23	4,70 ^a ± 2,15	3,25 ^a ± 1,59	1,52 ^b ± 1,08
WPM/2	2,65 ^a ± 1,53	5,45 ^a ± 2,04	3,25 ^a ± 1,62	2,20 ^a ± 0,86
MS/2	3,15 ^a ± 1,14	4,90 ^a ± 1,83	3,05 ^a ± 1,47	2,46 ^a ± 1,20

Moyenne ± écart-type sur 20 explants en deux répétitions. Les valeurs affectées de la même lettre dans la même colonne, ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls à $P < 0,05$.

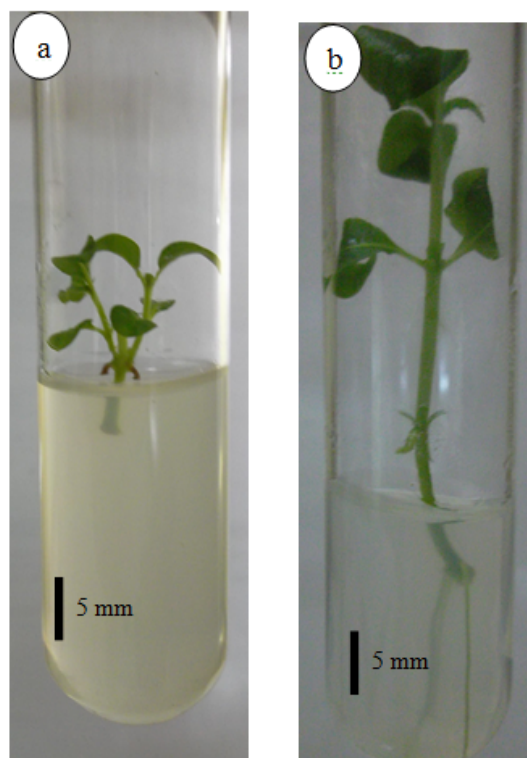


Photo 1 : Plantules de 6 semaines sur milieu MS (a) et WPM (b)

3.2 PHASE DE MULTIPLICATION

3.2.1 AUGMENTATION DU TAUX DE MULTIPLICATION SOUS L'EFFET DE LA BAP ET DE LA KINETINE

Le nombre de pousses et de nœuds par plantule a été fonction de la concentration de la BAP ou de la Kinétine. La BAP à 2mg/L, a favorisé mieux la prolifération en donnant $13,65^d \pm 5,71$ nœuds et $9,30^d \pm 4,26$ pousses par plantule. A cette même concentration, la kinétine n'a donné que $4,90^{ab} \pm 1,55$ nœuds et $2,55^{ab} \pm 0,60$ pousses par plantule (tableau 3 et photo 2). Cependant, il y a eu formation des cals à la base des plantules en fonction de la concentration en phytohormone dans le milieu. A la même concentration, les cals formés en présence de la BAP sont plus gros que ceux formés en présence de la Kinétine. En présence de la BAP, les entre-nœuds des plantules sont courts avec de petites feuilles, l'inverse est observé avec la Kinétine.

Tableau 3: Effet de la BAP et de la Kinétine sur le taux de multiplication de *N. diderrichii*, après six semaines de culture

Milieus	Nœuds/plant	Pousses/plant	Taille d'un plant (cm)
Témoin	$4,85^{ab} \pm 1,39$	$2,90^{ab} \pm 1,12$	$3,48^{bc} \pm 1,56$
BAP 0,05 mg/L	$2,80^a \pm 0,83$	$1,50^a \pm 0,51$	$2,76^{ab} \pm 1,36$
BAP 0,1 mg/L	$3,80^{ab} \pm 0,83$	$2,10^{ab} \pm 0,55$	$3,53^{bc} \pm 1,04$
BAP 1 mg/L	$10,35^c \pm 2,83$	$7,15^c \pm 2,72$	$2,92^{ab} \pm 0,70$
BAP 2 mg/L	$13,65^d \pm 5,71$	$9,30^d \pm 4,26$	$2,35^a \pm 0,66$
BAP 5 mg/L	$10,50^c \pm 5,62$	$7,75^c \pm 3,95$	$2,08^a \pm 0,57$
Kiné 0,05 mg/L	$3,30^{ab} \pm 0,66$	$1,55^a \pm 0,51$	$4,03^c \pm 1,69$
Kiné 0,1 mg/L	$2,80^a \pm 0,52$	$1,45^a \pm 0,51$	$3,10^{abc} \pm 1,26$
Kiné 1 mg/L	$4,05^{ab} \pm 1,79$	$2,65^{ab} \pm 1,09$	$2,49^{ab} \pm 1,33$
Kiné 2 mg/L	$4,90^{ab} \pm 1,55$	$2,55^{ab} \pm 0,60$	$2,80^{ab} \pm 1,15$
Kiné 5 mg/L	$5,55^b \pm 2,09$	$3,50^b \pm 1,47$	$2,99^{ab} \pm 0,97$

Moyenne $\pm$ écart-type sur 20 explants en deux répétitions. Les valeurs affectées de la même lettre dans la même colonne, ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls à $P < 0,05$.



Photo 2: Effet de BAP (a) et de Kiné (b), tous à 2 mg/L

3.2.2 AMELIORATION DE LA LONGUEUR DES ENTRE-NŒUDS DES PLANTULES SOUS L'EFFET DE LA BAP ET DU GA₃

L'observation après six semaines de repiquage a montré qu'à faible concentration, GA₃ améliore la croissance des plantules. En effet avec la BAP 2 mg/L + GA₃ 0,1 mg/L, la taille des plantules (3,59 cm) est significativement différente de celle des plantules (2,35 cm) sur milieu à BAP 2 mg/L + GA₃ 0 mg/L. A l'inverse lorsque la concentration du GA₃ augmente dans le milieu, l'effet bénéfique de la BAP sur le taux de multiplication diminue. Ainsi sur le milieu à BAP 2 mg/L + GA₃ 0 mg/L, il a été obtenu un taux de multiplication de 13,65^d ± 5,71 nœuds et 9,30^d ± 4,26 pousses par plant; contre seulement 5,45^a ± 2,61 nœuds et 3,20^a ± 1,64 pousses par plant sur le milieu à BAP 2 mg/L + GA₃ 0,1 mg/L. L'augmentation de la concentration du GA₃ dans le milieu n'a pas eu d'effet significatif sur l'organogénèse des plantules (tableau 4).

Tableau 4: Effet de la BAP 2 mg/L combiné à différentes concentration du GA₃, après six semaines de culture

Milieus	Nœuds/plant	Pousses/plant	Taille d'un plant (cm)
BAP 2 mg/L	13,65 ^b ± 5,71	9,30 ^b ± 4,26	2,36 ^a ± 0,66
BAP 2 mg/L + GA ₃ 0,1 mg/L	5,45 ^a ± 2,61	3,20 ^a ± 1,64	3,59 ^b ± 1,17
BAP 2 mg/L + GA ₃ 0,5 mg/L	5,50 ^a ± 3,49	3,70 ^a ± 2,20	2,61 ^a ± 1,13
BAP 2 mg/L + GA ₃ 1 mg/L	5,05 ^a ± 3,12	3,00 ^a ± 2,05	2,32 ^a ± 0,99

Moyenne ± écart-type sur 20 explants en deux répétitions. Les valeurs affectées de la même lettre dans la même colonne, ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls à $P < 0,05$.

3.3 PHASE D'ENRACINEMENT

3.3.1 CHOIX DE LA MEILLEURE AUXINE

Après six semaines de culture, les plantules sur le milieu contenant l'ANA ont produit plus de racines ($10,10^d \pm 3,35$ racines/plantule). Mais ces racines ne sont pas vigoureuses comme celles produites sur le milieu contenant l'AIB. Aucune racine n'a été initiée sur le milieu contenant 2,4-D (tableau 5). Tous les explants repiqués sur le milieu contenant 2,4-D, n'ont formé que de gros cals blanchâtres. Il a été observé également de gros cals à la base des plantules sur le milieu à ANA avec 85% des plantules vitrifiées. Par contre sur le milieu à AIB, il n'y a eu que des cals cicatriciels à base des plantules avec seulement 15% des plantules vitrifiées.

Tableau 5 : Effet de 3 auxines sur l'enracinement des vitroplants de *N. diderrichii*, après six semaines de culture

Auxines (0,1mg/L)	Vitrification	Racines/plant	Nœuds/plant	Taille d'un plant (cm)
ANA	85,00%	$10,10^d \pm 3,35$	$3,45^a \pm 1,10$	$4,00^a \pm 1,85$
AIB	15,00%	$4,30^c \pm 1,53$	$4,35^c \pm 1,35$	$5,05^a \pm 1,61$
2,4-D	-	$0,00^a \pm 0,00$	$0,00^b \pm 0,00$	$0,00^b \pm 0,00$
Témoin	0,00%	$2,95^b \pm 1,23$	$3,50^a \pm 1,10$	$4,14^a \pm 1,54$

Moyenne $\pm$ écart-type sur 20 explants en deux répétitions. Les valeurs affectées de la même lettre dans la même colonne, ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls à $P < 0,05$.

3.3.2 EFFET DE LA CONCENTRATION D'AIB SUR L'ENRACINEMENT DES VITROPLANTS

Il a été observé que les plantules ont produits à leur base des cals dont la taille a augmenté avec la concentration d'AIB. La présence de ces gros cals à la base des plantules ne favorise pas un bon sevrage, car les racines se cassent au cours des manipulations pour le sevrage. Cependant, il a été noté que les racines produites avec des concentrations élevées d'AIB sont plus petites, moins vigoureuses mais plus nombreuses par plantule. A 0,1 mg/L d'AIB, il a été obtenu $5,60^{ab} \pm 1,35$ racines vigoureuses par plantule qui s'apprêtent mieux au sevrage que $25,00^f \pm 0,00$ racines fragiles par plantule obtenues en présence de 1 mg/L d'AIB (tableau 6)

Tableau 6: Effet de différentes concentrations d'AIB sur l'enracinement des vitroplants, après six semaines de culture

Concentration en AIB	Vitrification	Racines/plant	Nœuds/plant	Taille d'un plant (cm)
0,00 mg/L	0,00 %	$3,65^d \pm 1,42$	$2,90^a \pm 0,79$	$4,12^c \pm 1,03$
0,10 mg/L	15,00%	$5,60^{ab} \pm 1,35$	$3,90^b \pm 1,12$	$5,26^{ac} \pm 1,29$
0,20 mg/L	20,00%	$5,15^a \pm 1,53$	$3,80^b \pm 1,15$	$6,49^{ab} \pm 1,94$
0,30 mg/L	30,00%	$6,15^{bc} \pm 1,09$	$3,75^b \pm 0,91$	$6,44^{ab} \pm 2,14$
0,40 mg/L	30,00%	$6,70^c \pm 1,41$	$4,60^c \pm 1,19$	$7,23^b \pm 1,47$
0,50 mg/L	30,00%	$20,00^e \pm 0,73$	$3,05^a \pm 0,69$	$6,15^{ab} \pm 1,74$
1,00 mg/L	35,00%	$25,00^f \pm 0,00$	$2,75^a \pm 0,72$	$4,28^c \pm 1,74$

Moyenne $\pm$ écart-type sur 20 explants en deux répétitions. Les valeurs affectées de la même lettre dans la même colonne, ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls à $P < 0,05$.

3.4 PHASE D'ACCLIMATATION

Il a été obtenu un taux de réussite de 100% lors de l'acclimatation des vitroplants. Les plants sur le substrat constitué du mélange du terreau et des fèces des moutons se sont mieux développés que ceux se trouvant sur du terreau simple (figure 1).

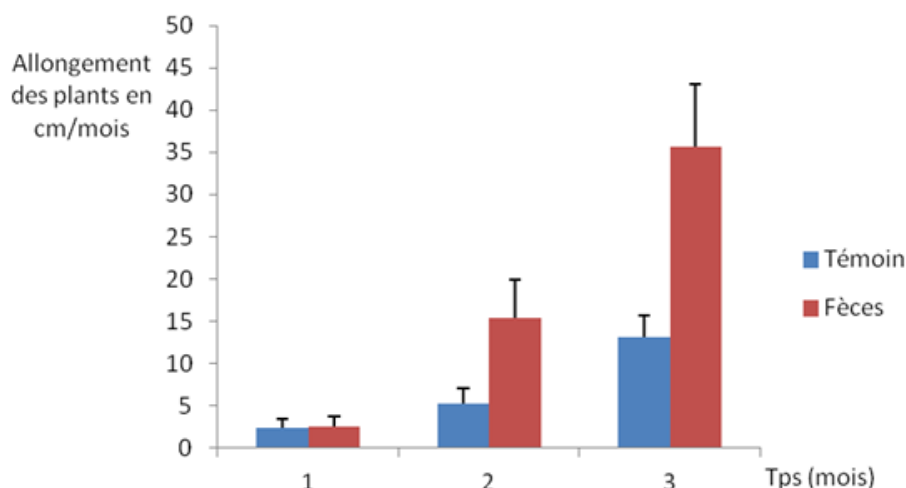


Figure 1: Croissance des vitroplants sevrés dans la serre en présence ou non des fèces des moutons

4 DISCUSSION

La réussite de la culture *in vitro* d'une espèce végétale est influencée par plusieurs facteurs dont le milieu de culture [20] et les phytohormones [21]. En effet la richesse du milieu en sels minéraux influence le développement des plantules. Au cours de ce travail, il a été observé que le milieu MS avec une concentration ionique plus élevée (93,27 mM) n'a pas favorisé une bonne croissance des plants. En effet, les vitroplants de *N. diderrichii* obtenus sur le milieu WPM à concentration ionique moyenne (41,54 mM) se sont mieux développés que ceux obtenus sur milieu MS complet. Ce résultat est similaire à celui obtenu par [22], [23] chez *Ceratonia siliqua* L. A l'inverse, [24], [25], [26], ont montré que les macroéléments MS donnaient de meilleurs résultats que ceux de WPM respectivement chez *Zanthophyllum zanthoxyloides* Lam., *Malus sieboldii* et *Vitis rotundifolia*. Par contre [27] n'ont remarqué aucune différence dans le développement des vitroplants de *N. latifolia* sur milieu MS et WPM. La dilution de moitié du milieu MS (46,64mM) a amélioré significativement l'enracinement et la croissance des plantules par rapport au MS complet (93,27 mM). Donc la concentration ionique élevée en macroéléments dans le milieu de culture est nuisible au développement des plantules de *N. diderrichii*. Cependant dès quatre milieux utilisés, le milieu WPM complet (41,54 mM) a favorisé une meilleure croissance des plantules car la taille des plantules sur ce milieu est significativement différente de la taille des plantules des trois autres milieux.

L'effet comparé des deux cytokinines (BAP et Kinétine) à différentes concentrations a révélé qu'à la même concentration, la BAP donnait un fort taux de multiplication que la Kinétine. En effet en présence de 2 mg/L, la BAP a donné jusqu'à $13,65^d \pm 5,71$ nœuds et $9,30^d \pm 4,26$ pousses/plant, contre seulement $4,90^{ab} \pm 1,55$ nœuds et $2,55^{ab} \pm 0,60$ pousses/plant pour Kinétine.

La BAP paraît être la meilleure cytokinine pour la micropropagation de *N. diderrichii*. Ce résultat est en accord avec ceux de [28], [29] qui ont travaillé sur divers Chênes et avec celui de [30] sur *Actinidia deliciosa*. Cette phytohormone a permis à [31] d'obtenir un fort taux de régénération *in vitro* de *Bacopa monneiri* (L) Penn. [32], a également montré que la BAP à 2 mg/L a permis d'obtenir un bon taux de multiplication chez *Sterculia setigera* Del. Il souligne par ailleurs que la Kinétine n'a favorisé que la meilleure croissance caulinaire avec une plus grande vigueur des vitroplants.

De leur côté, [33] ont trouvé que la BAP à 5 mg/L favorisait le développement des différents explants mis en culture comparativement à la kinétine à 5 mg/L en présence de 2 g/L de charbon actif sur milieu MS. Par contre [34], [35] ont montré que c'est la combinaison de la BAP et de la Kinétine qui leur a permis d'augmenter le taux de multiplication respectivement chez *Terminalia bellerica* Roxb. et *Dalbergia sissoo*.

Par ailleurs il a été observé que la micropropagation *in vitro* de *N. diderrichii* peut se faire avec ou sans phytohormone dans le milieu de culture car l'initiation et le développement des pousses sur ce milieu a pu se faire. Par contre pour [36], la présence de la BAP dans le milieu est indispensable pour l'initiation et le développement des bourgeons de *Quercus suber*. Si à 2 mg/L, la Kinétine n'a aucun effet sur les vitroplants de *N. diderrichii*, la BAP à cette concentration dans le milieu de culture augmente le potentiel de formation de pousses et nœuds chez cette espèce. A cette dose, [37], ont obtenu une meilleure multiplication de *Melissa officinalis* L.

L'effet de la BAP sur les vitroplants de *N. diderrichii* est contraire à celui trouvé par [38], qui n'ont trouvé aucune différence significative sur le milieu GD [39] en testant plusieurs concentrations de la BAP (0 ; 0,44 ; 0,88 ; 1,76 ; 2,64 ; 3,52 et 4,4 μ M) sur le débourrement des bourgeons axillaires de *Quercus robur*.

Selon les travaux de [22], la phase de multiplication de *Ceratonia siliqua* L. est optimale avec la BAP à (2,22 et 4,44 μ M). Ils notent cependant que, la combinaison de la BAP (2,22 μ M) et GA₃ à 1,44 μ M donne des pousses plus chlorophylliennes.

Cependant, [40], ont montré chez plusieurs Chênes que la forte concentration en BAP (8,8 μ M) dans le milieu conduisait à la formation des pousses anormales ou au développement de cals qui couvrent l'explant, empêchant le développement normal des pousses.

Les concentrations de la BAP utilisées au cours de ce travail, ont entraîné la formation des cals à la base des pousses dont la taille était fonction de la concentration de la BAP. Ce résultat similaire a été trouvé chez *Quercus robur* cultivé sur le milieu GD en présence de 1 μ M de la BAP [41].

La combinaison de la BAP à 2 mg/L et GA₃ à différentes concentrations (0,1- 0,5 et 1 mg/L) dans le milieu de culture, a eu un effet inhibiteur sur la formation des pousses. En effet en présence de 2 mg/L de la BAP + 0,1 mg/L de GA₃, il a été obtenue que 3,20^a $\pm$ 1,64 pousses/plant contre 9,30^b $\pm$ 4,26 en présence de 2 mg/L de la BAP sans GA₃. La combinaison avec GA₃ à 0,1 mg/L a permis néanmoins d'améliorer la croissance des plants. Ce qui est en désaccord avec les résultats obtenus chez *Quercus robur* par [42]. Cependant en présence de la concentration élevée (0,5 et 1 mg/L) de GA₃, la croissance des pousses est ralentie.

Le 2,4-D utilisé pour l'amélioration de l'enracinement des vitroplants de *N. diderrichii* n'a permis aucun débourrement, tous les explants se sont transformés en cals. Les deux autres auxines (ANA et AIB), ont permis d'améliorer l'enracinement des vitroplants de *N. diderrichii*. Ce résultat est l'inverse de celui trouvé par [35] chez *Dalbergia sissoo*. Cependant les racines obtenues en présence d'ANA (10,10^d $\pm$ 3,35/plant), ne sont pas vigoureuses comme celles obtenues en présence d'AIB (4,30^c $\pm$ 1,53/plant). Ainsi l'AIB paraît être l'auxine convenable pour l'amélioration de l'enracinement des vitroplants de *N. diderrichii*. Cette auxine, à des doses élevées (0,2-0,3-0,4-0,5 et 1 mg/L) augmente considérablement le nombre de racines (petites) par plant, de vitrification de plants et entraîne la formation de gros cals. Ce résultat est contraire à celui obtenu par [43] chez *Hibiscus cannabinus* L. où l'utilisation de 2 mg/L d'AIB n'a entraîné aucune formation des cals au niveau des plantules.

5 CONCLUSION

La multiplication végétative *in vitro* des plants de *N. diderrichii* a été possible au cours de ce travail. Le milieu WPM additionné de la BAP à 2 mg/L peut être recommandé pour la phase de multiplication. L'AIB à 0,1mg/L est l'auxine qui convient mieux pour l'amélioration de l'enracinement des plantules. Sans difficulté, les plants multipliés et enracinés sont acclimatés et transférés en champs.

Ainsi la régénération rapide et en masse des plants de *N. diderrichii* peuvent se faire par la technique de culture *in vitro* permettant de contourner les difficultés rencontrées dans la germination des graines de cette espèce.

REFERENCES

- [1] A. Martin, Germination et dispersion des grains chez *Glaucium Flavum* crantz (Papaveraceae), Acta Botanica Malacitana, 21:71-78, 1996.
- [2] W.D. Hawthorne, Ecological profiles of Ghanaian forest trees. Oxford Forestry Institute: Oxford. Pp.345, 1995(a).
- [3] R. Wagenfuhr, Holzatlas 5. Auflage, Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, Munchen 707, 2000.
- [4] H. Ern, Die Vegetation Togos, Gliederung, Gefährdung, Erhaltung, Willdenovia, 9: 295- 312, 1979.
- [5] K. Kokou, Y. Nuto, et K. Adjonou, Restaurer les forêts tropicales ouest africaines avec les espèces locales: cas de *Nauclea diderrichii* dans le Litimé (Sud-ouest des monts du Togo). Rev Sc. Env. Univ., Lomé(Togo) n°04 : 24p, 2008.
- [6] K. Adjonou, Y. Nuto, P. Bosu, S. Adu-Bredu, A.D. Kokutse, K. Kokou, Natural Distribution of *Nauclea diderrichii* (Rubiceae) in Semi Deciduous Forest of Togo (West Africa) and Implementation of Integrated Silviculture. American Journal of Plant Sciences, 5 : 1220-1235, 2014.
- [7] J. Gérard, A. Edi Kouassi, C. Daigremont, P. Détienne, D. Fouquet, M. Vernay, Synthèse sur les caractéristiques technologiques des bois commerciaux africains. Série FORAFRI, Document 11, 1998.

- [8] V. Kimpouni, Etude du marché préliminaire sur les produits forestiers non ligneux commercialisés dans les marchés de Pointe-Noire (Congo Brazaville). In Les produits forestiers non ligneux en Afrique centrale: Recherches actuelles et perspectives pour la conservation et le développement. FAO, Rome
- [9] V. Alexis, F. Mustofa, V.P. Benoit, P. Yves, and M. Michele, Antiplasmodial activity of plant extracts used in west African traditional medicine, *Journal of Ethno pharmacology*, 73(1-2): 145 -151, 2000.
- [10] O. Ndoye, M. Ruiz Perez, A.M. Mamoun, D. Lema Ngono, Les effets de la crise économique et de la dévaluation du francs CFA sur l'utilisation des plantes médicinales au Cameroun: implication pour la gestion durable des forêts, 1998.
- [11] J. Vivien, et J.J. Faure, *Fruitiers sauvages d'Afrique – Espèces du Cameroun*, Editions NGUILA-KEROU, France : 416p, 1995.
- [12] PNUE, GEF Volta Project, Analyse Diagnostique Transfrontalière du bassin versant de la Volta, Rapport National Togo. UNEP/GEF/Volta/NR Togo 1/2010.
- [13] G.R. Caspa, L. Kuoudiekong, A.B. Nwegueh, T.S. Njeudeng, J.C Lahjou, and J. Onana, Effect of different substrates on rooting and shoot development of juvenile stem cuttings of *Nauclea diderrichii* (De Wilds & T. Durand) Merrill. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 3(5): 1124-1132, 2009.
- [14] J.C. Onyekwelu, H. Kateb, B. Stimm, R. Mosandl, Growth characteristics of *Nauclea diderrichii* (De Wild & T.Durand) Merr. in unthinned plantation in south-Western Nigeria, 2003.[Online]Available : muenchen.de/~waldbau/litorg0/314.pdf
- [15] Q. Meunier, R. Bellefontaine, J.M. Boffa, and N. Bitahwa, Low-cost vegetative propagation of trees and shrubs: Technical handbook for Ugandan rural communities, 36, 2006.
- [16] B. Zobel, and J.A. Talbert, *Applied Forest Tree Improvement*. Wiley: New York, 1984.
- [17] R. García-González, K. Quiroz, B. Carrasco, and P. Caligari, Plant tissue culture: Current status, opportunities and challenges, *Ciencia e investigación agraria*, 37(3):5- 30, 2010.
- [18] T. Murashige, and F. Skoog, A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue culture, *Plant Physiology*, 15(3): 473-497, 1962.
- [19] G. Lloyd, and B. McCown, *International Plant Propagation Society Proceedings*, 30: p421, 1980.
- [20] A.R. Leva, R. Petruccelli, and M. Panicucci, Ruolo di alcuni microelementi carboidrati nella proliferazione *in vitro* di cv Di olivo (*Olea europea* L.). *Atti quattita olio extravergine di oliva*, Firenze, 1-3: p. 333, 1992.
- [21] M. Mencuccini, Micropropagazine e miglioramento genetico *in vitro* dell'olivo. Stato dell'arte e prospective future. *Riv. Fruttic. Ortofloricolt.* 57(12) : 73-82, 1995.
- [22] A. Lamarti, et R. Saidi, Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.): valorisation des gousses et micropropagation. Xles Journées Scientifiques du réseau "Biotechnologies végétales / Amélioration des plantes et sécurité alimentaire" de l'Agence universitaire de la Francophonie 30 juin-3 juillet 2008, Agrocampus Rennes. Rennes, France, 2008.
- [23] N. Gharnit, et A. Ennabili, Essais préliminaires de culture *in vitro* du caroubier (*ceratonia siliqua* L.) originaire du nord-ouest du Maroc, *Biomatec Echo*, Vol.3, n°6 : 18–25, 2009.
- [24] K.D. Etsè , A.V. Aïdam, C. de Zouza, J. Crèche and A. Lanoue, *In vitro* propagation of *Zanthoxylum zanthoxyloides* Lam., an endangered African medicinal plant, *Acta Botanica Gallica*, 158(1) : 47-55, 2011.
- [25] A.M. Ciccotti, C. Bisognin, I. Battocletti, A. Salvadori, M. Herdemertens, and W. Jarausch, Micropropagation of apple proliferation-resistant apomictic *Malus sieboldii* genotypes, *Agronomy Research*, 6(2): 445–458, 2008.
- [26] D.J. Gray and C.M. Beton, *In vitro* micropropagation and plant establishment of muscadine grape cultivars (*Vitis rotundifolia*), *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 27: 7-14, 1991.
- [27] R. Pitekelabou, D. K. Etse, et A.V.Aïdam, Micropropagation et rhizogenèse *in vitro* chez *Nauclea latifolia* smith (Rubiaceae). *European Scientific Journal*, 9 (24) : 296- 307, 2013.
- [28] B. Juncker, et J.M. Favre, Long-term effects of culture establishment from shoot-tip explants in micropropagating oak (*Quercus robur* L.), *Annals of Forest Science*, 51(6): 581-588, 1994.
- [29] A. Romano, C. Noronha, et M.A Martins-Loução, Influence of growth regulators on shoot proliferation in *Quercus suber* L., *Annals of Botany (London)*, 70(6): 531-536, 1992.
- [30] A.F. Akbaş, Ç. İşikalan, S. Namli, and D. Başaran, Micropropagation of Kiwifruit (*Actinidia deliciosa*), *International Journal of Agriculture & Biology*, vol.9, n°3: 489– 493, 2007.
- [31] C. Gurnani, V. Kumar, S.Mukhija, A. Dhingra, S. Rajpurohit, and P. Narula, *In vitro* regeneration of brahmi (*bacopa monneiri* (L.) penn.) - a threatened medicinal plant, *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology*, vol. 8, no.1: 97- 99, 2012.
- [32] D. Bassirou, Etude du potentiel morphogénétique *in vitro* de *Sterculia setigera* Del. In Xles Journées Scientifiques du réseau "Biotechnologies végétales / Amélioration des plantes et sécurité alimentaire" de l'Agence universitaire de la Francophonie 30 juin-3 juillet 2008, Agrocampus Rennes. Rennes, France, 2008.

- [33] M.A.N. Sambe, A.L. N'doye, M. Sagna, et M.O. Sy, Apport d'un outil biotechnologique à la conservation du germplasma de baobab (*Adansonia digitata* L., Bombacaceae). X^{les} Journées Scientifiques du réseau "Biotechnologies végétales / Amélioration des plantes et sécurité alimentaire" de l'Agence universitaire de la Francophonie 30 juin-3 juillet 2008, Agrocampus Rennes. Rennes, France, 2008.
- [34] J. Mehta, M. Sain, L.B. Mathuriya, R. Naruka, A. Kavia, and R.D. Sharma, Rapid micropropagation and callus induction of *Terminalia bellerica* Roxb. -An endangered plant. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 2 (3): 364-368, 2012.
- [35] A. Ali, M. Rizwan, A. Majid, A. Saleem, and H.N. Naveed, Effect of media type and explants source on micropropagation of *Dalbergia sissoo*: A tree of medicinal importance, *Journal of Medicinal Plants Research* Vol. 6(9):1742-1751, 2012.
- [36] J.A. Manzanera, et J.A. Pardos, Micropropagation of juvenile and adult *Quercus suber* L., *Plant Cell, Tissue Organ Culture*, 21(1) : 1-8, 1990.
- [37] N. Mohebalipour, S. Aharizad, A.S. Mohammadi, R.A. Motallebiazar, and M.H. Arefi, Effect of plant growth regulators BAP and IAA on micropropagation of Iranian lemon balm (*Melissa officinalis* L.) landraces, *Journal of Food, Agriculture & Environment* Vol.10 (1): 280-286, 2012.
- [38] I.J. Puddephat, P.G. Alderson, N.A. Wright, Influence of explants source, plant growth regulators and culture environment on culture initiation and establishment of *Quercus robur* L. *in vitro*, *Journal of Experimental Botany*, 48(309): 951-962, 1997.
- [39] P.M. Gresshoff, and C.H. Doy, Development and differentiation of haploid *Lycopersicon esculentum* (Tomato), *Planta*, 107(2): 161-170, 1972.
- [40] M.G. Ostrolucka and M. Bezo, Utilization of meristem cultures in propagation of oak (*Quercus* sp.), *Genetica Polonica*, 35(3): 161-169, 1994.
- [41] B. Pevalek-Kozlina, and S. Jelaska, The regeneration ability in common oak (*Quercus robur* L.) callus cultures, *Acta Pharmaceutica*, 45(2, suppl. I): 165-398, 1995.
- [42] M.C. San-José, A.M. Vieitez, et E. Vieitez, Establecimiento y multiplicación *in vitro* de brotes del género *Quercus*, *Phyton* (Buenos Aires), 45(1) : 31-40, 1985.
- [43] S. Arbaoui, B. Campanella, R. Paul, et T. Bettaieb, Micropropagation *in vitro* d'une plante à fibres : le kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.), *Revue « Nature & Technologie »*. B- Sciences Agronomiques et Biologiques, n° 09 : 41 - 47, 2013.

Synthesis of Agro- based Copolymers for Treatment of Waste

Fatima Tariq and Uzaira Rafique

Department of Environmental Sciences,
Fatima Jinnah Women University,
The Mall, Rawalpindi, Pakistan

Copyright © 2015 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: Environment is confronted with a variety of natural and synthetic organic compounds in its compartments, following rapid industrialization and urbanization. These continuously growing challenges elevate the need for implementing the clean and cost effective technologies. The plan of the present investigation is the copolymerization of natural and synthetic materials for the development of adsorbents followed by its application for the removal of environmental pollutants. Starch is selected as natural biopolymer and cyclodextrin represents the synthetic polymer. Both materials are copolymerized and further modified with the Cabbage fibres and epichlorohydrin as cross linker.

FTIR analysis reveals the presence of cyclodextrin in the synthesized copolymer through stretching vibration of $-CH_2$, $-C-O-C$ at 2931cm^{-1} and 1016cm^{-1} , respectively. On the other hand, starch based copolymer cross linked with epichlorohydrin is identified by the absorption band of epoxy group at 931cm^{-1} . The presence of terminal and internal epoxy group at 763cm^{-1} and 669cm^{-1} also supports the synthesis. The SEM illustrated wider cavities that are expected to enhance the uptake capacity of modified copolymers for organic moieties. The inclusion complex of β -Cyclodextrin depicts rectangular features with milky white surface. The samples were scanned 10-71 of 2θ by steps of 0.015 with Cu K α radiation ($\lambda = 1.54059$) operating at 40 kv and 100 mA.

The synthesized Copolymers were applied as adsorbents in a batch experiment to determine efficiency for the removal of a wide range of environmental pollutants. The results of UV-Vis disclosed that crystal violet and congo red is removed to a comparable extent. Atomic absorption analysed the Lead (85-95%) is more efficiently removed than Chromium (60-70%). It might be related to higher molecular weight of the former than the later. Similarly, the fused aromatic rings demonstrated less removal for pyrene (202.25g/mol) than anthracene (178.23g/mol). The synthesized copolymers were also applied for the adsorption of PCBs from transformer oil to present model of in-situ remediation.

KEYWORDS: β -Cyclodextrin; Starch; Transformer oil, Epichlorohydrin, Cabbage leaf powder

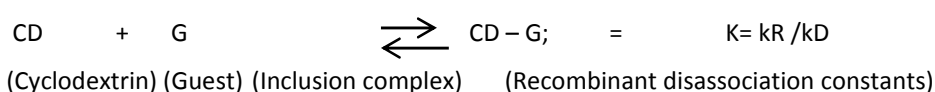
1 INTRODUCTION

Environment is confronted with variety of synthetic organic compounds (Nagy^[14] et al., 2008). The ultimate effects on the survival of human beings elevate the need for implementing the clean and cost effective technologies Persistent organic pollutants are such as PCB's manufactured in 1929 and were banned in 1979 but it is still used in electric transformers, capacitors, lubricating oils, printing inks, adhesives, sealants and additives in plastics and paints from where it enters into environment (Pentyala^[25] et al., 2011).

Polyaromatic hydrocarbons (PAHs) are highly mobile organic toxicant enter into environment from both natural and anthropogenic sources. Extensive applications of azo dyes in food, leather tanning, paper and textile industry is growing interest in finding adequate and cost effective adsorbent for its exclusion from environment because it can transform carcinogenic aromatic amines in the environment through formation of covalent and physical bonds (Julinova^[23] et al., 2012).

Elevated industrial hazards lead towards the lethal release of chromium into environment which is matter of concern. According to ministry of environment and forest the permissible limit for chromium in industrial effluents is 0.05mg/L whereas maximum recommended limit of chromium for drinking water is 0.05mg/L by World Health Organization (WHO) (Khatoon^[17] et al., 2013). In 1909 concept of adsorption was first originated by McBain (Browski et al.^[6], 2001). Natural as well as synthetic adsorbents such as fly ash zeolites are used for the removal of pollutants from wastewater due to the availability of exchangeable adsorption sites on the surface of sorbent. In polymer science literature reported about various Starch based naturally existing biopolymer made up of two components amylose (linear linkage of glucose units by 1-4 bonds) and amylopectin (branched, dense structure with 1- linkage) contain polymer chain of glucose units which gain much acceptance due to its high biodegradable properties (Barikani^[5] et al., 2007). Modification of starch with acrylonitrile and acrylic acid to forms copolymers as effective adsorbents for the removal of basic dyes such as methylene blue and rhodamine blue (Dhodapkar^[9] et al., 2009).

β -Cyclodextrin is considered as an efficient adsorbent due inimitable property of forming inclusion complexes with solid, liquid and gaseous moieties through host guest interactions which are responsible for the complexation of guest molecule to cyclodextrin cavity. It can remove organic moieties from water as low as part per trillion level (Sambasevam^[30] et al., 2013). Mechanism is shown by following equation:



2 MATERIAL AND METHODS

The plan of the present investigation is the copolymerization of natural and synthetic materials as adsorbents for the removal of environmental pollutants. They were synthesized from two different sources, Starch and β -Cyclodextrin. Cabbage fibre and linker (epichlorhydrin) was added to each co-polymer (Rima^[27] et al., 2013).

β -Cyclodextrin (60 mg) was dissolved in 75 ml of pyridine and heated at 70 °C. To this solution, cabbage fibres (28mg) and acetic acid (25 ml) were added and stirred brown to yellow solids started to appear after 30 minutes. (Rima^[27] et al., 2013) while Starch based co-polymer was synthesized by dissolving Starch (60mg) in pyridine carboxaldehyde (75 ml). Yellow solid product was obtained in 20 minutes which was washed repeatedly with distilled water and ethanol to remove unreacted pyridine carboxaldehyde. Both synthesized co-polymers (CCD1 and CST1) were modified with cross-linker epichlorohydrin (10 ml) (Yu^[38] et al., 2003), stirred, filtered, washed and the residue was dried. The products were coded as CCDE and CSTE.

The significance of present research is an attempt to greener synthesis (than reported by Rima^[27] et al., 2013) in selecting acetic acid as a solvent than highly toxic toluene diisocyanate (Arnold^[2] et al., 2012). Furthermore, usage of cabbage fibres and starch are reported for the first time in the present research. The modified copolymers were subjected to standardized characterization techniques to study the surface and bulk properties of the materials. Functional groups identification was made on FTIR, SEM and XRD.

2.1 BATCH ADSORPTION EXPERIMENTS

The sorption capacities of synthesized copolymers were investigated by applying as adsorbents for the removal of dyes, heavy metals, polyaromatic hydrocarbon and polychlorinated biphenyls. A close batch approach was carried out by taking known mass of copolymer as adsorbent was added an aliquot was taken after known contact time between adsorbate and adsorbent till equilibrium is attained.

Adsorption of dyes (Methyl orange, Crystal violet, Congo red) and PAHs (Pyrene and Anthracene) on synthesized copolymer was recorded on UV-Visible spectrophotometer (UV-1601, Shimadzu Japan) at a wavelength of maximum absorbance (λ max) 590 nm and 497 nm for dyes and maximum absorbance (λ max) for Pyrene (412 nm) and Anthracene (471 nm). Each batch experiment was conducted for three different induced concentrations (0.01 mg/L, 0.03 mg/L and 0.05 mg/L) and three adsorbent dosages (1 mg, 5 mg, 10 mg, 20 mg) as a function of time.

Concentration of metals after adsorption with copolymer was determined on Flame Atomic Absorption spectrophotometer (AA 220, Varian) using Hollow Cathode Lamp. The batch experiment was reported with lead and Chromium at three different concentrations (30, 50 and 70 mg/L) and at different adsorbent doses (1 mg, 5 mg, 10 mg and 20 mg).

The percent or the removal (in percentage) of dyes, metals and PAHs was calculated using the following relation:

$$R (\% \text{ age}) = 100 \frac{(C_i - C_o)}{C_i}$$

3 RESULTS AND DISCUSSION

Keeping the objective to remove a wide range of organic and inorganic pollutants from the environment, Direct co-condensation approach is adopted for the synthesis of co-polymers, as this process is easier, convenient and efficient (Da, na^[7] et al., 2011).

3.1 FTIR INTERPRETATION OF COPOLYMERS

The recorded FTIR spectra of raw cabbage show characteristic peak at 3354–3601 cm⁻¹ assigned to the absorption of N–H and O–H stretching (Bao^[4] et al., 2013) while the characteristics peaks of β- Cyclodextrin was observed at 1033 cm⁻¹, 860cm⁻¹ and 1157cm⁻¹ are due to anti-symmetric stretching of C–O–C and vibrational stretching of –C=C– (Li^[19] et al., 2011). FTIR spectra of raw starch indicated at 1670cm⁻¹ and 1411cm⁻¹ of C–H or C–O vibrating absorptions suggests intramolecular bonds (Wang^[35] et al., 2012).

The synthesized β-CCD Copolymer was characterized by the presence of peak at 2960.83cm⁻¹ indicates the presence of Hydrogen free –NH–COO–, –NH2– and –COOH groups. FTIR of β-CCDE show the CH₂–Cl and C–Cl rocking and wagging band at 707–526 cm⁻¹ confirm the formation of polymer with the addition of ECH. This is also supported by Gidwani^[13] et al., 2014.

Copolymer synthesized from starch, when analysed under FTIR prompted the free and bonded N–H stretch vibration at 3463 cm⁻¹ and urethane - urea linkage is observed at 1712 cm⁻¹ (Mostafa^[21] et al 2011). After modification (with epichlorohydrin) of the above mentioned copolymer epoxy group absorption band at 931cm⁻¹–860 cm⁻¹ is assessed. The terminal and internal epoxy groups at 763 cm⁻¹ and 669cm⁻¹ are also identified by (Yu^[38] et al., 2003).

3.2 SCANNING ELECTRON MICROSCOPY OF SYNTHESIZED COPOLYMERS

The modified β-Cyclodextrin copolymer with epichlorohydrin shows (see Figure: 1) interesting morphological features, like wider cavities, globular shape and roughness of surface due to the presence of cross linker that will contribute the availability of more spaces to entrap the incoming pollutant and enhanced surface area for adsorption. The sizes ranges form 50–80 nm. (Khatoon^[17] et al., 2013). The starch based copolymer was modified with epichlorohydrin will exhibit some features distinctive of cross-linking agent which shows generation of more wider spaces, whereas the basic constituents of copolymers are more strongly and closely networked due to cross-linking phenomenon. As a result, the copolymer clusters into larger agglomerates. This is reflected by the relatively larger size of the synthesized copolymer ranging from 60–131nm (Ding^[11] et al., 2011).

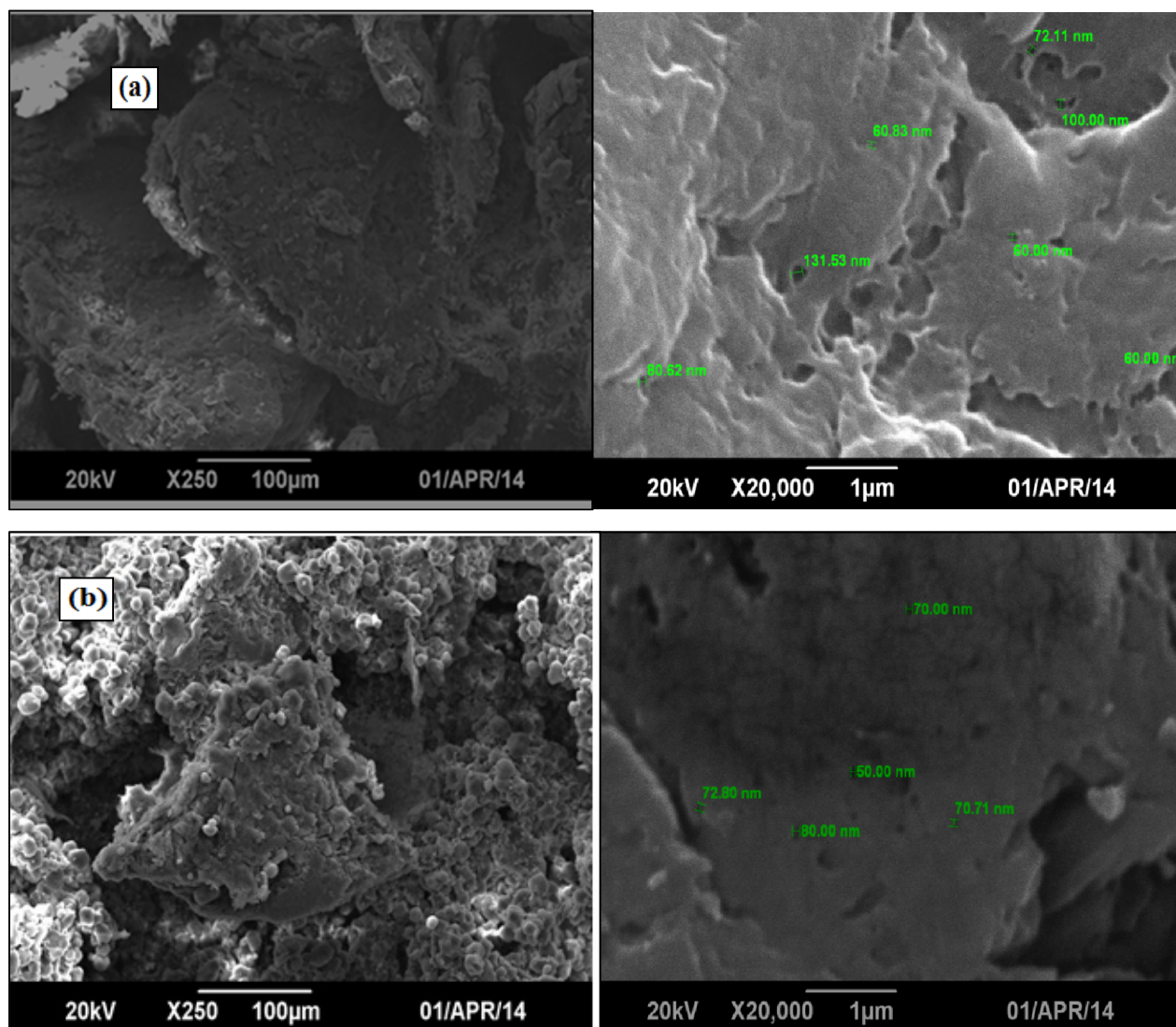


Figure: 1. SEM images of modified (a) β -Cyclodextrin (b) Starch based Copolymers

3.3 XRD ANALYSIS OF SYNTHESIZED COPOLYMERS

The synthesized copolymers when impinged with X-rays show that β -Cyclodextrin copolymer diffracts to a much limited range with maximum intensity at 2θ of 21.66° . It indicates the material is preferably amorphous due to loss of regularity throughout the polymeric chains (Raoo ^[26] et al., 2014) and wide spacing ($d > 4$) inhibits scattering of incoming rays. Further, very small sized grains (0.064 nm) may provide another hindrance to diffraction process (Stalin ^[32] et al., 2014). The starch based copolymers show a marginal increase in degree of crystallinity but modification with epichlorohydrin slightly reduces the intensity of diffracted peaks which is attributed towards the amorphization of the structure (Kumar ^[18] et al., 2014). During crystallization of Cyclodextrin, some water molecules inculcate into Cyclodextrin cavity while other act as integral part of crystal structure (Das ^[8] et al., 2013).

Further d-spacing is contributing to comparable size of crystallites after modification of starch based co-polymers. The wider spacing depicts the synthesized copolymers having characteristics of both crystalline and amorphous (Mulla ^[22] et al., 2012).

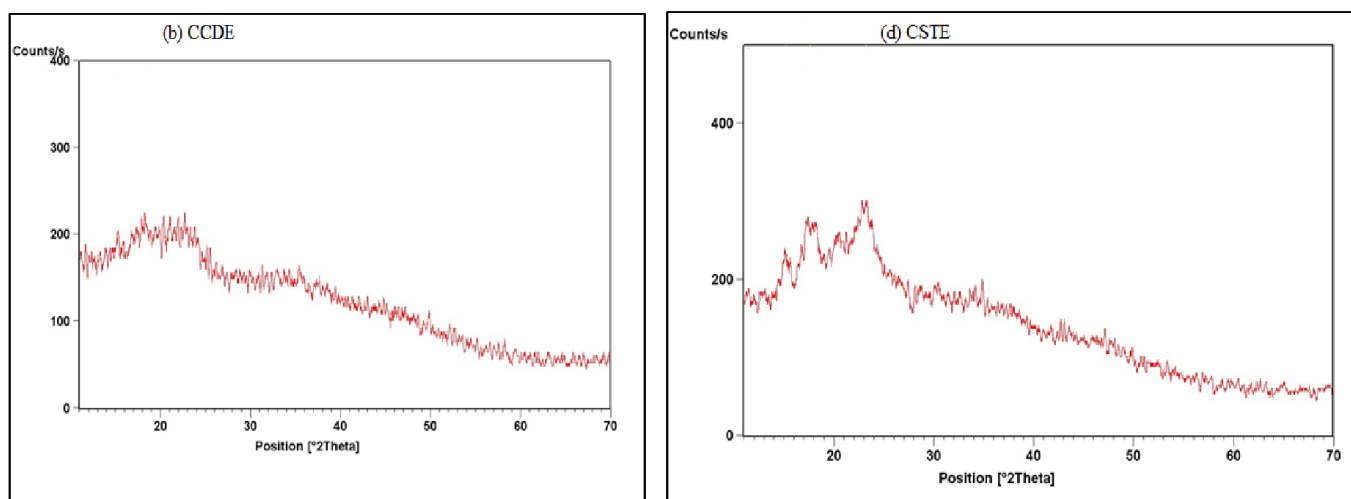


Figure 2. XRD of synthesized copolymer (b) CCDE (d) CSTE

3.4 EFFECT OF DOSE

The adsorption efficiency of modified β -Cyclodextrin based copolymers indicates that higher percent (94) removal of crystal violet was observed at high dose of adsorbent (20 mg). This indicates that efficient removal of crystal violet is due to increase in adsorbent surface area and active sites results in availability of more binding site for desorption.

3.5 EFFECT OF TIME

The contact time for the removal of crystal violet by both adsorbents (CSTE and CCDE) was determined. It is suggested that that adsorbent mass has impact on contact time to reach the equilibrium. Smaller the dose longer it will take time to attain equilibrium (60 min), higher the doses lesser it will take the time to attain equilibrium 30 min (S^[29] et al., 2014). The results indicate that the modified copolymers show maximum desorption between 10 min-20 min due the activity of cross linker. Maximum adsorption was observed at (5 min-10 min). This trend is supported by Vanitha^[34] et al., 2014 reported a considerable increase in percent removal of crystal violet with the increase in contact time will attains equilibrium at 30 min.

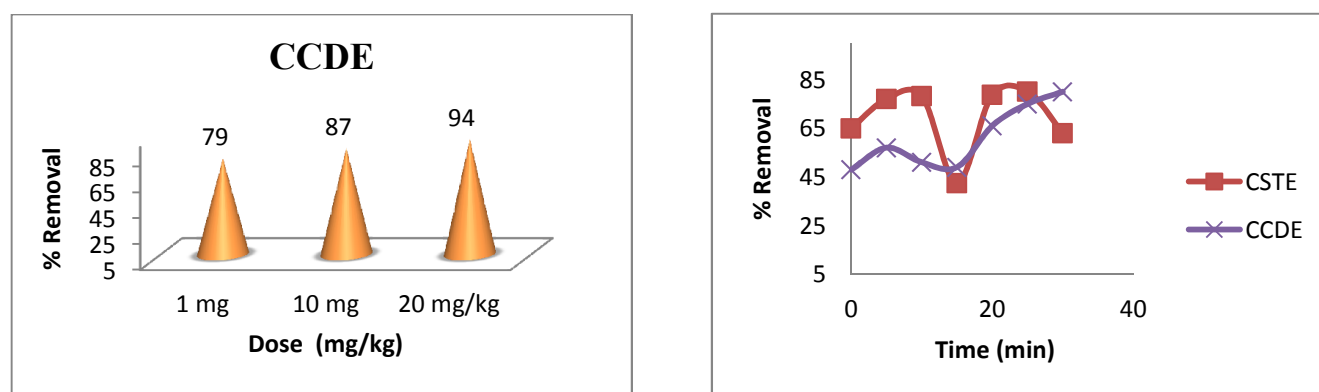


Figure 3. Removal (% age) of crystal violet

4 CONGO RED

4.1 EFFECT OF CONCENTRATION

The modified β -Cyclodextrin based adsorbent reveals its higher adsorption capacity for the removal of Congo dyes because β -Cyclodextrin act as a host that allow Congo red (guest) to entrap within its cavities and adsorption sites remain unsaturated during adsorption. It enhances the sorption capacity due to the presence of intermolecular hydrogen bonding

between hydroxyl group in β -Cyclodextrin and amide group as a result of the addition of pyridine and cabbage (Rima^[27] et al., 2013) strongly bonded with the sulfonate group of azo dyes. The trend follow in adsorption of Congo red shows increased with the increase in concentration as it is supported by (Panic^[24] et al., 2013).

4.2 EFFECT OF CONTACT TIME

The effects of contact time on the removal efficiency of modified starch and β -Cyclodextrin based adsorbents were examined. The maximum removal of Congo red was observed between 5 min-15 min and attains equilibrium after 20 min. This is followed by similar trend by clay based materials as adsorbents (Meroufel^[20] et al., 2013). The adsorption of congo red is rapid in the initial time (within 10 min) after which larger amount of dye adsorb with the increase in initial concentration. Similar trend is observed by S^[29] et al., 2014 who reported the adsorption of methylene blue which depends upon the initial concentration.

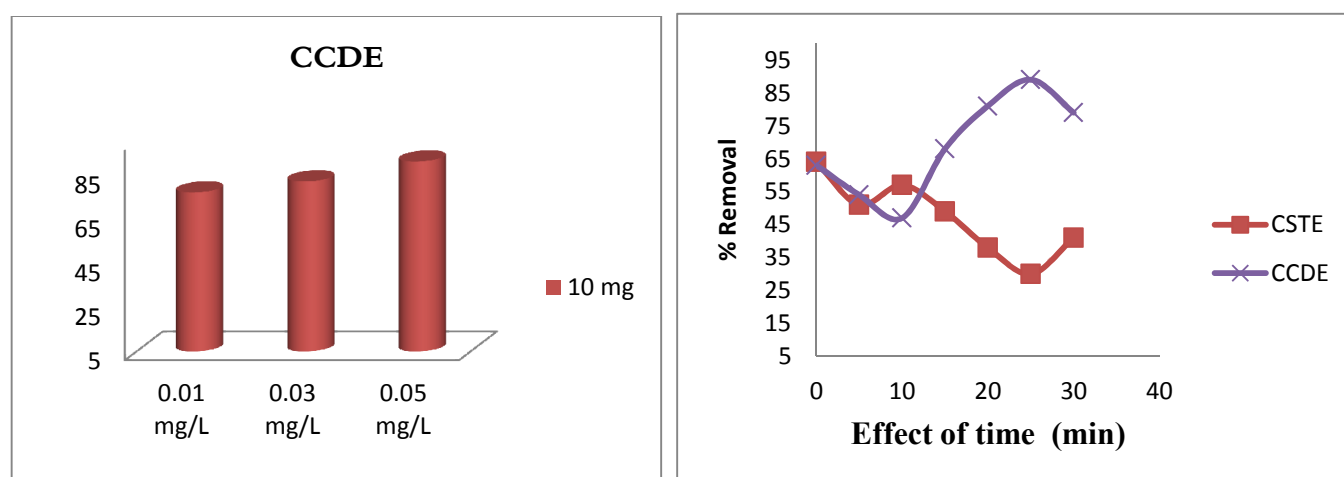


Figure: 4. Removal (% age) of Congo Red

5 REMOVAL OF POLYAROMATIC HYDROCARBONS (PYRENE AND ANTHRACENE)

5.1 EFFECT OF DOSE

The free sites on the surface of adsorbents are responsible for the efficient removal of polluting moieties. Due to increase in dose number of active sites and surface area increase which allows more adsorption of pollutants. The bar graph (Figure: 5) represents 93% removal efficiency at 20 mg dose. This shows that percent removal increase with the increase in amount of dose. CCDE show higher percent removal because the removal capacity of CCDE depends upon molecular species of pyrene in aqueous solution. Due to higher mass of adsorbent (20 mg) the neutral species in the pyrene which are more hydrophobic and weakly polar gradually inco-operates in to the CCDE cavities (Yu^[38] et al., 2003).

5.2 EFFECT OF CONTACT TIME

The percent removal of any pollutant depends upon the time of contact. Longer the pollutant become intact with the adsorbent higher will be its removal. The removal trend shown in (Figure: 5) suggest that both modified adsorbents reveals different percent removal on the basis of it properties such as surface area and active sites on the surface of adsorbent which increase with the time and mass of adsorbent. CSTE attains equilibrium at 20 min and maximum removal was observed between (5 -15 min) while CCDE show equilibrium till 25 min and then decrease sharply.

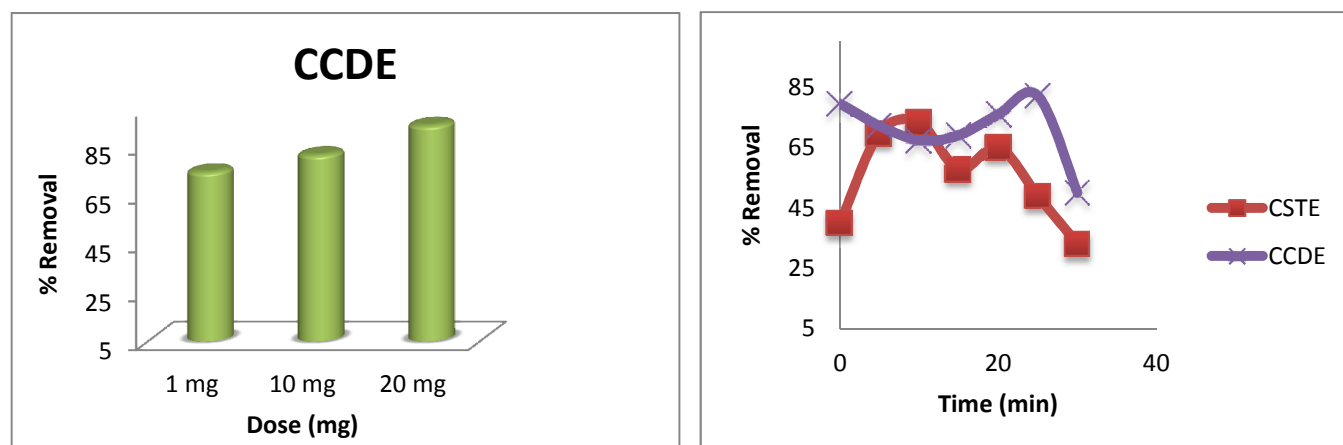


Figure: 5. Removal (% age) of Pyrene

5.3 EFFECT OF DOSE

Comparatively to pyrene which shows highest removal at highest dose. Dissimilarity in trend was observed for the removal of anthracene which depicts the optimum removal of anthracene at 1 mg followed by 20 mg. This is due to the fact that maximum removal was 86% percent because cross-linking ability enhances the adsorption at initial dose which later on further enhance the active sites due to the increase in dose which shows 93 % removal.

5.4 EFFECT OF CONTACT TIME

The trend in the graph show that percent removal of anthracene increase with the increase of time because longer contact time will favours the adsorption of anthracene at much faster rate. The maximum removal was observed between 5-20 min. Later on CST, CSTe, CCDE will attain equilibrium after 25-30 min while CCD show desorption after 25 min.

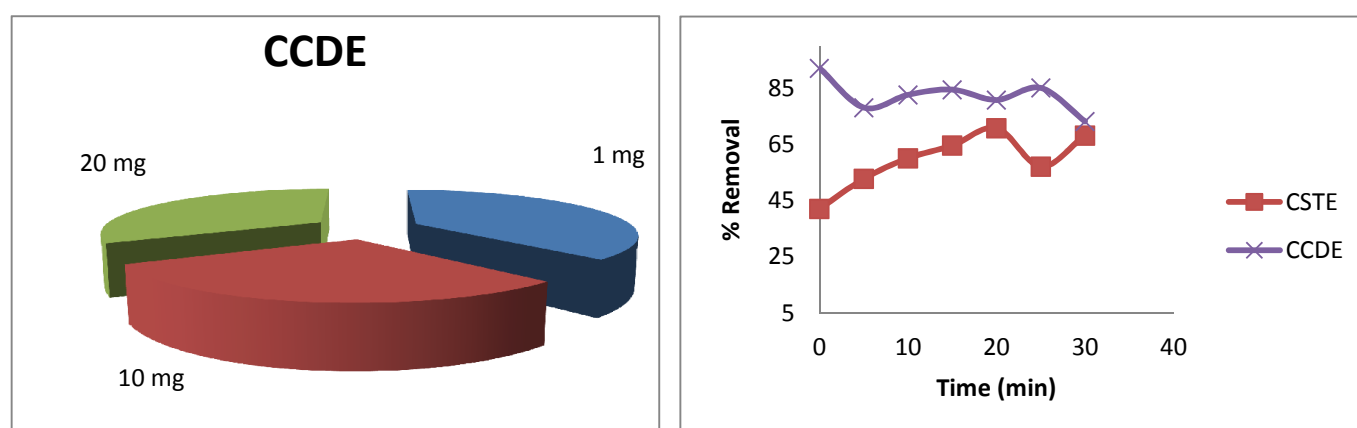


Figure: 6. Removal (% age) of Anthracene

6 REMOVAL OF METALS(LEAD AND CHROMIUM)

6.1 EFFECT OF DOSE

The efficient removal of lead was observed at initial dose which reveals the significant efficiency of β -Cyclodextrin based adsorbents because they provide large surface area for the incoming metal to entrap within the cavities while the opposite trend was observed for Chitosan based adsorbent whose percent removal increase with the increase in adsorbent dose. This fact that lead adsorbs at low dose rather than at higher dose due to its low ionization energy is supported by (Shanmugapriya,^[31] et al., 2013) who also observed that Ni get removed from the adsorbent surface at higher dose. It is

observed that there is decrease in removal percentage with the increase in dose due to the aggregation and non-availability of active sites on the adsorbent surface (B^[3] et al., 2011).

6.2 EFFECT OF CONTACT TIME

Increase in time results in probability that more and more time will be available for metal ion to remain intact with the adsorbent surface and form complexes at the surface which favours more removal of pollutants. This shows that adsorption increase with the increase in contact time (see Figure: 7) because in bulk solution all adsorbents show decrease in boundary layer resistance to mass transfer results in increase in kinetic energy of hydrated ions so more and more lead ions become mobile in solution than on adsorbent surface. The highest adsorption was observed between 10 min and 20 min for CCDE due to high cross- linked complexation between adsorbent and adsorbate while remaining adsorbents sow equilibrium between 5-25 min (Xia^[36] et al., 2003).

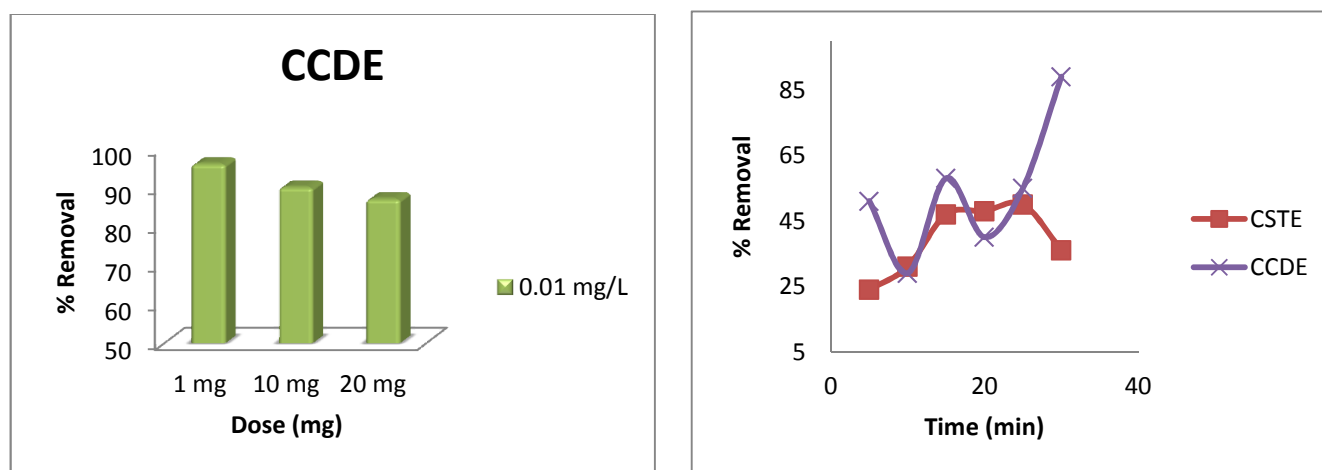


Figure: 7. Removal (% age) of Lead

6.3 EFFECT OF CONCENTRATION

Three different concentrations (30 mg/ L, 50 mg/Land 70 mg/L) were selected to determine the removal efficiency of Chromium by applying synthesized copolymers as adsorbents. The β -Cyclodextrin based modified copolymers shows its optimum removal efficiency at 50 ppm which decrease with the decrease in concentration because the active sites at the surface are occupied by the epichlorohydrin which results in high cross-linked structures that ultimately affect the adsorption phenomena. The percentage adsorption increase after some time and then decrease with the increasing concentration (Khatoon^[17] et al., 2013).

6.4 EFFECT OF CONTACT TIME

The effect of time was investigated to check the increase in removal efficiency with the increase in contact time because it allows more time for metal ion to form complex. The efficient removal was observed at the initial stage (5-10 min) because whenever metal and adsorbent become intact so more and more active sites are occupied. This shows that all adsorbents show quick adsorption and desorption phenomena towards the removal of chromium. CSTE attain equilibrium whereas CCDE show decreasing trend due to non-availability of the adsorptive sites at the surface of β -Cyclodextrin based adsorbents as shown in Figure: 8 (Kanwal^[15] et al., 2012).

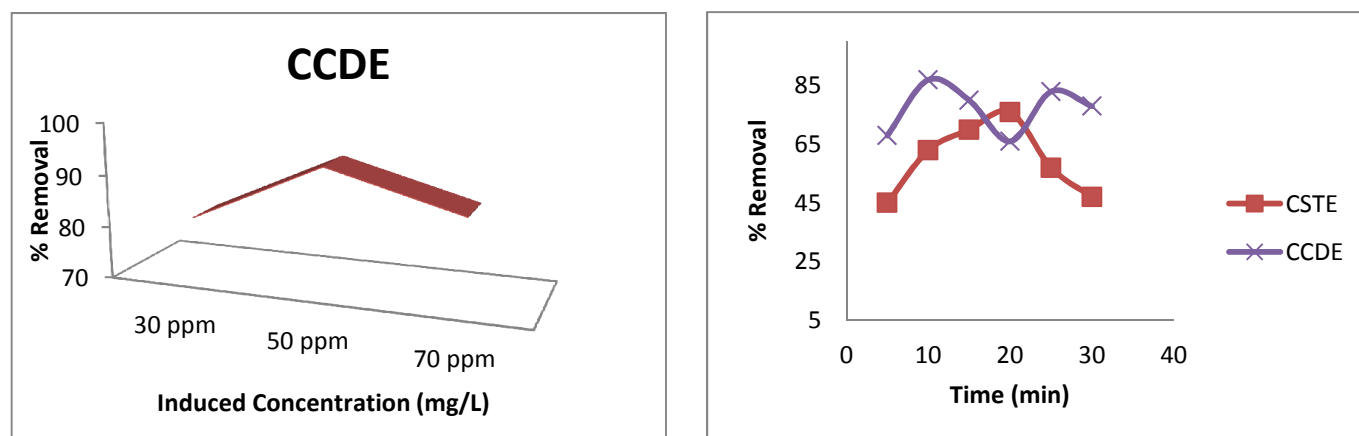


Figure: 8. Removal (% age) of chromium

7 EXTRACTION AND DETERMINATION OF PCBS IN TRANSFORMER OIL

7.1 EXTRACTION METHOD

Transformer oil is first extracted by adding 10 ml of dimethyl sulfoxide and water mixture, repeated extraction with 8 ml and 5 ml, discard oil layer of sample by adding 10 ml of water. Second extraction is carried out by adding 10 ml of hexane, repeated extraction with 8 ml and 5 ml. Discard DMSO: H₂O mixture layer by concentrating 1 ml organic layer in rotary evaporator. This organic layer is eluted with 10 ml hexane by pouring it in separatory funnel. Discard 10 ml of hexane by collecting 25ml which is then passing through anhydrous sodium sulphate. This is then concentrated in rotary evaporator. Later on it can be spiked with 1.5 µg of internal standard.

7.2 DETERMINATION OF PCBS BY BATCH ADSORPTION EXPERIMENTS

Batch adsorption experiment was carried out by preparing three different working solutions at three different concentrations (0.01 mg/L, 0.03 mg/L and 0.05 mg/L) with three different doses of following such as adsorbents (CST, CSTE, CCD, and CCDE). Concentration of PCBs was determined on UFLC against Arocolor-1260 mixture as standard. (Ryoo^[28] et al., 2007) reported that Arocolor-1260 can be removing more rapidly by reducing the concentration of PCBs.

Detrimental effect of persistent organic pollutants on human beings and environment leads towards the idea of their efficient removal by utilizing greener sources (synthesized natural and synthetic copolymers) from waste transformer oil. Calibration curve was obtained by using standard solution of three known concentrations in order to determine the concentration of PCBs quantitatively. Stock solution was prepared by dissolving dichlorobiphenyl in 50 ml of hexane. Further working solutions were prepared by diluting the stock solution. Results reveal that raw transformer oil (RTO) contain highest concentration of PCBs (8.9%) because it contain different other constituents along with the PCB supported by the literature that waste transformer oil contain 0-60% PCBs while remaining contain other toxic moieties such as PAH, sulphur etc (Toader^[33] et al., 2011) but after extraction the percentage was reduced to 6.4% which confirms that specifically the PCBS were extracted from the remaining residual constituents in the raw transformer oil. It is evident from the literature that the most toxic PCB is dichlorobiphenyl whose peak appears in chromatogram within 0-10 min (Dietrich^[10] et al., 2005).

Batch adsorption experiment was designed to investigate the removal efficiency of synthesized modified copolymers and selective determination of PCB can be determined by comparing the chromatogram of the purified extracts with those obtained from standard solution (Yoo^[37] et al., 2007).

7.3 RESULTS AND DISCUSSION

The results suggest that highest percent removal was observed for modified β -Cyclodextrin based copolymer because chlorine atoms obtrude from the PCBs planar molecule due to solid inclusion complexes with aromatic compounds such as PCBs (Friedman^[12] et al., 2008). The starch based copolymers shows its least significant removal efficiency because after modification with cross-linker it reduces the surface area for the adsorption of PCBs so ultimately it reduces the adsorption ability (Aken^[1] et al., 2010). The optimum concentration of PCBs in transformer oil can be quantified by two parameters Limit of detection, limit of quantification by using the following equations:

$$LOD = 33(SD/S)..... (i)$$

$$LOQ = 10(SD/S)..... (ii)$$

The calculated values after putting values in the equation gives 3.16576 for LOD and 9.59322 for LOQ which suggest that the method adopted for the extraction of PCBs from transformer oil is more sensitive and reliable to adopt because it show significant reduction in PCBs quantity after removal with the synthesized copolymers.

The trend towards the removal efficiency of synthesized natural and synthetic copolymers is as followed: CSTE >CCDE.

7.4 KINETIC STUDIES

Different kinetic models including first order, pseudo first order, and pseudo second order and intra particle diffusions equations were applied to determine the mechanism involved in adsorption process. The kinetic parameters for the removal of heavy metals, dyes, PAHs by different natural and synthetic copolymers as adsorbents. The kinetics follows the pseudo second order. Similar results were also observed in different studies.

7.5 ADSORPTION ISOTHERMS

The value of Langmuir and Freundlich isotherm model constants for heavy metals dyes, PAHs and PCBs using different adsorbents. Adsorption kinetics of various pollutants (dyes, metals and PAHs) were studied following kinetic models Pseudo second order, First order, Inter-particle diffusion, Freundlich and Langmuir isotherm models for the selection of linear best fit model. The results show that the adsorption of various pollutants are best described by Pseudo-second order, Freundlich and Langmuir isotherm models with high correlation coefficient values(R^2)(0.9968,0.999 and0.9992) while Inter-particle diffusion is best fit in case of methyl orange with maximum correlation coefficient 0.9166 (Ketcha ^[16] et al., 2011).

8 CONCLUSION

It is concluded from the above study that this research is new portal towards the greener synthesis of material for the remediation of environment in economical way. This study is based on the synthesis of eco-friendly copolymers at low cost to remedy the environment suffered from toxic moieties in environment which ultimately enters the food chain and effect human beings and aquatic species and the replacement of toxic solvent with the cleaner and safer solvent. Toluene diisocyanate, the most toxic solvent in the environment is replaced by the least toxic acetic acid whereas the cabbage is added as a biosource to enhance its degradable properties.

It is proposed that the synthesized copolymer is good and cheaper alternate towards the replacement of non-biodegradable plastics after studying its thermal behaviour in the present research.

After the applications of synthesized Copolymers in pollutant removal it is proposed that they are efficient economical adsorbents for the dyes, PAH, heavy metals and PCBs (from waste transformer oil).Among all adsorbents modified β -Cyclodextrin based and non-modified Copolymers reveals its significant removal efficiency at optimum dose and concentration. It gives 80-90% removal for dyes 60-70% removal for metals, 50-60% for PAHs and 5% for PCBs (Total concentration of PCBs in Transformer oil (T.O) is 8%.

It is suggested that Copolymers after modification removes the toxic pollutant at considerable rate which confirms that the properties of synthesized copolymers are further enhanced due to cross-linking with epichlorohydrin.

On the basis of the results of the batch adsorption experiments, it is suggested that pseudo-second order, Langmuir and Freundlich isotherm are best fit for studying the adsorption kinetics of different pollutants on copolymers.

ACKNOWLEDGEMENT

First of all I am highly grateful to Allah Almighty Who provided me with the knowledge and opportunity that I have successfully crossed another milestone of my academic carrier and completed my thesis well in time with success

I owe special thanks to my supervisor Prof. Dr. Uzaira Rafique and my loving family. They have been a source of guidance, support, courage and inspiration throughout my research work. With profound gratitude, it was all possible due to her

scholastic enthusiasm, worthy suggestion and constructive criticism provided excellence in work and I was able to complete my thesis.

I pay my thanks to Dr. Rohama Gill for her valuable suggestion and support during my sample characterization. I pay my heartiest thanks to Miss Saima Nasreen for her valuable suggestion, moral support and guidance in thesis which helped me in introducing needs in this project. I owe my deepest gratitude to my Family who always prayed for me and taught me that even the largest task can be accomplished with patience and hard work. My special thanks to all my friends for their possible assistance during my research work.

REFERENCES

- [1] Aken, V.B., Correa, A.P., Schnoor, L.J.(2010).Phytoremediation of polychlorinated biphenyl: New trend and promises. *Environment science technology*, 44(8), 2767-2677.
- [2] Arnold, S. M., Collins, M. A., Graham, C., Jolly, A. T., Parod, R. J., Poole, A. and Woolhiser, M. R. (2012). Risk assessment for consumer exposure to toluene diisocyanate (TDI) derived from polyurethane flexible foam. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 64(3), 504-515.
- [3] B, D. and K, N.M. (2011). Calcareous Soil as a New Adsorbent to Remove Lead from Aqueous Solution: Equilibrium, Kinetic and Thermodynamic Study. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, 1(4), 515-530.
- [4] Bao, J.Y., Wen,C.D., Zhen,Y.S. and Min,J.Z.(2013). Rapid Determination of Nitrate in Chinese Cabbage Using Fourier Transforms Mid-infrared Spectroscopy. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*,41(8),1264-1268.
- [5] Barikani, M. and Mohammadi, M. (2007). Synthesis and characterization of starch-modified polyurethane. *Carbohydrate Polymers*, 68, 773–780.
- [6] Browksi, D. A.(2001). Adsorption from theory to practice. *Advances in Colloid and Interface Science*, 93, 135-224.
- [7] Da'na, E. and Sayari, A. (2011). Adsorption of copper on amine-functionalized SBA-15 prepared by co-condensation: equilibrium properties. *Chemical Engineering Journal*, 166(1), 445-453.
- [8] Das, S. and Barman, S. (2013).Studies on removal of safranin-t and methyl orange dyes from aqueous solution using Nax zeolite synthesized from fly ash. *International journal of science, environment and technology*, 2 (4), 735 – 747.
- [9] Dhodapkar, R., Borde, P. and Nandy, T. (2009).Super absorbent polymers in environmental remediation. *Global Nest Journal*, 11(2), 223-234.
- [10] Dietrich,T., Hickey,J., Lamar,R.(2005).Degradation of 4'4' dichloroiphenyl,3,3'4,4' tetrachlorobiphenyl and 2,2,4,4, hexachlorobiphenyl by the white rot fungus *Phanerochaete chrysosporium*..*Allied environment microbial*,61(11)3904.
- [11] Ding, L., Li,Y., Jiaa,D.,Deng,J.and Yang,W. (2011).β-Cyclodextrin-based oil-absorbents: Preparation, high oil absorbency and reusability. *Carbohydrate Polymers*,83,1990–1996.
- [12] Friedman, R. B., and West, I. R. (2008). U.S. Patent No. 4,726,905. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [13] Gidwani, B., and Vyas, A. (2014). Synthesis, characterization and application of Epichlorohydrin-β-cyclodextrin polymer. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 114, 130-137.
- [14] Julinova, M. and Slavik, R.(2012). Removal of phthalates from aqueous solution by different adsorbents. *Journal of Environmental Management*, 94, 13-24.
- [15] Kanwal, F., Imran, M.,Mitu, L., Rashid, Z., and Razaq, H. (2012). Removal of chromium (III) using synthetic polymers, copolymers and their sulfonated derivatives as adsorbents. *Journal of Chemistry*, 9(2), 621-630.
- [16] Ketcha, M.J., Anagho, G.S., N,D., N.J. and Kammege, A.M. (2011). "Kinetic and equilibrium studies of theadsorption of lead(II) ions from aqueous solution onto two Cameroon clays: Kaolinite andsmectite. *J. Environ. Chem. Ecotoxicol*,3(11),290-297.
- [17] Khatoon, 1. N., Khan, H.A., Pathak,V., Agnihotri, N. and Rehman, M.(2013). Removal of hexavalent chromium from synthetic waste water using synthetic nanozero valent iron (NZVI) as adsorbent. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2(11),2319-8753.
- [18] Kumar, P., Ganure,L.A., Subudhi, B. B. and Shukla, S. (2014). Synthesis and characterization of pH sensitive Ampiphillic new copolymers of Methyl Methacrylate grafted on modified starch: influences of reaction variables on grafting parameters. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(1), 868-879.
- [19] Li, N., Wei, X., Mei, Z., Xiong, X., Chen, S., Ye, M. and Ding, S. (2011). Synthesis and characterization of a novel polyamidoamine–cyclodextrin crosslinked copolymer. *Carbohydrate research*, 346(13), 1721-1727.
- [20] Meroufel, B., Benali, O., Benyahia, M., Benmoussa, Y. and Zenasni, M. A. (2013). Adsorptive removal of anionic dye from aqueous solutions by Algerian kaolin: Characteristics, isotherm, kinetic and thermodynamic studies. *Journal of Materials and Environmental Science*,4(3), 482-491.
- [21] Mostafa, M. K., Samarkany, R. A. and Sanabary, E.A.A. (2011). Preparation of poly (DMAEM)-cross linked pregelled starch graft copolymer and its application in waste water treatments. *Carbohydrate Polymers*, 86, 491– 498.

- [22] Mulla, M.S., P. S., Phale, S.P. and Saraf, R.M.(2012). Use of X-Ray Diffraction Technique for Polymer Characterization and Studying the Effect of Optical Accessories. *AdMet*, 1-6.
- [23] Nagy, M.Z., Gruiz, K., Molnár, M., Kertész, F., Molnár, P. and Fenyves, E.(2008). Removal of emerging micropollutants from water using Cyclodextrin. *Assessment and monitoring: Fate, transport and risks*, 4, 3224-3341.
- [24] Panic, V.V., Seslija, I.P., Nesic, R. A., Velickovic, J.S.(2013). Adsorption of azo dyes on polymer material. *Hem. Ind.* 67(6), 881-900.
- [25] Pentyala, N.S., Rebecchi, M., Mishra, S., Rahman, A., Stefan, R., Rebecchi, J. and Kodavanti, S.R.P.(2011). Polychlorinated biphenyls: In situ bioremediation from the environment. *Environ. Pollut. Ecol. Hum. Hlth*, 249-262.
- [26] Rao, M., Mohamad, S. and Abas, R.M.(2014). Synthesis and Characterization of β -Cyclodextrin Functionalized Ionic Liquid Polymer as a Macroporous Material for the Removal of Phenols and As(V). *Int. J. Mol. Sci*, 15, 100-119.
- [27] Rima, J., and Assaker, K. (2013). β -Cyclodextrin Polyurethanes Copolymerised with Beetroot Fibres (Bio-Polymer) for the Removal of Organic and Inorganic Contaminants from Water, 2 (1), 887-895.
- [28] Ryoo, K. S., Byun, S. H., Choi, J., Hong, Y. P., Ryu, Y. T., Song, J. S. and Lee, H. (2007). Destruction and removal of PCBs in waste transformer oil by a chemical dechlorination process. *Bulletin-Korean Chemical society*, 28(4), 520.
- [29] S, B., D.V., J.C.L., R.M.B. H, F. D.C.(2014). A study of planar anchor groups for graphene-based single-molecule electronics. *J Chem Phys*, 140(5), 1063- 1086.
- [30] Sambasevam, P.K., Mohamad, S., Sari, M.N. and Ismail, A.N.(2013). Synthesis and Characterization of the Inclusion Complex of β -cyclodextrin and Azomethine. *Int. J. Mol. Sci.* 14, 3671-3682.
- [31] Shanmugapriya, A., Hemalatha, M., Scholastica, B. and Prasad, A. A. T.(2013). Adsorption studies of lead (II) and nickel (II) ions on chitosan-G-polyacrylonitrile. *Der Pharma Chemica*, 5(3), 141-155.
- [32] Stalin, T., Srinivasan, K. and Sivakumar, K. (2014). Study of the cyclodextrin and its complexation with 2,4-dinitrobenzoic acid through photophysical properties and 2D NMR spectroscopy. *Journal of Molecular Structure*, 1060, 239–250.
- [33] Toader, C., Gregoriu, N. and Meghea, A.(2011). SPME Extraction of the PCB's containing Transformer oils. *U.P.B. Sci. Bull., Series B*, 73(2), 1454-2331.
- [34] Vanitha, T. (2014). Removal of crystal violet from waste water. *Journal of Advanced Zoology, Animal Science and Nutrition*, 1(1), 628-216
- [35] Wang, B., Xie, Z., Chen, J., Jiang, J. and Su, Q. (2008). Effects of field application of phosphate fertilizers on the availability and uptake of lead, zinc and cadmium by cabbage (*Brassica chinensis* L.) in a mining tailing contaminated soil. *Journal of Environmental Sciences*, 20(9), 1109-1117.
- [36] Xia, Y., Yuan, L.C. and Bo, X.M.(2003). Removal of lead in waste water by immobilized inactivated cells of *Rhizopus oligosporus*. *J. CENT SOUTH UNIV. TECHNOL*, 10(4), 1005-9784.
- [37] Yoo, S.K., Byun, H.S., Choi, H.J., Hong, P. Y., Ryu, T.Y., Song, S.J., Lee, S.D., and Lee, H.(2007). Destruction and Removal of PCBs in Waste Transformer Oil by a Chemical Dechlorination Process. *Bull. Korean Chem. Soc.* 28(4), 702-839.
- [38] Yu, J. C., Jiang, Z. T., Liu, H. Y., Yu, J. and Zhang, L. (2003). β -Cyclodextrin epichlorohydrin copolymer as a solid-phase extraction adsorbent for aromatic compounds in water samples. *Analytica chimica acta*, 477(1), 93-101.

ESSAI D'ELABORATION D'UNE THEORIE EXHAUSTIVE SUR LES EQUATIONS ALGEBRIQUES

Jean KYALULA USENI Bin KIBOFO

Institut Supérieur Pédagogique (Éducation) de Bukavu, RD Congo

Copyright © 2015 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.

RESUME: Depuis toujours, les mathématiciens se sont attelés à établir des algorithmes ou formules permettant de résoudre des équations algébriques genre $P(x)=0$, où $P(x)$ est un polynôme en x de degré n à coefficient réels. Cela a pu être possible pour $n \leq 4$. Cependant, pour $n \geq 5$, le mathématicien Abel a prouvé qu'en général, on ne peut pas trouver des formules de résolution par radicaux. Ainsi, les mathématiciens n'ont plus focalisé leur attention sur la recherche de la condition de résolubilité par radicaux d'une équation algébrique de degré $n \geq 5$. La présente étude porte d'abord sur la théorie des méthodes ou des fondements de la connaissance sur les équations algébriques. Nous nous proposons ensuite d'organiser de façon raisonnée et complète la résolution des équations algébriques de degré $n \leq 4$ et de présenter les méthodes de résolution de celles de degré supérieur ou égal à 5 dans l'ensemble des nombres complexes.

MOTS-CLEFS: Algébrique, degré, équation, racine, résolution.

ABSTRACT: Mathematicians have tried to establish algorithms or formulas to solve the algebraic equations of the type of $p(x)=0$, where $p(x)$ is a polynomial in x of degree n with real coefficients. That has been possible for $n \leq 4$. However, for $n \geq 5$, Abel proved that, in general, we cannot find formulas of resolution by radicals. Thus, mathematicians did not focus on the search of the resolubility condition any more by radicals of an algebraic equation of the $n > 5$ degree. The present study discusses the theory of methods or the knowledge foundations on the algebraic equations. We also suggest the resolution of algebraic equation of $n \leq 4$ degree, and present the methods of resolution of the cells (equations) of the degree greater than or equal to 5 ($n \geq 5$) in the set of complex numbers.

KEYWORDS: Algebraic, degree, equation, root, resolution.

Section 1. UN PETIT REGARD HISTORICO-EPISTEMOLOGIQUE¹ SUR LES EQUATIONS ALGEBRIQUES

On rappelle qu'une équation algébrique de degré n ($n \in \mathbb{N} - \{0\}$), à une inconnue x , est une égalité qui, après transformations, peut s'écrire sous la forme suivante :

$$a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + a_{n-2} x^{n-2} + \dots + a_3 x^3 + a_2 x^2 + a_1 x^1 + a_0 = 0 \quad (E)$$

où $a_i \in \mathbb{R}$, $\forall i \in \{1, 2, \dots, n\}$, avec $a_n \neq 0$.

Avant d'envisager la résolution d'une telle équation sur le plan algébrique, nous nous proposons de mettre en évidence, dans cette première section, le fait que la résolution d'une telle équation dépend – à une échelle plus grande – des permutations (ou substitutions) de ses racines et du groupe qu'elles engendrent qui constitue le fondement de la théorie dite de Galois sur les équations algébriques. Signalons de prime abord que c'est aux mathématiciens Lagrange et Ruffini que nous devons les tout premiers théorèmes se rapportant aux sous-groupes du groupe des substitutions S_n , dont on sait que l'ordre est $n!$. Ces chercheurs sont arrivés à mettre au point ces théorèmes en examinant, au départ, des équations algébriques générales de degré n à coefficients rationnels dans lesquelles les coefficients des racines $x_1, x_2, \dots, x_n$ sont des variables indépendantes. Les méthodes de résolution qu'ils ont développées les ont parfois amenés à se servir d'équations auxiliaires, si possible de degré inférieur à n . Pour ce faire, ils ont considéré une fonction rationnelle $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ et se sont posé la question suivante : combien de valeurs peut prendre une telle fonction lorsqu'on permute de toutes les manières possibles les n racines $x_1, x_2, \dots, x_n$?

Si l'on désigne par $f_1, f_2, \dots, f_s$ les différentes valeurs que peut prendre cette fonction, alors on conclut qu'elles sont les racines d'une équation algébrique de degré s qui peut s'écrire sous la forme : $(t - f_1)(t - f_2) \dots (t - f_s) = 0$. Partant du constat que la fonction $\varphi(t) = (t - f_1)(t - f_2) \dots (t - f_s)$ figurant dans le premier membre de l'égalité précédente a des coefficients dépendants de sommes algébriques et/ou de produits des racines considérées, certains des chercheurs arrivèrent justement à examiner ce qui va être appelé plus tard le corps de rupture des racines d'une équation algébrique et le groupe de Galois correspondant et, plus tard encore, la théorie de Galois² sur les équations algébriques.

Plus particulièrement, ces chercheurs établirent que si H est un sous-groupe de S_n , contenant des transformations qui laissent f invariante, alors tout élément de H transforme f en $f_1, f_2, \dots, f_s$. Ainsi donc, le nombre cherché S est justement l'indice de H dans S_n .

¹ L'**épistémologie** au sens strict peut apparaître soit comme le nom savant de la philosophie des sciences soit comme limitée au premier objectif, c'est-à-dire à l'étude des conditions de production des connaissances scientifiques. Il semble néanmoins que le sens du mot s'est largement étendu depuis plusieurs années. Cette évolution doit beaucoup au développement de domaines tels que l'histoire des sciences ou les sciences cognitives qui entretiennent avec l'épistémologie des rapports étroits. Ainsi le terme d'épistémologie s'est-il appliqué à de nouvelles problématiques, son sens s'est alors élargi. En particulier, il n'est pas rare aujourd'hui qu'épistémologie désigne **la théorie des méthodes ou des fondements de la connaissance**, ce qui est le sens du terme *epistemology* en anglais, le terme français de *gnoséologie* n'étant plus guère usité.

² La « **théorie de Galois** » peut être résumée par le théorème suivant qui en est le théorème fondamental : il existe une correspondance, un « dictionnaire », entre **sous-extensions** d'une extension galoisienne et **sous-groupes** de son groupe de Galois. Soit $K : F$ une extension galoisienne, soit $G = \text{Gal}(K : F)$ son groupe de Galois. À tout sous-groupe H de G , on associe le corps F^H formé des éléments de K fixés par tout élément de H ; il contient F (puisque les éléments de G sont tous des F -morphisms de corps, laissant par définition invariants les éléments de F). À tout sous-corps E de K contenant F , on associe le sous-groupe $H = \text{Gal}(K : E)$ de G . Ces opérations $\varphi : H \mapsto F^H$ et $\psi : E \mapsto \text{Gal}(K : E)$ sont des bijections réciproques l'une de l'autre. De plus, l'extension $E : F$ est galoisienne si, et seulement si, le sous-groupe $H = \text{Gal}(K : E)$ est distingué dans G .

Ruffini prouva, en particulier, que ce nombre est au moins égal à 2 et ne peut être plus grand que 5 pour des fonctions rationnelles non symétriques. Ce résultat a été généralisé aux fonctions de n variables par Cauchy dans un Mémoire intitulé « *Sur le nombre de valeurs qu'une fonction peut acquérir lorsqu'on y permute de toutes les manières possibles les quantités qu'elle renferme* ». Dans ce Mémoire, Cauchy prouva que si n est le nombre de variables indépendantes de f et si p est le plus grand nombre premier contenu dans l'écriture primaire de n , alors le nombre de valeurs possibles que peut prendre une fonction rationnelle non symétrique de n variables f ne peut être inférieur à p et qu'il vaut, au minimum, 2.

Dans ce Mémoire, Cauchy distingue les permutations et les substitutions. Il précise que, lorsqu'on écrit les n variables que renferme la fonction dans un ordre quelconque, il s'agit d'une permutation. Il appelle « permutation » le passage d'une permutation à une autre. Ainsi par exemple (pour une fonction contenant 4 variables réelles), le passage de la permutation notée 1.2.4.3 à la permutation notée 2.4.3.1 donne la « substitution » notée $\begin{pmatrix} 1.2.4.3 \\ 2.4.3.1 \end{pmatrix}$.

Galois a utilisé quelques années plus tard cette même terminologie. Il définit, par exemple la notion de « groupe de substitutions ». Quelques décennies plus tard, les « substitutions » définies par Cauchy et Galois furent simplement nommées des « permutations », en accord avec le sens original et étymologique du verbe latin « *permutare* ».

La théorie des équations de Galois est fondée sur celle des équations algébriques (spécifiquement l'analyse des équations polynomiales à coefficients rationnels). Elle prend explicitement pour thème la symétrie et la dissymétrie de l'ensemble des racines d'une équation irréductible à coefficients rationnels,

$$a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0 = 0 \quad (E)$$

Rappelons que les travaux de Cauchy avaient déjà montré l'existence d'un domaine $D(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ étendant les rationnels et sur lequel (E) se décompose sous la forme $(x - \alpha_1)(x - \alpha_2)(x - \alpha_3) \dots (x - \alpha_n) = 0$, (auquel cas on dit que (E) est « scindée ») où les α_k ($1 \leq k \leq n$) sont les racines de l'équation (E) dans une « clôture algébrique » du *surcorps* (ou *extension*) de corps des rationnels engendré par les coefficients de (E) , en supposant que le polynôme figurant dans le premier membre de (E) est *irréductible* sur le champ des rationnels. L'indexation des racines sous la forme α_k ($1 \leq k \leq n$) est tout à fait arbitraire. Pour l'algébriste qui calcule sur les rationnels, ces racines n'existent pas. Ce qui existe c'est le domaine $D(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ et la manière dont il s'obtient à partir de (E) . Cette factorisation « plausible » de (E) implique qu'il existe – par identification – des relations entre les coefficients de (E) et ses racines éventuelles. Si l'on développe le premier membre de l'égalité $(x - \alpha_1)(x - \alpha_2)(x - \alpha_3) \dots (x - \alpha_n) = 0$, de manière à pouvoir procéder à une identification avec celui de (E) , on constate que les coefficients du développement ainsi obtenu seront fonction de sommes et/ou de produits des α_k ($1 \leq k \leq n$), pris dans un certain ordre (ou dans un ordre différent). Le nombre d'équations obtenues après identification dépendra donc, entre autres facteurs, de la permutabilité de ces racines et de la possibilité qu'on a d'opérer sur elles (somme, produit, quotient, etc., ce qui induit une *structuration*³ du domaine

³Signalons, à ce propos, que cette approche a conduit Galois à mettre en évidence, pour la première fois dans l'histoire des mathématiques, une structure abstraite qu'il appelle **groupe**. À la différence de ses prédécesseurs, il n'étudie pas une incarnation particulière comme les permutations de Lagrange ou les groupes cycliques de Gauss, mais une structure générale définie par un ensemble et une loi. Ses travaux seront plus tard orientés vers l'étude et la recherche du plus petit ensemble de nombres, stable pour les quatre opérations et qui contienne à la fois coefficients et racines d'une équation donnée. Cette approche entre dans la théorie dite de Galois. Elle offre une condition nécessaire et suffisante pour savoir si une équation polynomiale se résout par les techniques décrites par la première approche, dans le cas contraire l'on doit se limiter à des approximations issues de l'analyse.

$D(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ les contenant). Si ces dernières peuvent être exprimées à l'aide de formules prenant en compte uniquement les coefficients rationnels de (E) et, éventuellement la fonction « racine d'indice n », alors on dit que (E) est résoluble par radicaux. C'est dans ce contexte que les mathématiciens de l'époque, tels que Ruffini et Cauchy, et plus tard Lagrange, Abel et Galois, se sont intéressés au nombre de valeurs que peut prendre une fonction rationnelle lorsqu'on permute de toutes les manières possibles les variables ou quantités qu'elles renferment ...

À proprement parler, les racines de (E) ne sont pas toujours « envisageables » du point de vue de leur existence « réelle ». (Nous signalons, en passant, que c'est sans doute cette approche qui a conduit des mathématiciens comme Bombelli et Cardan à manipuler, avec audace, des symboles⁴ n'ayant pas de sens (à leur époque) et des nombres « imaginaires », seulement acceptés comme intermédiaires de calcul.). Elles ne le sont que dans le sens où le domaine $D(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ est d'autant plus vaste que les substitutions que peut effectuer un algébriste ne connaissant que les rationnels sont plus nombreuses. Ces substitutions peuvent être toutes les permutations qui échangent les racines. Il peut exister aussi des relations rationnelles « particulières » entre elles (équations « bicarrées », équations « réciproques »).

Le groupe de symétrie de l'équation (groupe de Galois) est alors le plus grand groupe de substitutions qui respecte les relations entre les racines. Il traduit notre manque de discernement entre les α_k ($1 \leq k \leq n$) mais apprécie également la dimension du nouveau domaine de rationalité $D(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ qu'il constitue. Il mesure bien l'espace de liberté engendré par le problème. Ces racines n'existent que virtuellement. Elles n'agissent pas comme individus mais par la potentialité de leurs échanges. Galois eut l'intuition d'étudier les solutions possibles (ou racines) d'une équation polynômiale à coefficients rationnels en fonction des permutations capables de « supporter ces racines », une intuition qui fut développée par la suite dans tout son potentiel et toutes ses dimensions d'abord par Augustin Louis Cauchy et Arthur Cayley, ensuite par un grand nombre d'autres mathématiciens qui s'intéresseront à ce domaine fécond (parmi lesquels nous citerons Andrew Wiles dont on affirme qu'il trouva dans la théorie de Galois une partie de l'inspiration qui lui a permis, il y a quelques années, de démontrer le dernier et grand théorème de Fermat).

Pour illustrer le rapport existant entre les permutations des racines et la résolution des équations algébriques, prenons un exemple concret et assez élémentaire. Considérons l'équation algébrique à coefficients rationnels suivante : $x^2 - 4x + 1 = 0$. Elle admet comme racines les deux irrationnels $x_1 = 2 + \sqrt{3}$ et $x_2 = 2 - \sqrt{3}$. Ces deux racines vérifient les deux équations algébriques suivantes :

$$\begin{aligned}x_1 + x_2 &= 4 \\x_1 \cdot x_2 &= 1\end{aligned}$$

(obtenues par identification des deux équations $x^2 - 4x + 1 = 0$ et $(x - x_1)(x - x_2) = 0$). Ces deux équations sont toujours vraies (et invariables) si nous permutons les racines x_1 et x_2 puisque, dans ce cas, on obtient :

$$\begin{aligned}x_2 + x_1 &= 4 \\x_2 \cdot x_1 &= 1\end{aligned}$$

Ruffini (1765-1822) est le premier à prévoir l'impossibilité de la solution générale et que la compréhension du phénomène réside dans l'étude des permutations des racines. Sa démonstration reste néanmoins peu rigoureuse et partielle. Le mathématicien norvégien **Abel** (1802 - 1829) publie une démonstration en 1824 qui finit par convaincre la communauté scientifique. Elle ne propose pas à l'époque de condition nécessaire et suffisante de résolubilité. **Abel établit enfin que, pour $n \geq 5$, il est impossible de résoudre l'équation algébrique (E) par radicaux.**

⁴On se rappellera la fameuse notation $\sqrt{-1}$ utilisée par Bombelli ...

Galois étudia en profondeur les permutations des racines qui laissent les fonctions invariables. A partir de là, il définit ce qui fut appelé le groupe de Galois d'une équation. Ainsi, par exemple, le groupe de Galois du polynôme $P(x) = x^2 - 4x + 1$ contient la permutation identique et la transposition illustrée dans l'exemple précédent.

Pour appuyer ce premier exemple (assez élémentaire), considérons un second exemple illustratif portant sur l'équation algébrique à coefficients rationnels suivante (dont le choix de la forme « bicarrée » est dicté par le souci de facilitation de sa résolution algébrique) : $x^4 - 46x^2 + 289 = 0$.

Il s'agit d'une équation (biquadratique) du quatrième degré, comportant les 4 solutions calculables par radicaux (à l'aide de la substitution $x^2 = z$, des formules classiques donnant les racines d'une équation algébrique de la forme $az^2 + bz + c = 0$ et en tenant compte du fait que $23 \pm 4\sqrt{15} = (\sqrt{3} \pm 2\sqrt{5})^2 = (-\sqrt{3} \mp 2\sqrt{5})^2$) suivantes : $\alpha = -\sqrt{3} + 2\sqrt{5}$, $\beta = -\sqrt{3} - 2\sqrt{5}$, $\gamma = \sqrt{3} + 2\sqrt{5}$ et $\delta = -\sqrt{3} - 2\sqrt{5}$.

Si nous prenons en compte les permutations possibles entre ces quatre solutions, nous trouvons 24 possibilités. Aujourd'hui, nous savons qu'elles forment un groupe noté S_4 , et appelé groupe symétrique d'ordre 24, mais il est à noter que ce concept était encore inconnu à l'époque des chercheurs comme Cauchy et Galois, lorsque ces derniers ont évoqué la notion de « symétrie » ou de « permutations » des solutions d'une équation algébrique à coefficients rationnels.

Les quatre solutions déterminées précédemment sont toutes des racines du polynôme $P(x) = x^4 - 46x^2 + 289$, mais quand nous considérons leurs permutations respectives, nous constatons qu'il existe des différences remarquables dans leur « symétrie ». Certaines de ces permutations « agissent », en effet, différemment sur les coefficients de $P(x)$ que d'autres qui ont plutôt tendance à les laisser invariants.

En guise d'illustration, considérons les expressions à coefficients rationnels suivantes : $\alpha + \delta = 0$ et $\beta + \gamma = 0$, vérifiées par les quatre racines précédemment calculées. Il est à noter que, du point de vue de $P(x)$, rien ne change si l'on procède à la permutation de S_4 suivante : $\begin{pmatrix} \alpha & \beta & \gamma & \delta \\ \delta & \gamma & \beta & \alpha \end{pmatrix}$, puisque nous obtenons les égalités $\delta + \alpha = 0$ et $\gamma + \beta = 0$, qui sont les mêmes que les précédentes. Autrement dit, si les racines sont échangées, les expressions algébriques considérées, à coefficients rationnels, qu'elles vérifient restent valables. Ainsi donc, toute équation algébrique à coefficients rationnels qui est satisfaite par les solutions considérées demeure également inchangée à l'issue d'une telle permutation de ces solutions, ce qui les rend interchangeable et « indiscernables » en tant qu'entités.

Il existe pourtant d'autres expressions algébriques qui sont modifiées si l'on prend en compte la permutation susmentionnée, qui « remplace » α par δ et β par γ . Ainsi, par exemple, pour une équation algébrique qui impliquerait ces relations, on a $\alpha - \delta = -2\sqrt{3} + 4\sqrt{5}$, mais $\delta - \alpha = 2\sqrt{3} - 4\sqrt{5}$; $\beta - \gamma = -2\sqrt{3} - 4\sqrt{5}$ mais $\gamma - \beta = -2\sqrt{3} + 4\sqrt{5}$.

En considérant que les permutations qui laissent invariantes les expressions à coefficients rationnels vérifiées par les racines d'une équation algébrique donnée sont les « bonnes » permutations, on peut donc affirmer qu'il y a, dans S_4 , de « bonnes » et de « mauvaises » permutations. (Nous savons actuellement que les « bonnes » permutations forment ce qu'on appelle le « groupe de Galois » de $P(x)$.)

En outre, la permutation $\begin{pmatrix} \alpha & \beta & \gamma & \delta \\ \gamma & \beta & \alpha & \delta \end{pmatrix}$, échangeant les racines α et γ , ne vérifie plus les expressions $\alpha + \delta = 0$ et $\beta + \gamma = 0$, considérées précédemment, puisqu'à l'issue de cette permutation, on a, par exemple : $\gamma + \delta = 2\sqrt{3} \neq 0$. Cette permutation ne figure donc pas parmi les « bonnes ». Une recherche laborieuse (avec les « arguments » de l'époque de

Cauchy, mais largement facilitée par les « outils » de l'actuelle « théorie de Galois ») de toutes les « bonnes » permutations des racines de $P(x)$ nous conduit à en identifier seulement 4 parmi les 24 éléments possibles de S_4 .

Il est évident que, d'une manière générale, si la fonction développée dans le premier membre de l'égalité $(x - \alpha_1)(x - \alpha_2)(x - \alpha_3) \dots (x - \alpha_n) = 0$ est quelconque, le nombre de valeurs qu'elle peut prendre à l'issue d'une permutation des racines α_k ($1 \leq k \leq n$) ne peut être fixé dès le départ (Cauchy montre, dans son premier *Mémoire* susmentionné et portant sur cette question, que ce nombre vaut au plus $n! = 1 \times 2 \times \dots \times n$).

De ce qui précède, il ressort clairement qu'une équation algébrique de degré n ($n \in \mathbb{N} - \{0\}$), notée :

$$a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + a_{n-2} x^{n-2} + \dots + a_3 x^3 + a_2 x^2 + a_1 x^1 + a_0 = 0 \quad (E)$$

avec $a_i \in \mathbb{R}$, $\forall i \in \{1, 2, \dots, n\}$, $a_n \neq 0$, n'est résoluble par radicaux (c'est-à-dire à l'aide de formules faisant intervenir ses coefficients et dépendant éventuellement de la fonction « racine $n^{\text{ème}}$ ») que pour $n \in \{1, 2, 3, 4\}$. Pour $n \geq 5$, une telle résolution est impossible en vertu des travaux d'Abel et de Galois.

Des formules de résolution de l'équation susmentionnée (E) existent donc pour $1 \leq n \leq 4$. S'il faut avouer que la résolution de l'équation (E) ne pose aucun problème pour $1 \leq n \leq 2$, il faut toutefois reconnaître que pour $2 \leq n \leq 4$, les formules sont généralement méconnues du grand public et même, parfois, de certains mathématiciens professionnels ou enseignants des mathématiques. En effet, nos nombreuses années d'expérience en tant qu'enseignant d'algèbre à l'Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu nous ont, hélas !, permis de constater que beaucoup de nos finalistes du graduat en mathématique-physique (et même ceux de licence) ne connaissent que des artifices de calcul pour résoudre les équations algébriques du troisième et du quatrième degrés, artifices limités aux équations réductibles au second degré (équations dites symétriques ou réciproques, équations bicarrées ou factorisables par la méthode de Hörner). Quand aucune de ces méthodes algorithmiques basées sur des artifices de calcul ne « marche », l'équation algébrique (du 3^{ème} ou du 4^{ème} degrés) à résoudre est considérée comme « difficile » (certains poussent la naïveté et l'ignorance jusqu'à la considérer comme « impossible ») et piteusement abandonnée sans autre forme de procès ... Par ailleurs, il est important de signaler qu'une résolution particulière, fondée sur la méthode de factorisation de HÖRNER est réductrice en ce sens qu'elle est fondée sur le postulat ou le présupposé qu'une au moins des solutions de l'équation algébrique à résoudre est un nombre entier⁵. Ce qui est faux dans le cas général.

C'est essentiellement pour suppléer à cette grave lacune que nous proposons dans les lignes qui suivent les formules de résolution (par radicaux) de l'équation algébrique (E) pour $1 \leq n \leq 4$. Nous n'allons pas prétendre réinventer la roue en nous attribuant, à tort et malhonnêtement, la paternité de ces formules de résolution (dont les auteurs sont bien connus et) qui existent depuis des décennies. Nous signalons toutefois que notre originalité consiste en une organisation raisonnée et complète sur les équations algébriques qui fait de cette notion *paramathématique* (car non définie au sens mathématique du terme) d'équation un « objet du savoir mathématique » dont l'étude peut désormais être considérée comme complète et exhaustive sur le plan didactique. A notre connaissance, aucun autre travail n'a été localement orienté dans cette voie ... ce qui légitime notre étude. Nous choisissons l'ensemble $\mathbb{C}$ des nombres complexes comme champ de résolution. Etant

⁵Cette méthode part, en effet, de la propriété selon laquelle, pour une équation algébrique scindée $(x - a_1)(x - a_2) \dots (x - a_n) = 0$, le terme indépendant obtenu après développement du premier membre est le produit des racines de cette équation. Donc, en supposant que l'une de ces racines est entière, on conclut qu'elle divise nécessairement le terme indépendant. La méthode de résolution consiste alors à déterminer, parmi les diviseurs du terme indépendant, un entier α qui annule l'équation et, ensuite, à factoriser le polynôme figurant dans le premier membre de l'équation à l'issue d'une division de ce polynôme par $x - \alpha$.

algébriquement clos, toute équation algébrique (E) de degré n ($n \in \mathbb{N} - \{0\}$) admet exactement n racines dans $\mathbb{C}$, comptées avec leur multiplicité.

Le *théorème d'Abel* et le théorème de d'Alembert-Gauss sont les deux théorèmes fondamentaux de la théorie des équations, c'est-à-dire la théorie qui traite des équations polynomiales ou équivalentes. Une équation est dite polynomiale si elle est de la forme $P(X) = 0$, où P désigne un polynôme. Le théorème de d'Alembert-Gauss indique qu'une équation polynomiale à coefficients complexes admet au moins une racine complexe.

Des méthodes numériques comme la méthode de Newton ou celle de Laguerre s'appliquent indépendamment du degré de l'équation. Si n , le degré du polynôme, est petit, il existe aussi des méthodes dites *algébriques* pour résoudre l'équation. Ainsi, si n est égal à 2, et si P s'écrit ax^2+bx+c , les racines sont données par la formule classique $(-b \pm \sqrt{b^2-4ac})/2a$, où b^2-4ac est le discriminant du polynôme ; on dit que $\sqrt{b^2-4ac}$ est un *radical*. Des formules analogues (mais plus compliquées) existent pour les polynômes de degré 3 ou 4, comme le montrent les méthodes de Cardan et de Ferrari que nous exposerons en détails dans les sections suivantes de notre texte..

Mais pour les degrés strictement supérieurs à 4, et en dépit de plusieurs siècles d'efforts, aucune formule générale analogue à celles des degrés 2, 3 et 4 n'avait pu être trouvée. Le théorème d'Abel exprime le fait qu'aucune formule de cette nature n'existe. Une méthode pour exprimer néanmoins les racines consiste à faire usage d'une famille de fonctions plus vaste que celle des racines $n^{\text{ièmes}}$, telle que celle des fonctions elliptiques ; mais les formules ainsi obtenues n'ont qu'un intérêt théorique ; en pratique, il est bien plus intéressant d'obtenir des valeurs approchées à l'aide, par exemple, de la méthode de Newton.

L'expression la plus proche de celle d'Abel est la suivante :

Il n'existe pas de formule générale exprimant les solutions de l'équation du cinquième degré sous forme de radicaux.

Évariste Galois est l'auteur d'une forme plus aboutie du théorème. Sa méthode est celle généralement utilisée pour démontrer le théorème. Cette formulation prend parfois le nom de *Théorème d'Abel*, souvent aucun nom n'est indiqué et plus rarement le nom de *théorème d'Abel-Galois*. Sa formulation est plus générale car elle s'applique à tout corps K contenant les rationnels et non plus uniquement au corps $\mathbb{C}$ des nombres complexes. Elle indique aussi si une équation algébrique est résoluble par radicaux ou non.

Soit P un polynôme à coefficients dans un corps (commutatif et de caractéristique nulle, comme annoncé dans l'introduction). Alors :

Le polynôme P est résoluble par radicaux si et seulement si son groupe de Galois est résoluble.

Le polynôme $X^5 - 3X - 1$ n'est pas résoluble par radicaux, c'est-à-dire qu'il n'est pas possible d'exprimer les racines de ce polynôme à partir de nombres entiers à l'aide des quatre opérations usuelles et de radicaux. Le groupe de Galois de ce polynôme est le groupe symétrique S_5 , qui n'est pas résoluble. Si le groupe de Galois d'un polynôme irréductible sur un corps parfait comme $\mathbb{Q}$, celui des nombres rationnels, n'est pas résoluble, alors les racines du polynôme ne s'expriment pas à l'aide de radicaux. Tel est le contenu de la version formulée par Évariste Galois et en langage moderne, du théorème d'Abel. Les exemples les plus simples s'obtiennent à l'aide d'équation du cinquième degré dont le groupe de Galois est le groupe symétrique S_5 , qui n'est pas résoluble d'après les résultats précédents. Le théorème d'Abel montre que l'équation $P(X) = 0$ n'est alors pas résoluble par radicaux dans $\mathbb{Q}$.

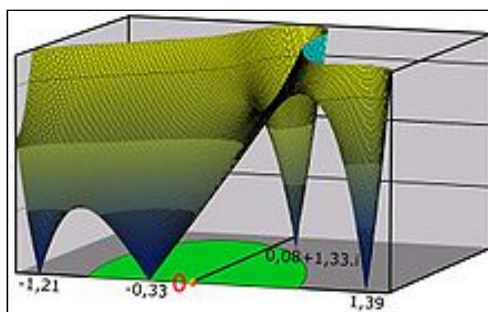


Fig. 1. Nappe qui à z , associe le module de $P(z)$

Le polynôme à coefficients dans le corps $\mathcal{Q}$ des nombres rationnels : $P(X) = X^5 - 3X - 1$ est un exemple de polynôme de cette nature, ce qui se démontre relativement simplement. Ce polynôme est illustré sur la figure ci-dessus, plus précisément cette figure illustre la nappe qui à un nombre complexe z associe le module de $P(z)$ pour les points de coordonnée imaginaire positive. On remarque que l'équation associée possède 5 racines dont trois réelles, de valeurs approximatives -1,21 -0,33 et 1,39 et deux imaginaires $0,08 + 1,33.i$ et son conjugué $0,08 - 1,33.i$. L'existence d'un unique couple de racines imaginaires conjuguées montre l'existence d'une transposition dans le groupe. Le fait qu'il n'existe qu'une unique racine dans le disque unité, illustré en vert sur la figure, est l'un des arguments possibles pour montrer que le polynôme est irréductible dans $\mathcal{Q}$.

En effet, s'il ne l'était pas, par factoriabilité de $\mathbb{Z}[X]$, il serait le produit de deux polynômes unitaires à coefficients dans $\mathbb{Z}$, de degrés respectifs 1 et 4 ou 2 et 3. Les termes constants de ces deux polynômes auraient pour produit -1 donc seraient égaux à 1 ou -1 et opposés l'un de l'autre. Les deux méthodes ci-dessous montrent qu'une telle factorisation est impossible. Preuve : - Premier cas : l'un des facteurs est de degré 1, donc égal à $X - 1$ ou $X + 1$ est exclu d'emblée, car 1 et -1 ne sont pas racines de $P(X)$.

- Dans l'autre cas (degrés 2 et 3), il existerait deux entiers a et b , avec b égal à 1 ou -1, tels que $X^5 - 3X - 1 = (X^3 + aX^2 + (a^2 + b)X + b)(X^2 - aX - b)$. Le calcul du terme d'ordre 1 montre que $a(a + 1) = 2b$ c'est-à-dire $b = 1$ et $a = 1$ ou $a = -2$, ce qui est incompatible avec le calcul du terme d'ordre 2, qui fournit $a^3 + 2ab - b = 0$. On en déduit que le groupe contient un élément d'ordre 5.

Montrons que G contient un élément d'ordre 5. Soit α une racine de P , le cardinal de l'orbite de α est un diviseur de l'ordre du groupe. Comme le polynôme P est irréductible, l'orbite de α est l'ensemble des 5 racines. Ceci montre que l'ordre de G est un multiple de 5. Un théorème de Cauchy montre alors que G contient un élément d'ordre 5. Les seuls éléments d'ordre 5 de S_5 étant des cycles d'ordre 5, G en contient un. Or le groupe symétrique d'ordre 5 est engendré par tout couple composé d'une transposition et d'un élément d'ordre 5. Le groupe de Galois est en conséquence isomorphe à S_5 . L'existence de ces deux éléments (transposition et élément d'ordre 5) établit que le groupe de Galois est isomorphe à S_5 .

Remarque 1. Il est impropre de dire que l'équation $P(z) = 0$ n'est pas résoluble. Cette équation possède 5 racines qui s'approximent aussi précisément qu'on le souhaite et qui s'expriment exactement à l'aide d'intégrales elliptiques. En revanche, ces racines ne peuvent s'exprimer à l'aide des quatre opérations et de radicaux, ce qui démontre qu'il n'est pas possible de trouver une expression des racines dans le cas général d'une équation du cinquième degré, comme on peut le faire pour les équations de degré 1, 2, 3 ou 4.

Voici à présent les résolutions par radicaux des équations algébriques de degrés inférieurs ou égaux à 4 dont la connaissance est, pour nous, absolument indispensable aussi bien pour tous les adeptes des mathématiques élémentaires ou appliquées que pour les apprenants des mathématiques :

Section 2 : EQUATIONS ALGEBRIQUES DU PREMIER DEGRE ET DU SECOND DEGRE A UNE INCONNUE DANS C

I. EQUATIONS ALGEBRIQUES DU PREMIER DEGRE DANS R (OU DANS C)

[Source : Lorent. S et Lorent R, *Algèbre 2A*, Editions A De BOECK, Bruxelles 1968.].

I.1. Définition : une équation algébrique du premier degré (à une inconnue x) dans le champ $\mathbb{R}$ des réels est une égalité qui, après transformations, peut s'écrire sous la forme $ax + b = 0$, avec $a, b \in \mathbb{R}$. Résoudre une telle équation équivaut à déterminer, si possible, les valeurs de x vérifiant cette égalité.

I.2. Résolution et discussion

- Si $a \neq 0$, alors on a $ax + b = 0 \Leftrightarrow ax = -b \Leftrightarrow x = \frac{-b}{a}$, l'équation admet une solution réelle unique $x = \frac{-b}{a}$.
- Si $a=0$ et si $b \neq 0$, alors l'équation $ax + b = 0$ s'écrit $0x + b = 0 \Leftrightarrow 0x = -b \neq 0$. Ce qui est absurde. On dit alors que l'équation est impossible et elle n'admet pas de solution.
- Si $a=0$ et $b=0$, alors on a : $0x + 0 = 0$, l'équation est dite indéterminée c'est-à-dire tout réel est solution de l'équation donnée.

II. EQUATIONS ALGEBRIQUES DU SECOND DEGRE DANS C

[Lorent. S et Lorent R, *Algèbre 2A*, Editions A De BOECK, Bruxelles 1968.].

II.1. Définition :

Une équation algébrique du second degré (à une inconnue x) dans le champ $\mathbb{C}$ des nombres complexes est une équation qui, après transformations, peut s'écrire sous la forme $ax^2 + bx + c = 0$ où $a, b, c \in \mathbb{R}$ ($a \neq 0$).

II.2. Résolution et Discussion

L'équation $ax^2 + bx + c = 0$ peut être transformée comme suit :

$$ax^2 + bx + c = a \left(x^2 + \frac{bx}{a} + \frac{c}{a} \right) = 0$$

En considérant que les termes x^2 et $\frac{bx}{a}$ sont les deux premiers termes du développement suivant $\left(x + \frac{b}{2a}\right)^2 = x^2 + \frac{bx}{a} + \frac{b^2}{4a^2}$, nous pouvons écrire :

$$\begin{aligned} ax^2 + bx + c &= a \left(x^2 + \frac{bx}{a} + \frac{c}{a} \right) = 0 \\ &= a \left(x^2 + \frac{bx}{a} + \frac{b^2}{4a^2} - \frac{b^2}{4a^2} + \frac{c}{a} \right) = 0 \\ &= a \left[\left(x + \frac{b}{2a} \right)^2 - \frac{b^2 - 4ac}{4a^2} \right] = 0 \end{aligned}$$

En posant $\Delta = b^2 - 4ac$ l'équation s'écrit :

$$a \left[\left(x + \frac{b}{2a} \right)^2 - \frac{\Delta}{4a^2} \right] = 0. \Delta \text{ est appelé le discriminant ou le réalisant de l'équation du second degré.}$$

Trois cas sont possibles :

1^{er} cas : Si $\Delta > 0$, l'équation s'écrit :

$$\begin{aligned} a \left[\left(x + \frac{b}{2a} \right)^2 - \left(\frac{\sqrt{\Delta}}{2a} \right)^2 \right] &= 0 \\ \Leftrightarrow a \left[\left(x + \frac{b}{2a} \right) - \frac{\sqrt{\Delta}}{2a} \right] \left[\left(x + \frac{b}{2a} \right) + \frac{\sqrt{\Delta}}{2a} \right] &= 0 \\ \Leftrightarrow \left(x + \frac{b}{2a} \right) - \frac{\sqrt{\Delta}}{2a} = 0 \text{ ou } \left(x + \frac{b}{2a} \right) + \frac{\sqrt{\Delta}}{2a} &= 0 \\ \Leftrightarrow x + \frac{b}{2a} - \frac{\sqrt{\Delta}}{2a} = 0 \text{ ou } x + \frac{b}{2a} + \frac{\sqrt{\Delta}}{2a} &= 0 \\ \Leftrightarrow x = \frac{-b}{2a} + \frac{\sqrt{\Delta}}{2a} \text{ ou } x = \frac{-b}{2a} - \frac{\sqrt{\Delta}}{2a} \end{aligned}$$

L'équation admet deux solutions réelles $x_1 = \frac{-b+\sqrt{\Delta}}{2a}$ et $x_2 = \frac{-b-\sqrt{\Delta}}{2a}$

2^{ème} cas : Si $\Delta < 0$, l'équation s'écrit $a \left[\left(x + \frac{b}{2a} \right)^2 - \frac{\Delta}{4a^2} \right] = 0$

L'expression $-\frac{\Delta}{4a^2}$ est positive et $\sqrt{\Delta} \in \mathbb{C}$. L'équation du second degré admet deux racines complexes conjuguées.

En effet, $\Delta = b^2 - 4ac = i^2(4ac - b^2)$ les solutions existent puisque $4ac - b^2 > 0$, par suite :

$$x_1 = \frac{-b+i\sqrt{4ac-b^2}}{2a}, \text{ et } x_2 = \frac{-b-i\sqrt{4ac-b^2}}{2a}$$

3^{ème} cas : Si $\Delta = 0$, l'équation devient

$$a \left[\left(x + \frac{b}{2a} \right)^2 \right] = 0 \Leftrightarrow x + \frac{b}{2a} = 0 \Leftrightarrow x = -\frac{b}{2a}. \text{ L'équation admet deux solutions réelles et confondues } x_1 = x_2 = -\frac{b}{2a}.$$

Donc une équation algébrique $ax^2 + b + c = 0$ d'inconnue x et définie dans $\mathbb{C}$ possède toujours deux solutions : ces solutions sont distinctes pour $\Delta = b^2 - 4ac \neq 0$ et elles sont confondues pour $\Delta = b^2 - 4ac = 0$.

Section 3 : EQUATIONS ALGEBRIQUES DU TROISIEME DEGRE ET DU QUATRIEME DEGRE A UNE INCONNUE DANS C

I. EQUATIONS ALGEBRIQUES DU TROISIEME DEGRE

Depuis toujours, les mathématiciens se sont attelés à établir des algorithmes ou formules permettant de résoudre des équations algébriques du genre $P(x) = 0$, où $P(x)$ est un polynôme en x de degré n à coefficients réels. Cela a pu être possible pour $n \leq 4$.

Cependant, pour $n \geq 5$, le mathématicien Abel a prouvé qu'en général, on ne peut pas donner des formules de résolution par radicaux. Ce constat permet aux mathématiciens de ne plus focaliser leur attention sur la recherche de la condition de résolubilité par radicaux d'une équation algébrique donnée dont le degré est supérieur à 4.

I.1. Définition : Une équation algébrique du troisième degré est une équation de la forme $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$ (*), avec $a, b, c, d \in \mathbb{R}$ ($a \neq 0$).

I.2. Résolubilité par radicaux d'une équation algébrique du troisième degré

Proposition 1 : Toute équation algébrique de degré impair n admet au moins une racine dans $\mathbb{R}$.

Preuve : Soit $P(x) = \sum_{i=0}^n a_i x^i = 0$, où $a_i \in \mathbb{R}$, $\forall i \in [0, n] \cap \mathbb{N}$, une équation algébrique. Le corps $\mathbb{C}$ des complexes étant algébriquement clos, cette équation admet exactement n racines dans $\mathbb{C}$, comptées avec leur multiplicité. Soit k l'une de ces racines. On a donc $P(k) = \sum_{i=0}^n a_i k^i = 0$. Soit alors $\bar{k}$ le conjugué de k dans $\mathbb{C}$. (On rappelle que si $k = a + bi$, alors $\bar{k} = a - bi$) On a donc :

$$\begin{aligned} P(\bar{k}) &= \sum_{i=0}^n a_i \bar{k}^i = \sum_{i=0}^n \overline{a_i k^i} \quad (\text{car } a_i \in \mathbb{R} \Rightarrow a_i = \bar{a}_i) \\ &= \sum_{i=0}^n \overline{a_i k^i} \quad (\text{car } \overline{a \cdot b} = \bar{a} \cdot \bar{b}) \\ &= \overline{\sum_{i=0}^n a_i k^i} \quad (\text{car } \overline{a + b} = \bar{a} + \bar{b}) \\ &= \bar{0} \quad (\text{car } \sum_{i=0}^n a_i k^i = 0) \\ &= 0. \end{aligned}$$

Il en résulte que si k est une racine de $P(x)$, alors son conjugué l'est aussi. Par conséquent, les racines complexes de $P(x)$ sont appariées, chacune d'elles avec son conjugué. On en déduit que, si le degré n de $P(x)$ est impair, alors l'une de ses racines au moins est réelle car, si non, la racine « célibataire » n'aurait pas son conjugué dans l'ensemble des racines de $P(x)$, ce qui serait contradictoire. CQFD.

Corollaire 1 : Toute équation algébrique de degré 3 admet au moins une racine réelle.

Preuve : conséquence immédiate de la proposition précédente, du fait que le degré 3 de $P(x)$ est un entier impair.

Corollaire 2 : Toute équation algébrique du troisième degré est réductible sur le corps des réels.

Preuve : En effet, d'après le corollaire 1, toute équation algébrique $P(x) = 0$ de degré 3 admet une solution réelle α . On en déduit que $P(x)$ est divisible par $x - \alpha$. Par conséquent, il existe un polynôme $Q(x)$ à coefficients réels tel que $P(x) = (x - \alpha) Q(x)$. Ce qui prouve que $P(x)$ est bien réductible sur $\mathbb{R}$. CQFD.

I.3. Résolution générale de l'équation algébrique : $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0, (a \neq 0) \quad (1)$

Soit à résoudre l'équation du troisième degré $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$, avec $a, b, c, d \in \mathbb{R} (a \neq 0)$.

Première étape : Transformation de l'équation (1)

Proposition 2 : Par une « translation » adéquate, on peut annuler le coefficient suivant le terme dominant (i.e. faire disparaître le terme en x^2).

Preuve : Effectuons une « translation », en remplaçant dans (1) x par $y - \frac{b}{3a}$. Nous obtenons :

$$\begin{aligned} a\left(y - \frac{b}{3a}\right)^3 + b\left(y - \frac{b}{3a}\right)^2 + c\left(y - \frac{b}{3a}\right) + d &= 0 \\ \Leftrightarrow ay^3 + \left(\frac{3ac - b^2}{3a}\right)y + \frac{2b^3 - 9abc + 27a^2d}{27a^2} &= 0 \\ \Leftrightarrow y^3 + \left(\frac{3ac - b^2}{3a^2}\right)y + \frac{2b^3 - 9abc + 27a^2d}{27a^2} &= 0 \quad (\text{car } a \neq 0) \\ \Leftrightarrow y^3 + py + q = 0 \quad \left(\text{en posant } p = \frac{3ac - b^2}{3a^2} \text{ et } q = \frac{2b^3 - 9abc + 27a^2d}{27a^2}\right) \end{aligned}$$

Deuxième étape : Résolvons alors l'équation $y^3 + py + q = 0 \quad (2)$

Posons $y = u + v$. L'équation (2) devient : $(u + v)^3 + p(u + v) + q = 0$

$$\begin{aligned} u^3 + v^3 + 3u^2v + 3uv^2 + p(u + v) + q &= 0 \Rightarrow u^3 + v^3 + 3uv(u + v) + p(u + v) + q = 0 \\ \Rightarrow u^3 + v^3 + q + (3uv + p)(u + v) &= 0 \end{aligned}$$

Cette égalité est vérifiée si l'on pose $u^3 + v^3 + q = 0$ et donc $3uv + p = 0$. C'est-à-dire

$$\begin{cases} u^3 + v^3 = -q \\ uv = -\frac{p}{3} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} u^3 + v^3 = -q \\ u^3v^3 = -\frac{p^3}{27} \end{cases}$$

On en déduit que u^3 et v^3 sont les solutions de l'équation du second degré suivante : $T^2 + qT - \frac{p^3}{27} = 0$, dite « la résolvante » de l'équation (2).

Troisième étape : Résolution de l'équation $T^2 + qT - \frac{p^3}{27} = 0$

Son discriminant est, par définition, celui de (2) et il vaut : $\Delta = q^2 + \frac{4p^3}{27} = \frac{4p^3 + 27q^2}{27}$. Son signe ne dépend que de celui de $4p^3 + 27q^2$.

- Si $\Delta = \frac{4p^3 + 27q^2}{27} > 0$, alors la résolvante admet deux racines réelles distinctes :

$$T_1 = \frac{-q + \sqrt{\Delta}}{2} \quad \text{et} \quad T_2 = \frac{-q - \sqrt{\Delta}}{2} \quad \text{i.e.} \quad u^3 = \frac{-q + \sqrt{\frac{4p^3 + 27q^2}{27}}}{2} \quad \text{et} \quad v^3 = \frac{-q - \sqrt{\frac{4p^3 + 27q^2}{27}}}{2}.$$

On extrait alors les 3 racines complexes $u_1, u_2 = u_1 j$ et $u_3 = u_1 j^2$ de u^3 (dont u_1 est réelle, avec $j = \frac{-1 + i\sqrt{3}}{2}$ et $j^2 = \frac{-1 - i\sqrt{3}}{2} = \bar{j}$) ainsi que celles $v_1, v_2 = v_1 j$ et $v_3 = v_1 j^2$ de v^3 (dont v_1 est réelle). En les

couplant convenablement de manière à réaliser les conditions $\begin{cases} u^3 + v^3 = -q \\ uv = -\frac{p}{3} \end{cases}$, on obtient alors les trois solutions de

l'équation (2), parmi lesquelles la racine réelle est :

$$y_1 = u_1 + v_1 = \frac{-q + \sqrt{\frac{4p^3 + 27q^2}{27}}}{2} + \frac{-q - \sqrt{\frac{4p^3 + 27q^2}{27}}}{2}$$

(**Formule de Cardan**). Il ne reste plus qu'à appliquer la translation inverse, par la formule $x = y - \frac{b}{3a}$, pour obtenir les trois solutions x_1, x_2 et x_3 de l'équation (1).

- Si $\Delta = \frac{4p^3 + 27q^2}{27} = 0$, la résolvante admet une racine réelle double

$$T_1 = T_2 = \frac{-q}{2} \quad \text{i.e.} \quad u^3 = v^3 = \frac{-q}{2}. \quad \text{En tirant leurs racines cubiques respectives et en tenant compte des}$$

conditions susmentionnées, on obtient les racines y_1, y_2 et y_3 de l'équation (2), puis celles x_1, x_2 et x_3 de l'équation (1).

- Si, enfin, $\Delta = \frac{4p^3 + 27q^2}{27} < 0$, alors la résolvante admet deux racines complexes conjuguées

$$T_1 = \frac{-q + i\sqrt{-\Delta}}{2} \quad \text{et} \quad T_2 = \frac{-q - i\sqrt{-\Delta}}{2} \quad \text{dont on calcule les trois racines cubiques complexes respectives}$$

pour trouver les trois valeurs de u et celles de v . En les couplant convenablement en fonction des conditions

$$\begin{cases} u^3 + v^3 = -q \\ uv = -\frac{p}{3} \end{cases} \quad \text{, on obtient alors les racines } y_1, y_2 \text{ et } y_3 \text{ de l'équation (2), puis celles } x_1, x_2 \text{ et } x_3 \text{ de l'équation (1).}$$

II. EQUATIONS ALGEBRIQUES DU QUATRIEME DEGRE

II.1. Définition : Une équation algébrique du troisième degré est une équation de la forme $ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e = 0$ (**), avec $a, b, c, d, e \in \mathbb{R}$ ($a \neq 0$).

II.2. Résolubilité par radicaux d'une équation algébrique du quatrième degré

Soit à résoudre l'équation algébrique $ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e = 0$ (2.1). On procède selon un schéma analogue à celui de la résolution précédente :

Première étape : On élimine tout d'abord le coefficient du terme en x^3 , en posant $x = y - \frac{b}{4a}$. Il vient :

$$ay^4 - by^3 + \frac{3b^2y^2}{8a} - \frac{b^3y}{16a^2} + \frac{b^4}{256a^3} + by^3 - \frac{3b^2y^2}{4a} + \frac{3b^3y}{16a^2} - \frac{b^4}{64a^3} + cy^2 - \frac{bcy}{2a} + \frac{b^3c}{16a^2} + dy + \frac{4as-bd}{4a} = 0$$

$$\Leftrightarrow ay^4 + \left(\frac{3b^2}{8a} - \frac{3b^2}{4a} + c\right)y^2 + \left(\frac{3b^3}{16a^2} - \frac{b^3}{16a^2} - \frac{bc}{2a} + d\right)y + \frac{4as-bd}{4a} - \frac{b^4}{64a^3} + \frac{b^4}{256a^3} + \frac{b^3c}{16a^2} = 0$$

$$\Leftrightarrow ay^4 + \frac{8ac-3b^2}{8a}y^2 + \frac{2b^3-8abc-16a^2d}{16a^2}y + \frac{256a^3s-64a^2bd-3b^4+16ab^2c}{256a^3} = 0$$

L'équation (2.1) devient, après quelques calculs élémentaires : $y^4 + py^2 + qy + r = 0$ (2.2).

$$\left(\text{en posant, } p' = \frac{8ac-3b^2}{8a}, \quad q' = \frac{2b^3-8abc-16a^2d}{16a^2}, \right.$$

$$\left. r' = \frac{256a^3s-64a^2bd-3b^4+16ab^2c}{256a^3} \text{ et } p = \frac{p'}{a}, q = \frac{q'}{a}, r = \frac{r'}{a} \text{ (} a \neq 0 \text{)} \right)$$

Deuxième étape : Il est à présent question de déterminer des nombres (réels ou complexes) α, β et γ ($\alpha \neq 0$) tels que (2.2) puisse se factoriser de la manière suivante :

$$y^4 + py^2 + qy + r = (y^2 - \alpha y + \beta)(y^2 + \alpha y + \gamma) = 0. \text{ En développant le produit proposé, on obtient :}$$

$y^4 + py^2 + qy + r = y^4 + (\beta + \gamma - \alpha^2)y^2 + (\beta\alpha - \alpha\gamma)y + \beta\gamma = 0$, ce qui donne, par identification de polynômes :

$$\begin{cases} \beta + \gamma - \alpha^2 = p & (1) \\ \alpha(\beta - \gamma) = q & (2) \\ \beta\gamma = r & (3) \end{cases}$$

Des équations (1) et (2) on tire : $\beta + \gamma = p + \alpha^2$ et $\beta - \gamma = \frac{q}{\alpha}$ qui permettent d'obtenir par addition :

$\beta = \frac{1}{2}\left(p + \alpha^2 + \frac{q}{\alpha}\right)$ et $\gamma = \frac{1}{2}\left(p + \alpha^2 - \frac{q}{\alpha}\right)$. En portant ces deux valeurs dans l'équation (3), il vient :

$$\left(p + \alpha^2 + \frac{q}{\alpha}\right)\left(p + \alpha^2 - \frac{q}{\alpha}\right) = 4r \text{ i.e. } \left(p + \alpha^2\right)^2 - \frac{q^2}{\alpha^2} = 4r \Rightarrow p^2 + 2p\alpha^2 + \alpha^4 - \frac{q^2}{\alpha^2} = 4r$$

$$\alpha^6 + 2p\alpha^4 - (4r - p^2)\alpha^2 - q^2 = 0. \quad (2.3)$$

Il en résulte que α^2 est une racine de l'équation du troisième degré suivante :

$$t^3 + 2pt^2 - (4r - p^2)t - q^2 = 0. \quad (2.3) \quad (\text{en posant } \alpha^2 = t)$$

Troisième étape : La résolution de l'équation (2.3) d'après les formules de Cardan permet d'obtenir successivement la valeur de α^2 , puis celle de α et par conséquent celles de β et γ , grâce aux égalités

$$\beta = \frac{1}{2} \left(p + \alpha^2 + \frac{q}{\alpha} \right) \quad \text{et} \quad \gamma = \frac{1}{2} \left(p + \alpha^2 - \frac{q}{\alpha} \right).$$

En revenant à $y^4 + py^2 + qy + r = (y^2 - \alpha y + \beta)(y^2 + \alpha y + \gamma) = 0$, on conclut alors que les solutions de l'équation (2.2) sont celles des deux équations du second degré suivantes :

$$y^2 - \alpha y + \beta = 0 \quad \text{et} \quad y^2 + \alpha y + \gamma = 0, \quad \text{c'est-à-dire} \quad y_{1,2} = \frac{\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - 4\beta}}{2} \quad \text{et}$$

$y_{3,4} = \frac{-\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - 4\beta}}{2}$ (ce ne sont, S.V.P., que des notations, étant donné que les expressions écrites sous le radical peuvent être réelles (positives ou négatives) ou complexes !)

Les quatre solutions de l'équation (2.1) s'obtiennent finalement à l'aide d'une translation « inverse » d'après la formule :

$x = y - \frac{b}{4a}$, ce qui donne symboliquement :

$$x_{1,2} = \frac{\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - 4\beta}}{2} - \frac{b}{4a} \quad \text{et} \quad x_{3,4} = \frac{-\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - 4\beta}}{2} - \frac{b}{4a}.$$

Section 4 : EN GUISE DE CONCLUSION : QUE DIRE DES EQUATIONS ALGEBRIQUES DE DEGRE SUPERIEUR OU EGAL A 5, A UNE INCONNUE DANS C

Point n'est besoin de rappeler ici qu'il n'existe à ce jour pas de formule permettant de résoudre ce genre d'équations algébriques par radicaux (et jusqu'à preuve du contraire, on peut même affirmer qu'il n'en existera jamais, en se référant aux résultats établis dans la théorie de Galois).

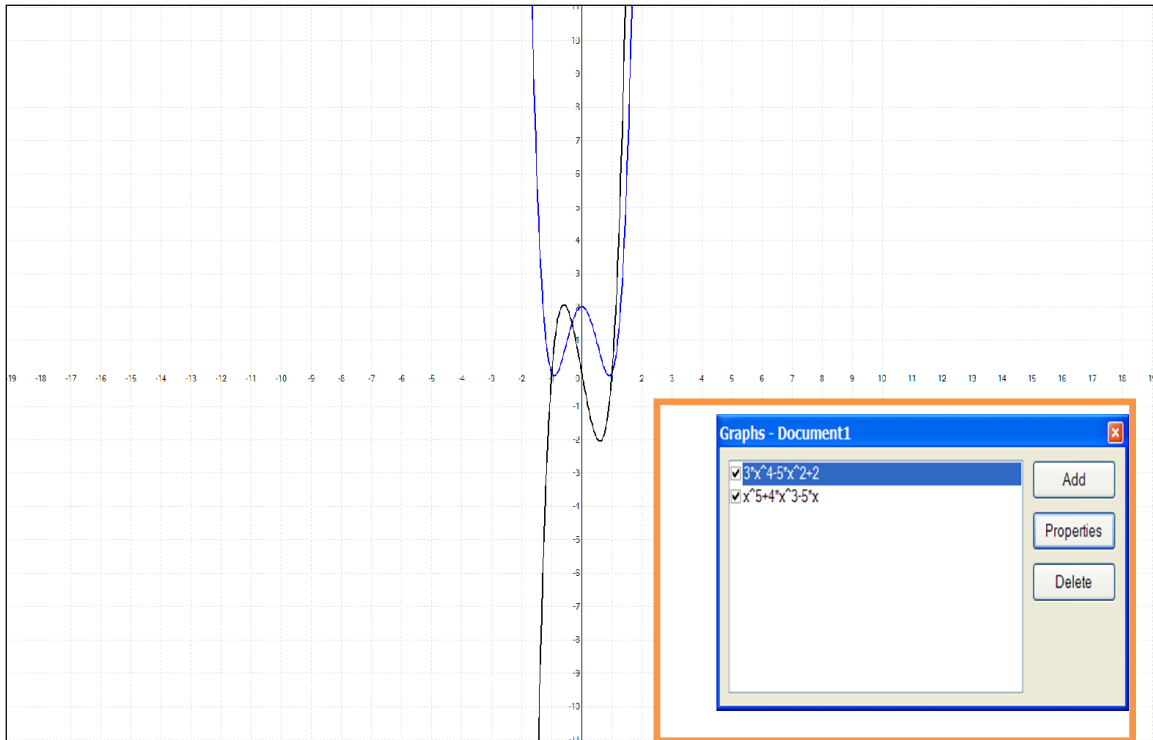
Doit-on cependant se restreindre aux méthodes algorithmiques rappelées précédemment pour ce genre d'équations, lesquelles méthodes sont considérablement limitées dans leur champ d'application puisque, comme nous l'avons établi, elles se fondent sur un postulat (l'existence d'une racine entière au moins) qui est faux dans le cas général ? Nous estimons que cela serait trop restrictif et réducteur pour un mathématicien professionnel ou pour un enseignant de mathématiques digne de ce nom. Que va-t-il faire, en effet, face à une équation algébrique du cinquième degré (ou d'un degré supérieur à 5) lorsqu'il constate qu'aucune de ces méthodes particulières ne conduit à la résolution de l'équation donnée ? Il lui reste alors la résolution par approximation à l'aide de méthodes graphiques ou par itération successive.

Il est, en effet, important de savoir qu'il existe une panoplie de méthodes graphiques ou itératives qui permettent de trouver une racine réelle d'une équation du cinquième degré (par exemple), dont on sait déjà qu'elle admet au moins une racine réelle du fait que son degré est impair (cfr. Proposition 1, section 2). Une valeur approchée de cette solution réelle peut être déterminée graphiquement par le raisonnement suivant (fondé sur l'étude des fonctions numériques réelles d'une variable réelle x). Une fois cette valeur approchée déterminée, l'équation donnée est factorisable en un produit d'un facteur linéaire et d'un autre du quatrième degré qui, lui, est résoluble par radicaux à l'aide des formules établies dans la section 3 de la présente étude.

Illustrons ce raisonnement par deux exemples concrets respectivement du cinquième et du sixième degrés (*étant entendu que ce même raisonnement peut être appliqué à une équation algébrique de n'importe quel autre degré*) :

Exemple 1 : Soit par exemple à résoudre l'équation $x^5 - 3x^4 + 4x^3 + 5x^2 - 5x - 2 = 0$ (dont on sait que l'une des solutions est $x = 1$) En regroupant dans le premier membre les termes de degré impair et, dans le second, ceux de degré pair, cette équation s'écrit sous la forme : $x^5 + 4x^3 - 5x = 3x^4 - 5x^2 + 2$. (Ce regroupement de termes est dicté par le souci de simplification de l'étude des deux fonctions générées par les deux membres de cette égalité : la première admet une dérivée première polynomiale et bicarrée, dont les racines seront aisément déterminées, la seconde est polynomiale et bicarrée, et sa dérivée première est une équation algébrique du troisième degré de la forme $x^3 + px + q = 0$, dont nous connaissons déjà les formules de résolution par radicaux).

En posant que le premier membre de l'égalité précédente vaut y , on conclut que cette égalité induit le système
$$\begin{cases} y = x^5 + 4x^3 - 5x \\ y = 3x^4 - 5x^2 + 2 \end{cases}$$
 dont les abscisses x des solutions éventuelles représentent les racines de l'équation algébrique proposée. Proposons-nous alors de résoudre graphiquement ce système. A l'aide d'une étude graphique complète de chacune des deux fonctions numériques réelles, d'une variable réelle x , d'expressions analytiques respectives : $y = x^5 + 4x^3 - 5x$ et $y = 3x^4 - 5x^2 + 2$, on obtient les représentations graphiques suivantes :



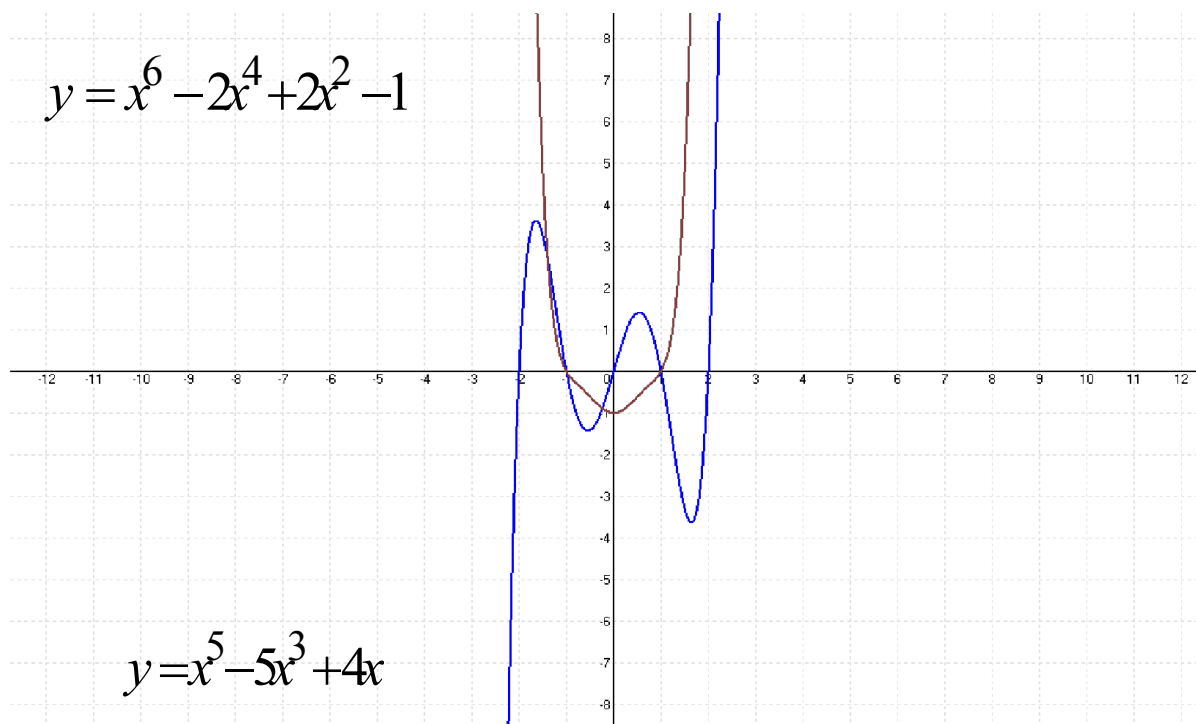
Ce graphique révèle clairement l'existence de deux racines entières 1 et -1 et d'une racine réelle dont une estimation raisonnable et vraisemblable est -0,35. Ces racines sont, bien entendu, les abscisses des trois points d'intersection des deux courbes d'équations respectives $y = x^5 + 4x^3 - 5x$ (en noir) et $y = 3x^4 - 5x^2 + 2$ (en bleu sur le graphique précédent, réalisé grâce au logiciel informatique FNGRAPH).

Faisons remarquer que l'estimation proposée pour la troisième solution réelle de l'équation proposée est bien acceptable, étant donné qu'une simple substitution dans cette équation nous donne : $(-0,35)^5 - 3(-0,35)^4 + 4(-0,35)^3 + 5(-0,35)^2 - 5(-0,35) - 2 \cong 0$. Les deux dernières racines de l'équation proposée se calculent aisément compte tenu du fait que le polynôme du cinquième degré proposé est divisible à la fois par $x^2 - 1 = (x - 1)(x + 1)$ et par $x - 0,35$ et peut donc se décomposer en un produit de trois facteurs dont le dernier facteur est du second degré (résoluble à l'aide de formules classiques bien connues).

Nous précisons que la technique utilisée dans la résolution précédente peut être appliquée à n'importe quelle autre équation algébrique de quelque degré que ce soit ... avec un peu d'artifices dans la définition des deux fonctions en jeu et relativement plus ou moins de difficultés dans leurs études graphiques respectives.

Exemple 2 : Soit par exemple à résoudre l'équation $x^6 - x^5 - 2x^4 + 5x^3 + 2x^2 - 4x - 1 = 0$. En procédant comme ci-dessus, i.e. en regroupant dans le premier membre les termes de degré impair et, dans le second, ceux de degré pair, cette équation s'écrit sous la forme : $x^5 - 5x^3 + 4x = x^6 - 2x^4 + 2x^2 - 1$. En posant que le premier membre de l'égalité précédente vaut y ,

on conclut que cette égalité induit le système $\begin{cases} y = x^5 - 5x^3 + 4x \\ y = x^6 - 2x^4 + 2x^2 - 1 \end{cases}$ dont les abscisses x des solutions éventuelles représentent les racines de l'équation algébrique proposée. Proposons-nous alors de résoudre graphiquement ce système. A l'aide toujours d'une étude graphique complète de chacune des deux fonctions numériques réelles, d'une variable réelle x , d'expressions analytiques respectives : $y = x^5 - 5x^3 + 4x$ et $y = x^6 - 2x^4 + 2x^2 - 1$, on obtient les représentations graphiques suivantes :



Inutile de préciser que, du graphique précédent, on déduit « aisément » les quatre solutions de l'équation donnée, notamment : $x \approx -1,4$, $x = -1$, $x \approx -0,25$ et $x = 1$. Les deux dernières racines (complexes) de l'équation donnée seront alors déterminées après une factorisation classique

$x^6 - x^5 - 2x^4 + 5x^3 + 2x^2 - 4x - 1 = (x + 1,4)(x + 1)(x + 0,25)(x - 1)(x^2 + ax + b)$, une détermination des coefficients a et b par identification de polynômes et une résolution de l'équation du second degré $x^2 + ax + b = 0$ ainsi obtenue (calculs élémentaires dont nous laissons le soin au lecteur intéressé de parachever cette résolution : ce qui compte pour nous étant la technique adoptée, les calculs auxiliaires étant relégués au second plan).

REFERENCES

- [1] LORENT. S et LORENT R, *Algèbre 2A*, Editions A De BOECK, Bruxelles 1968.
- [2] MUTAFIAN Claude, *Le défi algébrique*, Vuibert, Paris, 1984. (Tomes 1 et 2)
- [3] MUTAFIAN Claude, *Equations algébriques et théorie de Galois*, Vuibert, Paris, 1985.

Framework to Evaluate Quality of Object Oriented Design

Ayat Al-lawatiya and Santhosh John

Dept. of Computing, MEC,
Knowledge Oasis Muscat, Al Rusayl,
Sultanate of Oman

Copyright © 2015 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 recent years, the usage of the object oriented paradigm in software development has increased. Consequently, by using object oriented software, new elements have been added to software development process. The design phase is the backbone to develop any object oriented software. Therefore, the object oriented metrics are used to measure the quality of design.

This paper describes a framework for evaluating the object oriented design. The framework relates the design properties such as: Encapsulation, Coupling, Cohesion, Abstraction, Complexity, Composition, Messaging, Inheritance, Hierarchies, and Polymorphism to high level quality attributes such as Reusability, Effectiveness, Extendibility, Understandability, Correctness, and Flexibility. Meanwhile, the design properties in classes are defined to be assessed by using a suit of object oriented design metrics. An empirical data is collected from four case studies to calculate the metrics and then apply them to calculate the quality properties.

KEYWORDS: Framework; Quality Attributes; Object Oriented Design Properties; Object Oriented Metrics.

1 INTRODUCTION

As the software systems are being used in different critical areas of industry, the quality of the software is becoming very critical to the success of business and human safety. Furthermore, the quality of the software is vital in these days to minimize the defects in the software development and to decrease the cost and efforts of maintenance.

It must be acknowledge that there is no ideal software. However, Object Oriented system has become very popular in software development environment because of its reusability, modularity and extensibility. It has become easy to maintain, fast to develop, and clear moving from real world entities to the object system.

One of the most important factors that affect the quality of the object oriented software is the design structure. That's why, evaluation of the quality of Object Oriented design is an essential part of software environment at this stage since it does not make exception from errors and faults it is prone to. Recently, there has been enough research to develop and empirically validate metrics for Object Oriented design quality. However, the importance of quality of the software is to apply it in its early stage to avoid such costs and efforts as presented in figure 1, s the latest phase are more expensive to correct the defects in the software. Furthermore, assessing the software quality at the design phase is more beneficial in guiding the development effort in subsequent phases. In other words, the analysis of the design phase is a basis for the software implementation.

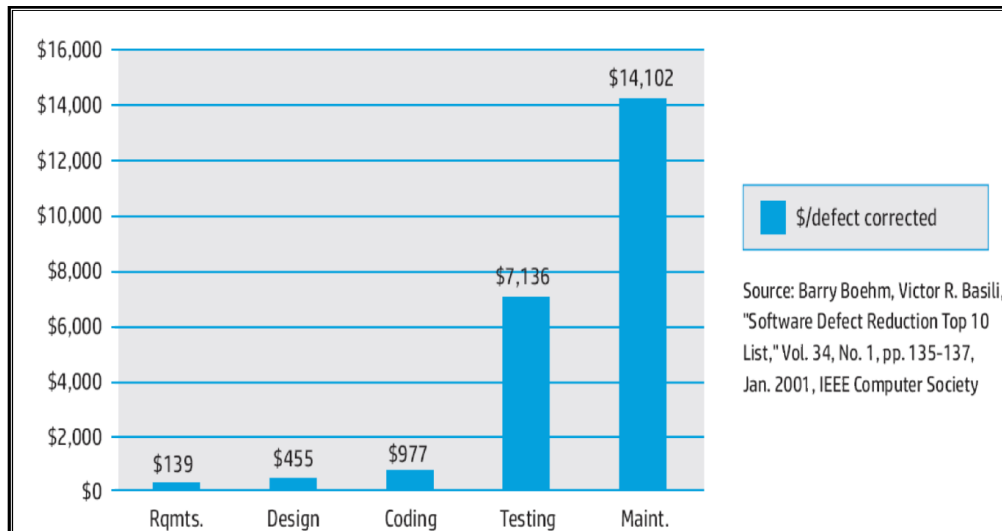


Figure 1: The cost of correcting defects during the software development life cycle (Eliminating IT waste from software defects lowering the cost of application quality n.d.)

The design of the software does not take that much effort during developing the software. However, if there is any mistake or defect in the design, the cost of maintenance will be 90% higher than the total cost of the life cycle of software development (Akaikine 1997). The main step in evaluating the quality of Object oriented software during the development life cycle software is measuring the quality at the design phase. Assessing the quality of design is done by using appropriate metrics and evaluation techniques. There are many metrics suits that were proposed to measure the quality of object oriented design like: CK metrics, QMOOD suit metrics, Lorenz and Kid metrics and MOOD metrics. These metrics significantly reduce rework during and after implementation to design effective test plans.

2 RESEARCH PROBLEM AND OBJECTIVES:

The scope of this research is to propose a framework to evaluate the quality of Object Oriented design phase. This will lead to predict some software quality characteristics based on the connection between the quality attributes and design properties by using object oriented design metrics. The reason behind defining this scope is to help developers reduce the challenges that object oriented software development entities are facing during the Software Development Life Cycle (SDLC). This, as a result, will reduce software maintenance efforts, over-budgeting or delays. It will also help developers fix problems and eliminate unwanted complexities in the early stage of development cycle.

Today, many metrics and quality models are available for assessing the quality of Object oriented. Most of these can be applied at the design phase of software development when the product is completed or nearly completed. These approaches analyze the software code to fetch the software metrics used in determining its quality.

This makes it difficult to streamline the design for its improvement. Therefore, there is a need to apply the evaluation of the quality of software at an early design stage of the software development process. Detection of a faulty design at later stages of software development bears a heavy price in terms of effort and cost (Yadav and Singh 2013). Thus, there is a need for models which could make an assessment of the software quality during the design phase of software development (Bansiya and Davis 2002).

The objective of the research is to propose a framework to evaluate the quality of the object oriented design. This report is organized in the following way. The Chapter II describes framework development, Chapter III is about the proposed framework and Chapter 5 includes the conclusion and suggestion for future research.

3 FRAMEWORK DEVELOPMENT:

The framework has many principal elements like:

- Identifying a set of high- level quality attributes.
- Identifying object oriented design properties.
- Identifying object oriented design metrics.

- Assigning design metrics to design properties.
- Linking design properties to quality attributes.

3.1 IDENTIFYING THE QUALITY ATTRIBUTES:

The combination of quality attributes between different object oriented models like: McCall's Model, Boehm's Model and ISO 9126 Model were selected as the initial set of quality attributes in the proposed framework as shown in the following table.

Table 1: comparison between quality attribute of four common models of qualities attributes:

No	software attributes	quality	McCall's model	Bohem	ISO 9126	A hierarchical model for object oriented design quality assessment
1	Portability		✓	✓	✓	
2	Reusability		✓	✓		✓
3	Maintainability		✓	✓	✓	
4	Flexibility		✓	✓		✓
5	Testability		✓		Maintainability	
6	Interoperability		✓			
7	Correctness		✓	✓	Maintainability	
8	Reliability		✓	✓	✓	
9	Efficiency		✓	✓	✓	✓
10	Integrity		✓	✓		
11	Usability		✓	✓	✓	
12	Functionality			✓	✓	✓
13	Understandability			✓		✓
14	Extendibility			✓		✓
15	Validity			✓	Maintainability	
16	Generality			✓		
17	Clarity			✓		
18	Modifiability			✓	Maintainability	
19	Documentation			✓		
20	Resilience			✓		
21	Economy			✓		
22	Security					
23	Fault-Proneness					

This set of attributes was reviewed and the common attributes between the compared models were chosen and are the following attributes: portability, reusability, maintainability, correctness, efficiency, usability and functionality. After that, this set of attributes was individually reviewed to distinguish if they contribute towards defining design quality and include all aspects of the design quality.

The attribute "usability" was excluded since it is more appropriate to the context of software implementation rather than design phase. While, the term "efficiency" was replaced by term "effectiveness" which is more appropriate to describe the quality in the design stage. Furthermore, the term "extendibility" is a better reflection of characteristic in the design phase rather than using term "portability" which is more suitable to use in the quality of software implementation. The term "maintainability" was replaced by term "understandability" which is more specified for design quality features.

In order to achieve an important goal in adopting the object oriented approach in design and implementation, the following characteristics must be considered like reliability flexibility, and adaptability in the development process. Reuse of the development at all levels will achieve this objective and that's why the attribute "reusability" is necessary in the design stage. In addition, the attribute "flexibility" is an important characteristic in the design phase and will therefore be included as design quality attribute. Furthermore, the term "correctness" is an important design quality attribute since it allows the designer to modify the structure of the system to achieve the quality at that stage.

Thus, the initial set of design quality attributes in the proposed framework is: “The proposed set of attributes in this framework not exclusive and can be changed under any changes in the goals or objectives.”

Table 2: The proposed quality attributes definition:

Quality Attribute	Definition
Functionality	The capability of the design class to provide functions which meet stated and implied needs through the public interface.
Effectiveness	The capability of software design to provide appropriate functionality and behavior using object oriented design concept.
Extendibility	Reflects the presence and usage of properties in the design which allocate any additional requirements in the design.
Understandability	The characteristics of the design that enable it to be easily learned and this related to the complexity of the design structure.
Reusability	Extent to which a design can be reused in to other problem without significant effort.
Correctness	Extent to which a program satisfies its specification and fulfills the customer’s mission objectives.
Flexibility	The characteristics of design that allow the design to be adapted to provide functionality.

3.2 IDENTIFYING OBJECT ORIENTED DESIGN PROPERTIES:

Design properties can be evaluated directly by testing the internal and external structure, relationship, and functionality of the design components with its attributes, methods and classes. QMOOD represents the design properties for both structural, object oriented development and object oriented paradigm.

Table3: The design properties definition for proposed framework:

Design properties	Description
Design size	Measuring the number of classes used in the design.
Hierarchies	Representing the generalization-specialization concepts in the design. It is counting the number of non-inherited classes that have children in the design.
Abstraction	A measure of generalization aspect of design.
Encapsulation	It is a characteristic for designing classes by defining them as private to avoid access to the attribute declaration.
Cohesion	Evaluating the relationship of attributes and methods in class.
Coupling	Measuring the number of other objects that can be accessed by an object in order to complete the function correctly.
Composition	Measuring the aggregation relationship in an object oriented design.
Inheritance	Measuring the relationship between classes which is related to the level of nesting of classes in inheritance hierarchy.
Messaging	Measuring the number of services provided by class and counting the number of public methods which are services to other classes.
Complexity	Measuring the degree of understanding the relationship between the internal and external structure of classes

3.3 IDENTIFYING OBJECT ORIENTED DESIGN METRICS:

The need to measure the software is becoming very important leading to new software measures. There are different metrics that have been proposed with different aspects like coupling, cohesion, inheritance, information hiding, and

polymorphism. However, it is often difficult to determine which metric is more useful in which area. As a consequence, selecting a measure of the object oriented systems becomes very difficult for project managers and practitioners.

Each design properties identified in the proposed framework represent an attribute of a design that can be assessed by using defined metrics in the design phase. There are several metrics that are used to assess the design properties such abstraction, inheritance and messaging. The combination of metrics between CK, MOOD and QMOOD are the following:

As Khan et al all examined MOOD, MOOSE, EMOOSE and QMOOD of metrics. They observed that QMOOD set of metrics is a combination between design and code. However, MOOSE set doesn't purely relate to the design. On the other hand, EMOOSE suit metrics do not relate to design phase as explained in (Khan, Mustafa and Ashon 2006). Based on this discussion, this research will be concentrate on the CK, MOOD and QMOOD. Response for class (RFC) was excluded in the proposed framework since it depends on the methods calling from outside the class which means it depends on the communication between classes which is more suitable for the implementing phase rather than design phase.

Table 4: Design Quality Metrics:

No	Design properties	Metric	Name of the metric	Descriptions
1	Design Size	DSC	Design size in class	Counting the number of classes in the design.
2	Hierarchies	NOH	Number of Hierarchies	Counting the number of class hierarchies in the design.
3	Encapsulation	MHF	Method Hiding Factor	Measuring the number of hidden methods
		AHF	Attribute Hiding Factor	Measuring the number of hidden attributes
		DAM	Data access Metrics	Measuring the ratio of the number of private attributes to the total number of attributes declared in the class.
4	Coupling	DCC	Direct Class Coupling	Counting the different number of classes related to that a class directly.
5	Inheritance	MIF	Method Inheritance Factor	Measuring the number of inherited methods
		AIF	Attribute Inheritance Factor	Measuring the number of inherited attributes
		DIT	Depth of Inheritance Tree	Counting the number of ancestor classes
		NOC	Number Children	Counting the number of subclasses that are going to inherit information from the parent
		MFA	Measure of Functional Abstraction	Measuring the ratio of the number of methods inherited by a class to the total number of methods can be accessed by member methods of the class.
6	Abstraction	ACA	Average count of ancestor	Counting the average number of classes from which a class inherits information
		ANA	Average Number of Ancestors	Measuring the average number of classes from which a class inherits information
7	Cohesion	CAM	Cohesion among methods in class	It computes the relatedness between methods of a class. It is summation of the intersection of methods' parameters with maximum independent set of all parameter types in the class
		LCOM	Lack of cohesion in method	Measuring the amount of cohesiveness present and the designing of the system and complexity of a class
8	Messaging	CF	Coupling Factor	Counting the number of classes that non-inherited coupled with other classes.
		CIS	Class Interface Size	Counting the number of public method in the class.

9	Complexity	WMC	Weighted Method per Class	Measuring the complexity of a class by measuring the number of methods
		NOM	Number of Methods	Counting the number of all methods in the class
10	Composition	MOA	Measure of aggregation	Counting the number of declared data which is user defined class

3.4 MAPPING QUALITY CARRYING COMPONENT PROPERTIES TO DESIGN PROPERTIES:

Table 5: Assigning design metrics to design properties:

No	Design properties	Metric	Name of the metric
1	Design Size	DSC	Design size in class
2	Hierarchies	NOH	Number of Hierarchies
3	Encapsulation	MHF	Method Hiding Factor
		AHF	Attribute Hiding Factor
		DAM	Data access Metrics
4	Coupling	DCC	Direct Class Coupling
5	Inheritance	MIF	Method Inheritance Factor
		AIF	Attribute Inheritance Factor
		DIT	Depth of Inheritance Tree
		NOC	Number Children
		MFA	Measure of Functional Abstraction
6	Abstraction	ACA	Average count of ancestor
		ANA	Average Number of Ancestors
7	Cohesion	CAM	Cohesion among methods in class
		LCOM	Lack of cohesion in method
8	Messaging	CF	Coupling Factor
		RFC	Response for a class
		CIS	Class Interface Size
9	Complexity	WMC	Weighted Method per Class
		NOM	Number of Methods
10	Composition	MOA	Measure of aggregation

3.5 LINKING DESIGN PROPERTIES TO QUALITY ATTRIBUTES:

Based on the review information, the design properties “abstraction” has an effect on the following quality attributes like: flexibility, extendibility, functionality and effectiveness. Flexibility, understandability and reusability have been influenced by encapsulation design property. Furthermore, coupling affects the understandability, reusability and extendibility. Low coupling is considered good for understanding the design, extendibility, and reusability while the higher coupling influences adversely these quality attributes.

The communication of the objects is the message passing, which directly affects the functionality, effectiveness and reusability. The composition can increase flexibility, reusability, effectiveness, extendibility and functionality. Furthermore, the use of inheritance influences reusability, effectiveness and extendibility. While, it has adversely effects on the understandability and the flexibility. The use of polymorphism affects to increase the flexibility, functionality and effectiveness. It also makes the design difficult to understand. The design property “complex” affects the design reusability and flexibility.

Table 6: the relationship between the quality attributes and design property

Software design quality attribute	Reusability	Extendibility	Flexibility	Functionality	Correctness	Effectiveness	Understandability
Design size	High						
	Low						
Hierarchies							
Abstraction		High	High	High		High	
		Low	Low	Low		Low	
Encapsulation	High		High				High
	Low		Low				Low
Cohesion	High						High
	Low						Low
Coupling	Low	Low					Low
	High	High					High
Composition	High		High	High			
	Low		Low	Low			
Inheritance	High	High	Low	High		High	Low
	Low	Low	High	Low		Low	High
polymorphism		High	High	High		High	Low
		Low	Low	Low		Low	High
Messaging				High		High	
				Low		Low	
Complexity	Low		Low				Low
	High		High				High

4 PROPOSED FRAMEWORK:

The proposed framework to evaluate the object oriented design is fitted to different stages as shown in the following diagram:

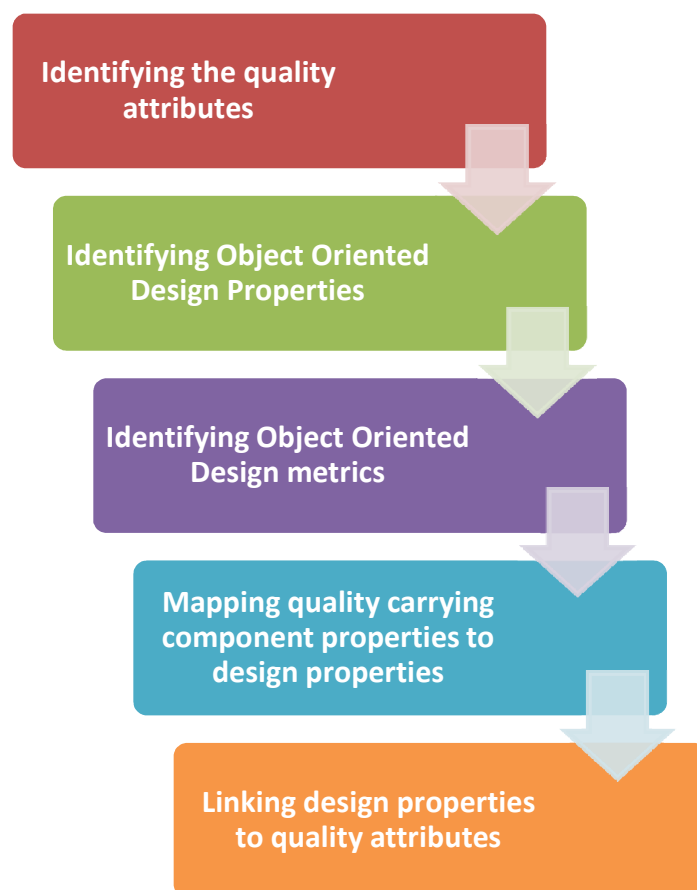


Figure 2 : The proposed framework

5 CONCLUSION AND FUTURE RESEARCH:

In this paper, the framework to evaluate the quality of object oriented design has been developed as a hybrid of previous quality models. My future work is to validate the proposed framework by applying the design metrics on real UML design diagram and study the effects of the object oriented design properties on the quality attribute.

REFERENCES

- [1] Bansiya, Jagdish, Davis, Carl G., 2002. A hierarchical Model for Object Oriented Design Quality Assesment.
- [2] Chauhan, Ritu et.all . 2014. Estimation of software quality using object oriented design metrics.
- [3] Jamali, Sayyed Mohsen. 2006. Object Oriented Metrics (A survey approach)
- [4] Pressman, Roger S. Software Engineering a paractioner's approach McGraw- Hill series in computer science,2001.

Study of the antibacterial activity of the potassium permanganoferrate $K_3Fe_xMn_yO_8$

Amina ZAHARI¹, Amal TAZI¹, and Mohamed BLAGHEN²

¹Team of Electrochemistry and Environmental Chemistry, Laboratory of Interface, Materials and Environment, Faculty of Science, University Hassan II – Casablanca, BP5366 Maârif, Casablanca, Morocco

²Team of Environmental and Industrial Biotechnology, Laboratory of Microbiology, Biotechnology, Pharmacology and Environment, Faculty of Science, University Hassan II – Casablanca, BP5366 Maârif, Casablanca, Morocco

Copyright © 2015 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: Pathogenic bacteria transmitted to humans through water are, nowadays, responsible for various infectious diseases; mainly gastrointestinal. Several disposal methods for these pathogens, such as chlorination, ozonation, and UV Rays have been used and developed.

Our study consists of using a new approach to deal with resistant strains that exist in wastewater; by the application of synthetic materials, the potassium permanganoferrates $K_3Fe_xMn_yO_8$ ($1 \leq x/y \leq 4$).

Our results show the antibacterial effect of these products tested in liquid and solid medium depending on the pH on three bacterial strains: *Pseudomonas aeruginosa* (Ps.Ae), *Escherichia coli* (E.Co) et *Staphylococcus aureus* (St.Au.). In the presence of the potassium permanganoferrates, bacterial growth decreases by half in the liquid medium, with concentrations going from 0.74 mmol/l up to 0.023 mmol/l, depending on the Fe/Mn ratio and on the studied bacteria. In the solid medium, the inhibitive efficiency of $K_3Fe_xMn_yO_8$ is also demonstrated for optimized concentrations, between 0.74mmol/l and 0.023mmol/l.

The maximum inhibitions in the liquid medium are 99.4% for E.Co. and 99.9% for St.Au., are obtained with concentrations of 0.5 mmol/L of $K_3Fe_xMn_yO_8$ (Fe/Mn=4). However, with 1.2 mmol/l of permanganoferrates, the inhibition doesn't exceed 98.8% for Ps.Ae.

KEYWORDS: potassium permanganoferrates, inhibition, bacteria, wastewater.

1 INTRODUCTION

There is more and more concern over the contamination of wastewater by pathogenic and resistant bacteria, thereby being conducive to the spread of bacterial and viral diseases. This contaminated water is mainly due to fecal pollution, but also to industrial pollution. Controlling waste water, and especially sewer water, is the most important preventive measure [1].

There are several methods to reduce pathogenic bacteria, such as using chemical product (antibiotics [1],...), physical processes (γ and UV radiation) [2] or physic-chemical techniques (membrane process,...) [3,4].

However, bacterial resistance towards antibiotics has occurred rapidly after the application of the latter for the treatment of many infectious diseases. This resistance is a major factor complicating bacterial infections' therapy, and especially the spread of multi-resistant strains.

Recent studies have shown the disinfectant effect of the ferrates VI [5] K_2FeO_4 on the total bacterial community of secondary effluents, which can reach 99.9% of despondency of indigenous bacteria.

Our purpose is to present a new approach to deal with the resistant strains present in wastewater by applying synthetic molecules such as potassium permanganoferrates $K_3Fe_xMn_yO_8$ ($1 \leq x/y \leq 4$).

Potassium permanganoferrates $K_3Fe_xMn_yO_8$ do contain many proprieties: oxidizing, coagulant-flocculating, disinfectant, ... [6,7,8,9].

These compounds are considered to be super-oxidizing, and their power is above hydrogen peroxide's ($E^\circ = 1.776\text{ V}$), chlorine's ($E^\circ = 1.35\text{ V}$) and ozone's ($E^\circ = 2.076\text{ V}$), usually used for wastewater treatment and disinfection. This character can be explained by the combination of the oxidizing powers of the ferrates VI ($E^\circ(FeO_4^{2-}/Fe^{3+})=2.20\text{V}$) and of the permanganates (VII) ($E^\circ(MnO_4^-/MnO_2)=1.697\text{V}$).

In this work, we aim to study the performance of these synthetic molecules in the inhibition of growth of three bacterial strains: *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*, without them having any side effect on living beings and on the environment.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDIED STRAINS

The study has been carried out on three baseline bacterial strains:

Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853 (Ps.Ae.), *Escherichia coli* ATCC 25922 (E. Co.) and *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (Sta.Au.).

2.2 DISINFECTING REAGENT: $K_3Fe_xMn_yO_8$

The permanganoferrates $K_3Fe_xMn_yO_8$ ($x / y = 1, 2, 3$ and 4) are synthetized by using the dry method at ambient temperature [6,10].

2.3 DETERMINATION OF THE MINIMUM INHIBITORY CONCENTRATION MIC

2.3.1 MIC IN THE LIQUID MEDIUM: MICL

The method consists of preparing a series of tubes containing 5ml of nutrient broth (5g/l of gelatine, 3 g/l cattle meat, pH = 7), to which we add the potassium permanganoferrates with concentrations between 0.014 mmol/l and 3.5mmol/l, according to a geometric progression due to 2. After that, we add 50 μ l of bacterial inoculum diluted 100 times from a 24-hour-old culturing.

The prepared tubes' galleries for molar ratios being $x/y = 1, 2, 3$ and 4 will be incubated at 37°C during 18h[11].

2.3.2 MIC IN THE SOLID MEDIUM: MICS

The used method consists of preparing a series of Erlenmeyer flasks containing 20ml of Muller-Hinton agar, to which we added amounts of permanganoferrates VI going from 0.014mmol/L to 3.5mmol/L, following a half-cascade evolution.

After homogeization, the culturing media are aseptically transferred into Petri dishes. The bacterial inoculum, diluted 1000 times from a 24-hour-old culturing, is sown on the surface. The cultures are then incubated at 37°C during 18hours.

2.4 PH MEASUREMENT

The pH measurement has been done with the help of a multi-parameter analyzer Type CONSORT - (C561–C562).

2.5 THE OPTICAL DENSITY MEASUREMENT

The optical density measurement was made by the spectrophotometer UV-1800 Serial No. A11454703649, Shimadzu (Japan).

In order to monitor the effect of permanganoferrates on bacterial growth, we have proceeded as follows:

From a 24-hours pregrowth phase of different bacterial strains diluted 100 times, are seeded into Erlenmeyer flasks containing nutrient broth with or without potassium permanganoferrate which concentration is half of the MICL's one, and are then incubated at 37°C.

Note: All the experiments have been carried out performed three times

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 DETERMINATION OF THE MINIMUM INHIBITORY CONCENTRATION OF POTASSIUM PERMANGANOFERRATES

3.1.1 IN LIQUID MEDIUM: MICL

The permanganoferrates MIC's VI $K_3Fe_xMn_yO_8$ obtained in a liquid medium for the different molar ratios x/y are summarized in Table 1.

Table 1. MICL in a liquid medium for the three bacterial strains *Ps.Ae.*, *E. Co.* et *Sta.Au.*

		MICL of $K_3Fe_xMn_yO_8$ in mmol/L			
		$x/y=1$	$x/y=2$	$x/y=3$	$x/y=4$
Bacterial strain	<i>Ps. Ae.</i>	1.485	0.743	0.372	0.372
	<i>E.Co.</i>	0.743	0.372	0.186	0.046
	<i>St.Au.</i>	0.186	0.186	0.093	0.046

According to these results (Table 1), we have found that the molar ratio 3 and 4 have revealed an inhibition for the three bacterial strains with MICL below molar ratios 1 and 2.

The inhibitory effect of $K_3Fe_xMn_yO_8$ increases with the rate of iron VI. For example, for *St.Au.*, the value of CMIL goes from 0.186 mmol/L for $x/y = 1$ and 2 ratios to 0.046 mmol/L for the ratio 4. On the other hand, for *E. Co.*, the CMIL of the ratio 4 is 16.2 times weaker than the one of the ratio 1.

On the other hand, the results of the *Ps.Au.* CMIL are much higher than the ones determined for the two other bacteria, showing the stiff resistance of this bacterium.

3.1.2 IN A SOLID MEDIUM MICS

We summarize, in Table 2, the results of $K_3Fe_xMn_yO_8$ MICS determined in the solid medium depending on the molar ratio x/y for the three bacterial strains we study.

MICs in the solid medium for the three bacterial strains *Ps.Ae.*, *E. Co.* et *Sta.Au.*

		MICL of $K_3Fe_xMn_yO_8$ in mmol/L			
		$x/y=1$	$x/y=2$	$x/y=3$	$x/y=4$
Bacterial strain	<i>Ps. Ae.</i>	0.743	0.743	0.372	0.186
	<i>E.Co.</i>	0.372	0.186	0.186	0.046
	<i>St.Au.</i>	0.186	0.093	0.093	0.023

For all three bacteria, comparing the Minimum Inhibitory Concentrations in the solid and the liquid media allows us to conclude that the inhibitory effect of the potassium permanganoferrate is much higher in the solid medium, except for the $x/y = 3$ ratio in which the MICS are identical to the ones found in the liquid medium for the three bacteria. Oxidation can be more influenced by the solid medium than by the liquid medium. This can be explained by the stability of the potassium permanganoferrates in the solid medium. However, in the aqueous solution, we might experience a reduction of the iron VI into the Iron (II).

In order to extend our study, we have followed the evolution of the bacterial growth of these strains in the presence of potassium permanganoferrates injected into the medium, in order to compare it with the one of their normal growth.

3.2 MONITORING BACTERIAL STRAINS GROWTH IN THE PRESENCE OF PERMANGANOFERRATE VI

The evolution of the optical density of these bacterial suspensions has been followed through time at 600 nm. The results are illustrated in Figure 1.

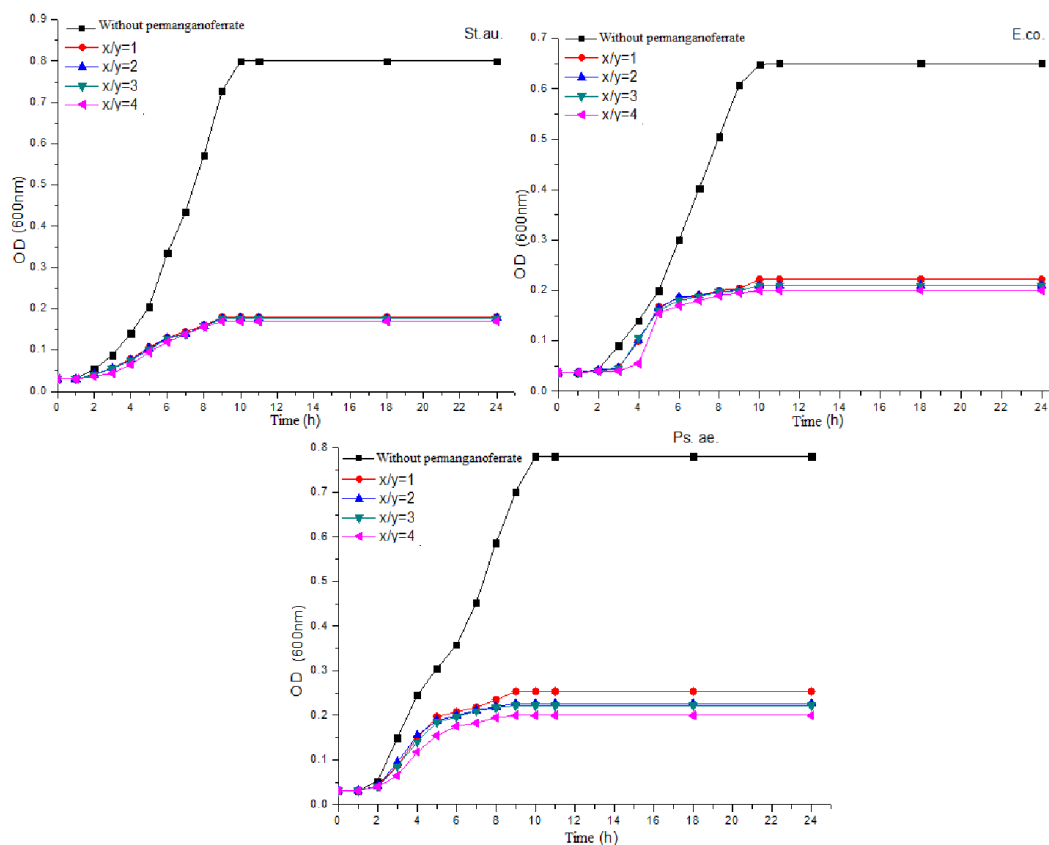


Fig.1. The effect of $K_3Fe_xMn_yO_8$ on bacterial growth (*Ps. Ae.*, *E. Co.* and *Sta. Au.*) [$K_3Fe_xMn_yO_8$]=MICL/2

In the presence of potassium permanganoferrates VI for various molar ratios and for half of the MICL, the general curve profile doesn't change in a longer latency period.

The inhibitory effect of the potassium permanganoferrates is demonstrated by a decrease in growth rate for the three bacterial strains, going over 50% of inhibition (63% for *Ps. Ae.*) after 6 hours.

The results shown in Figure 2 demonstrate that when the concentration of permanganoferrate increases, the bacterial growth decreases, regardless of the strain and of the chosen molar ratio.

We can see that 99.4 % is reached for *E. Co.*, and that 99.9 % is reached for *St. Au.* with concentrations being 0.5 mmol/l which molar ratio is Fe/Mn= 4. The inhibition for *Ps. Ae.* is around 99 % and has been reached with a concentration of 1.2 mmol/l of permanganoferrate .

The inhibitive effect of these materials can be explained by their high oxidizing power, which is most pronounced for molar ratios 3 and 4, in which the amount of Iron (VI) is high.

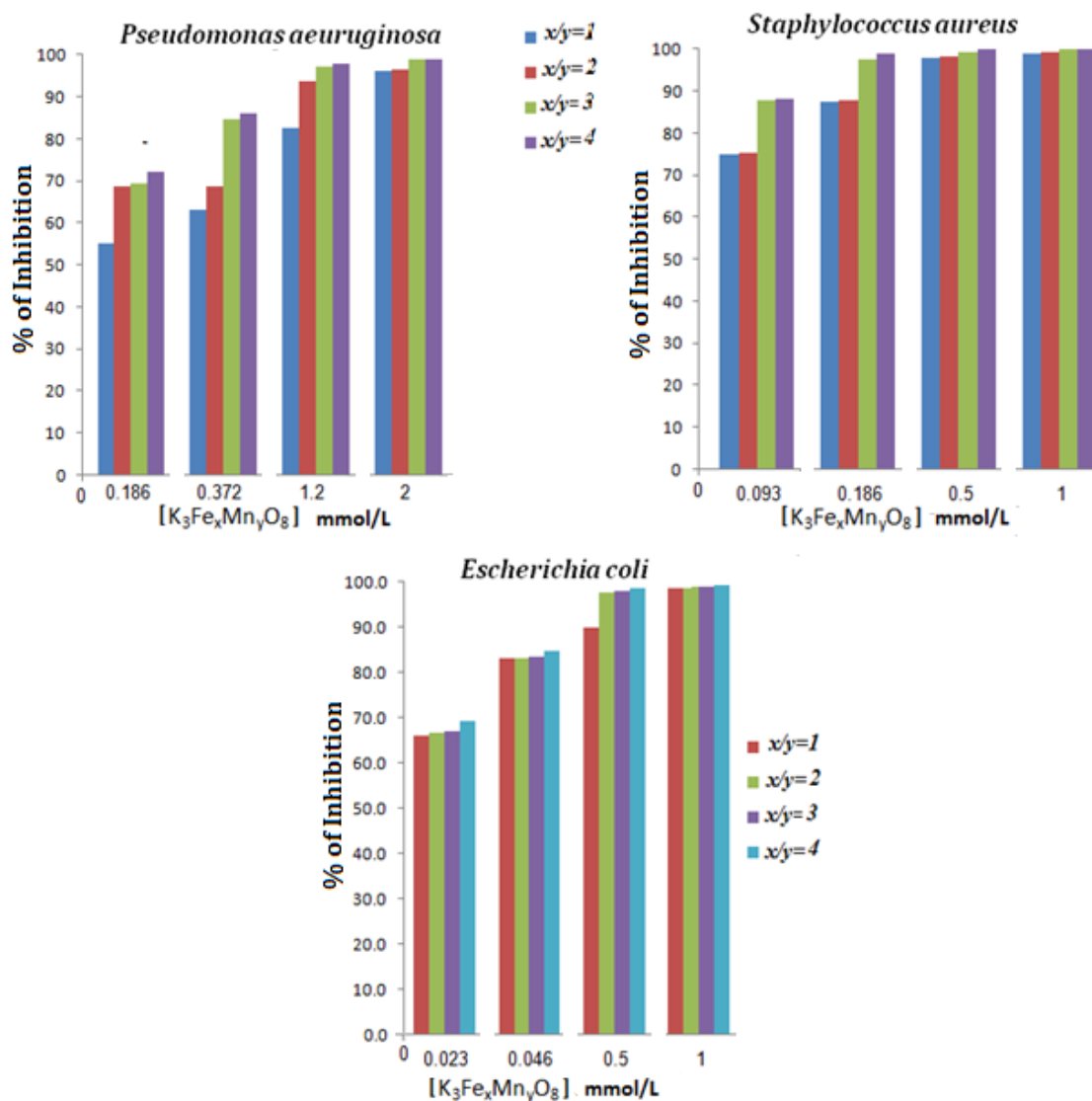


Fig. 2. % of growth inhibition of the three bacterial strains according to the different concentrations [K₃Fe₈Mn₈O₈] ($1 \leq x/y \leq 4$)

3.3 THE EFFECT OF THE pH ON BACTERIAL GROWTH

According to Figures 3 and 4, the incubation of the three bacteria for different pH shows that the latter remains practically constant, except for a pH value below 8, for which we notice a rise in the pH value of the medium after 10 hours, and then reaches its maximum after 18 hours of incubation.

After 10 hours, we note a rise amounting to +1 in the pH 5 and 7, followed by a stability with a bacterial growth rate of almost 100%, whatever bacteria is used.

When the pH=8, we notice that the two bacterial strains, E.Co. and St.Au, show a steady pace which is almost identical with bacterial growth rates of respectively 62.87% and 50%.

However, for the Ps.Ae., we notice a change in pH of ± 1 , which stabilizes after 18 hours of incubation with a bacterial growth rate of 85.64%.

The results are shown in Figures 3 and 4.

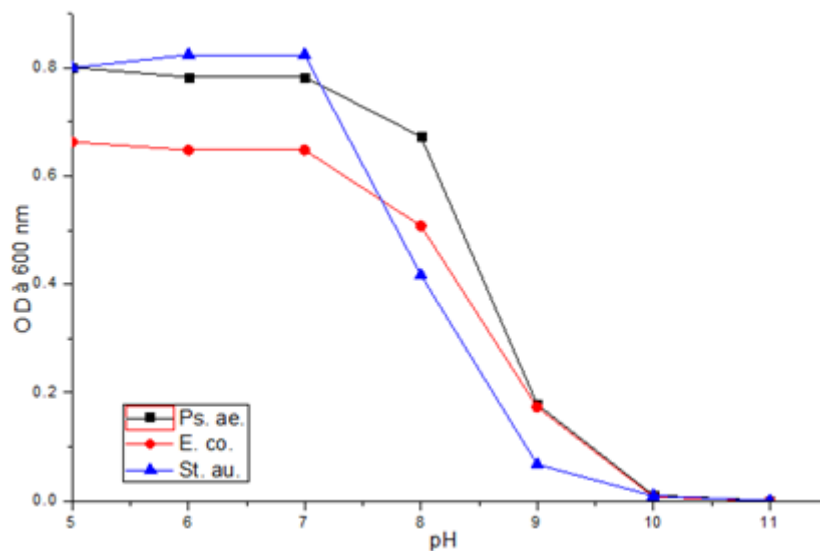


Fig. 3. Effect of the pH on bacterial growth

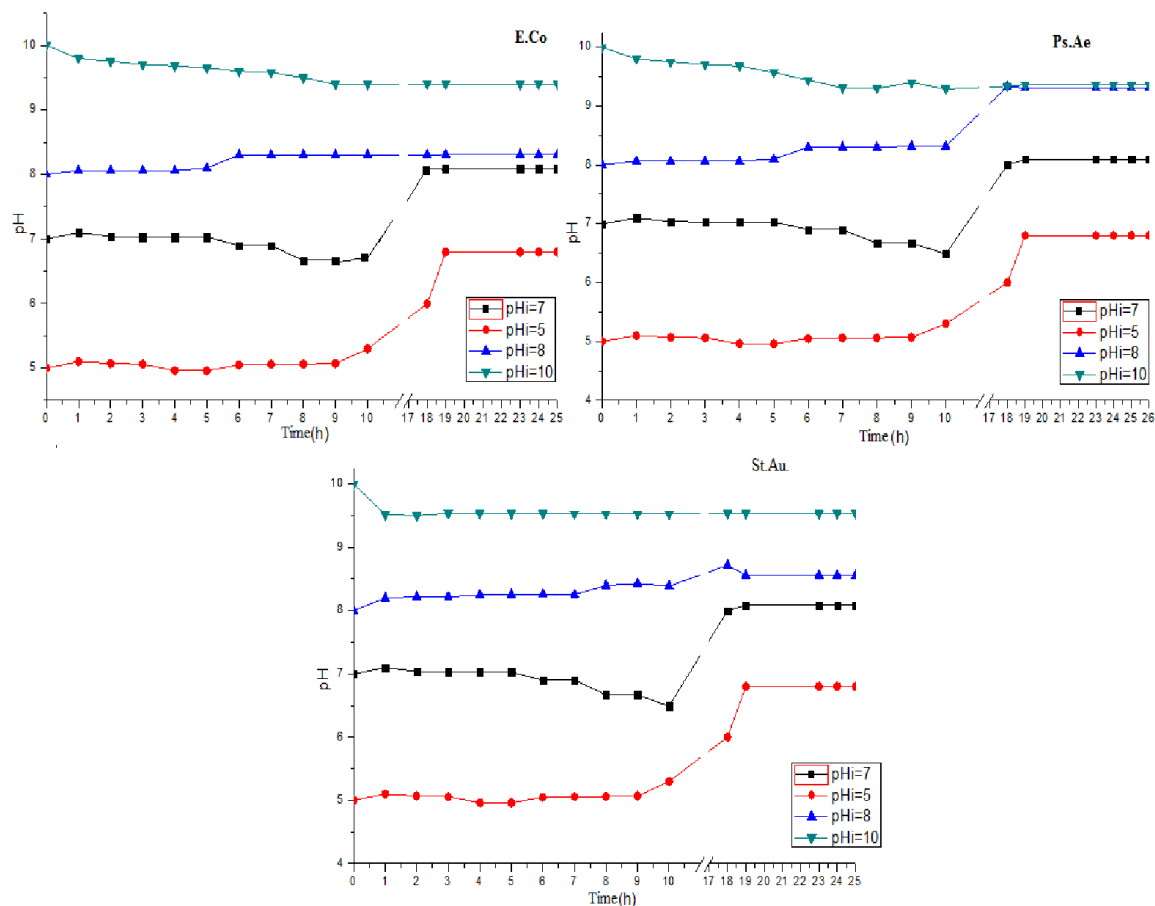


Fig. 4. Monitoring of the pH of the culture medium according to time for each bacterial strain

4 CONCLUSION

Therefore, inhibition by potassium permanganoferrates proves to be important and effective and does not generate any adverse/harmful effect on the environment and the living beings' health. Comparatively to the results obtained (3.3) with potassium permanganoferrates ($K_3Fe_xMn_yO_8$), we reach maximum inhibitions from 98.8 to 99.9%, depending on the case, whereas the pH of the medium is of the order of 8, which shows, once again, the super-oxidizing effect of these materials.

REFERENCES

- [1] N. Auajjar, B. Attarassi, N- E. Elhaloui, Alain Badoc. Multiresistance aux antibiotiques de *Pseudomonas aeruginosa*, *P. Fluorescens* et *Staphylococcus aureus* et survie sur divers tissus hospitaliers. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 145, p. 67-76, (2006)
- [2] H. Milous, Modélisation par la méthode numérique de la dynamique des fluides du procédé de désinfection des eaux par les rayonnements ultraviolets (UV). Mémoire de magister, Université Mentouri-Constantine - Algérie, (2011)
- [3] N. Lebleu. Désinfection des eaux par procédés membranaires: Etude des mécanismes de transfert des bactéries. Thèse de l'Université de Toulouse III-Paul Sabatier-France, (2007)
- [4] Aude, Agnès, Marie FERRAN. Influence de la taille de l'inoculum bacterien sur l'activité bactericide et sur la selection de mutants résistants lors de l'exposition d'*escherichia coli* à la marbofloxacin. Thèse de l'école vétérinaire de Toulouse - France, (2007)
- [5] E. Gombos, T. Felföldi, K. Barkacs, C. Vértés, B. Vajna, G. Zaray. Ferrate treatment for inactivation of bacterial community in municipal Secondary effluent. Bioresource Technology, 107, p.116–121, (2012)
- [6] A. Tazi. Elaboration et caractérisation physicochimique de nouveaux sels de ferrates VI. Application dans le traitement des eaux. Phd thesis. University Chouaib Doukkali, El Jadida, Morocco. 2004
- [7] E. Ostrosi. Synthèse des ferrates (VI) de métaux alcalins en utilisant le chlore comme oxydant. Phd thesis, University of Henri Poincaré Nancy I. France. 2007
- [8] A. Zahari, A. Tazi, M. Azzi, Optimization of treatment conditions of Olive Oil Mill Wastewater by superoxidant $K_3Fe_xMn_yO_8$. J. Mater. Environ. Sci. 5 (2). pp. 484-489. (2014)
- [9] A. Tazi, I. Bouhssine, H. Tabyaoui, B. Tabyaoui, M. Azzi. Oxidation of polyphenols from olive oil mill wastewater by ferrates (VI) ($K_3Fe_xMn_yO_8$). Phys. Chem. News 60, pp 113-121.
- [10] A. Tazi, I. Bouhssine, H. Tabyaoui, B. Tabyaoui, M. Azzi. Oxidation of polyphenols from olive oil mill wastewater by ferrates (VI) ($K_3Fe_xMn_yO_8$). Phys. Chem. News, 26, p. 104-108, (2005)
- [11] CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute). *Approved standard- Sixth Edition*. Document M7-A6. NCCLS, Wayne, PA. 2003

ADSORPTION DU BUTYLPARABÈNE SUR DU CHARBON ACTIVÉ À BASE DES COQUES DE COCO PROVENANT DE CÔTE D'IVOIRE

[BUTYL PARABEN ADSORPTION ON COAL BASED ON LOW COST OF COCONUT SHELLS FROM CÔTE D'IVOIRE]

**ATHEBA Grah Patrick¹⁻³, ALLOU N'guadi Blaise¹, DONGUI Bini Kouamé², KRA Drissa Ouattara¹, Gbassi K. Gildas⁴,
and TROKOUREY Albert¹**

¹Laboratoire de Chimie Physique,
Université Félix Houphouët Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22,
Abidjan, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Chimie et Environnement,
Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa,
Daloa, Côte d'Ivoire

³Institut National de Recherche Scientifique (Centre Eau, Terre et Environnement),
Université du Québec,
Québec, Canada

⁴Département de Chimie Générale et Analytique (UFR des Sciences Pharmaceutiques),
Université Félix Houphouët Boigny, BPV 34 Abidjan,
Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2015 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 adsorption of an endocrine disruptor in the paraben family, (butyl paraben), from water resources on activated carbon has been studied. The activated carbon was prepared based on coconut shells considered "agricultural waste" in Côte d'Ivoire. The influence of both parameters on the effect of adsorption (the mass of the activated carbon and the pH of the reaction medium) has been studied. It is clear from these studies that the higher the amount of activated carbon is, the better is the amount of butyl paraben remove from water. Moreover, the adsorbed amount is much higher in an acid medium. Adsorption of activated carbon on butyl paraben follows the Langmuir, Freundlich and Temkin models because uptake is gradual monolayer to higher layers. The equilibrium parameters k and $1/n$ less than 1 indicate that the adsorption of butyl paraben on charcoal-based coconut shells is favorable. Adsorption of activated carbon on butyl paraben fit a second kinetic order as shown in representation of t/a versus time; with a thermodynamic constant of $0.1091 \text{ g.mg}^{-1}.\text{min}^{-1}$.

KEYWORDS: adsorption, activated carbon, butyl paraben, isotherm, kinetics.

RESUME: L'adsorption d'un perturbateur endocrinien de la famille des parabènes, le butylparabène, des ressources aquatiques sur charbon actif a fait l'objet de cette étude. Le charbon actif utilisé a été préparé à base de coques de coco considérées comme "déchets agricoles" en Côte d'Ivoire. L'influence de deux paramètres clé sur l'effet d'adsorption, la masse du charbon actif et le pH du milieu réactionnel, a été étudiée. Il ressort de ces études que plus la quantité de charbon actif est grande, meilleure est la quantité de butylparabène retenue, dans les conditions expérimentales utilisées. Par

ailleurs, la quantité adsorbée est la plus élevée en milieu acide. L'adsorption du butylparabène sur le charbon actif suit les modèles de Langmuir, Freundlich et Temkin, car la captation se fait progressivement de la monocouche vers les couches supérieures. Les paramètres d'équilibre k et $1/n$ inférieurs à 1, indiquent que l'adsorption du butylparabène sur charbon actif à base de coques de coco est favorable. L'adsorption du butylparabène sur le charbon actif suit une réaction d'ordre 2 comme le montre la représentation de t/a en fonction du temps ; avec une constante thermodynamique de $0,1091 \text{ g.mg}^{-1}.\text{min}^{-1}$.

MOTS-CLEFS: adsorption, charbon actif, butylparabène, isotherme, cinétique.

1 INTRODUCTION

Les produits chimiques occupent une place de plus en plus importante dans la vie moderne et sont essentiels à beaucoup d'économies nationales, mais leur gestion irrationnelle remet en cause la réalisation d'objectifs de développement essentiels [1]. En effet, la santé dépend du bon fonctionnement du système endocrinien, qui régule la sécrétion d'hormones essentielles, par exemple, au métabolisme, à la croissance, au développement, au sommeil et à l'humeur. Certaines substances, connues sous le nom de perturbateurs endocriniens, notamment les résidus de produits pharmaceutiques tels que les parabènes, peuvent menacer une ou plusieurs fonctions du système endocrinien et ainsi accroître le risque de problèmes de santé. Ils peuvent notamment contribuer à l'apparition de la cryptorchidie, c'est-à-dire l'absence d'un ou des deux testicules dans le scrotum, chez le jeune garçon, du cancer du sein chez la femme, du cancer de la prostate, de troubles du développement du système nerveux et d'un déficit de l'attention d'une hyperactivité chez l'enfant, ainsi que du cancer de la thyroïde.

Il apparaît donc important, même nécessaire de trouver des moyens pour éliminer ces substances chimiques.

Les parabènes sont des agents antimicrobiens, agents anti fongicides et des antioxydants largement utilisés dans les cosmétiques, les médicaments et les industries agro-alimentaires [2],[3],[4]. D'où leur abondance dans les ressources aquatiques. Les parabènes sont fréquemment trouvés dans les environnements aquatiques à cause de leur application générale [5] et leurs concentrations dans les ressources aquatiques sont dans l'ordre du ng/L au µg/L [6]. Des études récentes ont montré l'effet oestrogénique des parabènes; en particulier, le propyl-parabène et le butylparabène (BPB) affectant de façon défavorable la sécrétion de la testostérone et la fonction mâle du système reproducteur chez les rats et les souris [7]. Par ailleurs des études ont montré que certains parabènes présentent une toxicité sur les mitochondries des testicules à de faibles concentrations [8].

Une large gamme de procédés tels que la précipitation chimique, l'échange d'ions, la filtration sur membrane, les procédés électrolytiques, la coagulation, l'osmose inverse et l'adsorption sont utilisés pour éliminer les composés organiques des ressources aquatiques. Parmi ces procédés, le plus prometteur et techniquement efficace est l'adsorption avec un adsorbant approprié. Les charbons actifs sont des adsorbants polyvalents en raison de la disponibilité d'une vaste surface, leur structure poreuse et leur haute capacité d'adsorption. Mais le coût élevé limite leur utilisation. D'où la nécessité de produire du charbon actif à partir de matériaux moins chers pour le traitement des eaux usées dans les pays en développement.

Cette étude présente donc un double aspect environnemental. D'une part, éliminer un perturbateur endocrinien, en l'occurrence, le butylparabène, et d'autre part, valoriser la biomasse en transformant les résidus agricoles (coques de noix de coco) en charbon actif [9].

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 LE CHARBON ACTIF ET LES PRODUITS CHIMIQUES

Les charbons actifs utilisés au cours de cette étude proviennent du charbon de coques de noix de coco ivoiriennes, préparé de façon artisanale. L'objectif de cette étude étant de minimiser les intrants chimiques, l'activation physique a été privilégiée. Les étapes de la préparation du charbon actif utilisé dans les tests ainsi que ses caractéristiques sont résumées dans les tableaux I et II.

Le BPB utilisé est un réactif de qualité analytique (pureté > 99%, Sigma Aldrich). Les solutions de BPB ont été préparées dans de l'eau déminéralisée. Le pH initial des solutions de BPB a été ajusté par du NaOH et du HCl fourni par Fisher Scientific (Canada).

L'adsorption du BPB a été surveillée par les mesures d'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible (Carry 50, Varian Canada Inc) à la longueur d'onde de 256 nm.

La quantité de BPB adsorbée a été déterminée en mesurant les concentrations résiduelles du BPB dans la phase liquide. Et cela se fait à travers la loi de Beer-Lambert:

$$A_{\lambda} = \varepsilon_{\lambda} \cdot l \cdot C \quad (1)$$

Avec :

- A_{λ} est l'absorbance ou la densité optique (sans unité) de la solution pour une longueur d'onde λ ;
- C (en $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$) est la concentration de la substance absorbante ;
- l (en cm) est la longueur du trajet optique ;
- ε_{λ} (en $\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) est le coefficient d'extinction molaire de la substance absorbante en solution. Il rend compte de la capacité de cette substance à absorber la lumière, à la longueur d'onde λ .

2.2 MÉTHODES

2.2.1 EQUILIBRE D'ADSORPTION

Cette étude permet de déterminer le temps nécessaire qu'il faut pour atteindre l'équilibre. Pour cela, différents flacons qui contiennent 200 mL d'eau distillée et 5 g/L de charbon actif ont été contaminés par 10 mg/L de butylparabène (BPB). Les flacons ont été agités à 150 tr/min à $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $\text{pH} = 7,0 \pm 0,5$ pendant 24 heures. Des échantillons de ces flacons sont analysés par spectrophotométrie au cours de l'expérience pour déterminer l'absorbance. L'expérience s'arrêtera lorsque la concentration résiduelle ne variera pratiquement plus. Le temps d'équilibre sera le temps à partir duquel la concentration résiduelle reste constante.

2.2.2 EFFET DE MASSE DU CHARBON ACTIF

Il s'agit de déterminer la meilleure dose qu'il faut pour éliminer une quantité donnée de BPB. L'expérience est réalisée à pH neutre. Quatre flacons contenant 200 mL d'eau distillée et respectivement 1g/L, 2g/L, 3g/L et 4g/L de charbon actif. Chaque erlenmeyer est contaminé par 10 mg/L de BPB. Des échantillons de ces flacons sont ensuite placés dans le spectrophotomètre afin de mesurer l'absorbance. Le temps de prélèvement dépendra du temps d'équilibre.

2.2.3 EFFET DU PH

Le but est de déterminer les effets du pH sur le processus d'adsorption du BPB. L'expérience est réalisée dans les mêmes conditions expérimentales que celle faite pendant l'effet de masse. Il faudra utiliser la meilleure dose de charbon actif retenue lors de l'effet de masse ainsi que la meilleure dose de charbon actif. L'adsorption est étudiée pour les valeurs de pH comprises entre 3 et 11. Le pH de la solution est ajusté en début d'expérience avec de l'hydroxyde de sodium ou de l'acide chlorhydrique. Son évolution est contrôlée en fonction du temps.

2.2.4 TEST D'ADSORPTION

Cette expérience est réalisée afin de déterminer les isothermes d'adsorption. Elle consiste à utiliser des concentrations initiales différentes de BPB et la même masse de charbon actif. La masse de charbon actif a été arrangée d'après les résultats des épreuves de détermination de l'effet de dose du charbon actif. La température et le pH ont été maintenus à $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, et 7.0 ± 0.5 , respectivement. Quant au temps de prélèvement, il dépendra du temps d'équilibre. Des échantillons de ces mélanges sont analysés par spectrophotométrie au cours de l'expérience.

2.2.5 CINÉTIQUE D'ADSORPTION

La dernière épreuve a concerné la cinétique d'adsorption. L'expérience a porté sur 200 mL de solution contaminée à 10 g/mL de concentration initiale du BPB et une concentration fixe de 5g/L de charbon actif. Les flacons ont subi une agitation à 150 tr/min; à 25 ± 2 °C, et à pH= 7.0 ± 0.5 . Les échantillons ont été pris à intervalle de temps régulier puis portés au spectrophotomètre pour déterminer l'absorbance.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 ETUDE DE L'ADSORPTION DU BPB

Le but de cette étude est d'évaluer la capacité maximale d'adsorption du charbon actif, et de déterminer le temps nécessaire au charbon actif pour atteindre l'équilibre d'adsorption. La connaissance de ce temps est essentielle pour le calcul de la capacité maximale d'adsorption et pour l'identification du type d'adsorption devant se produire.

La **figure 1** montre que la capacité d'adsorption augmente avec le temps d'adsorption jusqu'à atteindre une valeur maximale qui ne change plus malgré l'augmentation du temps. Les sites d'adsorption sont occupés progressivement par les molécules de BPB jusqu'à leur saturation. Le temps d'équilibre est atteint au bout de 180 minutes. Ce phénomène peut être expliqué par l'existence d'une première étape d'adsorption du BPB sur des sites facilement accessibles, suivie d'une diffusion moléculaire de celui-ci vers des sites d'adsorption moins accessibles avant d'atteindre un équilibre d'adsorption où tous les sites deviennent occupés. La fixation rapide s'explique par la grande affinité du charbon actif à la rétention du BPB. Des résultats similaires ont également été observés par Monarrez [10].

3.2 EFFET DE LA MASSE DU CHARBON ACTIF

L'étude de l'influence de la masse du charbon actif sur la capacité d'adsorption du BPB, a consisté à faire varier la quantité initiale du charbon actif tout en conservant la concentration initiale du BPB en solution.

La **figure 2** montre que l'augmentation de la masse du charbon actif influe sur la quantité du BPB adsorbée. Autrement dit, plus la masse en charbon actif augmente, plus le BPB est adsorbée. Ces résultats peuvent être attribués à l'accroissement de la surface disponible dû aux valeurs élevées des doses appliquées en charbon actif. En effet si la masse du charbon actif dans la solution est importante, le nombre des sites d'adsorption le sera aussi. Par conséquent, la probabilité d'interaction (molécule-site) augmente également ; ce qui conduit à une meilleure rétention du BPB. Ces mêmes observations ont été faites par Djilani et al. [11], lors d'une étude de l'adsorption des composés organiques volatils chlorés par l'alumine et le charbon actif.

3.3 EFFET DU PH

L'étude de l'adsorption du BPB sur le charbon actif est effectuée pendant 3 heures, à des valeurs de pH comprises entre 3 et 11 et sur des solutions contaminées à 10 mg/L du BPB. Cette gamme de pH permet d'examiner l'évolution de l'adsorption du BPB sous ces deux formes chimiques.

L'examen de l'influence de ce paramètre sur l'adsorption du BPB (**Figure 3**) indique que le pH joue un rôle important dans la cinétique d'adsorption. En effet, la concentration du BPB diminue considérablement en milieu acide qu'en milieu basique. La forme moléculaire présenterait une meilleure rétention que la forme anionique. Ceci est dû aux interactions chimiques à la surface du charbon actif. Plusieurs auteurs ont montré que la solubilité des composés organiques augmente considérablement avec le pH. En effet, une augmentation du pH entraîne un caractère hydrophile plus grand des composés organiques. Par contre les milieux acides se caractérisent par une hydrophobie plus forte. Ceci concorde avec les résultats de Peterson [12].

3.4 ISOTHERMES D'ADSORPTION DU BPB

Les isothermes d'adsorption jouent un rôle important dans la détermination des capacités maximales d'adsorption, et dans la conception de nouveaux adsorbants. Il est donc indispensable dans cette étude de les déterminer.

D'après la classification proposée par Gilles et al. [13] l'isotherme obtenue (**figure 4**) est de type L; type caractéristique de l'adsorbant microporeux (rayon des pores < 20 Å°). Ceci signifie donc une diminution des sites d'adsorption disponibles,

quand la concentration de la solution augmente. L'adsorption du BPB serait de type mono moléculaire, le charbon étant saturé lors du remplissage de la monocouche. Il y aurait de faibles interactions adsorbant/adsorbat à la surface de ces supports, comme l'ont signalée J. Avom et al. [14], avec d'autres composés organiques. Ces résultats sont en accord avec ceux d'autres auteurs qui étudièrent l'adsorption d'autres molécules organiques sur d'autres adsorbants [15].

3.4.1 ISOTHERME DE LANGMUIR

La modélisation des isothermes d'adsorption est faite en recourant aux isothermes de Langmuir et de Freundlich dans la majorité des cas. Le modèle de Langmuir permet de calculer la capacité d'adsorption maximale des matériaux adsorbants [16]. Il est représenté mathématiquement par l'équation suivante :

$$a = \frac{a_m b C}{1 + b C} \quad (2)$$

La linéarisation de cette équation (l.1) permet d'écrire :

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{a_m} + \left(\frac{1}{a_m b} \right) \times \frac{1}{C} \quad (3)$$

Avec :

b , la constante thermodynamique de Langmuir liée au système adsorbat-adsorbant ;

a (mol/g) la quantité d'espèces adsorbées par gramme de solide à l'équilibre et a_m (mol/g) la quantité d'espèces adsorbées par gramme de solide nécessaire pour recouvrir la surface du solide d'une couche mono moléculaire ;

C (mg/L) représente la concentration résiduelle du liquide à l'équilibre [17],[18].

La pente de la représentation graphique de $\frac{1}{a}$ en fonction de $\frac{1}{C}$ permet de calculer les constantes a_m et b .

Le tableau III indique que le coefficient de corrélation se rapproche de la valeur 1. L'adsorption du butylparabène sur ce charbon actif peut être décrite par le modèle de Langmuir. L'application du modèle de Langmuir a permis de calculer la capacité d'adsorption maximale a_m nécessaire pour recouvrir la surface du charbon actif, et la constante thermodynamique de Langmuir b . La valeur de $a_m = 7,47$ mg/g indique que la quantité adsorbée à l'équilibre est assez faible. Cette faible capacité d'adsorption est due au fait qu'en présence d'une concentration faible en adsorbat, les forces de diffusion du soluté vers l'adsorbat deviennent plus faibles [19]. Ce résultat a déjà été démontré par d'autres études [20].

3.4.2 ISOTHERME DE FREUNDLICH

Ce modèle est représenté par une équation à deux paramètres (k et n) et consiste en une distribution exponentielle des énergies des sites d'adsorption à la surface du support et se caractérise par une adsorption en sites localisés :

$$a = k C^{\frac{1}{n}} \quad (4)$$

où C (mg/L) est la concentration de l'adsorbat à l'équilibre ;

k et n sont des constantes qu'il faut évaluer pour chaque solution et pour chaque température.

La transformée linéaire permettant de vérifier la validité de l'équation (4) est obtenue par passage en échelle logarithmique:

$$\ln a = \ln k + \frac{1}{n} \ln C \quad (5)$$

Si la représentation graphique de $\ln a$ en fonction de $\ln C$ donne une droite, on peut conclure que l'équation de Freundlich est applicable. Ce qui permet de calculer les constantes k et n [21]. L'isotherme d'adsorption du BPB sur le charbon actif peut aussi être décrite par le modèle de Freundlich car le coefficient de corrélation est supérieur à 0,9 (Tableau III). Les constantes de Freundlich, k et n respectivement associées à la capacité d'adsorption et à l'affinité d'adsorption, sont en accord avec celles déterminées par Ateba [20].

Ces deux informations confirment l'allure de l'isotherme (type L), ce qui montre l'existence d'une multicouche à la surface du charbon actif. La monocouche étant saturée, les couches supérieures aussi sont occupées par la molécule de BPB. C'est un phénomène lié aussi à la nature des pores et de la chimie de surface de notre charbon actif.

3.4.3 ISOTHERME D'ADSORPTION DE TEMKIN

L'isotherme de Temkin tient compte du fait que la chaleur d'adsorption de l'ensemble des molécules de la couche de recouvrement diminue linéairement avec le recouvrement en raison de la diminution des interactions adsorbant-adsorbat. L'adsorption est caractérisée par une distribution uniforme des énergies de liaison en surface. L'équation de Temkin a été généralement présentée par l'équation suivante [22]:

$$a = \left(\frac{RT}{b_T}\right) \cdot \ln(A_T C_r) \quad (6)$$

avec:

a la quantité adsorbée (mg/g) ;

b_T la variation de l'énergie d'adsorption ($\text{J.mol}^{-1}.\text{g.mg}^{-1}$) ;

A_T la constante d'équilibre (L.mg^{-1}) ;

R la constante de gaz ($8,314 \text{ k J/mol}$) ;

C_r la concentration résiduelle en mg/L ;

T la température absolue (K).

3.4.4 ISOTHERME DE DUBININ-RADUSHKEVICH

Une autre équation utilisée dans l'analyse des isothermes a été proposée par Dubinin et

Radushkevich en 1947 [23]. Elle suppose une surface hétérogène. Cette équation est utilisée pour estimer les caractéristiques de porosités apparentes et l'énergie libre d'adsorption [24]. L'équation est exprimée comme suit :

$$a = a_m \exp(-\beta \varepsilon^2) \quad (7)$$

Cette équation peut être linéarisée sous la forme :

$$\ln a = \ln a_m - \beta \varepsilon^2 \quad (8)$$

Avec a_m , la capacité maximum théorique d'adsorbat adsorbé à la surface du solide et ε , le potentiel de Polanyi, correspondant à : $\varepsilon = RT \ln(1 + \frac{1}{C_e})$ (9)

La constante β représente l'adsorption de la molécule sur l'adsorbant suite à son transfert depuis la solution. β et E (kJ/mol^{-1}) sont liés par la relation : $E = 1/(2\beta)^{1/2}$, énergie d'adsorption.

Ainsi, en traçant $\ln(a)$ en fonction de ε^2 il est possible d'obtenir la valeur de a_m et de β . E permet de savoir si l'adsorption suit un mécanisme d'échange d'ions ou si c'est une adsorption physique. Si E est comprise entre 8 et 16 kJ.mol^{-1} , le processus suit une adsorption par échange d'ions, tandis que pour les valeurs de $E < 8 \text{ kJ.mol}^{-1}$, le processus d'adsorption est de nature physique et si $E > 16 \text{ kJ.mol}^{-1}$ le processus est dominé par la diffusion intra particule.

Les paramètres correspondant aux isothermes de Temkin et de Dubinin-Radushkevich sont repris consignés dans les Tableaux IV.

Au regard de ces résultats il ressort que l'adsorption du BPB sur charbon actif peut être décrite par le modèle de Temkin (coefficient de corrélation proche de 1) mais pas par le modèle de Dubinin-Radushkevich, car le coefficient est moins de 80%.

3.5 MODÉLISATION DE LA CINÉTIQUE D'ADSORPTION

La modélisation de la cinétique d'adsorption du BPB a été faite à l'aide des équations cinétiques du premier ordre (modèle Lagergren) et du second ordre.

3.5.1 EQUATION DU PREMIER ORDRE

Lagergren a proposé en 1898 [25] un modèle cinétique du premier ordre exprimé par la relation suivante :

$$\frac{da}{dt} = k_{ad1}(a_m - a) \quad (10)$$

Avec a_m , déterminée expérimentalement, représentant la quantité maximale adsorbée (mg/g), a la quantité adsorbée à l'instant t (mg/g) et k_{ad1} la constante du taux d'adsorption du premier ordre (min^{-1}).

L'équation (10) peut se mettre sous la forme :

$$\frac{da}{(a_m - a)} = k_{ad1} dt \quad (11)$$

L'intégration de l'équation (11) donne [26] :

$$\ln(a_m - a) = \ln a_m - k_{ad1} t \quad (12)$$

Si ce modèle décrit correctement la cinétique d'adsorption, la représentation graphique de l'équation (8) sera une droite avec k_{ad1} la pente de cette droite et $\ln a_m$ l'ordonnée à l'origine. Les paramètres cinétiques de ce modèle pourront être déduits.

3.5.2 EQUATION DU DEUXIÈME ORDRE

Le modèle du deuxième ordre suggère l'existence d'une chimisorption, un échange d'électron par exemple entre molécule d'adsorbât et l'adsorbant solide. Il est représenté par la formule suivante [27] :

$$\frac{da}{dt} = k_{ad2}(a_m - a)^2 \quad (13)$$

Où a et a_m représentent les mêmes grandeurs que dans l'équation (6), k_{ad2} est la constante du taux d'adsorption du pseudo-deuxième ordre ($\text{g.mg}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

L'intégration de l'équation (13) donne :

$$\frac{1}{a_m - a} - \frac{1}{a_m} = k_{ad2} t \quad (14)$$

La forme modifiée de l'équation (14) est utilisée pour les études d'adsorption :

$$\frac{a_m - (a_m - a)}{a_m(a_m - a)} = k_{ad2} t \quad (15)$$

$$k_{ad2} t = \frac{a}{a_m^2 - a.a_m} \quad (16)$$

$$\frac{1}{k_{ad2} t} = \frac{a_m^2 - a.a_m}{a} \quad (17)$$

$$\frac{1}{k_{ad2} t} = \frac{a_m^2}{a} - a_m \quad (18)$$

$$\frac{a_m^2}{a} = \frac{1}{k_{ad2} t} + a_m \quad (19)$$

La multiplication de tous les termes de l'équation (19) par $\frac{t}{a_m^2}$ donne [28]:

$$\frac{t}{a} = \frac{1}{k_{ad2} (a_m)^2} + \frac{t}{a_m} \quad (20)$$

La représentation graphique de $\frac{t}{a} = f(t)$, où $\frac{1}{a_m}$ est la pente et $\frac{1}{k_{ad2} (a_m)^2}$ est l'ordonnée à l'origine, permet de déterminer les paramètres cinétiques de ce modèle, notamment la constante cinétique k_{ad2} et la capacité d'adsorption à l'équilibre a_m .

Les paramètres associés aux modèles du premier et du second ordre sont consignés dans le tableau V.

Les coefficients de corrélation sont proche de 1 (Tableau V) mais l'écart relatif au niveau de la réaction d'ordre 2 est faible (10,22%) par rapport à l'ordre 1 (20,41%). La réaction d'adsorption du BPB sur le charbon actif serait d'ordre 2. Kifuani et al. [29] ont déterminé aussi une réaction d'ordre 2 lors d'une étude de l'adsorption de la quinine bichlorhydrate sur un charbon actif à base de la Bagasse de canne à sucre.

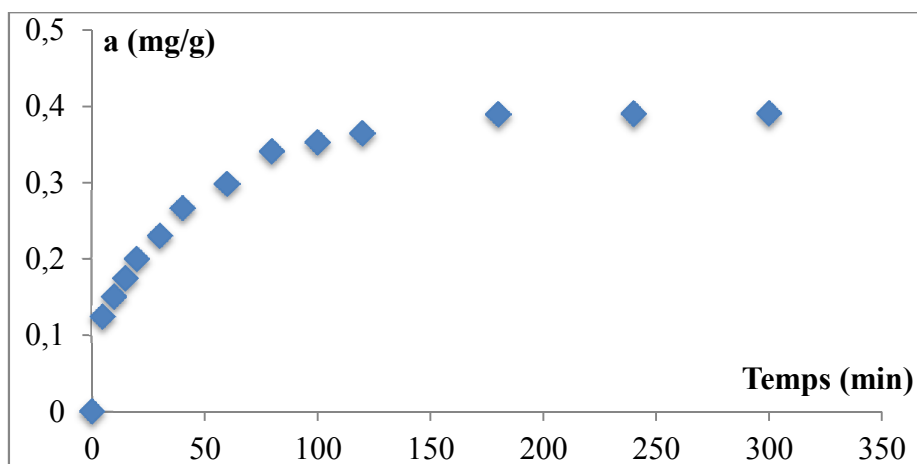


Figure 1: Capacité d'adsorption du BPB sur le charbon actif

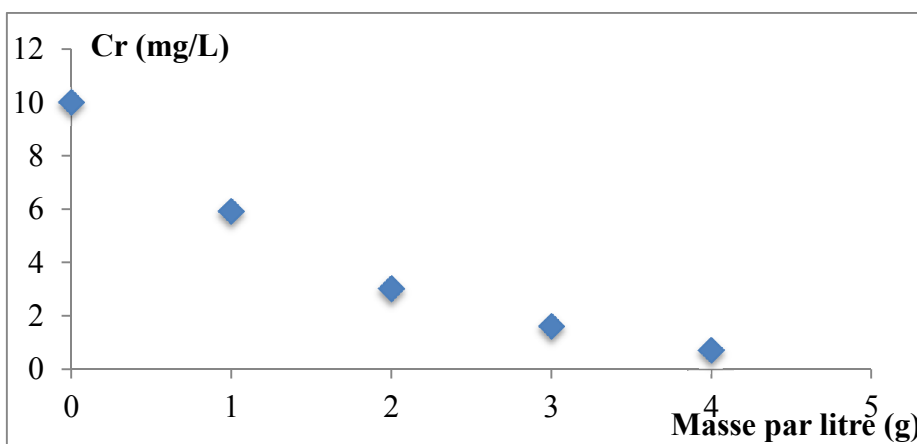


Figure 2: Effet de la masse du charbon actif sur l'adsorption du BPB

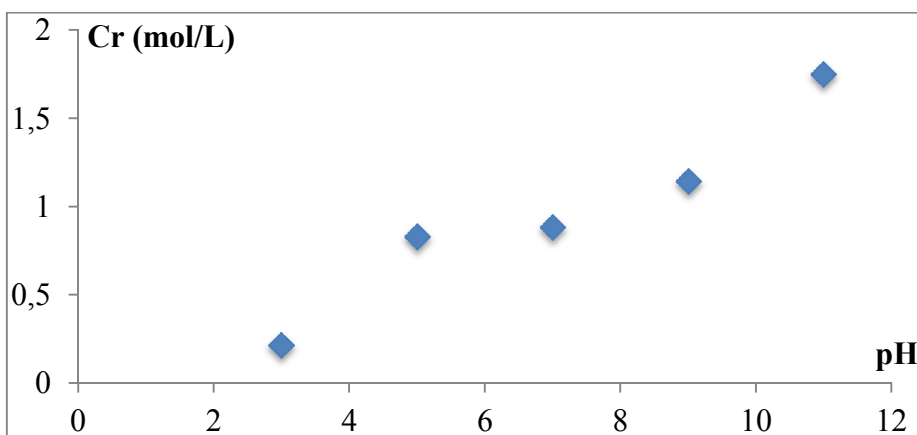


Figure 3: Effet du pH de la solution aqueuse sur l'adsorption du BPB

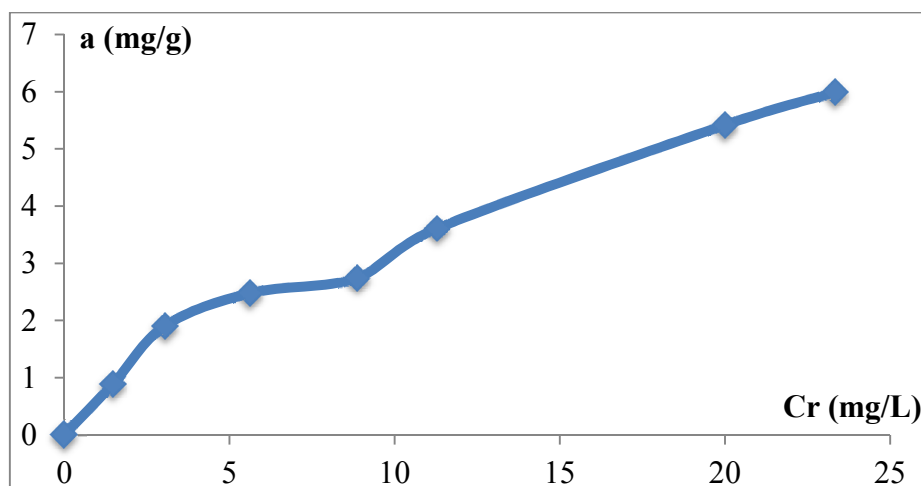


Figure 4: Isotherme d'adsorption du butylparabène

Tableau I: Caractéristiques des étapes de la préparation du charbon (carbonisation artisanale) actif utilisé dans les tests.

ECHANTILLON DU CHARBON ACTIF PREPARE		
PYROLYSE	Paramètres (gaz, débit de gaz, température du four, temps de pyrolyse)	VARIABLES
ACTIVATION	Durée du plateau	3 heures
	Gaz utilisés	N ₂ + CO ₂
	Débit du gaz (mL/min)	100
	Température du plateau (°C)	800
	Vitesse de montée en température	20°C/min (de 20°C à 800°C)

Tableau II: Quelques caractéristiques du charbon actif préparé à partir de coque de coco d'origine ivoirienne (masse de départ : 500g et masse de charbon actif obtenu après traitements: 215g) [20]

ECHANTILLON DE CHARBON ACTIF PREPARE			
PHYSIQUES	Rendement (%)		43
	Q _m (mmol.g ⁻¹)		4,54
	R ²		0,998
	S _{BET} (m ² .g ⁻¹)		443
CHIMIQUES (Boehm, pH)	Acides (méq/g)	-OH	0,172
		-COO-	1,038
		-COOH	2,780
	Bases (méq/g)		1,075
	pH résiduel		10,2
STRUCTURES	Taille des grains		1mm < ϕ < 2 mm
	Aspect		Paillettes

Tableau III : Paramètres des équations de Langmuir et de Freundlich

Langmuir			Freundlich		
R^2	a_m (mg/g)	b (L/mg)	R^2	k (mg/g).(mg/L) ^{1/n}	n
0,9799	7,47	0,0939	0,973	0,7731	1,5516

Tableau IV : Paramètres des équations de Temkin et de Dubinin-Raduskevich

Temkin			Dubinin-Radushkevich		
R^2	A_T (L.mg ⁻¹)	b_T (J.mol ⁻¹ .g.mg ⁻¹)	R^2	a_m (mg/g)	β
0,9092	0,8743	1402,3728	0,7852	3,9287	10 ⁻⁶

Tableau V : Paramètres caractérisant la cinétique d'adsorption du BPB sur charbon actif.

a_m exp (mg/g)	Cinétique d'ordre 1				Cinétique d'ordre 2			
	a_m théo (mg/g)	k_{ad1} (min ⁻¹)	R^2	Δa_m (%)	a_m théo (mg/g)	k_{ad2} (g.mg ⁻¹ .min ⁻¹)	R^2	Δa_m (%)
0,3896	0,3101	0,0216	0,988	20,41	0,4294	0,1091	0,995	10,22

4 CONCLUSION

L'objectif de cette étude était d'évaluer la capacité du butylparabène à s'adsorber sur un charbon activé à base de coques de coco d'origine ivoirienne. Et ainsi contribuer à l'élimination du butylparabène des ressources aquatiques. Toutefois, pour mener à bien cette recherche, non seulement le facteur temps, mais également certains paramètres opératoires dont l'impact est de première importance ont été pris en compte. Il s'agit de la masse du charbon actif et du pH de la solution.

Les expériences d'adsorption du BPB ont été menées sur du charbon activé fait à base de coques de coco de Côte d'Ivoire. L'équilibre d'adsorption du BPB sur ce charbon actif est atteint après un temps de contact de trois heures. Un temps de trois heures a donc été utilisé tout au long de cette étude. Concernant l'effet de la masse du charbon actif en solution, les expériences réalisées ont permis de montrer que plus la quantité du charbon actif est grande plus grande est la quantité du BPB retenue. Néanmoins en extrapolant les résultats, nous pouvons évaluer la quantité maximale, capable d'éliminer la quasi-totalité du polluant.

En outre, il a été montré que le pH de la solution présente un impact important dans le processus d'adsorption du BPB sur le charbon actif. En effet, pour des pH acides, la quantité du BPB adsorbée est beaucoup plus importante qu'en milieu neutre ou basique.

Trois modèles ont été utilisés pour décrire les isothermes d'adsorption à savoir les modèles de Langmuir, de Freundlich et de Temkin. Ces trois modèles étant valables, car la captation se fait progressivement de la monocouche aux couches supérieures.

Par ailleurs, la représentation linéaire de l'équation d'ordre 2 a permis de montrer que la réaction d'adsorption du BPB sur le charbon actif préparé est d'ordre 2 avec une constante thermodynamique de 0,1091 g.mg⁻¹.min⁻¹.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient sincèrement le Pr. GBASSI Gildas pour son aide au Laboratoire National de la Santé Publique de Côte d'Ivoire.

REFERENCES

- [¹] Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) et l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) (2013) : *State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals*.
- [²] NICOLI, S., ZANI, F., BILZI, S., BETTINI, R. & SANTI, P. (2008): Association of nicotinamide with parabens: Effect on solubility, partition and transdermal permeation. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics* 69, 613–621.
- [³] GRYGLIK, D., LACH, M. & MILLER, J. S. (2009): The aqueous photosensitized degradation of butylparaben. *Photochemical and Photobiological Sciences* 8, 549–555.
- [⁴] TAY, K. S., RAHMAN, N. ABD. & ABAS, MHD. R. B. (2010): Kinetic studies of the degradation of parabens in aqueous solution by ozone oxidation. *Environmental Chemistry Letters* 8, 331–337.
- [⁵] RADOVAN, C., CINGHITA, D., MANEA, F., MINCEA, M., COFAN, C. & OSTAFE, V. (2008): Electrochemical sensing and assessment of Parabens in hydro-alcoholic solutions and water using a boron-doped diamond electrode. *Sensors* 8, 4330–4349.
- [⁶] TERASAKI, M., TAKEMURA, Y. & MAKINO, M. (2012): Parabenchlorinated derivatives in river waters. *Environmental Chemistry Letters* 10, 401–406.
- [⁷] TERASAKA, S., INOUE, A., TANJI, M. & KIYAMA, R. (2006): Expression profiling of estrogen-responsive genes in breast cancer cells treated with alkylphenols, chlorinated phenols, parabens, or bis- and benzoylphenols for evaluation of estrogenic activity. *Toxicology Letters* 163, 130–141.
- [⁸] TAVARES R. S., MARTINS F. C., OLIVEIRA P. J., RAMALHO-SANTOS J. and PEIXOTO F. P. (2009): "Paraben in male infertility – Is there a mitochondrial connection?" *Reproductive technology* 27(1): 1-7.
- [⁹] P. ATHEBA, D. BAMBA, A. TROKOUREY, D. ROBERT, B. DONGUI, J.V. WEBER (2012): Use of Ivory Coast natural resource for the wastewater treatment: Preparation and optimization of activated carbon from coconut chars *International Journal of Porous Materials* ; 2(4): 25-29.
- [¹⁰] MONARREZ I. M. (2004): Rétention de pesticides dans les sols des dispositifs tampon, enherbés et boisés rôle des matières organiques. Thèse de doctorat, institue agronomique Paris – Grignon.
- [¹¹] C. DJILANI, R. ZAGHDOUDI, F. DJAZI ET B. BOUCHEKIMA (2012) : Adsorption des composés organiques volatils chlorés par l'alumine et le charbon actif. *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 15 N°3 (2012) 407 – 415.
- [¹²] S. M. PETERSON, G. E. BATLEY (1993): The fate of endosulfan in aquatic ecosystems. *Environ Pollut.* , 82, 143-152.
- [¹³] C.H. GILES, D. SMITH (1974): *J. Colloid Interf. Sci.* 47, 755-765.
- [¹⁴] J. AVOM, J. K. MBADCAM, M. R. L. MATIP, P. GERMAIN (2001): *African Journal of Science and Technology* , 2:2, 1-7.
- [¹⁵] SUN L, YU H, FUGESTU B. (2012): Graphene oxide adsorption enhanced by *in situ* reduction with sodium hydrosulfite to remove Acridine orange from aqueous solution. *J. Hazard. Mater.*, 203-204: 101-110.
- [¹⁶] J. AVOM, J. K. MBADCAM, M. R. L. MATIP, P. GERMAIN (2001): *African Journal of Science and Technology* , 2:2, 1-7.
- [¹⁷] A. S. MOHAMMED (2002) : Modélisation de l'adsorption par les charbons microporeux : Approche théorique et expérimentale. Thèse de doctorat, Faculté des sciences, Université de Neuchâtel, 7-22.
- [¹⁸] I. LANGMUIR (1918): *J. Am. Chem. Soc.*; 40, 1361.
- [¹⁹] CHITOUR S.E. (1981) : *Chimie des surfaces : Introduction à la Catalyse*, Office Publication Universitaire 2è Ed, Alger.
- [²⁰] GRAH PATRICK ATHEBA (2009) : Traitement des eaux par action combinée de la photocatalyse solaire et de l'adsorption sur charbon actif : conception et réalisation du procédé. Thèse de l'Université PAUL VERLAINE, METZ. pp. 192
- [²¹] M. F. CARVALHO, A. F. DUQUE, I. C. GONCALVES, P. M. L. CASTRO (2006): Adsorption of fluorobenzene onto granular activated carbón: isotherm and bioavailability studies, *Bioresource Technology*, doi: 10.1016/j.biortech. 2006.11.001.
- [²²] KAVITHA.D, NAMASIVAYAM.C. (2007): Experimental and kinetic studies on methylene blue adsorption by coir pith carbon, *Bioresource Technology* 98 , 14–21
- [²³] ÖZCAN.A, MINE ÖNCÜ E., SAFA ÖZCAN.A, (2006): Kinetics, isotherm and thermodynamic studies of adsorption of Acid Blue 193 from aqueous solutions onto natural sepiolite. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 277, 90–97
- [²⁴] HORSFALL JNR. M. AND AYEBAEMI I. SPIFF (2005): Equilibrium Sorption Study of Al³⁺, Co²⁺ and Ag⁺ in Aqueous Solutions by Fluted Pumpkin (Telfairia Occidentalis HOOK f) Waste Biomass, *Acta Chim. Slov.* 52 , 174–181
- [²⁵] QUEK S. Y., WASE D. A. J. et FORSTER C. F. (1998): The use of sago waste for the sorption of lead and copper. *Water S. A.*, 24 (3) : 251-256.

-
- [²⁶] WENG C. H.; HUANG C. P. (2004): Adsorption characteristics of Zn(II) from dilute aqueous solution by fly ash. *Colloid. Surf. A.*, 247 (1-3) : 137–143.
- [²⁷] Mc KAY G., HO Y. S. (1999): Pseudo-second order model for sorption processes. *Process Biochem.*, 34 (5) : 451–465.
- [²⁸] HORSFALL M., SPIFF A. I. (2004): Studies on the effect of pH on the sorption of Pb²⁺ and Cd²⁺ ions from aqueous solutions by *Caladium bicolor* (wild cocoyam) biomass. *Electron. J. Biotech.*, 7(3) : 1-7.
- [²⁹] ANATOLE KIFUANI KIA MAYEKO, PHILIPPE NOKI VESITULUTA, JOSAPHAT NDELO DI PHANZU (2012) : Adsorption de la quinine bichlorhydrate sur un charbon actif peu coûteux à base de la Bagasse de canne à sucre imprégnée de l'acide phosphorique. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6(3): 1337-1359.

Modélisation des propriétés adsorbantes de charbons activés issus de deux variétés d'Acacia (*auriculiformis* et *mangium*)

[Modeling of the adsorbent properties of activated carbons resulting from two varieties of Acacia (*auriculiformis* and *mangium*)]

Drissa Ouattara KRA¹, N'Da Arsène KOUADIO², Grah Patrick ATHEBA¹, Brahim COULIBALY², ALLOU N'guadi Blaise¹, GBASSI K. Gildas³, and Albert TROKOUREY¹

¹Laboratoire de Chimie Physique,
Université Felix Houphouët Boigny de Cocody-Abidjan,
22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Bioénergie,
Centre National de Recherche Agronomie (CNRA)-Abidjan,
08 BP 881 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

³Département de Chimie Générale et Analytique (UFR des Sciences Pharmaceutiques),
Université Félix Houphouët Boigny,
BPV 34 Abidjan, Cote d'Ivoire

Copyright © 2015 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 acacia is a kind of tree with a rapid growth. It is now used in Cote d'Ivoire, by the National Center of Agronomic Research (CNRA) through its program "Forest and Environment" to fight against the deforestation and to produce, of the charcoal mainly. But, in order to value this Ivorian biomass too, some activated carbons have been prepared by charcoal, from two species of Acacia (*auriculiformis* and *mangium*) following the chemical mode of activation with H_3PO_4 . The adsorbent properties of the activated carbon samples obtained have been studied. These properties have been studied from the isotherms of adsorption of the methylene blue (MB). This allowed determining the types of adsorption: the isotherms of adsorption on the activated carbons *auriculiformis* are of type L and are compatible with the model of Langmuir and that of Freundlich. The isotherms of adsorption on the activated carbons *mangium* are of type S, and do not describe in a satisfactory way the model of Langmuir, nor that of Freundlich. The results obtained by adsorption of the MB on the different activated carbons permitted showing that, the carbon *auriculiformis* activated to 800°C, during 6 hours (CA-A6-800), is the most effective of all the activated carbons, for the elimination of this dye.

KEYWORDS: activation, activated carbon, adsorption, isotherm, *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium*.

RESUME: L'acacia est une espèce d'arbre à croissance rapide. Il est actuellement utilisé en côte d'Ivoire, par le programme « forêt et environnement » du centre national de recherche agronomique (CNRA), pour lutter contre la déforestation et pour produire principalement, du charbon de bois. Mais, dans le souci de valoriser aussi cette biomasse ivoirienne, des charbons actifs ont été préparés à partir de charbon de bois, issus de deux espèces d'Acacia (*auriculiformis* et *mangium*) suivant le mode d'activation chimique à H_3PO_4 . Les propriétés adsorbantes des échantillons de charbons activés obtenus, ont été étudiées. Ces propriétés ont été étudiées à partir des isothermes d'adsorption du bleu de méthylène (BM). Ceci a permis de déterminer les types d'adsorption : les isothermes d'adsorption sur les charbons actifs-auriculiformis sont de type L et sont compatibles avec le modèle de Langmuir et celui de Freundlich. Les isothermes d'adsorption sur les charbons actifs-mangium

sont de type S, et ne décrivent pas de façon satisfaisante le modèle de Langmuir, ni celui de Freundlich. Les résultats obtenus par adsorption du BM sur les différents charbons activés ont permis de montrer que, le charbon auriculiformis activé à 800°C, pendant 6 heures (CA-A6-800), est le plus efficace de tous les charbons actifs, pour l'élimination de ce colorant.

MOTS-CLEFS: activation, charbon activé, adsorption, isotherme, *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium*.

1 INTRODUCTION

Les procédés de protection de l'environnement suscitent une attention particulière dans la recherche de matériau adsorbant tel que les charbons actifs. Le charbon actif est le produit final obtenu par un processus d'activation physique ou chimique, de tout matériau contenant un fort pourcentage de carbone. Le charbon actif comme matériau poreux, est couramment utilisé, depuis des siècles, dans de nombreuses applications domestiques et industrielles. Les charbons actifs à pouvoir adsorbant très élevé, ont une place privilégiée dans la purification de l'air, la dépollution des effluents domestiques et industriels, la purification et la décoloration des produits agro-alimentaires [1,2]. Parmi les différentes technologies existantes (adsorption, oxydation avancée, filtration membranaire...) pour l'élimination des matières indésirables, l'adsorption sur charbon actif est particulièrement intéressante du fait de son efficacité constatée, de sa simplicité de mise en œuvre [3] et du fait qu'elle valorise aussi, la biomasse [4,5]. Parmi les sources de matériaux précurseurs de charbon actif, les matériaux d'origine végétale telle que l'acacia font l'objet d'intenses investigations [6,7]. L'acacia est une espèce d'arbre, à croissance rapide, se développe sur les sols même dégradés, régénère rapidement, et améliore la fertilité des sols. Jusqu'à ce jour, le programme « forêt et environnement » du CNRA utilise l'acacia pour lutter contre la déforestation, et pour produire du charbon de bois [8]. Au-delà de cette idée, de produire du charbon, la fabrication de charbons actifs a été proposée, afin de valoriser davantage le charbon de bois d'Acacia pour produire du charbon actif moins onéreux en Côte d'Ivoire. La présente étude porte sur la détermination des propriétés adsorbantes de charbons activés par voie chimique, de deux espèces d'Acacia. Le choix de l'activation chimique vient du fait que la préparation des charbons actifs s'opère à faible température, à un coût d'activation moindre et cette méthode permet également d'obtenir de grandes surfaces spécifiques [9]. L'adsorption du bleu de méthylène, en solution aqueuse a été étudié car il s'agit d'un polluant modèle qui renseigne sur la capacité d'adsorption de charbon vis-à-vis des molécules de taille moyenne et peut donner d'utiles informations sur l'état d'ouvertures de pores [10]. Cette étude se veut ainsi, une contribution au traitement des eaux domestiques et industrielles.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PREPARATION DU CHARBON ACTIVÉ

2.1.1 MATIERE PREMIERE

Le matériau précurseur du charbon actif est du charbon issu de la carbonisation de bois d'*Acacia auriculiformis* (AA) et d'*Acacia mangium* (AM). Les échantillons de charbons (AA) et (AM) ont été préparés dans une cornue expérimentale à gaz butane, à la Station de Recherche Technologique (SRT) du CNRA à Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire).

2.1.2 PREPARATION DE LA SOLUTION D'IMPREGNATION ET IMPREGNATION DU CHARBON

La solution d'acide phosphorique (H_3PO_4) utilisée pour l'imprégnation du charbon a été préparée à partir d'une solution commerciale de H_3PO_4 (Ph. EUR, réactif PROLABO, pureté 85%, densité 1,68 à 1,71). La solution d'imprégnation a été obtenue par dilution (10%) d'un volume requis (450 mL) de la solution commerciale dans un ballon à fond plat jaugé. Le charbon brut (1kg) concassé en petit morceau (grossièrement $1cm^3$) est imprégné dans la solution diluée de H_3PO_4 pendant 24 heures. Le charbon totalement immergé dans la solution acide, est extrait et séché dans une étuve (MEMMERT) à 120°C pendant 24 heures.

2.1.3 TRAITEMENT THERMIQUE

Un traitement préliminaire a consisté à broyer le résidu sec de charbon imprégné à l'aide d'un mortier de laboratoire. D'abord, la fraction de particules dont le diamètre est compris entre 0,5 et 1,25 mm est récupérée à l'aide d'un tamis AFNOR puis stockée à l'abri de l'humidité. Une masse de 100 g de ce charbon en grain est mise dans un creuset en porcelaine et

fermée avec un couvercle. Ensuite, l'ensemble est porté dans un four à moufle (NABERTHERN 30-3000°C) en l'absence des gaz activant classiques (CO₂, H₂O, O₂ ...). Enfin, le four est programmé à divers temps de séjour [une (1) heure puis six (6) heures] et aussi à différentes températures d'activation (400°C, 600°C et 800°C). Cette opération est réalisée pour chaque espèce de charbon d'*Acacia*. Les caractéristiques d'activation thermique des deux espèces d'*Acacia* sont résumées dans le **tableau 1**.

2.1.4 TRAITEMENT FINAL

Le charbon, une fois sorti du four à la température ambiante, est d'abord, abondamment lavé à l'eau distillée bouillante, jusqu'à ce que le pH de l'eau filtrée soit compris entre 6,5 et 7. Ensuite, il est séché à l'étuve à 105°C pendant 24 heures. Enfin le charbon activé est conservé dans des bocaux hermétiquement fermés avant les essais d'adsorption, après leur refroidissement effectué dans un dessiccateur.

Tableau 1 : Caractéristiques d'activation thermique des charbons d'*Acacia auriculiformis* et d'*Acacia mangium*.

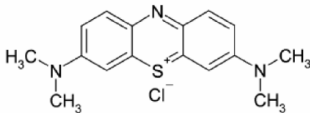
Charbon d'Acacia	Vitesse de montée en température (°C/min)	Température d'activation (°C)	Durée d'activation (heure)	Dénomination du charbon activé
<i>auriculiformis</i>	26	400	1	CA-A1-400
			6	CA-A6-400
		600	1	CA-A1-600
			6	CA-A6-600
		800	1	CA-A1-800
			6	CA-A6-800
<i>mangium</i>	26	400	1	CA-M1-400
			6	CA-M6-400
		600	1	CA-M1-600
			6	CA-M6-600
		800	1	CA-M1-800
			6	CA-M6-800

2.2 ETUDE DU POUVOIR ADSORBANT DES CHARBONS ACTIVES OBTENUS

2.2.1 CHOIX DU POLLUANT

Le bleu de méthylène (BM) est un colorant organique appartenant à la famille des thiazines. Il est soluble dans l'eau et plus légèrement dans l'alcool. Il est utilisé pour étudier la performance des adsorbants en général et les charbons actifs en particulier [11,12]. Le choix de ce colorant vient du fait qu'il est à la fois de nature organique, cationique et de taille moyenne connue (15Å). Ses caractéristiques sont regroupées dans le **tableau 2**.

Tableau 2 : Quelques caractéristiques du bleu de méthylène [13].

Dénomination	Bleu de méthylène (BM)
Appellation chimique	Chlorure de 3,7- bis (diméthylamino) Phénazathionium
Formule brute	C ₁₆ H ₁₈ N ₃ ClS
Formule semi-développée	
Masse molaire	320 g/mol
Dimension (Diamètre)	15Å
Aire de la molécule	175Å ²
λ _{max}	664 nm

2.2.2 EQUILIBRE D'ADSORPTION

Cette étude permet de déterminer le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre. Pour se faire, une masse de 0,8 g de charbon actif est mise dans 100 mL d'eau distillée (rapport solide /liquide $R = 8\text{g/L}$) contaminée par 2 mg/L de BM dans un erlenmeyer. L'erlenmeyer est agité à 350 tours/min à la température de $26^\circ\text{C} \pm 2$, à $\text{pH} = 5,3$ pendant un temps 240 min. L'analyse par spectrophotomètre UV/visible permettra de déterminer la concentration résiduelle de la phase liquide de BM, lors des prélèvements effectués à différents temps de réaction. Le spectrophotomètre utilisé est un appareil qui permet de mesurer directement les densités optiques (ou absorbance). Les analyses sont effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre THERMO SCIENTIFIQUE type Hélios OMEGA UV-VIS. La longueur d'onde maximale est 664 nm. La longueur d'onde maximale est obtenue par un balayage automatique entre 300 et 800 nm.

2.2.3 TEST D'ADSORPTION

Une solution-mère de BM de concentration 2 mg/L a été préparée en dissolvant une quantité appropriée de BM solide avec de l'eau distillée. La solution-mère a été convenablement diluée par l'eau distillée aux concentrations désirées. Ainsi, des études d'adsorption ont été réalisées dans des erlenmeyers par l'utilisation de la dose optimale de charbon actif retenue lors de l'effet de masse, et 100 mL de solution de BM à différentes concentrations initiales dans la gamme de 0,25 mg/L – 2 mg/L. La température et le pH ont été maintenus respectivement à $26 \pm 2^\circ\text{C}$ et à 5,3. Une agitation par un barreau magnétique à 350 tours/min permet une bonne mise en contact de l'adsorbant avec la solution. Quant au temps de prélèvement, il dépendra du temps d'équilibre. Les concentrations à l'équilibre ou concentration résiduelle ont été déterminées par dosage spectrophotométrique.

2.2.4 SURFACE SPECIFIQUE

La surface spécifique a été déterminée par la méthode d'adsorption de bleu de méthylène. A cet effet, 100 mL de solution BM à 2mg/L sont mis en contact avec 800 mg de charbon actif. La suspension est agitée pendant le temps d'équilibre. Des prélèvements effectués toutes les dix minutes permettent de déterminer le temps d'équilibre, et donc la concentration à l'équilibre (C_r) de la solution résiduelle de BM obtenue, par mesure de la densité optique à λ_{max} . On calcule alors Q_m , la capacité maximale d'adsorption du charbon actif pour BM à l'aide de la relation (1) :

$$Q_m = \frac{(C_0 - C_r) \times V}{m} \quad (1)$$

Avec : Q_m , capacité maximale d'adsorption du charbon pour BM (mg.g^{-1}) ;

C_0 , concentration initiale de la solution de BM (mg.L^{-1}) ;

C_r , concentration à l'équilibre de la solution de BM (mg.L^{-1}) ;

m , masse du charbon actif (g) ;

V , volume de la solution (mL).

La surface spécifique S_{BM} (déterminée à l'aide de BM) est calculée à partir de l'équation (2) suivante :

$$S_{\text{BM}} = Q_m \cdot N_A \cdot S \quad (2)$$

Avec : S_{BM} , surface spécifique déterminée en utilisant BM comme adsorbat (m^2/g) ;

S , aire occupée par une molécule de BM ($175 \text{ \AA}^2$) ;

N_A , nombre d'Avogadro.

2.2.5 MODELISATION DE L'ADSORPTION EN MILIEU AQUEUX

Afin d'étudier le pouvoir adsorbant des charbons actifs, les modèles de Langmuir et de Freundlich ont été appliquées en raison de leur simplicité et de leur facile interprétation.

2.2.5.1 MODÈLE DE LANGMUIR

L'isotherme est représentée par l'équation suivante :

$$Q_e = \frac{Q_m \cdot K_L \cdot C_r}{1 + K_L \cdot C_r} \quad (3)$$

Avec :

Q_e ($mg \cdot g^{-1}$), quantité d'espèces adsorbées par gramme de l'adsorbant à l'équilibre ;

Q_m ($mg \cdot g^{-1}$), capacité d'adsorption à la saturation et qui correspond à formation d'une monocouche ;

K_L , constante thermodynamique de Langmuir liée au système adsorbant- adsorbant.

La linéarisation de l'équation de Langmuir (3) conduit à l'équation suivante :

$$\frac{1}{Q_e} = \frac{1}{Q_m \cdot K_L} \cdot \frac{1}{C_r} + \frac{1}{Q_m} \quad (4)$$

En représentant $\frac{1}{Q_e} = f\left(\frac{1}{C_r}\right)$, nous pouvons en déduire ainsi Q_m à partir de l'ordonnée à l'origine et K_L à partir de la pente.

2.2.5.2 MODÈLE DE FREUNDLICH

Il s'agit d'une équation, souvent employée dans la représentation pratique d'adsorption entre le soluté et la surface du charbon actif. Elle se présente sous la forme :

$$Q_e = K_F \cdot C_r^{1/n_F} \quad (5)$$

K_F et $1/n$ désignent respectivement la capacité d'adsorption en mg/g et une constante indiquant l'intensité de l'adsorption:

La forme linéaire de cette équation de Freundlich (5) donne :

$$\ln Q_e = \ln K_F + 1/n_F \ln C_r \quad (6)$$

La représentation de $\ln Q_e = f(\ln C_r)$ permet la détermination de K_F et de $1/n$.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 EFFET DE LA MASSE DU CHARBON ACTIF

L'étude de l'influence de la masse du charbon activé sur la capacité d'adsorption de BM a consisté à faire varier la quantité initiale du charbon activé (1g/L, 2g/L, 4g/L, 6g/L, 8g/L, 10g/L), tout en conservant la concentration initiale de BM en solution. La concentration optimale de charbon activé qu'il faut pour éliminer une quantité importante de BM est la même pour les deux espèces d'*Acacia* selon la **figure 1**, c'est-à-dire un rapport solide / liquide $R = 8g/L$. Les résultats de la **figure 1**, montre que l'augmentation de la masse des charbons activés des deux espèces d'*Acacia* influe sur la quantité de BM adsorbée, dans les conditions expérimentales effectuées, jusqu'à une valeur maximale (au-delà de 8g/L). En d'autres termes, plus la masse de charbon activé augmente, le BM est adsorbé, jusqu'à une valeur correspondant à la saturation. Cela pourrait s'expliquer par les effets de compétitions sur les sites d'adsorption, par des effets de désorption ; ce qui signifie que pour les excès de masses, on assiste à des effets d'inhibition. L'amélioration du rendement d'élimination de BM peut être justifiée par l'augmentation des sites d'adsorption avec l'augmentation de la masse. En effet, la masse du charbon activé augmente avec le nombre de sites. Par conséquent, la probabilité d'interaction (molécule-site) croît également ; ce qui conduit à une meilleure rétention de BM. Ces mêmes observations ont été faites par Bouchemal et Achour [14] lors des essais d'adsorption de la tyrosine sur charbon actif en grains et en poudre.

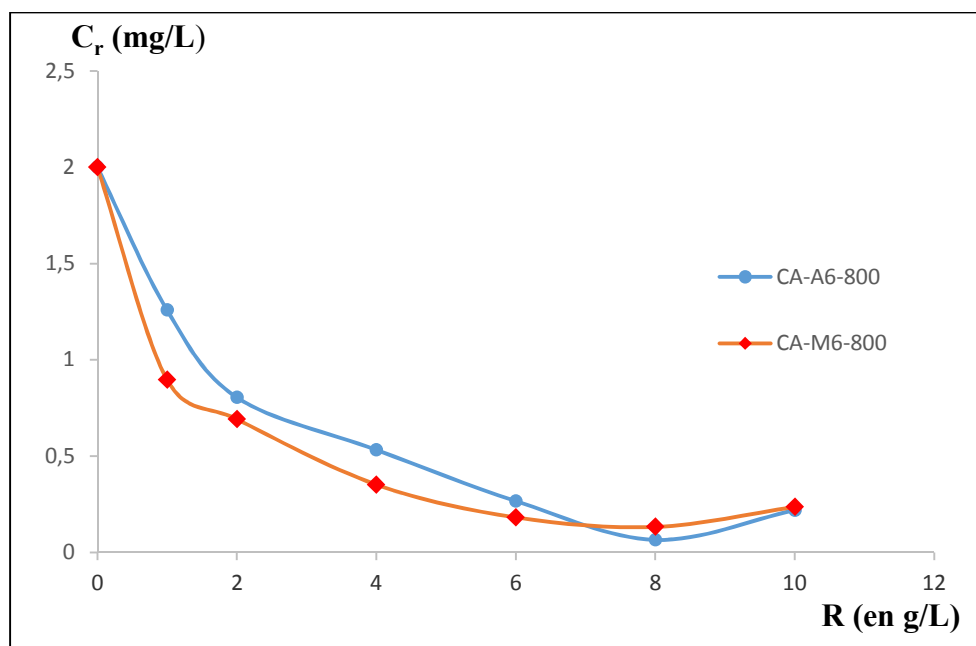


Figure 1 : Effet de la masse des charbons actifs *Acacias auriculiformis* (CA-A6-800) et *mangium* (CA-M6-800) sur l'adsorption du Bleu de méthylène ; $C_0 = 2 \text{ mg/L}$; $V = 100 \text{ mL}$; $T = 26 \pm 2$; $\text{pH} = 5, 3$.

3.2 ETUDE DE L'ADSORPTION AU COURS DU TEMPS

L'étude de l'adsorption de BM sur les charbons actifs (CA) au cours du temps, implique la détermination du temps de contact, temps qui correspond à l'équilibre d'adsorption ou à un état de saturation du support par le substrat. Les courbes cinétiques pour l'adsorption de BM sur les *CA auriculiformis* et *CA mangium* sont présentées sur les **Figures 2 et 3**. Elles montrent que la capacité d'adsorption augmente avec le temps d'adsorption jusqu'à atteindre une valeur maximale (Q_m) qui ne varie pratiquement pas dans le temps. Les courbes cinétiques obtenues sont des courbes typiques de saturation. Les sites d'adsorption sont occupés progressivement par les molécules de BM jusqu'à leur saturation (au-delà de 8 g/L). Les résultats obtenus à l'issue de ces expériences ont montré que le temps d'équilibre est atteint à 45 min pour tous les charbons actifs. Le temps d'équilibre est indépendant de l'espèce d'*Acacia*. L'influence de la température d'activation et de la durée d'activation a été étudiée. Ainsi, par ordre décroissant et par espèce, c'est-à-dire du charbon le plus adsorbant, au charbon le moins adsorbant, par espèce, l'ordre du pouvoir adsorbant qui découle des **figures 2 et 3** est le suivant :

CA-A6-800 > CA-A6-600 = CA-A6-400 = CA-A1-400 > CA-A1-800 > CA-A1-600.

CA-M6-800 > CA-M1-800 > CA-M6-600 > CA-M6-400 > CA-M1-600 > CA-M1-400.

Il ressort de cette analyse que la capacité d'adsorption augmente en général avec la température et la durée d'activation. L'augmentation de la capacité d'adsorption de BM avec la température et la durée d'activation, est probablement due à l'augmentation du nombre et de la taille des pores, quand la température et la durée d'activation augmentent. Ces mêmes observations ont été faites par Abdel-Nasser et al. [15]. Ils ont constaté qu'une activation chimique à 700°C donne une forte microporosité et une grande capacité d'adsorption de BM. Les travaux effectués par Gueye et al. [16] ont également confirmé cela.

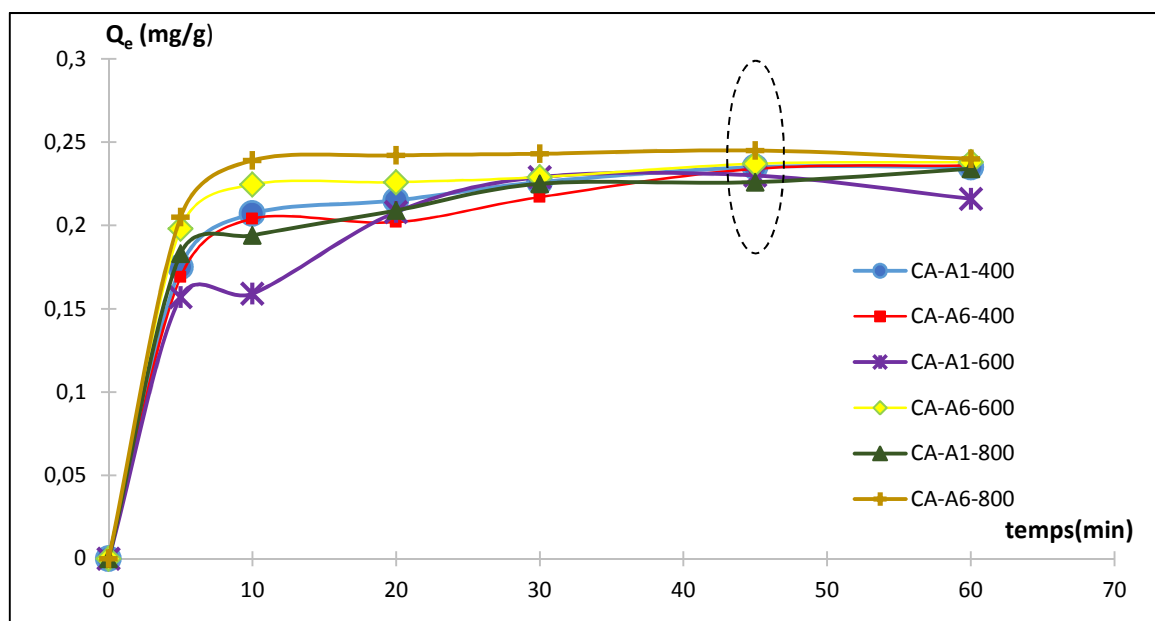


Figure 2 : Capacité d'adsorption (Q_e) des CA- *auriculiformis* vis-à-vis de BM en fonction du temps ; $C_0 = 2 \text{ mg/L}$; masse de charbon activé = 0,8 g ; $V = 100 \text{ mL}$; $T = 26 \pm 2$; $\text{pH} = 5,3$.

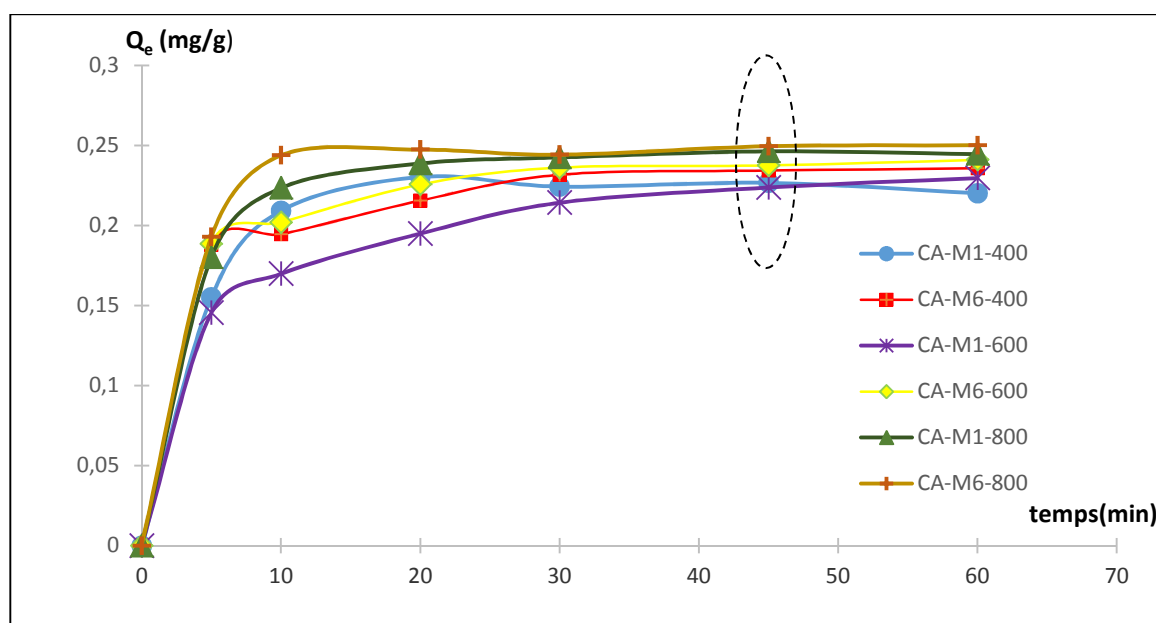


Figure 3 : Capacité d'adsorption (Q_e) des CA-*mangium* vis-à-vis de BM en fonction du temps ; $C_0 = 2 \text{ mg/L}$; masse de charbon activé = 0,8 g ; $V = 100 \text{ mL}$; $T = 26 \pm 2$; $\text{pH} = 5,3$.

3.3 ESTIMATION DE LA SURFACE SPECIFIQUE RELATIVE AU BLEU DE METHYLENE

La détermination de la capacité maximale Q_m (mg/g) permet en outre l'estimation de l'aire de la surface spécifique S_{BM} selon Langmuir, de chaque échantillon couverte par la molécule de BM à partir de l'équation : $S_{BM} = Q_m \times 175 \cdot 10^{-20} \times 6,02 \cdot 10^{23}$. Les surfaces spécifiques de tous les CA calculées selon la méthode Langmuir (Tableau 3), montre que le **CA-A6-800** et **CA-M6-800** ont une surface spécifique plus élevée que les échantillons de la même espèce d'*Acacia*. En d'autres termes, ces deux échantillons de CA adsorbent mieux le BM que les autres CA de la même espèce d'*Acacia*. Ces valeurs élevées des surfaces spécifiques de **CA-A6-800** et de **CA-M6-800** pourraient être dues à la température et la durée d'activation. Des auteurs [17] ont montré que les températures et les durées d'activation élevées occasionnent la consommation de carbone entraînant une augmentation des pores ; ce qui pourrait augmenter la surface spécifique des charbons actifs. Ces résultats

sont conformes à ceux publiés antérieurement [18]. D'une espèce d'*Acacia* à une autre, à la même température d'activation, et pour les mêmes durées d'activation, les surfaces spécifiques relatives au BM varient. Cela pourrait être dû, soit à l'imprégnation, soit à la nature du matériau utilisé pour la synthèse des charbons activés. En comparant tous les CA des deux espèces d'*Acacia* en termes de surfaces spécifiques et de capacité d'adsorption, le charbon actif *auriculiformis* activé à 800°C pendant 6 heures semble être le meilleur adsorbant.

Tableau 3: Surfaces spécifiques des CA- *auriculiformis* et des CA-*mangium* couverte par du bleu de méthylène.

Echantillon	S_L (m ² /g)		Echantillon	S_L (m ² /g)
CA-A1-400	528,42		CA-M1-400	758,52
CA-A6-400	769,71		CA-M6-400	776,29
CA-A1-600	771,03		CA-M1-600	756,21
CA-A6-600	872,43		CA-M6-600	793,74
CA-A1-800	733,17		CA-M1-800	811,19
CA-A6-800	903,37		CA-M6-800	823,70

3.4 EFFET DE PH

Le pH est un facteur important dans toute étude d'adsorption, du fait qu'il peut influencer à la fois la structure d'adsorbant et d'adsorbat, ainsi que le mécanisme d'adsorption. L'étude de l'adsorption du BM sur le charbon activé est effectuée pendant 45 min, à des valeurs de pH comprises entre 2 et 11, et sur des solutions contaminée à 2 mg/L du BM. L'examen de l'influence de ce paramètre sur l'adsorption du BM selon la **figure 4** indique que le pH joue un rôle important dans la cinétique d'adsorption. En effet, nous constatons que la concentration du BM diminue considérablement en milieu basique qu'en milieu acide. Ceci est dû aux interactions chimiques à la surface du charbon actif. Ces résultats pourraient se justifier par des charges superficielles négatives des charbons actifs qui deviennent de plus en plus grandes avec l'augmentation du pH. Pour le colorant cationique BM, la force d'attraction augmente ainsi l'adsorption. Plusieurs auteurs [2,19] ont constaté des effets similaires du pH sur l'adsorption de colorants cationiques. Le charbon activé *auriculiformis* capte mieux en milieu basique que le charbon activé *mangium*. Cette observation pourrait se justifier par ces deux types de charbon qui présenteraient des propriétés chimiques différentes, ce qui découlerait de la phase d'imprégnation de la matière première.

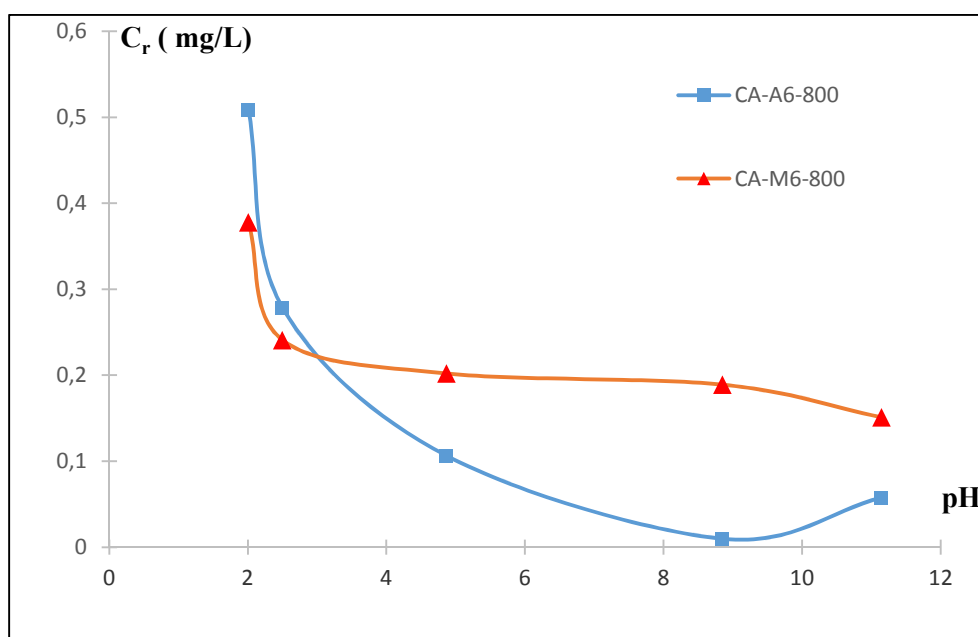


Figure 4 : Effet du pH de la solution aqueuse sur l'adsorption du bleu de méthylène sur CA *auriculiformis* (CA-A6-800) et *Acacia mangium* (CA-M6-800).
 $C_0 = 2 \text{ mg/L}$; masse de charbon activé = 0,8 g ; $V = 100 \text{ mL}$; $T = 26 \pm 2$.

3.5 ETUDE DES ISOTHERMES D'ADSORPTION DU BM SUR LES CHARBONS ACTIVES

Les isothermes d'adsorption jouent un rôle important dans la détermination des capacités maximales d'adsorption et dans la conception de nouveaux adsorbants. Elles fournissent des indications sur la nature des interactions adsorbant-adsorbant, adsorbant-adsorbant ainsi que les caractéristiques de l'adsorbant. Les figures 5 et 6 représentent respectivement les isothermes d'adsorption du bleu de méthylène sur les différents charbons activés d'*Acacia auriculiformis* et *Acacia mangium*. Les isothermes d'adsorption de BM sur les charbons actifs *auriculiformis* illustrées par la figure 5 montrent que toutes les courbes s'apparentent bien à l'isotherme de type L, d'après la classification proposée par Giles et Smith [20] ; type caractéristique de l'adsorbant microporeux (diamètre des pores inférieur à 2 nm). Ce type L est rencontré lorsqu'on assiste à une diminution des sites d'adsorption disponibles, quand la concentration de la solution augmente. Ce phénomène se produit lorsque les forces d'attraction entre les molécules adsorbées sont faibles, comme l'ont signifié J. Avom et al. [1]. L'adsorption de BM semble être du type monomoléculaire ; les charbons étant saturés lors du remplissage de la monocouche. D'après la classification de Giles et Smith, les isothermes d'adsorption de BM sur les charbons actifs *mangium* illustrées par la figure 6 sont du type S. Les isothermes de cette classe présentent, à faible concentration, une concavité tournée vers le haut [20]. Les molécules adsorbées favorisent l'adsorption ultérieure d'autres molécules (adsorption coopérative). Ceci est dû aux molécules qui s'attirent par des forces de Van Der Waals, et se regroupent en îlots dans lesquels elles se tassent les unes contre les autres. Ce comportement est favorisé, d'une part, quand les molécules de soluté sont adsorbées verticalement, comme c'est le cas des molécules possédant un seul groupe fonctionnel, et d'autre part, quand les molécules se trouvent en compétition d'adsorption forte avec le solvant. L'isotherme de type S traduit une affinité variable de l'adsorbant par rapport à la substance adsorbée et indique une adsorption multicouche comme l'a signalé Kifuani et al. [21] lors d'une étude de l'adsorption de la quinine bichlorhydrate sur un charbon actif à base de la bagasse de canne à sucre.

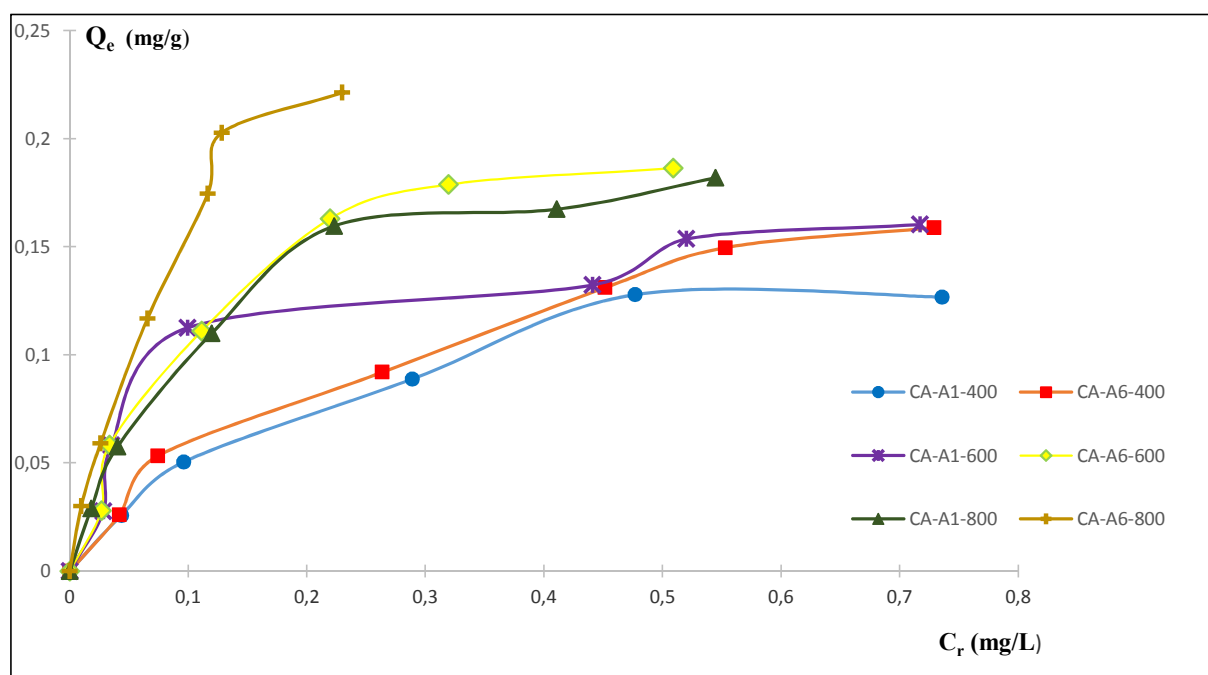


Figure 5: Comparaison d'isothermes d'adsorption du bleu de méthylène sur les CA-*auriculiformis* ;
masse de charbon activé = 0,8 g ; $V = 100 \text{ mL}$; $T = 26 \pm 2$; $\text{pH} = 5,3$

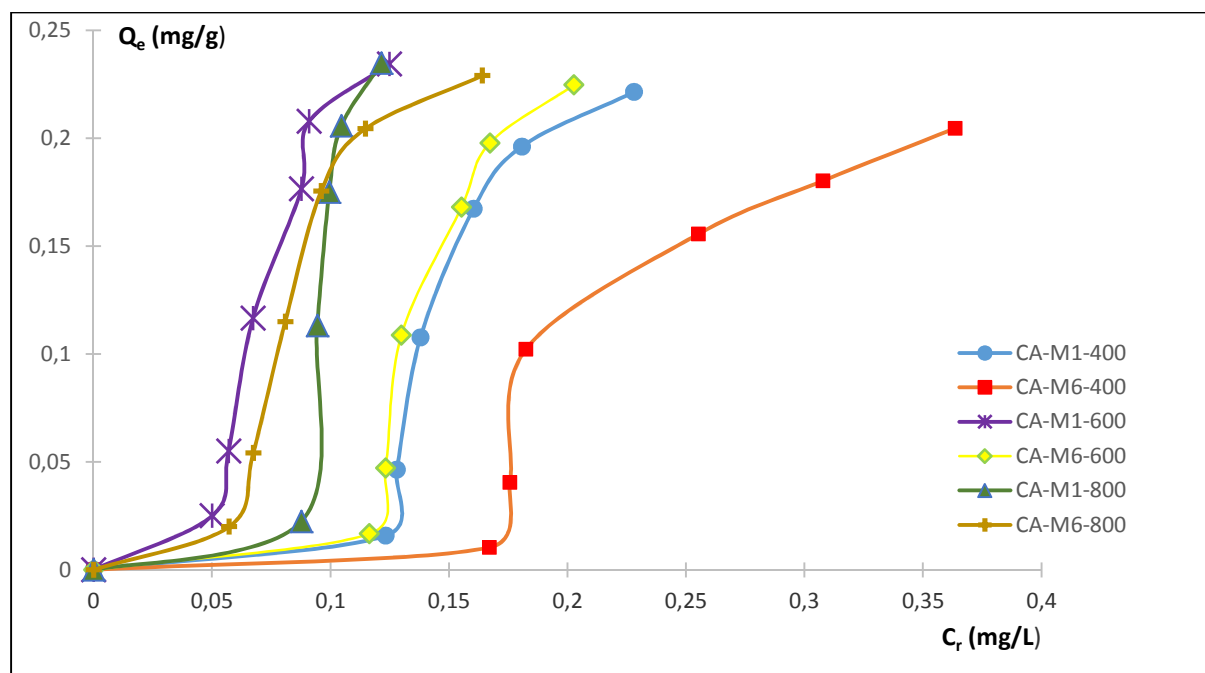


Figure 6: Comparaison d'isothermes d'adsorption du bleu de méthylène sur les CA-mangium ;
masse de charbon activé = 0,8 g ; V = 100 mL ; T = 26 ± 2 ; pH = 5,3.

3.6 MODELISATION DE L'ADSORPTION EN MILIEU AQUEUX SELON LANGMUIR ET FREUNDLICH

Les valeurs calculées des paramètres Q_m et K_L du modèle de Langmuir, des paramètres de Freundlich K_F et n , ainsi que les coefficients de corrélation du modèle de Langmuir, correspondant aux CA- *auriculiformis* sont présentés dans le **Tableau 4**. Dans ce tableau, les coefficients de corrélation se rapprochent de l'unité (≈ 1). L'adsorption de BM sur les charbons actifs *auriculiformis* peut être décrite de façon satisfaisante par le modèle de Langmuir. L'application du modèle de Langmuir nous permet de calculer la capacité d'adsorption maximale Q_m nécessaire pour recouvrir la surface du solide d'une couche monomoléculaire et la constante thermodynamique K_L de Langmuir. Les valeurs de Q_m et K_L , élevées pour le **CA-A6-800**, garantissent une bonne affinité et une bonne adsorption pour ce charbon. Les isothermes d'adsorption de BM sur les différents CA-*auriculiformis* étudiés, peuvent être simulés par le modèle de Freundlich car tous les coefficients de corrélation sont supérieurs à 0,9. Les constantes de Freundlich, K_F et n associées à la capacité d'adsorption et à l'affinité ont été déterminées ; un coefficient K_F élevé, indique une bonne adsorption et une valeur de n comprise entre 1 et 10 est caractéristique d'une bonne affinité entre l'adsorbat et l'adsorbant utilisé. L'adsorption du bleu de BM est favorable pour tous les CA-*auriculiformis* car $n > 1$ et K_F élevée. L'adsorption de BM sur les CA-*auriculiformis* obéit de façon satisfaisante non seulement au modèle de Freundlich, mais au modèle de Langmuir.

Tableau 4 : Constantes de Langmuir et Freundlich d'isothermes d'adsorption du bleu de méthylène sur les CA- *auriculiformis*

Modèle CA	Langmuir			Freundlich		
	$Q_m(\text{mg/g})$	$K_L(\text{L/mg})$	R^2	n	K_F	R^2
CA-A1-400	0,1757	3,98	0,9972	1,88	0,1580	0,9521
CA-A6-400	0,2338	3,13	0,9743	1,66	0,2076	0,9692
CA-A1-600	0,2342	5,94	0,8386	1,72	0,341	0,9266
CA-A6-600	0,265	3,8	0,8740	1,68	0,346	0,9018
CA-A1-800	0,2227	8,25	0,9974	1,97	0,269	0,9275
CA-A6-800	0,2744	12,25	0,9922	1,47	0,711	0,9827

Les valeurs calculées des paramètres du modèle de Langmuir, des paramètres de Freundlich, ainsi que les coefficients de corrélation correspondant à l'adsorption de BM sur les CA- *mangium* sont présentés dans le **Tableau 5**. Les coefficients de corrélation sont très inférieurs à 1. Par conséquent le modèle de Langmuir ne décrit pas de façon satisfaisante l'adsorption

de BM sur les CA-*mangium*. La détermination des quantités maximales d'adsorption de BM sur les CA-*mangium* s'est faite graphiquement à partir des courbes de capacité d'adsorption de BM sur les CA-*mangium* en fonction du temps. Les isothermes d'adsorption de BM sur les différents CA-*mangium* étudiés ne peuvent pas toutes être simulées par le modèle de Freundlich car les coefficients de corrélation ne sont pas tous proches de l'unité. En outre, les coefficients n et K_F étant très faibles (< 1), ces CA-*mangium* ne sont pas efficaces vis-à-vis de l'adsorption de BM. L'adsorption de BM sur les CA-*mangium* n'obéit donc pas de façon satisfaisante, ni au modèle de Langmuir, ni au modèle de Freundlich.

Tableau 5 : Constantes de Langmuir et Freundlich d'isothermes d'adsorption du bleu de méthylène sur les CA-*mangium*

Modèle CA	Langmuir			Freundlich		
	Q_m (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2	n	K_F	R^2
CA-M1-400	0,2304	4,9	0,4487	0,27	0,0138	0,6732
CA-M6-400	0,2358	3,05	0,4218	0,35	0,197	0,6452
CA-M1-600	0,2297	8,79	0,7637	0,41	0,019	0,8478
CA-M6-600	0,2411	5,48	0,5419	0,24	0,004	0,7267
CA-M1-800	0,2464	8,69	0,898	0,21	0,0001	0,907
CA-M1-800	0,2502	7,08	0,7608	0,48	0,064	0,8062

4 CONCLUSION

Ce travail avait pour objectif la préparation de charbons actifs à partir de charbons de deux espèces d'acacia (*Acacia auriculiformis* et *Acacia mangium*) afin d'étudier leur capacité d'adsorption. Pour mener à bien la première partie de cette recherche sur la synthèse de charbon actif, le facteur température, et aussi le facteur temps pour effectuer une l'activation, ont été considérés. Les différents charbons préparés par activation chimique, ont subi des essais d'adsorption de BM dans la deuxième partie de ce travail. Ces essais réalisés en prenant en compte les paramètres tels que le temps, la masse du charbon activé et le pH de la solution polluante ont montré que :

- Ces charbons actifs préparés sont de bons adsorbants de colorants tel que le BM (2 mg/L) pour un temps d'équilibre de 45 min, pour une concentration de 8g/L de charbon actif et surtout lorsque le pH de la solution est basique. Le BM s'adsorbe mieux sur le charbon *auriculiformis* activé à 800°C et pendant 6 heures (**CA-A6-800**).
- L'utilisation de l'acide phosphorique, comme agent chimique, favorise l'adsorption de molécules de tailles moyennes.
- Les isothermes d'adsorption du bleu de méthylène sur les CA-*auriculiformis* sont des types L et sont compatibles avec le modèle de Langmuir et celui de Freundlich.
- Les isothermes d'adsorption du bleu de méthylène sur les CA-*mangium* sont des types S, mais ne décrivent pas de façon satisfaisante le modèle de Langmuir, ni celui de Freundlich.

REFERENCES

- [1] Avom J., Ketcha M.J., Matip M.R.L., Germain P., " Adsorption isotherme de l'acide acétique par des charbons d'origine végétale", *African Journal of Science and Technology (AJST), Science and Engineering* vol. 2, no. 2, pp. 1-7, 2001.
- [2] Houas A., Bakir I., Ksibi M., Elaloui E., "Etude de l'élimination du bleu de méthylène dans l'eau par le charbon actif commercial CECA40", *J. Chim. Phys.*, vol. 96, pp. 479-486, 1999.
- [3] Fouazi B.T., Ridha B.C., Jean F. B., "Décoloration des eaux usées de levurerie par adsorption sur charbon", *Journal of Environmental Engineering and Science*, vol.3, no.4, pp. 269-277, 2004.
- [4] Basta A., Fierro V., Saied H., " Effect of deashing rice straws on their derived activated carbons produced by phosphoric acid activation", *Biomass and bioenergy*, vol.35, no.5, pp 1954-1959, 2011.
- [5] Tchakala I., Bawa L.M., Djaneye-Boundjou G., " Optimisation du procédé de préparation des charbons Actifs par voie chimique (H_3PO_4) à partir des tourteaux de karité et tourteaux de coton", *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol.6, no.1, pp. 461-478, 2012.
- [6] Danish M., Hashim R., Ibrahim M.N. , "Characterization of Acacia mangium wood based activated carbons prepared in the presence of basic activating agents", *BioResources*, vol.6, no.3, pp. 3019-3033, 2011.

- [7] Danish M., Hashim R., Ibrahim M.N., Sulaiman O., "Effect of acidic activating agents on surface functional groups of activated carbons produced from Acacia mangium wood", *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, vol. 104, pp. 418-425, 2013.
- [8] Coulibaly B., Ahoba A., "Valorisation technologique et énergétique des essences à croissance rapide en Côte d'Ivoire : cas des légumineuses arborescentes". Séminaire de définition et de validation d'une stratégie nationale de relance de l'agroforesterie en Côte d'Ivoire, Abidjan, 3-5 Avril 2012.
- [9] Lozano-Castello D., Lillo-Rodenas M.A., Linares-Solano A., Preparation of activated carbons from Spanish anthracite I, activation by KOH, *Carbon*, vol. 39, no.5, pp.741-749, 2001
- [10] Awwa (American water Works Association), AWWA standard of powder activated carbon, ANSI/ AWWA B600-90, Denver, Colo., 1991.
- [11] Aerdizzone S., Gabrielli G., Lazzari P., " Adsorption of methylene blue at solid/liquid and water/air interfaces", *Colloids Surface*, vol.76, pp.149-157, 1993.
- [12] Pelekani C., Snoeyink V.L., "Competitive adsorption between atrazine and methylene blue on activated carbon: of pore the importance size distribution", *Carbon*, vol. 38, no. 10, pp. 1423- 1436, 2000.
- [13] N. Bouchemal, Z. Merzougui, F. Addoun, "Adsorption en milieux aqueux de deux colorants sur charbons actifs à base de noyaux de datte", *Journal of the Algerian Chemical Society (JSAC)*, vol. 21, no. 1, pp. 1-14, 2011.
- [14] Bouchemal F., Achour S., (2007), " Essais d'adsorption de la tyrosine sur charbon actif en grains et en poudre", *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, no. 6, pp 81-89, 2007.
- [15] Abdel-Nasser A., El. Hendawy, Girgis.G.S, "adsorption characteristics of activated carbons obtained from corncobs", *colloids and surface A: Physicochemical and engineering aspects*, vol. 180, no.3, pp. 209-221, 2001.
- [16] Gueye M., Blin J., Brunschwig C. (2011), Etude de la synthèse des charbons actifs à partir de biomasses locales par activation chimique avec H_3PO_4 , 6^{ème} Edition des journées scientifiques du ZIE, campus ZIE Ouagadougou.
- [17] Ting Yang., Aik Chong Lua., "Characteristics of activated carbons prepared from pistachio-nut shells by physical activation", *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 267, pp. 408-417, 2003.
- [18] Bacaoui A., Dahbi A., Yaacoubi A., Bennouna C., "Optimization of conditions for the preparation of activated carbons from olive-waste cakes". *Carbon*, vol. 39, no. 3, pp. 425 - 432, 2001.
- [19] Barka N., Nounah A., Assabbane A., "Evaluation du pouvoir adsorbant du phosphate naturel dans le traitement des rejets textiles : Comparaison avec le charbon actif", *CVAPHOS II*, Vol. 4, pp. 195- 203, 2006.
- [20] Giles C.H., Smith D., ALAN H., " A general treatment and classification of the adsorption isotherm", *Journal of colloid and interface Science*, vol. 47, no. 3 , pp. 755-765, 1974.
- [21] Kifuani K.M.A., Noki V.P., Ndolo D. P.J., "Adsorption de la quinine bichlorhydrate sur un charbon actif peu coûteux à base de bagasse de canne à sucre imprégnée de l'acide phosphorique", *In. J.BIOL.Chem.Sci.*, vol. 6, no. 3, pp.1337-1359, 2012

Analyse discriminante cas d'un échantillon des partenaires d'une société industrielles

[Discriminant analysis case of a sample of partners of an industrial company]

Moulay El Mehdi FALLOUL¹ and Aziz OUIA²

Docteur en économie et finance appliquée,
Université Hassan II Mohammedia,
Mohammedia, Maroc

Enseignant chercheur en statistiques appliquées,
Université Hassan II Casablanca,
Mohammedia, Maroc

Copyright © 2015 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: Discriminant analysis of the problems involved in the classification of one or more individuals in one or another of a series of pre-defined groups. This is a statistical method for studying the differences between two or more groups of individuals or objects by considering several metric variables simultaneously. The discriminant analysis used to build a predictive model of allocation based on observed characteristics of each individual group. We will use this method to analyze a sample of customers taken from the marketing department of an industrial company in the region of Casablanca

KEYWORDS: Discriminant analysis, case of two populations, case of many populations, discriminant function, scores.

RESUME: L'analyse discriminante intervient dans les problèmes de classement d'un ou plusieurs individus dans l'un ou l'autre d'une série de groupes préalablement définis. C'est une méthode statistique permettant d'étudier les différences entre deux ou plusieurs groupes d'individus ou d'objets en considérant simultanément plusieurs variables métriques. L'analyse discriminante permet de construire un modèle de prévision de groupe d'affectation basé sur les caractéristiques observées de chaque individu. Nous allons utiliser cette méthode pour analyser un échantillon des clients prélevé de la direction marketing d'une société industrielle de la région du grand Casablanca.

MOTS-CLEFS: Analyse discriminante, cas de deux populations, cas de plusieurs populations, fonction discriminante, les scores.

1 INTRODUCTION

L'analyse discriminante intervient dans les problèmes de classement d'un ou plusieurs individus dans l'un ou l'autre d'une série de groupes préalablement définis. C'est une méthode statistique permettant d'étudier les différences entre deux ou plusieurs groupes d'individus ou d'objets en considérant simultanément plusieurs variables métriques. L'analyse discriminante permet de construire un modèle de prévision de groupe d'affectation basé sur les caractéristiques observées de chaque individu. Nous allons utiliser cette méthode pour analyser un échantillon des clients prélevé de la direction marketing d'une société industrielle de la région du grand Casablanca.

2 LES BASES MATHÉMATIQUES DE L'ACP

2.1 CAS DE DEUX POPULATIONS

2.1.1 SEPARATION

Supposons que nous avons deux populations. Supposons $X_1, X_2, \dots, X_{n_1}$ être le n_1 observation de la population 1 et supposons $X_{n_1+1}, X_{n_1+2}, \dots, X_{n_1+n_2}$ être le n_2 observations de la population 2.

On remarque que $X_1, X_2, \dots, X_{n_1}, X_{n_1+1}, X_{n_1+2}, \dots, X_{n_1+n_2}$ sont des vecteurs $p \times 1$. La méthode discriminante de Fisher est de projeter ces $p \times 1$ vecteurs aux valeurs réelles via une fonction linéaire $l(X) = a^t X$ et essayer de séparer les deux populations autant que possibles, où une partie est un vecteur $p \times 1$ [1].

La méthode discriminante de Fisher est comme suit :

Trouver le vecteur $\hat{a}$ qui maximise la fonction de séparation $|S(a)|$,

$$S(a) = \frac{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}{S_Y},$$

$$\text{Où } \bar{Y}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} Y_i}{n_1}, \bar{Y}_2 = \frac{\sum_{i=n_1+1}^{n_1+n_2} Y_i}{n_2}, S_Y^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} (Y_i - \bar{Y}_1)^2 + \sum_{i=n_1+1}^{n_1+n_2} (Y_i - \bar{Y}_2)^2}{n_1 + n_2 - 2}, \text{ et}$$

$$Y_i = a^t X_i, i = 1, 2, \dots, n_1 + n_2$$

$$\boxed{Y_{n_1+1}, Y_{n_1+2}, \dots, Y_{n_1+n_2}}$$

Dans la mesure du possible en trouvant $\hat{a}$

Intuitivement, $S(a) = \frac{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}{S_Y}$ mesure la différence entre les moyennes transformées $\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2$ par rapport à l'échantillon écart-type S_Y . Si les observations transformées $Y_1, Y_2, \dots, Y_{n_1}$ et $Y_{n_1+1}, Y_{n_1+2}, \dots, Y_{n_1+n_2}$ sont complètement séparés, $|\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2|$ devrait être grand comme la variation aléatoire des données transformées reflétées par S_Y on le considère également [2].

Résultat important :

Le vecteur $\hat{a}$ qui maximise la séparation $|S(a)| = \left| \frac{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}{S_Y} \right|$ est de la forme de

$$\boxed{S^{-1}(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}$$

où

$$S = \frac{(n_1 - 1)S_1 + (n_2 - 1)S_2}{n_1 + n_2 - 2}, S_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X}_1)(X_i - \bar{X}_1)^t}{n_1 - 1},$$

$$S_2 = \frac{\sum_{i=n_1+1}^{n_1+n_2} (X_i - \bar{X}_2)(X_i - \bar{X}_2)^t}{n_2 - 1},$$

Et où les

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} X_i}{n_1} \text{ et } \bar{X}_2 = \frac{\sum_{i=n_1+1}^{n_1+n_2} X_i}{n_2}.$$

Justification

$$\bar{Y}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} Y_i}{n_1} = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} a^t X_i}{n_1} = a^t \left(\frac{\sum_{i=1}^{n_1} X_i}{n_1} \right) = a^t \bar{X}_1.$$

De même, $\bar{Y}_2 = a^t \bar{X}_2$.

En outre,

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{n_1} (Y_i - \bar{Y}_1)^2 &= \sum_{i=1}^{n_1} (a^t X_i - a^t \bar{X}_1)^2 = \sum_{i=1}^{n_1} (a^t X_i - a^t \bar{X}_1)(a^t X_i - a^t \bar{X}_1)^t \\ &= \sum_{i=1}^{n_1} a^t (X_i - \bar{X}_1)(X_i - \bar{X}_1)^t a = a^t \left[\sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X}_1)(X_i - \bar{X}_1)^t \right] a. \end{aligned}$$

De même,

$$\sum_{i=n_1+1}^{n_1+n_2} (Y_i - \bar{Y}_2)^2 = a^t \left[\sum_{i=n_1+1}^{n_1+n_2} (X_i - \bar{X}_2)(X_i - \bar{X}_2)^t \right] a$$

Ainsi,

$$\begin{aligned} S_Y^2 &= \frac{\sum_{i=1}^{n_1} (Y_i - \bar{Y}_1)^2 + \sum_{i=n_1+1}^{n_1+n_2} (Y_i - \bar{Y}_2)^2}{n_1 + n_2 - 2} \\ &= \frac{a^t \left[\sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X}_1)(X_i - \bar{X}_1)^t \right] a + a^t \left[\sum_{i=n_1+1}^{n_1+n_2} (X_i - \bar{X}_2)(X_i - \bar{X}_2)^t \right] a}{n_1 + n_2 - 2} \\ &= a^t \left[\frac{\sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X}_1)(X_i - \bar{X}_1)^t + \sum_{i=n_1+1}^{n_1+n_2} (X_i - \bar{X}_2)(X_i - \bar{X}_2)^t}{n_1 + n_2 - 2} \right] a \\ &= a^t \left[\frac{(n_1 - 1)S_1 + (n_2 - 1)S_2}{n_1 + n_2 - 2} \right] a = a^t S a \end{aligned}$$

Ainsi,

$$S(a) = \frac{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}{S_Y} = \frac{a^t (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{a^t S_{pooled} a}}$$

On peut trouver $\hat{a}$ en résolvant l'équation basée sur la première dérivée de $S(a)$,

$$\frac{\partial S(a)}{\partial a} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{a^t S a}} - \frac{1}{2} a^t (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) \frac{2 S_{pooled} a}{(a^t S a)^{3/2}} = 0$$

Une autre simplification donne

$$\bar{X}_1 - \bar{X}_2 = \left[\frac{a^t (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{a^t S a} \right] S a.$$

En Multipliant par l'inverse de la matrice S sur les deux côtés donne

$$S^{-1} (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) = \left[\frac{a^t (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{a^t S a} \right] a,$$

Puisque $\frac{a^t (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{a^t S a}$ est un nombre réel,

$$\hat{a} = c S_{pooled}^{-1} (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)$$

Où c est une constante.

2.1.2 CLASSIFICATION

Supposons que nous ayons une observation X_0 . Ensuite, selon la fonction discriminante $l(X) = \hat{a}^t X$ Nous obtenons, nous pouvons attribuer cette observation à une classe [3].

Résultat

Allouer X_0 à la population 1 si

$$\begin{aligned} \hat{Y}_0 = \hat{a}^t X_0 &= (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^t S^{-1} X_0 \geq \frac{1}{2} \hat{a}^t (\bar{X}_1 + \bar{X}_2) = \frac{1}{2} (\bar{Y}_1 + \bar{Y}_2) \\ &= \frac{1}{2} (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^t S^{-1} (\bar{X}_1 + \bar{X}_2). \end{aligned}$$

Sinon, si

$$\hat{Y}_0 = (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^t S^{-1} X_0 < \frac{1}{2} (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^t S^{-1} (\bar{X}_1 + \bar{X}_2), \text{ puis allouer } X_0 \text{ à la population 2.}$$

Si $\hat{Y}_0$ est sur le côté droit de $\frac{\bar{Y}_1 + \bar{Y}_2}{2}$ (pour se rapproché de $\bar{Y}_1$), puis allouer X_0 à la population 1 et vice versa.

2.2 CAS DE PLUSIEURS POPULATIONS

2.2.1 SÉPARATION

Supposons qu'il y a k populations,

$X_1, X_2, \dots, X_{n_1}$: population 1, $X_{n_1+1}, X_{n_1+2}, \dots, X_{n_1+n_2}$: population 2

...

$X_{n_1+\dots+n_{k-1}+1}, \dots, X_{n_T}$: population k ,

où $n_1 + n_2 + \dots + n_k = n_T$.

On suppose $\bar{X}_j$ la moyenne de l'échantillon pour la population j , $j = 1, \dots, k$, et $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n_T} X_i}{n_T}$

L'échantillon entre la matrice

$$B = \sum_{j=1}^k n_j (\bar{X}_j - \bar{X})(\bar{X}_j - \bar{X})^t$$

L'échantillon au sein de la matrice de groupe W est

$$W = \sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X}_1)(X_i - \bar{X}_1)^t + \sum_{i=n_1+1}^{n_1+n_2} (X_i - \bar{X}_2)(X_i - \bar{X}_2)^t + \dots + \sum_{i=n_1+\dots+n_{k-1}+1}^{n_T} (X_i - \bar{X}_k)(X_i - \bar{X}_k)^t.$$

Remarque:

$$S = \frac{W}{n_T - k} = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X}_1)(X_i - \bar{X}_1)^t + \dots + \sum_{i=n_1+\dots+n_{k-1}+1}^{n_T} (X_i - \bar{X}_k)(X_i - \bar{X}_k)^t}{n_T - k}$$

≡ l'estimation combinée basée sur $X_1, X_2, \dots, X_{n_T}$.

$$\frac{a^t W a}{n_T - k} = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} (Y_i - \bar{Y}_1)^2 + \sum_{i=n_1+1}^{n_1+n_2} (Y_i - \bar{Y}_2)^2 + \dots + \sum_{i=n_1+\dots+n_{k-1}+1}^{n_T} (Y_i - \bar{Y}_k)^2}{n_T - k}$$

≡ l'estimation combinée basée sur $Y_1, Y_2, \dots, Y_{n_T}$.

Nous introduisons maintenant la méthode discriminante linéaire de Fisher pour plusieurs populations.

La méthode discriminante de Fisher pour plusieurs populations est comme suit:

Trouver le vecteur $\hat{a}_1$ qui maximise la fonction de séparation

$$S(a) = \frac{a^t B a}{a^t W a} = \frac{\sum_{j=1}^k n_j (\bar{Y}_j - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^{n_1} (Y_i - \bar{Y}_1)^2 + \sum_{i=n_1+1}^{n_1+n_2} (Y_i - \bar{Y}_2)^2 + \dots + \sum_{i=n_1+\dots+n_{k-1}+1}^{n_T} (Y_i - \bar{Y}_k)^2}$$

Sous condition $\hat{a}_1^t \hat{S} \hat{a}_1 = 1$. La combinaison linéaire $\hat{a}_1^t X$ s'appelle le discriminant du premier échantillon.

Trouver le vecteur $\hat{a}_2$ qui maximise la fonction de séparation $S(a)$ sous réserve de $\hat{a}_2^t \hat{S} \hat{a}_2 = 1$ et $\hat{a}_2^t \hat{S} \hat{a}_1 = 0$.

Trouver le vecteur $\hat{a}_s$ qui maximise la fonction de séparation $S(a)$ sous réserve de

$$\hat{a}_s^t \hat{S} \hat{a}_s = 1 \text{ et } \hat{a}_s^t \hat{S} \hat{a}_l = 0, l < s.$$

$$\hat{a}_j^t \hat{S} \hat{a}_j \text{ est l'estimation de } Var(\hat{a}_j^t X), j = 1, \dots, s.$$

$$\hat{a}_j^t \hat{S} \hat{a}_l, j \neq l. \text{ est l'estimation de } Cov(\hat{a}_j^t X, \hat{a}_l^t X), j \neq l.$$

La condition $\hat{a}_j^t \hat{S} \hat{a}_l = 0$ est similaire à la condition donnée dans l'analyse en composantes principales.

Intuitivement, $S(a)$ mesure la différence parmi les moyens transformés reflétés par

$$\sum_{j=1}^k n_j (\bar{Y}_j - \bar{Y})^2 \text{ par rapport à la variation aléatoire des données transformées reflétée par } \sum_{i=1}^{n_1} (Y_i - \bar{Y}_1)^2 + \sum_{i=n_1+1}^{n_1+n_2} (Y_i - \bar{Y}_2)^2 + \dots + \sum_{i=n_1+\dots+n_{k-1}+1}^{n_T} (Y_i - \bar{Y}_k)^2. \text{ Comme les observations transformées}$$

$$Y_1, Y_2, \dots, Y_{n_1} (\text{population} \cdot 1), Y_{n_1+1}, Y_{n_1+2}, \dots, Y_{n_1+n_2} (\text{population} \cdot 2), \dots, Y_{n_1+\dots+n_{k-1}+1}, \dots,$$

$$Y_{n_T} (\text{population} \cdot k)$$

Sont séparés, $\sum_{j=1}^k n_j (\bar{Y}_j - \bar{Y})^2$ doit être important, même si la variation aléatoire des données transformées est prise en compte.

Résultat A:

On suppose $e_1, e_2, \dots, e_s$ être le vecteur orthonormé de $W^{-1/2} B W^{-1/2}$ correspondant aux valeurs propres $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_s > 0$. Puis, $\hat{a}_j = S^{-1/2} e_j, j = 1, \dots, s$, où $S^{-1/2} S^{-1/2} = S^{-1}$

Résultat B :

On suppose $e_1, e_2, \dots, e_s$ être les vecteurs propres de $W^{-1} B$ correspondant aux valeurs propres $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_s > 0$. Puis, $\hat{a}_j, j = 1, \dots, s$, les vecteurs propres à l'échelle satisfait la condition $\hat{a}_j^t \hat{S} \hat{a}_j = 1$ [4].

$$\hat{a}_j = \frac{e_j}{\sqrt{e_j^t S_{pooled} e_j}}$$

2.2.2 CLASSIFICATION

Méthode de classification de Fisher pour plusieurs populations est comme suit :

Pour une observation X_0 Procédure de classement de Fisher basé sur le premier $r \leq s$ les discriminants est d'allouer X_0 à la population l si

$$\sum_{j=1}^r (\hat{Y}_j - \bar{Y}_l^j)^2 = \sum_{j=1}^r [\hat{a}_j^t (X_0 - \bar{X}_l)]^2 \leq \sum_{j=1}^r [\hat{a}_j^t (X_0 - \bar{X}_i)]^2 = \sum_{j=1}^r (\hat{Y}_j - \bar{Y}_i^j)^2,$$

Tel que $\hat{Y}_j = \hat{a}_j^t X_0, \bar{Y}_i^j = \hat{a}_j^t \bar{X}_i, j = 1, \dots, r; i = 1, \dots, k$

$\sum_{j=1}^r (\hat{Y}_j - \bar{Y}_1^j)^2$: la distance carrée « totale » entre les transformées $X_0, \hat{Y}_1, \dots, \hat{Y}_r$ et la moyenne transformée de la population 1 ($\bar{Y}_1^1, \dots, \bar{Y}_1^r$).

$\sum_{j=1}^r (\hat{Y}_j - \bar{Y}_2^j)^2$: la distance carrée « totale » entre les transformées $X_0, \hat{Y}_1, \dots, \hat{Y}_r$ et la moyenne transformée de la population 2 ($\bar{Y}_2^1, \dots, \bar{Y}_2^r$).

⋮

$\sum_{j=1}^r (\hat{Y}_j - \bar{Y}_k^j)^2$: La distance carrée « totale » entre les transformées ($\hat{Y}_1, \dots, \hat{Y}_r$) X_0 et la transformée moyenne de la population k ($\bar{Y}_k^1, \dots, \bar{Y}_k^r$).

$$\Rightarrow \sum_{j=1}^r (\hat{Y}_j - \bar{Y}_l^j)^2 \leq \sum_{j=1}^r (\hat{Y}_j - \bar{Y}_i^j)^2, i \neq l, \text{ implique la distance totale entre les transformée } X_0 \text{ et la moyenne}$$

transformée de la population l est plus petite que celle entre celle entre les transformées X_0 et la moyenne transformée des autres populations. Dans un certain sens, X_0 est « près » de la population l que des autres populations. Par conséquent, X_0 est allouée à la population l [5].

3 LA BASE DE DONNEES ET RESULTATS

Nous disposons des données extraites du département Marketing d'une société industrielle d'équipements relatifs à des 12 partenaires, dont on teste des informations relatifs au volume de transferts de fonds et du nombre de transactions. Les résultats de cette étude se présentent comme suit :

Tableau 1. Statistiques de groupe

product		Moyenne	Ecart-type	N valide (liste)	
				Non pondérées	Pondérées
No	X1	245,00	135,904	6	6,000
	X2	3258,33	1232,241	6	6,000
Yes	X1	405,00	136,821	6	6,000
	X2	5816,67	1254,469	6	6,000
Total	X1	325,00	154,552	12	12,000
	X2	4537,50	1786,200	12	12,000

Test d'égalité des variances covariances

Le M de Box comme le montre le tableau suivant est clairement non significatif puisque la probabilité associée est égale à l'unité signifie que l'hypothèse de l'égalité des matrices variances covariances est confirmée.

Tableau 2. Résultats du test M de Box

M de Box	,016
F	Approximativement
ddl1	3
ddl2	18000,000
Signification	1,000

Teste l'hypothèse nulle d'égalité de matrices de covariance des populations.

Le tableau des valeurs propres suivant montre que Le λ_1 est égale à 1. Le pourcentage de la variance est égale à 100 %, ce qui signifie que 100 % du pouvoir discriminant des deux variables explicatives est attribuable à la fonction discriminante, ce qui est normale puis qu'il n'existe qu'une seule variable. Le coefficient de corrélation canonique est de 0.766, cette forte corrélation montre bien l'utilité de la fonction discriminante.

Tableau 3. Tableaux des valeurs propres

Fonction	Valeur propre	% de la variance	% cumulé	Corrélation canonique
1	1,418 ^a	100,0	100,0	,766

a. Les 1 premières fonctions discriminantes canoniques ont été utilisées pour l'analyse.

La fonction discriminante canonique non standardisée se présente comme suit :

$$Y = -0.004X_1 + 0.001X_2 - 3.699$$

Tableau 4. Coefficients des fonctions discriminantes canoniques

	Fonction
	1
X1	-,004
X2	,001
(Constante)	-3,688

Coefficients non standardisés

La fonction discriminante canonique standardisée se présente comme suit :

$$Y = -0.519X_1 + 1.353X_2$$

Tableau 5. Coefficients des fonctions discriminantes canoniques standardisées

	Fonction
	1
X1	-,519
X2	1,353

C'est X2 qui sépare le mieux les deux groupes. Cette conclusion est le résultat de l'examen soit des coefficients standardisés ou non standardisés, soit la matrice des coefficients de structure, corrélation très forte pour la variable X2 soit 0.946.

Tableau 6. La matrice de structure

	Fonction
	1
X2	,946
X1	,540

Les corrélations intra-groupes combinés entre variables discriminantes et les variables des fonctions discriminantes canoniques standardisées sont ordonnées par tailles absolues des corrélations à l'intérieur de la fonction.

Le tableau de lambda de Wilks suivant montre que la fonction discriminante est significative à un niveau de 5% ; la valeur de Khi-deux est de 7,947 avec un degré de liberté égale à 2. La fonction discriminante reste utile à l'explication des différences observées entre les groupes puisque la probabilité associée est inférieure au seuil de 5%.

Tableau 7. Tableau de Lambda de Wilks

Test de la fonction	Lambda de Wilks	Khi-deux	ddl	Signification
1	,414	7,947	2	,019

On utilisant la fonction discriminante canonique standardisé Y, on peut obtenir les scores des 12 clients, ainsi que les coordonnées des *centroïdes* ou le score moyen pour chaque groupe.

Tableau 8. Tableau des scores

clients	Scores discriminants	
	Fonction 1	
Original	1	,375
	2	,677
	3	-,299
	4	2,228
	5	1,360
	6	2,181
	7	,403
	8	-1,904
	9	-,707
	10	-1,034
	11	-2,410
	12	-,870

D'après les fonctions aux barycentres des groupes suivantes, le score moyen des groupes des acheteurs est de 1,087 alors que celui des non acheteurs est de -1,087. La frontière d'affectation Df est égale à la moyenne des scores moyens pondérés par la taille des groupes

$$Df = \frac{6(-1,087) + 6(1,087)}{12} = 0$$

Chaque client de score positif sera classé parmi les acheteurs, et tout client de score négatif sera classé parmi les non acheteurs.

Tableau 9. Fonctions aux barycentres des groupes

product	Fonction
	1
0	-1,087
1	1,087

Tableau 10. Probabilités à priori des groupes

product	A priori	Observations utilisées dans l'analyse	
		Non pondérées	Pondérées
0	,500	6	6,000
1	,500	6	6,000
Total	1,000	12	12,000

Comme le montre le tableau suivant, il parvient à classer correctement 83,3% d'entre eux.

Tableau 11. Résultats du classement

product			Classe(s) d'affectation prévue(s)		Total
			0	1	
Original	Effectif	0	5	1	6
		1	1	5	6
	%	0	83,3	16,7	100,0
		1	16,7	83,3	100,0

a. 83,3% des observations originales classées correctement.

D'après le diagnostic des observations qui figurent dans le tableau suivant, les clients 3 et 7 sont incorrectement classifiés. Si la classification se faisait aléatoirement, on s'attendait à obtenir seulement 50 % de bonnes classifications.

On utilise le test Q pour tester l'hypothèse H_0 : le nombre de clients bien classés est due au hasard et non à la fonction discriminante. Cette statistique se calcule comme suit :

$$Q = \frac{(n - nc, p)^2}{n(p-1)} = \frac{(12 - 10 * 2)^2}{12(2-1)} = 5,33$$

n : nombre d'individus.

nc : nombre d'individus bien classés.

P : nombre de groupes.

On rejette l'hypothèse H_0 puisque la valeur de la statistique Q est supérieure à la valeur théorique de Khi deux au seuil de signification de 5% avec 1 degré de liberté qui est égale à 3,84, la fonction discriminante permet donc une bonne qualité de classement

Tableau 12. Diagnostic des observations

	Nombre d'observ ations	Groupe effectif	Groupe prévu	Scores discriminants
				Fonction 1
Original	1	1	1	,375
	2	1	1	,677
	3	1	0 ⁺	-,299
	4	1	1	2,228
	5	1	1	1,360
	6	1	1	2,181
	7	0	1 ⁺	,403
	8	0	0	-1,904
	9	0	0	-,707
	10	0	0	-1,034
	11	0	0	-2,410
	12	0	0	-,870

4 CONCLUSION

L'analyse discriminante, à ne pas confondre avec la classification automatique, traite des données déjà classées en différents groupes, et vise à produire une *fonction discriminante* permettant d'affecter une nouvelle observation à l'un de ces groupes. C'est une méthode *décisionnelle*, et non seulement descriptive, telles l'analyse en composantes principales ou l'analyse factorielle des correspondances.

REFERENCES

- [1] K. Srivastava and K. Kaur, "Stability of Impulsive Differential Equation with any Time Delay," *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 2, no. 3, pp. 280–286, 2013.
- [2] J.M Romeder, "Méthodes et programmes d'analyse discriminante", Paris, éd. Dunod.1973.
- [3] M.Bardos, "Analyse discriminante, application au risque et scoring financier", ed. Dunod, 2001.
- [4] M. M. Tatsuoka, "Multivariate analysis", Wiley, 1st edition, 1988.
- [5] P.A. Lachenbruch, "Discriminant Analysis", First Edition, Hafner Press, New York.

Optimisation linéaire du programme de production d'une société industrielle

[Linear optimization of the production program of an industrial company]

Moulay El Mehdi FALLOUL¹ and Moulay Ali FALLOUL²

¹Doctorant en économie et finance appliquée,
Université Hassan II Mohammeda,
Mohammeda, Maroc

²Docteur en magnétisme et électricité,
Université Hassan II Casablanca,
Casablanca, Maroc

Copyright © 2015 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: Linear programming is a very important tool for operational research. It is a generic tool that can solve many problems in engineering management. Indeed, once a problem modeled in the form of linear equations, methods ensure solving the problem exactly. Data and information needed to solve the problem and are assumed known in a certain way. The aim of this paper is to compute a linear program of production of an industrial company.

KEYWORDS: Linear optimization, duality theorem, canonical form, simplex, production process.

RESUME: La programmation linéaire est un outil très important de la recherche opérationnelle. C'est un outil générique qui peut résoudre un grand nombre de problème de l'ingénierie de gestion. En effet, une fois un problème modélisé sous la forme d'équations linéaires, des méthodes assurent la résolution du problème de manière exacte. Les données et informations nécessaires à la résolution du problème sont supposées et connues d'une manière certaine. L'objectif de ce papier est de calculer un programme linéaire de production d'une société industrielle.

MOTS-CLEFS: optimisation linéaire, théorème de dualité, forme canonique, simplex, processus de production.

1 INTRODUCTION

La programmation linéaire est un outil très important de la recherche opérationnelle. C'est un outil générique qui peut résoudre un grand nombre de problème de l'ingénierie de gestion. En effet, une fois un problème modélisé sous la forme d'équations linéaires, des méthodes assurent la résolution du problème de manière exacte. Les données et informations nécessaires à la résolution du problème sont supposées et connues d'une manière certaine. Ce qui place la programmation linéaire dans la famille d'aide à la décision en environnement certain. Les méthodes d'optimisation mathématiques sont aujourd'hui couramment utilisées dans le domaine des techniques industrielles et de l'ingénierie de gestion. Ces méthodes se caractérisent par le fait qu'elles permettent de tenir compte de contraintes données sous la forme d'inégalités. Généralement, on appelle programmation mathématique, la recherche de l'optimum d'une fonction de plusieurs variables liées entre elles par des contraintes liées entre elles par des contraintes sous forme d'égalités ou d'inégalités [1].

2 LES BASES MATHÉMATIQUES DE LA PROGRAMMATION LINÉAIRE

La Programmation linéaire se préoccupe de résoudre un problème mathématique, à savoir maximiser ou minimiser une fonction linéaire de n variables (appelés la fonction objective)

Avec m contraintes linéaires, qui est

$$\text{maximiser ou minimiser } z = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots + c_nx_n$$

Sous contraintes

$$a_{1,1}x_1 + a_{1,2}x_2 + a_{1,3}x_3 + \dots + a_{1,n}x_n \leq b_1$$

$$a_{2,1}x_1 + a_{2,2}x_2 + a_{2,3}x_3 + \dots + a_{2,n}x_n \leq b_2$$

$$a_{3,1}x_1 + a_{3,2}x_2 + a_{3,3}x_3 + \dots + a_{3,n}x_n \leq b_3$$

$$\dots \leq \dots$$

$$\dots \leq \dots$$

$$a_{m,1}x_1 + a_{m,2}x_2 + a_{m,3}x_3 + \dots + a_{m,n}x_n \leq b_m$$

Et les contraintes triviales $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$.

En termes matricielles, un modèle de programmation linéaire est

$$\text{maximiser ou minimiser } z = c^T \vec{x}$$

Tel que $A\vec{x} \leq \vec{b} \quad \vec{x} \geq 0$

Où A est une matrice $m \times n$

$$A = \begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \dots & a_{1,n} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \dots & a_{2,n} \\ a_{3,1} & a_{3,2} & \dots & a_{3,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m,1} & a_{m,2} & \dots & a_{m,n} \end{pmatrix} \quad \vec{b} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \dots \\ b_m \end{pmatrix}, \vec{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix} \text{ et } \vec{c} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ \dots \\ c_n \end{pmatrix}$$

Les coefficients $c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$ sont appelés coefficients de coût.

La programmation linéaire est une technique mathématique largement utilisée, conçue pour aider les gestionnaires et les ingénieurs dans la planification et la prise de décisions relatives à l'affectation des ressources.

La programmation linéaire est si importante, parce que tant de problèmes différents dans de nombreux domaines diversifiés sont modélisés mathématiquement par le problème mathématique de programmation linéaire, à savoir

$$\text{maximiser ou minimiser } z = c^T \vec{x}$$

Tel que

$$A\vec{x} \leq \vec{b} \quad \vec{x} \geq 0.$$

En effet la solution des problèmes de programmation linéaire dans l'industrie, gouvernements et établissements universitaires partout dans le monde représente l'un de la plus grande quantité de temps de calcul en calcul scientifique (par opposition au traitement des données) [2].

Voici quelques-uns des principaux domaines où la programmation linéaire a été largement et avec succès appliqué :

- (1) Optimisation d'une raffinerie de pétrole.
- (2) Répartition de la production
- (4) Problèmes de distribution
- (5) Planification financière et économique

Vue d'ensemble

Programmation quadratique

$$\begin{cases} \text{Max} \\ \text{Min} \end{cases} f(x_1 \cdots x_n) = x_1^2 + x_2^2 + \cdots + x_n^2$$

Fonction objective linéaire

Sous réserve de m contrainte linéaires

$$a_{1,1}x_1 + a_{1,2}x_2 + \cdots + a_{1,n}x_n \leq b_1$$

$$a_{2,1}x_1 + a_{2,2}x_2 + \cdots + a_{2,n}x_n \leq b_2$$

$$a_{m,1}x_1 + a_{m,2}x_2 + \cdots + a_{m,n}x_n \leq b_m$$

Programmation géométrique

$$\begin{cases} \text{Max} \\ \text{Min} \end{cases} f(x_1, x_2, x_3, \cdots, x_n) \text{ -- fonction objective non linéaire}$$

Sous réserve de m contraintes non linéaire

$$\{g_1(x_1, x_2, x_3, \cdots, x_n) = 0$$

$$\{g_2(x_1, x_2, x_3, \cdots, x_n) = 0$$

$$\{g_{m-1}(x_1, x_2, x_3, \cdots, x_n) = 0$$

$$\{g_m(x_1, x_2, x_3, \cdots, x_n) = 0$$

Programmation linéaire

$$\begin{cases} \text{Max} \\ \text{Min} \end{cases} f(x_1 \cdots x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n$$

fonction objective non linéaire

sous réserve de m contraintes linéaire

$$a_{1,1}x_1 + a_{1,2}x_2 + \cdots + a_{1,n}x_n \leq b_1$$

$$a_{2,1}x_1 + a_{2,2}x_2 + \cdots + a_{2,n}x_n \leq b_2$$

Programmation mathématique ou Non linéaire

Trouver le vecteur $\vec{t}$ tel que

Min fonction $g_0(\vec{t})$

Tel que $t_1 > 0, t_1 > 0, \cdots, t_n > 0$

et $g_1(\vec{t}) \leq 1, g_2(\vec{t}) \leq 1$

$$\text{et } g_k(\vec{t}) = \sum_{j=1}^k P_j(\vec{t}) \text{ et } P_j(\vec{t}) = c_j \prod_{i=1}^j t_i^{G_{i,j}}.$$

3 QUELQUES DEFINITIONS IMPORTANTES

La forme générale d'un modèle de programmation linéaire se compose de :

- (i) un objectif à maximiser ou minimiser certains z quantité, appelée la fonction objective, qui s'exprime comme une combinaison linéaire des variables.
- (ii) des contraintes non négligeables sur les variables qui sont des inégalités ou équation mettant en cause des combinaisons linéaires des variables.
- (iii) des contraintes de positivité sur les variables pour s'assurer que chacun d'eux est positive ou nulle.

Il peut être exprimé mathématiquement comme suit :

$$\text{Optimiser } z = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots + c_nx_n$$

Sous c/t

$$a_{1,1}x_1 + a_{1,2}x_2 + a_{1,3}x_3 + \dots + a_{1,n}x_n \leq b_1 / = / \geq b_1$$

$$a_{2,1}x_1 + a_{2,2}x_2 + a_{2,3}x_3 + \dots + a_{2,n}x_n \leq b_2 / = / \geq b_2$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$a_{i,1}x_1 + a_{i,2}x_2 + a_{i,3}x_3 + \dots + a_{i,n}x_n \leq b_i / = / \geq b_i$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$a_{n,1}x_1 + a_{n,2}x_2 + a_{n,3}x_3 + \dots + a_{n,n}x_n \leq b_n / = / \geq b_n .$$

$$\text{Tel que } x_i \geq, =, \leq 0, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$c_j (j = 1, 2, 3, \dots, n)$ (appelés les coefficients de coût)

$a_{i,j} (i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n)$ et $b_i (i = 1, 2, \dots, m)$ sont les paramètres du modèle.

Nous devrions inclure les coûts d'exploitation c (qui sont censés pour être constant, bien qu'il soit souvent commode de les omettre) dans la fonction objective. Cependant que nous changeons effectivement la fonction objective du bénéfice z'

$$z = \sum_{j=1}^n c_j x_j = z' - c$$

Où c représente le total de la valeur de la constante. Par conséquent, il est important, lors de la résolution des problèmes de programmation linéaire de ne pas oublier de la valeur de tous les termes constants omises dans la fonction objective à la valeur maximale (ou minimale) de z afin de déterminer la valeur correcte du profit maximum (ou coût minimum). Maintenant, il est très important que nous sommes en mesure de convertir la forme générale d'un problème de programmation linéaire en une forme standard, car si nous avons un problème de programmation linéaire sous forme standard, nous pouvons obtenir quelques résultats théoriques très puissants [3].

4 THÉORÈME DE DUALITÉ

Un modèle de programmation linéaire est de **forme classique**, si elle est exprimée sous la forme :

$$\text{Maximiser } z = c^T x$$

$$\text{sous } A\vec{x} \leq \vec{b}, \quad \vec{x} \geq 0 .$$

Aucune restriction sur le signe de $\vec{b}$.

Pour convertir un modèle de programmation linéaire sous forme standard, nous procédons comme suit :

(1) Supprimer tout terme c constant de la fonction objectif en remplaçant

$$z' = \vec{c}^T \vec{x} + c \text{ par } z = \vec{c}^T \vec{x} \text{ tel que } z = z' - c .$$

(2) Si le problème est un problème de minimisation

Minimiser $z' = \vec{c}'^T \vec{x}$,

Le réécrire comme maximiser $z = \vec{c}^T \vec{x}$

Tel que $z = -z'$ et $c = -c'$.

(3) supprimer toutes les variables libres x_j en définissant $x_j = x_j^+ - x_j^-$ où $x_j^+ \geq 0$ et $x_j^- \geq 0$

Et en remplaçant x_j par $x_j = x_j^+ - x_j^-$ où on le trouve dans la fonction objective et les contraintes.

(4) supprimer toute contrainte de l'égalité telles que

$$a_{i,1}x_1 + a_{i,2}x_2 + a_{i,3}x_3 + \dots + a_{i,n}x_n = b_i$$

Soit en éliminant une des variables x_j en écrivant

$$x_j = \frac{1}{a_{i,j}}(b_i - \sum_{k \neq j}^n a_{i,k}x_k) \text{ tel que } (a_{i,j} \neq 0)$$

Et en remplaçant x_j chaque fois qu'il se produit dans la fonction objective et les contraintes, par cette combinaison de l'autre ($n - 1$) variables

Ou en la remplaçant par les deux $\leq$ inégalités suivantes :

$$\begin{aligned} a_{i,1}x_1 + a_{i,2}x_2 + a_{i,3}x_3 + \dots + a_{i,n}x_n &\leq b_i \\ -a_{i,1}x_1 - a_{i,2}x_2 - a_{i,3}x_3 - \dots - a_{i,n}x_n &\leq -b_i \end{aligned}$$

(5) changer chaque contrainte $\geq$, tels que

$$a_{i,1}x_1 + a_{i,2}x_2 + a_{i,3}x_3 + \dots + a_{i,n}x_n \geq b_i$$

Pour une contrainte $\leq$ en changeant tous les signes

$$-a_{i,1}x_1 - a_{i,2}x_2 - a_{i,3}x_3 - \dots - a_{i,n}x_n \leq -b_i$$

(6) si nécessaire renommer les variables.

La forme canonique : la **forme standard** est important puisqu'il nous permet d'accéder quelques résultats théoriques puissants à savoir, le théorème de la dualité. Cependant, une autre forme très importante du problème de programmation linéaire est la **forme canonique** qui mène à la méthode générale de la solution des problèmes de programmation linéaires, à savoir la méthode ou un algorithme plus simple. Dans la **forme canonique**, les inégalités sont transformées à des égalités par l'introduction de variables supplémentaires [4].

Définition Un modèle de programmation linéaire est sous **forme canonique**, s'il est exprimé sous la forme :

Maximiser $z = \vec{c}^T \vec{x}$

Tel que $A\vec{x} = \vec{b}$, $\vec{x} \geq 0$, $b \geq 0$

Tous les signes doivent être choisis pour que $b \geq 0$. $\vec{x}$ doit être $\vec{x} \geq 0$.

Pour exprimer un modèle de programmation linéaire sous forme canonique

- (i) Supprimer toute terme c constant de la fonction objectif en remplaçant

$$z' = \vec{c}^T \vec{x} + c \text{ by } z = \vec{c}^T \vec{x} \text{ tel que } z = z' - c.$$

- (ii) Si le modèle est un modèle de minimisation, c'est-à-dire minimiser

$$\text{Minimiser } z' = \vec{c}'^T \vec{x}$$

$$\text{Réécrire comme maximiser } z = \vec{c}^T \vec{x}$$

$$\text{où } z = -z' \text{ et } \vec{c} = -\vec{c}'$$

- (iii) supprimer toutes les variables libres x_j en définissant $x_j = x_j^+ - x_j^-$ où $x_j^+ \geq 0$ et $x_j^- \geq 0$ et en remplaçant x_j par $x_j = x_j^+ - x_j^-$ partout où il existe dans la fonction objective et les contraintes.

- (iv) pour toute $b_i < 0$, changer tous les signes dans la contrainte correspondante et l'inversion de tout signe d'inégalité.

- (v) (i) convertir toute contrainte de la forme

$$a_{i,1}x_1 + a_{i,2}x_2 + a_{i,3}x_3 + \dots + a_{i,n}x_n \leq b_i$$

À une égalité **en ajoutant une** variable x_{n+i} pour donner

$$a_{i,1}x_1 + a_{i,2}x_2 + a_{i,3}x_3 + \dots + a_{i,n}x_n + x_{n+i} = b_i \text{ où } x_{n+i} \geq 0.$$

- (iv) Convertir toute contrainte de la forme

$$a_{i,1}x_1 + a_{i,2}x_2 + a_{i,3}x_3 + \dots + a_{i,n}x_n \geq b_i$$

À une égalité **en soustrayant une** variable d'excédent x_{n+i} pour donner

$$a_{i,1}x_1 + a_{i,2}x_2 + a_{i,3}x_3 + \dots + a_{i,n}x_n - x_{n+i} = b_i \text{ tel que } x_{n+i} \geq 0$$

- (v) Etendre $\vec{c}$ pour inclure des éléments nuls $\vec{c}_{n+i}$ pour les variables excédentaires x_{n+i} Si nécessaire et si renuméroter les variables.

5 FORME EQUIVALENTE ET TABLEAU SIMPLEXE

Lorsqu'une base B est disponible, on peut transformer le problème sous la forme

$$Z = \min z = c_B x_B + c_R x_R$$

$$Bx_B + Rx_R = d$$

$$x \geq 0$$

En séparant indices de base et hors base :

$$\begin{aligned} & c_B(1 \times m), c_R(1 \times n - m), B(m \times m), R(m \times n - m); x_B(m \times 1), x_R(n - m \times 1), \\ & T = (B, R) \\ & x = (xB) \\ & c = ({}^c B, {}^c R) \end{aligned}$$

et avec

$$\begin{aligned} x_B &= (x, i \in I), \text{ m variables de base} \\ x_R &= (x, i \in I), \text{ n-m variables hors base} \end{aligned}$$

La solution de base admissible initiale vaut :

$$\begin{cases} x_B = B^{-1}d \geq 0 \\ x_R = 0 \end{cases} \quad (\text{ par l'hypothèse H2})$$

Le problème peut se mettre sous une forme équivalente en[5] :

- diagonalisant les contraintes par rapport aux variables de base (à l'instar de ce qui se fait dans la méthode de Gauss de résolution d'un système linéaire) ;
- éliminant les variables de base dans l'expression de la fonction économique.

Il vient, par multiplication par B^{-1}

$$x_B + B^{-1}R x_R = B^{-1}d$$

et donc, en remplaçant x_B

$$z = c_B B^{-1}d - (c_B B^{-1}R - c_R)x_R$$

pour simplifier, introduisons des notations qui seront abondamment utilisées.

Posons

$$\begin{aligned} B^{-1}R &= A = (a_{ij}, j \in J) \text{ de dimension } (m \times n - m) \\ B^{-1}t_j &= a_j, j \in J, j^e \text{ vecteur colonne de } A \\ B^{-1}d &= (a_{i0}, i \in I) = a_0 \text{ de dimension } (m \times 1) \\ C_B B^{-1}R + c_R &= (a_{0j}, j \in H) = \alpha_0 \text{ de dimension } (1 \times n - m) \end{aligned}$$

$$(\text{par conséquent } c_B B^{-1}t_j - c_j = a_{0j})$$

Le problème, mis sous sa forme équivalente, s'écrit maintenant

$$\begin{aligned} \min z &= a_{00} - \sum_{j \in J} a_{0j} x_j \\ x_i + \sum_{j \in J} a_{0j} x_j &= a_{i0} \quad i \in I \\ x &\geq 0 \end{aligned}$$

Ou, en notation vectorielle,

$$z = a_{00} - \alpha_0 x_R$$

$$x_B + Ax_R = a_0$$

$$x \geq 0$$

Les coefficients de cette forme équivalente constituent le tableau simplexe (à m+1 lignes et à n-m+1 colonnes), que l'on peut donc associer à chaque solution de base.

$$x_j, j \in J \text{ (Variables hors base)}$$

z	a_{00}	a_{0j}
$x_i, i \in I$ (variables De base)	a_{i0}	a_{ij}

L'intérêt du tableau simplexe est évident : la simple lecture de la première colonne (celle des termes indépendants de la forme équivalente) fournit .

a_{00} la valeur actuelle de la fonction économique ;

a_{i0} la valeur de la variable de base $x_i, i \in I$,

Les variables $x_j, j \in J$, hors base sont par définition égales à zéro, quand la solution de base est admissible (comme supposé ici) ; toutes les valeurs $a_{i0}, i \in I$, sont non négatives [5].

Remarques

$$1. \quad \text{De} \quad B^{-1}t_j = a_j, j \in J, \text{ il vient}$$

$$t_j = \sum_{i \in I} a_{ij} t_i, \quad j \in J$$

Les coefficients a_{ij} du tableau simplexe sont donc les coefficients de la combinaison linéaire des vecteurs de base t_i ($i \in I$) qui exprime de manière unique le vecteur hors base t_j .

A l'une ou l'autre occasion, il sera utile de considérer le tableau simplexe, dit complet, avec toujours m+1 lignes mais n+1 colonnes :

z	a_{00}	0	a_{0j}
$x_i, i \in I$	a_{i0}	1	a_{ij}

Où I est la matrice identité ($m \times m$).

Les m colonnes supplémentaires, relatives aux m variables de base, sont toujours les mêmes et constituent dès lors généralement une information superflue.

D'où ressort de la définition de la matrice $A = B^{-1}R$ - ou $(I, A) = B^{-1}T$ dans le cas du tableau simplexe complet- que lorsque la matrice T contient une matrice unité I (par exemple relative à des variables d'écart), la sous-matrice de (I, A) relative aux indices des colonnes formant cette matrice unité, correspond à l'inverse de la matrice de base[5] :

$$I \in T \Rightarrow B^{-1} \in (I, A).$$

Propriétés fondamentales de la programmation linéaire

- Propriété de caractérisation de l'absence de solution optimale finie.

Soit une solution de base admissible ; s'il existe $k \in J$ tel que

$$\begin{cases} a_{0k} > 0 \\ a_{ik} \leq 0, \forall i \in I, \end{cases}$$

la fonction économique z peut prendre une valeur aussi petite que l'on veut, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de solution optimale finie .

Démonstration

Puisque $a_{ik} \leq 0, \forall i \in I$, la solution définie par⁽²⁾

$$\begin{cases} x_j = 0, j \in J - k \\ x_k = x_k^* > 0 \\ x_i a_{io} = a_{ik}, i \in I \end{cases}$$

est encore une solution admissible (mais non de base), quelle que soit la valeur positive de x_k^*

Or, pour cette solution admissible, on a

$$z = a_{00} - a_{0k} x_k^* ;$$

étant donné $a_{0k} > 0$, il vient $z \rightarrow -\infty$ pour $x_k^* \rightarrow +\infty$

⁽²⁾ Par facilité d'écriture, nous écrirons $J-k$ au lieu de la notation ensembliste $J/\{k\}$

Cette absence de solution optimale finie se caractérise donc au niveau du tableau simplexe par la situation

	k
	>0
	$\vdots \quad \vdots$
≥ 0	$\vdots \leq 0 \quad \vdots$
	$\vdots \quad \vdots$

- Propriété d'amélioration d'une solution de base admissible

Soit une solution de base admissible et supposons que $\forall k \in J$ tel que $a_{ok} > 0$, il existe au moins un indice $i \in I$ pour lequel $a_{ik} > 0$ (contrairement à la situation de la propriété II.2.1).

Définissons l'indice L par la relation

$$\frac{a_{lo}}{a_{lk}} = \min \left(\frac{a_{io}}{a_{ik}} \right)$$

Si on remplace dans la base le vecteur de base t_l par le vecteur hors base t_k , on obtient une nouvelle base correspondant à une solution de base admissible meilleure – ou aussi bonne- que la précédente du point de vue de la fonction économique ,

Démonstration

Comme dans la démonstration précédente, considérons la solution

$$\begin{cases} x_j = 0, j \in J - k \\ x_k = x_k^* > 0 \\ x_i = a_{i0} - a_{ik} x_k^* \in I \end{cases}$$

Pour que cette solution soit admissible, il faut et il suffit que $x_i \geq 0 \forall i \in I$ c'est –à-dire il faut et il suffit que

$$x_k^* \leq \min \left(\frac{a_{i0}}{a_{ik}} \right)$$

En prenant

$$x_k^* = \min \left(\frac{a_{i0}}{a_{ik}} \right) = \frac{a_{lo}}{a_{lk}}$$

une nouvelle solution admissible est définie :

$$\left| \begin{array}{l} x_j = 0; j \in J - k \\ x_k = x_k^* > 0 \\ x_i = a_{i0} - \frac{a_{ik}a_{l0}}{a_{lk}}, i \in I - l \\ x_l = 0 \end{array} \right.$$

En vertu de la remarque 1. du paragraphe II. et du fait que $a_{ik} \neq 0$, la matrice (m x m) formée des vecteurs $t_i (i \in I - l)$ et t_k , est une matrice de base (compte tenu du dernier point du paragraphe I.3.1) la nouvelle solution obtenue est la solution de base correspondante .

De plus la fonction économique prend la nouvelle valeur.

$$z = a_{00} - a_{0k}x_k^* = a_{00} - \frac{a_{0k}a_{l0}}{a_{lk}}$$

Ce qui représente une valeur inférieure (ou égale, dans le cas particulier

$a_{l0} = 0$:) à la valeur précédente a_{00}

Cette propriété qui servira de base à une itération de l'algorithme simplexe, se caractérise donc au niveau du tableau simplexe par la situation .

		$\vdots$
$\leftarrow$		>0
calcul		$\vdots$
de		>0
$L \leftarrow \frac{a_{i0}}{a_{ik}}$	≥ 0	$\vdots$
		>0
		$\vdots$
		$\vdots$

k

- Test d'arrêt : obtention d'une solution de base optimale

Soit une solution de base admissible. Une condition suffisante, et nécessaire si le problème est non dégénéré, pour que cette solution soit optimale, est que $\forall j \in J$ ait $a_{0j} \leq 0$.

Démonstration .

Etant donné $z = a_{00} - \sum_{j \in J} x_j$, il est clair que le minimum de z sous les conditions $x_j \geq 0$ est atteint pour $x_j = 0 \forall j \in J$ et que la condition est suffisante. Des deux propriétés précédentes, il résulte que la condition est

nécessaire, mais uniquement si la solution pas nécessairement, s'il existe un indice $l \in I$ tel que $a_{l0} = 0$ et $a_{lk} > 0$, l'amélioration de la fonction économique.

L'obtention d'une solution de base optimale finie se caractérise donc au niveau du tableau simplexe par la situation.

	≤ 0
≥ 0	

Remarque

Nous soulignerons au paragraphe II.6 qu'à une même solution de base admissible dégénérée, correspondent plusieurs bases et donc plusieurs tableaux simplexes différents. Lorsqu'une solution de base dégénérée est optimale, parmi les bases qui lui correspondent, il en existe au moins une pour laquelle les coefficients du tableau simplexe vérifient $a_{0j} \leq 0$ [5].

- Interprétation géométrique

L'interprétation géométrique des trois propriétés ci-dessus est essentielle à la bonne compréhension de l'algorithme simplexe. Cette interprétation sera illustrée sur un exemple au paragraphe II.4.

Nous supposons ici qu'il n'y a pas dégénérescence.

Soit une solution de base admissible, c'est-à-dire un sommet de D ; elle correspond à l'intersection de n hyperplans

$$a_{i0}x_i = d_i \quad i = 1, \dots, m$$

$$x_j = 0 \quad j \in J$$

La non-dégénérescence de cette solution courante $x_i = 0$ signifie qu'elle n'est située sur aucun des m hyperplans $x_i = 0 \quad i \in I$

Augmenter une (et une seule) variable hors base x_k - de son niveau actuel «zéro à un niveau positif- consiste à se déplacer, à partir de ce sommet, le long d'une arête qui en est issue ; il y a donc n-m arêtes issues de ce sommet. Si le coefficient a_{0k} du tableau simplexe est strictement positif (négatif) ; cette direction de déplacement entraîne une diminution (augmentation) de la fonction z ; un a_{0k} nul signifie que la fonction z reste stable le long de l'arête correspondant à la variation de x_k [6].

Pour améliorer la valeur de la fonction économique, il est donc nécessaire de déterminer une arête le long de laquelle z diminue, c'est-à-dire de déterminer une variable hors base x_k telle que $a_{0k} > 0$.

Si une telle arête n'existe pas ; il n'est pas possible d'améliorer la valeur de la solution courante est une solution optimale.

Supposons qu'une telle arête existe ($\exists x_k / a_{0k} > 0$) ; le gradient de z étant constant (vu le caractère linéaire de z), il est avantageux de déplacer la solution courante le plus loin possible le long de cette arête.

La seule limite au déplacement est de ne pas sortir du domaine d'admissibilité D : il convient donc, sous peine de voir une variable devenir négative, d'arrêter le déplacement dès qu'est atteint un des m hyperplans $x_i = 0, i \in I$.

Rappelons que le problème est sous forme standard : si la variable $x_i, i \in$, est une variable d'écart, l'hyperplan $x_i = 0$ est celui correspondant à une contrainte réelle d'inégalité $\alpha_i x \geq d_i$.

La direction de déplacement choisie $(x_k \square)$ coupe l'hyperplan $x_i = 0$ si $a_{ik} > 0$; la distance (mesurée en terme d'augmentation de la variable x_k) à parcourir le long de cette arête vaut $\frac{a_{i0}}{a_{ik}}$.

6 DONNÉES ET RÉSULTATS

L'entreprise Ab mécanique fabrique divers modèles d'appareils mécaniques. Suite à une réunion, il a été convenu d'examiner la possibilité de modifier le programme actuel de fabrication des pompes à eau, soit 600 unités de son T 12 et 200 unités de son modèle T56. L'assemblage se fait essentiellement en deux phases et, par la suite, un contrôle de qualité est effectué sur toutes les unités. Le tableau suivant donne l'information concernant le nombre d'heures exigées pour fabriquer chaque modèle ainsi que les disponibilités en heures de chaque atelier.

Tableau 1. Tableau des données

Ateliers	Nombre d'heures de travail		Heures disponibles
	T12	T56	
Premier assemblage	3	4	4200
Deuxième assemblage	2	3	2250
Contrôle de qualité empaquetage	1	1	2600

Étant donné la situation du marché, l'entreprise ne veut pas fabriquer plus de 1500 unités du modèle électronique T 12

La contribution au bénéfice du modèle T12 est de 60 l'unité alors que celle du modèle T56 est de 70

On veut déterminer le programme optimal de fabrication à mettre en œuvre c'est-à-dire
Celui qui maximiserait les bénéfices.

Variables de décision :

x1 : le nombre d'unités à fabriquer du modèle T12

x2 : le nombre d'unités à fabriquer du modèle T56

Les contraintes sont :

$$C1 : 3x1 + 4x2 \leq 4200$$

$$C2 : x1 + 3x2 \leq 2250$$

$$C3 : 2x1 + 2x2 \leq 2600$$

$$C4 : x1 \leq 1500 \text{ unités}$$

$$x1 \geq 0, x2 \geq 0$$

La fonction économique à **maximiser** est

$$Z = 60x1 + 70x2$$

Dans le tableau de la cellule cible : la fonction réalise une valeur optimale de 94000 réalisée quand les variables quand les variables décision (cellules variables) prennent les valeurs $x1 = 1000$ et $x2 = 3000$.

Dans le tableau contraintes : le terme Etat désigne si la contrainte est saturée ou non (liée ou non). C'est le cas des deux contraintes qui passent par le point optimal. (1000 ; 3000). Le terme marge désigne l'écart observé sur la marge de contrainte à l'optimum.

Tableau 2. Tableau d la cellule cible

Cellule	Nom	Valeur initiale	Valeur finale
\$F\$12	total quantités des ressources	0	94000

Tableau 3. Tableau des cellules variables

Cellule	Nom	Valeur initiale	Valeur finale	Entier
\$B\$2	Nombre d'unités T12	0	1000	Entier
\$C\$2	Nombre d'unités T56	0	300	Entier

Tableau 4. Tableau de la cellule cible

Cellule	Nom	Valeur de la cellule	Formule	État	Marge
\$D\$5	Assemblage phase 1	4200	$\$D\$5 \leq \$F\5	Lié	0
\$D\$6	Assemblage phase 2	1900	$\$D\$6 \leq \$F\6	Non lié	350
\$D\$7	Verification et emballage	2600	$\$D\$7 \leq \$F\7	Lié	0
\$D\$8	Quantité de T12	1000	$\$D\$8 \leq \$F\8	Non lié	500
\$B\$2	Nombre d'unités T12	1000	$\$B\$2 \geq 0$	Non lié	1000
\$C\$2	Nombre d'unités T56	300	$\$C\$2 \geq 0$	Non lié	300
$\$B\$2 : \$C\$2 = \text{Entier}$					

7 CONCLUSION

Nombreux sont les problèmes de décision qui utilisent un modèle de programmation mathématique. Ici, on s'est intéressé au cas où la fonction à optimiser ainsi que toutes les contraintes sont linéaires. Etant donné que le modèle est relativement général et permet de traiter une quantité de problèmes d'ingénierie et qu'il existe des algorithmes extrêmement efficaces pour obtenir des solutions, les applications qui ont été faites de la programmation linéaire, ces dernières années sont très variées. La méthode simplex développée par George Dantzig a conduit à plusieurs algorithmes généraux qui permettent de résoudre aisément des problèmes de grande taille (plusieurs dizaines de milliers de variables et plusieurs milliers de contraintes).

REFERENCES

- [1] M. L. Beale, "Introduction to Optimization", First Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1988.
- [2] G. B. Dantzig, "Linear Programming and Extensions", First Edition Princeton University Press, 1963.
- [3] R. Dorfman, P. A. Samuelson, R. M. Solow, "Programmation linéaire et gestion économique", Dunod, 1962.
- [4] M. Simonard : "Programmation linéaire". First Edition. Dunod, 1962.
- [5] J. Teghem, Programmation linéaire, statistiques et mathématiques appliquées, éditions de l'université libre de Bruxelles, première édition, 1996.
- [6] G. Hadley, "linear programming", First Edition, Addison –Wesley, 1962.

Construction d'une carte de contrôle des procédés de production d'une société industrielle

[Construction of a control chart of production processes of an industrial company]

Moulay El Mehdi FALLOUL

Doctorant en économie et finance appliquée,
Université Hassan II Mohammedia,
Mohammedia, Maroc

Copyright © 2015 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 control chart is a tool used in the field of quality control to control a process. It determines when a particular cause of a characteristic variation occurs, resulting in alteration of the process. For example, a manufacturing process can be switched off before producing non-standard components. The types of control charts most commonly used in the industry are control charts of the average and range. In this method, two graphs are plotted and interpreted simultaneously. Another type often used in economics, is the control chart for individual values. The aim of this paper is to construct a control chart of production processes of an industrial company.

KEYWORDS: control chart, continuous variables, control limits, histograms, run chart.

RESUME: Une carte de contrôle est un outil utilisé dans le domaine du contrôle de la qualité afin de maîtriser un processus. Elle permet de déterminer le moment où apparaît une cause particulière de variation d'une caractéristique, entraînant une altération du processus. Par exemple un processus de fabrication pourra être mis à l'arrêt avant de produire des pièces non conformes. Les types de cartes de contrôle les plus utilisées dans l'industrie sont les cartes de contrôle de la moyenne et de l'étendue. Dans cette méthode, deux graphiques sont tracés et interprétés simultanément. Un autre type, souvent utilisé en économie, est le graphique de contrôle aux valeurs individuelles. Le but de ce papier est de construire une carte de contrôle des procédés de production d'une société industrielle

MOTS-CLEFS: Carte de contrôle, variables continues, limites de contrôle, histogrammes, run chart.

1 INTRODUCTION

La Maîtrise statistique des processus est un outil très utile pour être utilisé dans la promotion et le maintien de la santé d'une entreprise commerciale ou industrielle.

La première étape de SPC est de définir le processus à partir du point de vue général. Ensuite, les caractéristiques du processus sont observées et mesurées au fil du temps. Les chiffres obtenus à partir de ces observations servent à surveiller le processus de calcul de la moyenne et à examiner les variations naturelles autour de la moyenne (moyenne) au fil du temps. Cette méthode d'étude de la variation de la moyenne est connue sous le nom contrôle graphique, elle identifie si le processus a rencontré toute variation spéciale nécessitant une attention particulière. Les tableaux de contrôle qui indiquent si le processus est en contrôle et prévisible [1]. Toutefois, si les cartes de contrôle présentent des variations inhabituelles (par points en dehors de la plage acceptable), cela peut indiquer un problème dans le processus. Habituellement le problème est

causé par une circonstance temporaire et ainsi, peuvent être résolu par une solution localisée plutôt que de modifier la politique générale. Il est à noter ici que le SPC est utilisé :

- 1 - pour améliorer la qualité.
- 2 - pour augmenter le rendement (ou maintenir le rendement à un coût réduit).

2 PROCÉDURE DE CONSTRUCTION DE LA CARTE CONTRÔLE

Voici les étapes pour créer le contrôle d'un processus de production recommandé dans la norme ANSI/ASQC normes A1 (1987) et B3 (1986). Les étapes 1 à 4 sont préliminaires, les étapes 5 à 7 sont pour le démarrage de la carte de contrôle, tandis que les étapes 8 à 10 se rapportent à l'utilisation d'une carte de contrôle durant la production. Il est à noter que ces étapes sont simplement des directives, et la pratique réelle peut varier selon le type et la nature de l'industrie ou les processus [1].

2.1 SÉLECTION DES CARACTÉRISTIQUES DE QUALITÉ

Sélectionnez les caractéristiques affectant la *performance* du produit. Les caractéristiques sélectionnées peuvent être caractéristiques des matériaux ou composants ou des produits finis.

2.2 ANALYSE DES PROCESSUS DE PRODUCTION

Pour les caractéristiques de qualité sélectionnée, étudier le processus de production en détail pour déterminer le type et l'emplacement des défauts qui sont susceptibles de donner lieu à une cause particulière de variation. Également :

Revoir les exigences imposées par les limites de spécification.

Étudier la relation entre chaque étape de production et de la caractéristique choisie, notant où et comment la variation pouvant résulter de causes associées à la matière première, machine, exploitation humaine, etc..

Étudier la méthode d'inspecter une unité et éviter les erreurs de l'inspection en raison des défections, erreurs humaines, etc.

Décider si la totalité de la production d'un produit constitue un processus unique ayant un système commun de la cause ou deux ou plusieurs flux distincts (lignes de convoyage par exemple différents, machines, déplacements, opérateurs, etc., peuvent justifier des contrôles distincts) [2].

Décider le point le plus rapproché dans le processus de production au cours de laquelle l'inspection et les essais peuvent être effectués.

2.3 LA COLLECTE DE DONNÉES ET LE SOUS-GROUPE PLANIFICATION

Décider quelles données de qualité doivent être enregistrées et comment faire pour diviser les données en sous-groupes. Aussi garder à l'esprit les points suivants :

Des instructions claires pour inspecter une unité individuelle et le résultat d'enregistrement sont nécessaires. L'enregistrement peut être une valeur mesurée ou un symbole pour indiquer si l'appareil est conforme ou non, selon le type de graphique à utiliser.

Décider comment les valeurs observées doivent être regroupées, afin que les unités dans n'importe quel sous-groupe soient produites dans des conditions identiques. Les sous-groupes exigent des connaissances techniques du processus de production et la familiarité avec les conditions de production. Alors que prendre une décision sur le sous-groupe basé sur le temps, tels qu'une fois au cours de toutes les demi-heures, heures ou jours, ou de chaque lot de production, etc., les facteurs périodiques liés au processus de production ne devraient pas coïncider avec le temps des biais d'échantillonnage et de telles éléments devraient être évitée. Si l'inspection d'une unité est simple, comme l'utilisation d'un «jauge non ajusté », un échantillon de 4 ou 5 toutes les demi-heures ou toutes les heures est préférable. Si l'échantillonnage est effectué fréquemment, une unité de 4 ou 5 ou même 10 consécutifs peuvent être groupés pour former un sous-groupe. Lors sous-groupe est fondée sur l'ordre de production, l'utilisation des petits sous-groupes et fréquents est préférable aux grands sous-groupes peu fréquents.

2.4 CHOIX DES MESURES DE LA QUALITE

Décider les mesures statistiques de qualité à utiliser pour la feuille de contrôle. Parfois, l'unité doit noter sur une base de l'attribut et la Charte de contrôle peut-être être de type p ou np.

2.5 COLLECTE ET ANALYSE DES DONNEES PRELIMINAIRES

Une fois que les décisions ont été prises sur le choix des caractéristiques, les sous-groupes et les mesures statistiques utilisés pour le contrôle graphique, recueillir et analyser des données d'inspection afin d'établir une carte de contrôle préliminaire ou du procès c'est-à-dire centrale. Il est souhaitable de disposer de données par échantillon au moins 25 sous-groupes. Si les dernières données sont disponibles, ils peuvent être utilisés directement pour le sous-groupe.

2.6 FIXATION DES LIMITES DE CONTROLE

De l'analyse des données préliminaires, établir des limites de contrôle comme les limites de l'action. Les limites de contrôle doivent être utilisées comme limites d'action pour des résultats de l'inspection future comme ils sont tracés sous-groupe par sous-groupe. L'utilisation des limites 3-sigma est généralement recommandée, en employant les formules pertinentes pour calculer les limites de contrôle et les lignes centrales.

2.7 PREPARER LE CONTROLE GRAPHIQUE POUR UNE UTILISATION

Sur un formulaire approprié ou un carré de papier, étalez un graphique avec des échelles verticales à gauche pour les mesures statistiques choisies et une échelle horizontale pour le nombre de sous-groupes, complétée éventuellement par numéro date et échantillon. Des Logiciels s'avèrent aussi très pratique à cet effet.

2.8 TRAÇAGE DE POINTS SUR LE TABLEAU DE CONTROLE ET PRENDRE DES MESURES

Décider quel type d'action qui doit être prise si un point se situe en dehors des limites de contrôle général. L'action peut être sur le lot du produit échantillonné ou sur le processus de production. Dès que les résultats d'inspection sont disponibles auprès d'un échantillon, calculer la valeur de la mesure statistique et tracer un point sur le graphique à la fois. Si un point se situe à l'extérieur des limites de contrôle, prendre les mesures jugées appropriées. Même si tous les points entrent dans l'intervalle de contrôle, les indications des changements dans le processus doivent être observé [3].

2.9 L'HYPOTHESE DE L'EXISTENCE D'UN ETAT DE CONTROLE

Habituellement, il n'est pas raisonnable de supposer qu'un état de contrôle existe avant que 25 points successifs sous-groupe tracés se situent dans les limites de la 3-sigma. En outre, si ce n'est plus de 1 sur 35, ou pas plus de 2 / 100, chute à l'extérieur des limites de contrôle 3-sigma, un État du contrôle peut normalement supposer exister.

2.10 REVISION DES NORMES DE CONTROLE GRAPHIQUE

Les normes adoptées au départ pour construire les cartes de contrôle généralement ne devraient être examinés qu'après que 10 à 25 points ont été tracés. Si les causes spéciales sont *situées et éliminées*, il est nécessaire de modifier la norme (limites). Quoiqu'un degré assez élevé de contrôle est atteint, il est souhaitable d'avoir un calendrier précis pour l'examen, comme après chaque tranche de 50 ou 100 points.

3 CONSTRUCTION D'UNE CARTE DE CONTROLE DE SHEWHART POUR VARIABLES CONTINUS

L'idée de la carte de contrôle doit fonctionner comme un mécanisme pour contrôler le niveau moyen et en l'autre pour le spread du processus. Il faut un minimum de deux graphiques. Un pour contrôler le processus de niveau moyen et l'autre pour contrôler le spread du processus.

3.1 PROCESSUS SOUS CONTROLE - HORS DE CONTROLE

Dans tout processus de production, certaines variations dans la qualité sont inévitables, et la théorie derrière le tableau de commande émis par le Dr W. A. Shewhart est que cette variation peut être divisée en deux catégories.

La variation aléatoire et la variation due à des causes spéciales ni cessibles. Les variations de la qualité qui sont dus à des causes sur lesquelles nous avons un certain contrôle. Comme une qualité différente de la matière première, ou des travailleurs semi-qualifiés et nouveaux sont appelées les causes spéciales de variation.

La variation aléatoire est la variation dans la qualité qui est le résultat de nombreuses causes complexes, le résultat de chacune de ces causes étant légère. On ne peut rien faire sur cette source de variation sauf à modifier le processus.

Si les données d'un processus sont telles qu'ils pourraient provenir d'une distribution unique, ayant certaines propriétés souhaitées comme une moyenne dans une plage spécifiée, le processus est dit être sous contrôle.

Si, en revanche, la variation due à une ou plusieurs des causes spéciales est présente, le processus est censé être hors de contrôle. Le tableau de contrôle de Shewhart est un dispositif simple qui permet de définir cette faille de contrôle statistique plus précisément, et qui nous permet aussi de juger quand il a été atteint.

3.2 RISQUES D'ÉCHANTILLONNAGE

Lorsqu'on utilise SPC, on prend des petits échantillons du processus à intervalles réguliers. Ainsi, nous concluons que le processus est sous contrôle ou hors de contrôle. Si le processus est hors de contrôle. Cela peut être dû à un changement de processus de niveau moyen, ou du spread du processus. Ou en raison d'un problème particulier à un moment déterminé point. En raison de la variation inhérente à l'échantillonnage. Les niveaux moyens et les "spreads" comme indiqué par les échantillons varient d'un échantillon à l'autre même si les moyennes et spreads des processus moyenne sont constants. Cela donne lieu à deux dangers lorsque les observations de l'échantillon sont tracées sur un graphique de contrôle [4].

3.3 CARTES DE CONTROLE POUR LA MOYENNE

La construction d'une carte de contrôle pour la moyenne et l'écart type s'appuie sur les estimations de $\hat{\mu}$ le niveau moyen du processus et $\hat{\sigma}_e$, l'écart-type du groupe.

Ces estimations sont calculées à partir de données provenant d'études de capacité de processus. Ou à partir des données actualisées.

-Résumé de la méthode

Construction d'une carte pour la moyenne

Étape 1 obtenir des estimations du niveau moyen du processus, $\hat{\mu}$ et la variabilité des processus et également obtenir l'erreur type estimée des moyens du groupe, $\hat{\sigma}_e$.

Étape 2 Choisissez l'échelle de la carte afin que $\hat{\mu}$ se trouve à proximité du centre. Et ce que l'échelle couvre environ $\pm 4\hat{\sigma}_e$, de $\hat{\mu}$. Où n est la taille de l'échantillon à chaque point d'échantillonnage

Étape 3 marquer les lignes d'action à $\hat{\mu} \pm 3.09\hat{\sigma}_e$ (probabilité) ; $\hat{\mu} \pm 3\hat{\sigma}_e$

Étape 4 Marquez les lignes de l'avertissement au $\hat{\mu} \pm 1.96\hat{\sigma}_e$ (probabilité) $\hat{\mu} \pm 2\hat{\sigma}_e$ [4].

3.4 CARTE DE CONTROLE DE L'ÉTENDUE (INTRA-GROUPE)

Cartes de l'étendue

Il y a deux façons de configurer le tableau de l'étendue - la méthode « étendue » et la méthode « σ ».

Résumé de la méthode

Construction d'une carte de l'étendue méthode de l'étendue

Étape 1 obtenir la fourchette moyenne $\bar{R}$ soit de capacité de procédé étudié. Ou d'au moins 20 groupes de nouvelles données.

Étape 2 choisir l'échelle de la carte de l'étendue, ainsi que l'étendue descend à zéro et jusqu'à environ deux fois plus la plus large gamme observée dans les données d'essais.

Étape 3 marquer l'action et les limites d'avertissement sur le graphique :

Limite inférieure d'action: $D_1 \bar{R}$

Seuil d'intervention supérieure: $D_2 \bar{R}$

Seuil d'avertissement: $D_3 \bar{R}$

Limite supérieure d'avertissement: $D_4 \bar{R}$

Où la D_1, D_2, D_3 et D_4 sont indiquées dans le tableau (facteurs pour les graphiques de l'étendue d'une moyenne. Les facteurs sont obtenues par la distribution de l'étendue dans les échantillons normaux et les facteurs de conversion de la gamme d'estimations de σ).

Construction d'une carte de gamme de la méthode ' σ '

Résumé de la méthode

Étape 1 obtenir une estimation de σ_w depuis au moins 20 groupes de nouvelles données ou de données d'études process capacité.

Étape 2 Utilisez les facteurs de Table (facteurs pour les graphiques de gamme de Construction d'une estimation de σ). et multiplier par $\hat{\sigma}_w$ pour trouver l'endroit où tracer les limites de contrôle et de mise en garde. L'échelle doit être choisie pour s'étendre à environ 50 % supérieure à la limite supérieure de contrôle.

3.5 CARTES DE L'ÉCART-TYPE

Elles sont très semblables pour les cartes de la gamme, sauf que les écarts-types sont calculés et tracés pour chaque groupe.

Résumé de la méthode

Étape 1 obtenir une estimation de σ_w depuis au moins 20 groupes de nouvelles données.

Étape 2 Utilisez les facteurs de Table (facteurs pour les graphiques de déviation de Construction d'une estimation de l'écart-type).

Limite inférieure d'action: $\hat{D}_9 \sigma_W$

Seuil d'intervention supérieure: $\hat{D}_{10} \sigma_W$

Seuil d'avertissement: $\hat{D}_{11} \sigma_W$

Limite supérieure d'avertissement: $\hat{D}_{12} \sigma_W$

Contrôle de la propagation entre les groupes

Le contrôle de la variation entre les groupes peut être affecté en calculant un tableau de déplacement-gamme ou d'un graphique de déplacement-écart-type, basés sur la moyenne du groupe. La méthode couramment utilisée consiste à exploiter une $\bar{X}$ et une carte R ou S .

La durée d'exécution moyenne

Afin de concevoir les graphiques d'une façon plus précise et de comparer les propriétés des cartes alternatives, nous avons besoin d'introduire la notion de longueur de l'exécution. La durée d'exécution est le nombre d'observations tracées sur les cartes jusqu'à ce qu'un signal « hors de contrôle » est donné. Les longueurs de course sont généralement calculées en supposant que les observations sont prélevées indépendamment dans une population donnée, et ici, nous supposons qu'il n'y a seulement qu'une simple variation aléatoire.

3.6 PROBLÈMES PARTICULIERS

Non-normalité

Fondamentalement, la non-normalité n'importe pas beaucoup pour le contrôle des processus de niveau moyen. Mais elle peut affecter les graphiques pour le contrôle de la propagation nettement. Fréquemment les enquêtes montreront que la non-normalité est due à quelques perturbations dans lequel le processus est conduit. Et ceci peut être corrigé. A défaut, il est souvent possible de transformer des données à la normalité en utilisant une transformation simple comme logarithme, racine carrée. etc.. S'il y a une non-normalité et cela ne peuvent être corrigées. La procédure serait de recueillir suffisamment de données pour s'adapter à une distribution et puis monter l'action et lignes d'avertissement aux points de pourcentage approprié.

Nombres inégaux dans les groupes

Si les numéros dans les groupes changent, c'est une simple question de modifier les limites.

Corrélation

Il est clair que si les moyens du groupe successifs sont corrélés, le graphique de Shewhart pourrait être affecté nettement. Vasilopoulos et Stamboulis (1978) [5] ont montré comment faire pour changer les limites de la décision pour un modèle autorégressif simple.

3.7 QUELQUES RESULTATS THEORIQUES DE LA CARTE DE SHEWART

Carte de Shewhart avec des lignes d'action

Nous partons du principe seulement une variation aléatoire simple, tout d'abord, nous traitons un graphique de Shewhart des moyens avec les lignes d'action seulement. Supposons que nous prenons des observations dans les groupes de n à la fois. Que nous notons X_{ij} , $j = 1, 2, \dots, n, \dots, n$. $i = 1, 2, \dots$ Le groupe : $\bar{x}_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} / n$ sont tracés sur un graphique avec des limites

d'action supérieur et inférieur à x_{UA}, x_{LA} . Si toutes les observations sont indépendamment et identiquement distribuées par une distribution normale de type $N(\mu, \sigma^2)$, alors la probabilité d'être en dehors des limites de l'action est

$$p = \int_{-\infty}^{x_{LA}} \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{(2\pi)\sigma}} \exp\{-n(x-\mu)^2 / 2\sigma^2\} dx + \int_{x_{UA}}^{\infty} \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{(2\pi)\sigma}} \exp\{-n(x-\mu)^2 / 2\sigma^2\} dx$$

$$= \Phi\left(\frac{x_{LA} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}\right) + \Phi\left(\frac{\mu - x_{UA}}{\sigma / \sqrt{n}}\right)$$

Il est clair que la distribution d'exécution de longueur R est géométrique de paramètre p . Cela signifie que l'ARL est

$$ARL = E(R) = 1/p$$

Et la variance de la distribution de la longueur de course est $v(r) = (1-p)/p^2$

Si le graphique est mis en place selon la méthode standard à l'aide de l'exacte μ et σ , alors $p = 0,002$, afin que

$$E(R) = 500 \text{ et } v(r) = 249\,500$$

et l'écart-type de R est 499,5. La nature très inégale de la distribution géométrique doit prendre note de. Si les graphiques sont conçus à l'aide de ARL comme base, ce point sur la forme de la distribution de longueur doit être surveillée attentivement [6].

Carte de Shewhart avec des lignes d'avertissement

Nous allons maintenant examiner le mis à jour le graphique de Shewhart avec lignes d'avertissement. Autrement dit, est prononcée lorsqu'un point est en dehors de la ligne d'action ou de deux points successifs en dehors des lignes d'avertissement. Soit p_0, p_1 et p_2 la probabilité de moyenne de l'échantillon tombant dans les régions et soit l'exécution longueurs de points au sein de ces régions L_0, L_1 et L_2 .

En prenant une observation. Nous générons les équations suivantes :

$$L_0 = 1 + p_0 L_0 + p_1 L_1 + p_2 L_2$$

$$L_1 = 1 + p_0 L_0 + p_2 L_2$$

$$L_2 = 1 + p_0 L_0 + p_1 L_1$$

On obtient:

$$L_0 = (1 + p_1 + p_2 + p_1 p_2) / (1 - p_0 - p_1 p_2 - p_0 p_1 - p_0 p_2 - p_0 p_1 p_2)$$

Dans cette expression. Il est relativement facile de travailler sur l'ARL pour toute distribution, tant que les s de X sont *i.i.d* (indépendantes et identiquement distribuées). Certaines valeurs des LAR pour le graphique standard avec limites à $\pm 3.09\sigma / \sqrt{n}$ et $\pm 196\sigma / \sqrt{n}$ (limites de la « probabilité »), et $\pm 3\sigma / \sqrt{n}$ et $\pm 2\sigma / \sqrt{n}$ (limite « fréquente ») [7].

La Position des lignes d'avertissement

À l'aide $L_0 = (1 + p_1 + p_2 + p_1 p_2) / (1 - p_0 - p_1 p_2 - p_0 p_1 - p_0 p_2 - p_0 p_1 p_2)$ Nous pouvons varier les valeurs de p_0 et p_1 pour obtenir l'ARL même lorsque le processus est sur la cible.

Il y a deux cas limites :

(1) aucune région « avertissement ». Ici, nous avons

$$p_0 = (L_0 - 1) / L_0$$

où L_0 est l'ARL lorsque le processus est sur la cible.

(2) aucune région « action », mais simplement une région d'avertissement. Ici, nous avons

$$p_1 = \{1 + \sqrt{1 + 8L_0}\} / 4L_0$$

Un schéma modifié

La règle suivante est suggérée : prendre des mesures si un point est en dehors des limites de l'action, ou de deux des trois points à l'extérieur de la limite d'avertissement de même. L'ARL fonction de cette règle peut provenir d'une manière similaire au graphique Shewhart avec avertissement méthode de lignes, et nous avons la formule :

$$L_0 = \frac{1 + (1 + p_0)(p_1 + p_2) + 2p_1p_2(1 + p_0)^2}{\{1 - p_0 - p_1p_2(1 + p_0)^2 + p_0p_1p_2(1 - p_0^2) - p_0^2(p_1 + p_2)\}}$$

4 LES DONNÉES ET RÉSULTATS

Les données sont extraites de la direction de production de la société de câblage DRS correspondent à 25 inspections chacune consistant en 5 prise de mesure sur un des procédés de la production.

Les limites inférieure, les limites supérieure et la valeur cible sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 1. Limites de contrôle et valeur cible

Carte X Individu (limites de contrôle) :	
Phase1	
UCL	483,010
CL	396,160
LCL	309,310

Les deux cartes de contrôle suivantes (carte X individu et carte MR plage glissante) permettent de conclure que le procédé est sous contrôle.

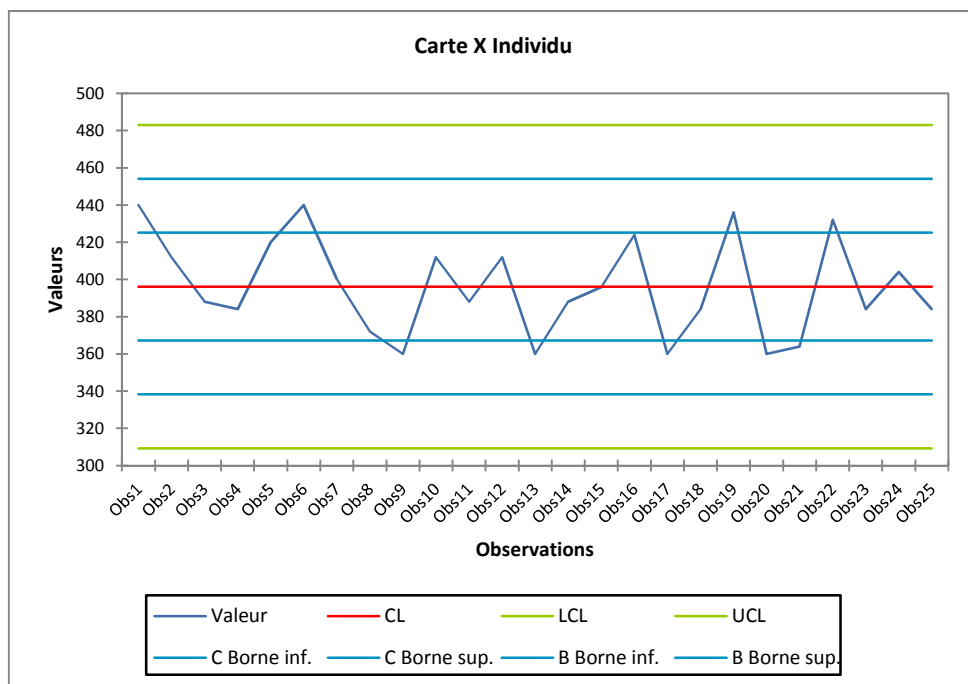


Fig. 1. Graphique de la carte X individu

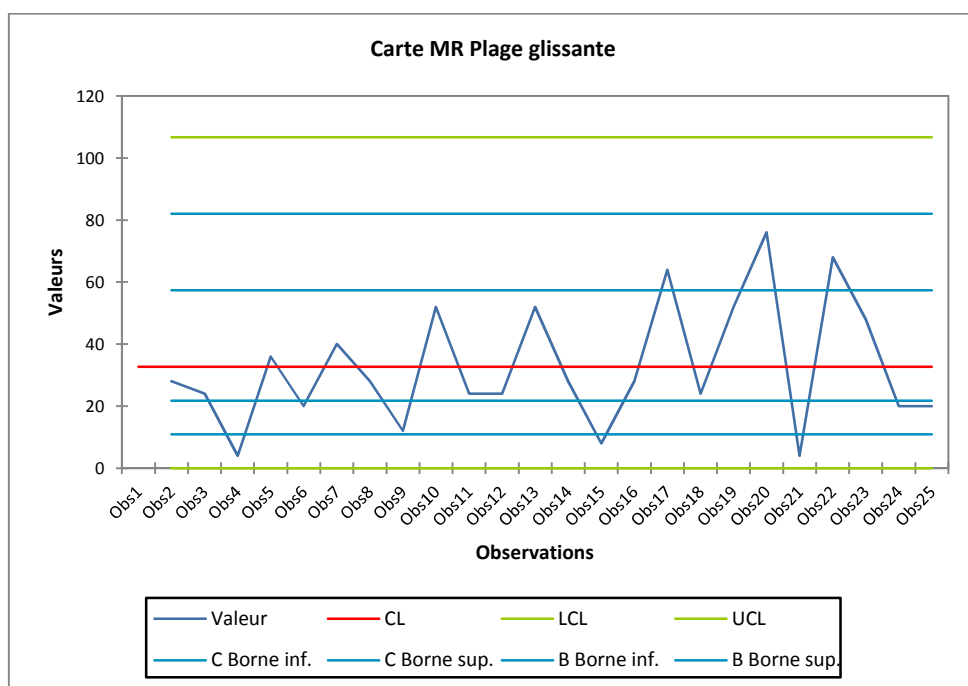


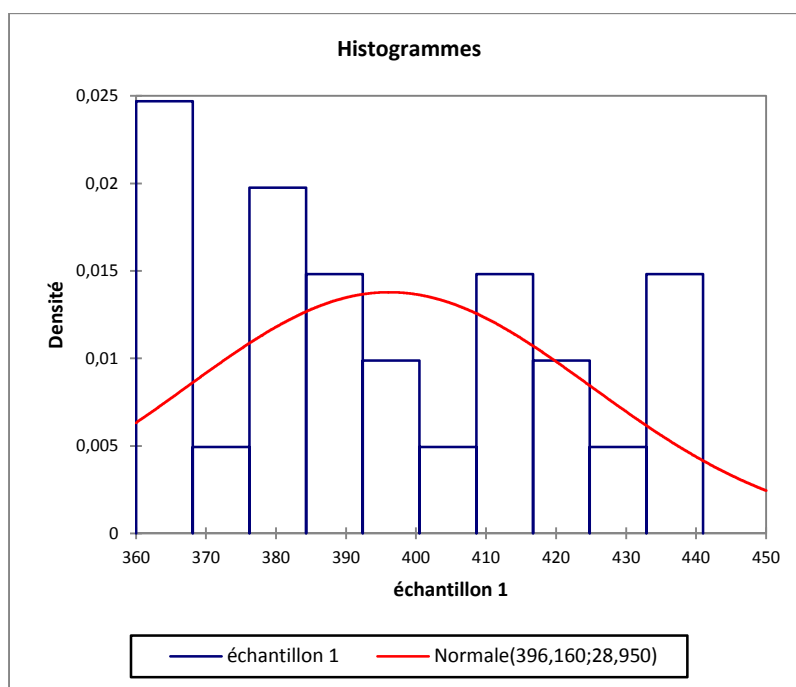
Fig. 2. Graphique de la carte MR Plage glissante

Le test de normalité de Jaque-Bera se présente comme suit :

Tableau 2. Résultats du Test de Jarque-Bera

Test de Jarque-Bera :	
JB (Valeur observée)	1,354
JB (Valeur critique)	5,991
DDL	2
p-value	0,508
alpha	0,05

Étant donné que la p-value est supérieur au seuil de signification, donc l'échantillon aléatoire suit une loi normale, le risque de rejeter l'hypothèse nulle de normalité de l'échantillon alors qu'elle est vraie est de 50.80%.

**Fig. 3. Graphique des Histogrammes**

La carte Run chart suivante contient les valeurs des observations en fonction du temps. On ne détecte pas de tendance les valeurs sont bien dans les limites.

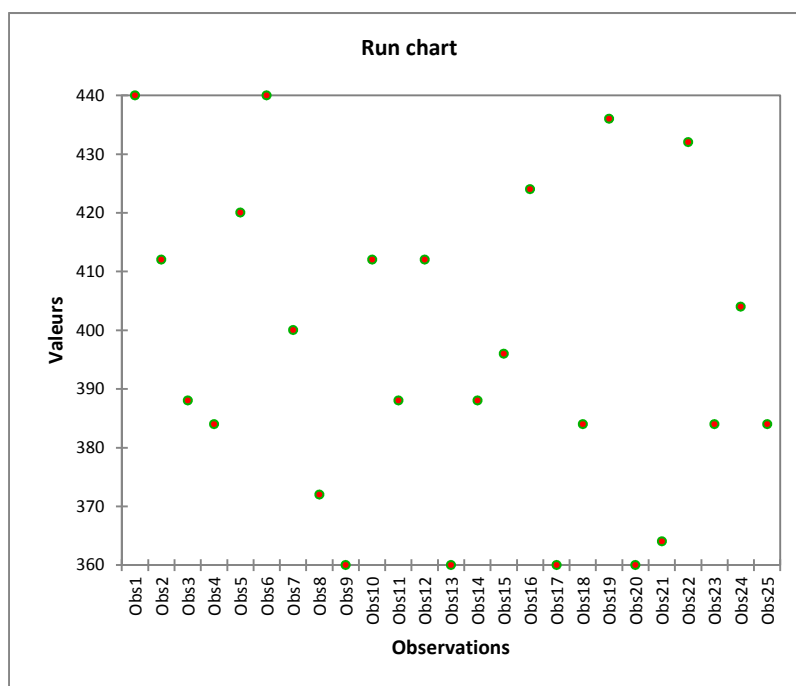


Fig. 4. Graphique de la Run chart

5 CONCLUSION

Le but premier des techniques SPC est d'encourager l'amélioration continue et de simplifier les processus administratifs et de production. Cartes de contrôle aident les gestionnaires dans l'élimination des déchets en leur permettant d'évaluer la stabilité d'un procédé particulier, déterminer la moyenne et la variabilité dans le processus et surveiller les effets pour améliorer le processus.

REFERENCES

- [1] M. Pillet, "Appliquer la maîtrise statistique des processus MSP/SPC", 4ème édition, Eyrolles, 2005.
- [2] J.S Hanter, " The exponentially weighted moving average" . Journal of Quality Technology, vol 18, pp. 203-210.1986.
- [3] J.R., Thompson, J. Koronacki, " Statistical Process Control for Quality Improvement ".Chapman and Hall Press, 1993.
- [4] M. Walton, "The Deming Management Method –The Complete Guide to Quality Management ". foreword by Deming, W.Edwards.1986.
- [5] A. V. Vasilopoulos and A. P. Stamboulis, "Modification of control chart limits in the presence of data correlation", Journal of Quality Technology, 10(1):20–30, 1978.
- [6] G.B.Wetherill, D.W. Brown, "Statistical Process Control Theory and Practice". Chapman and Hall Press, 1993.
- [7] D.F. Andrews, P.J. Bickel, F.R Hampel, P.J Huber, W.H Rogers, W.H., And J.W. Tukey, Robust Estimates of Location. Princeton: Princeton University Press.1972

Security Threats Analysis of Ibrahim Babangida Library, Modibbo Adama University of Technology, Yola

S.S. Abdulkadir and Daniel Ezra Dzarma

Department of Statistics and Operations Research,
Modibbo Adama University of Technology, Yola, Nigeria

Copyright © 2015 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 work was undertaken to evaluate the problems of Information Security Risk Management of Ibrahim Babangida Library (IBL) of Modibbo Adama University of Technology, Yola. The data for the study were obtained through a structured questionnaire and personal interview from the four Units of the library namely: Readers' unit, serial unit, Reserve Unit and Media Unit. The analysis employed was the Analytic Hierarchy Process (AHP) to prioritize threats in four Units of the library. The analyses of data revealed that: Library Security Threats in IBL are Categorized into three; Technological Threat, Natural Threat and Human Threat. Human Threat is the most severe among the three. Based on this result we gave the Recommendations that management should allocate resources to mitigate information security threat in order of threat preference: Human threat, Technological threat and Natural threats respectively.

KEYWORDS: Data, Analytic Hierarchy Process (AHP), security and threat.

1 INTRODUCTION

Insecurity of information is one of the greatest challenges to the information and communication technology (ICT) age. The threat to the security of information do manifest in several ways which include:

The vanderlization of communication equipment such as computer system, internet facilities and telephones. the loss of some important institutional and personal documents; student's result, staff bio data and data theft, the destruction of some documents and virus infection of some files in systems and disclosure of personal information to unintended persons or group e.g. Health status of an individual, staff payment voucher and pin number.

According to Begin (2008), even though organizations try to avoid costly information breaches, they cannot make their information 100% secure at all times. Thus, managing the risk associated with potential information security breaches is an integral part of resource allocation decision associated with information security activities. To make resource allocation decisions one needs to be clear on what is meant by the term risk.

According to Ajibuwa (2008), information security is the process of protecting data from unauthorized access, use, disclosure, destruction, modification or disruption. The terms information security, computer security and information assurance are frequently used interchangeably. These fields are interrelated and they have common goals of protecting the confidentiality, integrity and availability of information; their differences lie primarily in approach to the subject, the methodologies used and the areas of concentration. Information security is concerned with confidentiality, integrity and availability of data regardless of the data form i.e electronic, print or other forms.

In organization Information Technology (IT) departments are responsible for keeping the security in check, but it is difficult for them to get a clear picture of security posture without a formal risk analysis. While IT staff may be competent in implementing security tools, they often lack the expertise in financial modelling and risk analysis. Similar analysis has been carried out in the area of finance, engineering, nuclear plant and aviation. However, it is nascent in the information security discipline. Issues with the risk analysis in information security are lack of standardized metrics and processes for evaluation of

asset measuring impact of threats and estimating the benefits of controls and acute shortage of data that will enable reasonable statistical analysis to estimate risks. Another problem is the poor quality of data on traits and vulnerabilities that stain from organization fear that revealing security incident will attract other malicious hackers to exploit vulnerabilities and lead to increased frequency of attack (Goel, and Chen, 2005).

Academic library in institutions are susceptible to potential criminal problems arising from various forms of undesirable and anti-social activity. This can be well established use of academic libraries by vagrant looking for warm shelter.

Library managers must recognize that wilful criminal damage to buildings and stock is a fact of life and the risk assessment process should take that into account. Criminal damage may happen in variety of forms which range from graffiti, through vandalism, to arson at the extreme end of spectrum. However, library and information managers have also to contend with grey area of damage risk assessment which concerns the very purpose of libraries. Lending materials to users is one of the vital functions of academic library and some of the materials will be costly to replace if damaged either by accident or intent. Library managers must therefore assign priorities in assessing the likely risk of damage occurrence in the process of drawing up the right security strategy for their individual circumstances

Ibrahim Babangida library of Modibbo Adama University of Technology Yola in particular, is facing security challenges just like other libraries, there are some cases whereby students gets into the library and steal some vital materials or documents either in form of a book or paper. There were some situations whereby some students got into the library and tear some pages of books or damage some materials. The study carried out to analyse the risk associated with this kind of problems is known as security risk analysis.

In academic library like Ibrahim Babangida library for instance materials like, books, computers and disks, committee report and recommendations are among several pieces of information that require safety. The question is what can be done to enhance the safety of such important and highly sensitive information? This is indeed within the professional expertise of the Operations Researchers. Incidentally, depth study of every system is one of the best ways to propose a security policy for the system.

An important aspect of information security and risk management is recognizing the value of information and defining appropriate procedures and the protection requirement for the information. Different information requires different degrees of protection. This requires specific information to be assigned specific security classification. The first step in information classification is to identify a member of senior management as the owner of the particular information to be classified. Next, develop a classification policy. The policy should describe the different classification labels, define the criteria for information to be assigned a particular label and list the required security control for each classification. Some factors that influence which classification information should be assigned include how much value that information has to organization, how old the information is and whether or not the information has become obsolete. Laws and other regulatory requirements are also important considerations when classifying information. The collections of libraries are supposed to be made readily accessible to users with the minimum number of rules and regulations. Unfortunately, the popular open door policy to a wide range of readers from different cultures and social backgrounds make libraries vulnerable in the face of increasing anti-social behavior (Quinsee, 1991).

The major objectives of this Research work are: to identify potential information security risk events, prioritise potential risk events and Develop risk management strategies and risk management plan

2 METHODOLOGY

The method used include interview and rating done through Analytical Hierarchical Process AHP to determine the most severe and frequent threat in Ibrahim Babangida Library source of (Technological threat, Natural threat and Human threat) and to prioritize the various threats. Analytic Hierarchy Process is a multiple criteria decision-making tool Saaty (1980). AHP is an Eigen value approach to the pair-wise comparisons. It also provides a methodology to calibrate the numeric scale for the measurement of quantitative as well as qualitative performances. The scale ranges from 1/9 for _least valued than, to 1 for equal, and to 9 for absolutely more important than covering the entire spectrum of the comparison. Some key and basic steps involved in this methodology, are:

1. State the problem.
2. Broaden the objectives of the problem or consider all actors, objectives and its outcome.
3. Identify the criteria that influence the behavior.
4. Structure the problem in a hierarchy of different levels constituting goal, criteria, sub-criteria and alternatives.

5. Compare each element in the corresponding level and calibrate them on the numerical scale. This requires $n(n-1)/2$ comparisons, where n is the number of elements with the considerations that diagonal elements are equal or 1 and the other elements will simply be the reciprocals of the earlier comparisons.
6. Perform calculations to find the maximum Eigen value, consistency index CI, consistency ratio CR, and normalized values for each criteria/alternative.
7. If the maximum Eigen value, CI, and CR are satisfactory then decision is taken based on the normalized values; else the procedure is repeated till these values lie in a desired range. (Vaidya and Kumar, 2006)

The sample of library staff from readers service unit, serial unit, reserve unit, technical unit, collection development centre, media unit and Physical planning unit of the administrative Block, from Modibbo Adama University of technology were obtained using Stratified sampling procedure. The questionnaires were used to obtain data from the Ibrahim Babangida Library and administrative block of Modibbo Adama University of Technology Yola. It is good to know how the data were analysed or what instruments were used in analysing the data because of the insights its provides into the problem solved or tackled by researchers (Idama 2000). The obtained data were analysed using Analytic Hierarchy Process (AHP) with the aid of Common Gateway (CGI) Software.

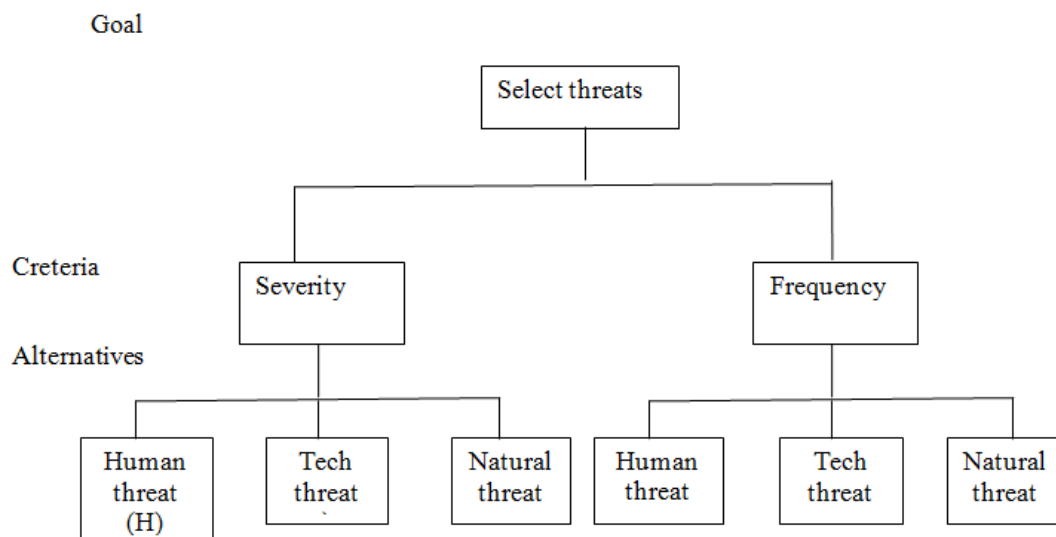
This section illustrates how AHP were used to determine weights and prioritize information security threats discovered in Ibrahim Babangida Library of Modibbo Adama University of Technology Yola. The information security threats in Ibrahim Babangida Library were rated using Sa'aty rating scale (1980). Sa'aty's rating scale in Table 1 below was use as a guide to compare the sources of threats.

Table1: Sa'aty;s rating scale

Comparison		Scale
(a)	Equally important	1
(b)	Moderately more important	3
(c)	Essentially more important	5
(d)	Strongly more important	7
(e)	Extremely more important	9
(f)	Intermediate values between two adjacent judgments are	2,4,6,8

Source Saaty 1980

For the purpose of this study, the threats in Ibrahim Babangida Library were categorized into three, namely Human threats (stealing, reshuffles, damage and mutilation), Natural threat (water linkage, thunder and storm) and Technological threat (power surge, virus infection and hacking). Figure 1 illustrates threats functional diagram in IBL



Each of the alternatives were compared from stand point of severity and frequency

Fig 1: Information Security threats functional Diagram of IBL

In order to prioritize the information security threat in Ibrahim Babangida Library the following comparison were made using Saaty rating scale as a guide, as illustrated in Table 1

- i. Severity and frequency
- ii. Human Threat (T) and Natural Threat (N)
- iii. Human Threat (H) and Technological Threat (T)
- iv. Technological Threat (T) and Natural Threat (N)

Let A be the threats matrix of Ibrahim Babangida Library.

Hence pair wise comparison matrix of threats in Ibrahim Babangida library

$$\begin{matrix} & \begin{matrix} H & T & N \end{matrix} \\ \begin{matrix} H \\ T \\ N \end{matrix} & \begin{pmatrix} HH & HT & HN \\ TH & TT & TN \\ NH & NT & NN \end{pmatrix} \end{matrix} \quad \text{Mat. 1}$$

The weights of Human source of threat (WH), Technological threat (WT) and natural threat (WN) were computed by normalizing and taking the row averages of matrix A.

The consistency Ratio (CR) of Matrix A were computed as follows

$$CR = \frac{\text{Consistency Index (CI)}}{\text{Ratio Index (RI)}}$$

Where

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n}$$

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n AW_i$$

$$\begin{matrix} & \begin{matrix} H & T & N \end{matrix} \\ \begin{matrix} H \\ T \\ N \end{matrix} & \begin{bmatrix} HH & HT & HN \\ TH & TT & TN \\ NH & NT & NN \end{bmatrix} \end{matrix} \quad \text{Mat.2}$$

$$W = \begin{bmatrix} W_H \\ W_T \\ W_N \end{bmatrix}$$

$$RI = \frac{1.98(n-2)}{n}$$

3 ANALYSIS AND RESULTS

The management of IBL has considered the severity of threats as more critical than frequency of their occurrence. Hence the weight of 0.83 was assigned to severity whereas 0.17 was assigned to frequency of occurrence.

The details of the comparison from the stand point of severity are as shown in Table 2

Table 2: Pairwise Comparison of Three Threats in the library from the standpoint of severity

Pairwise Comparison	More important criterion	How much more important	Numerical Rating
H-T	H	Human threat is equally to moderately more important than technological threat	2
H-N	N	Human threat is moderately more important than natural threat	3
T-N	T	Technological threat is equally moderately important than natural threat	2

Where H= Human Threats, T= Technological Threats, N= natural Threats

The Pairwise Comparison Matrix of Human Threats

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c} H \\ T \\ N \end{array}
 \begin{pmatrix}
 H & T & N \\
 1 & 2 & 9 \\
 \frac{1}{2} & 1 & 2 \\
 \frac{1}{9} & \frac{1}{2} & 1
 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \quad \text{Mat.3}$$

The CGI software were used to determine the weight associated with H, T and N as shown below

Maximum Eigen Value =3.07351, C.R.= 0.05569, Weights (Eigen Vector)

H= 0.654807, T=0.24856, N= 0.0953377

Among the various threat identified namely; Haman threat, Natural threat and technological threat, the most frequent and severe one is human threat which has the maximum weight 0.654807 followed by the technological threat 0.249856 and finally natural threat which has the weight of 0.0953377. For most covered entities, human threats will be of greatest concern, because human threats have the potential to be triggered or exploited more frequently than natural or environmental threats (*Six Basics of Risk Analysis and Risk Management, 2007*)

Since the consistency index C.R. = 0.05569 which is less than 0.10 the level of inconsistency is acceptable.

The pairwise comparison between the three threats from standpoints of frequency is as shown in table 3.

Table 3: Pairwise Comparison of Three Threats in the library from standpoints of frequency

Pairwise Comparison	More important criterion	How much more important	Numerical Rating
H-T	H	Human threat is Strongly more important than technological threat	7
H-N	H	Human threat is essentially more important than natural threat	5
T-N	T	Technological threat is equally moderately important than natural threat	3

The Pairwise Comparison Matrix of three Threats from standpoint of frequency

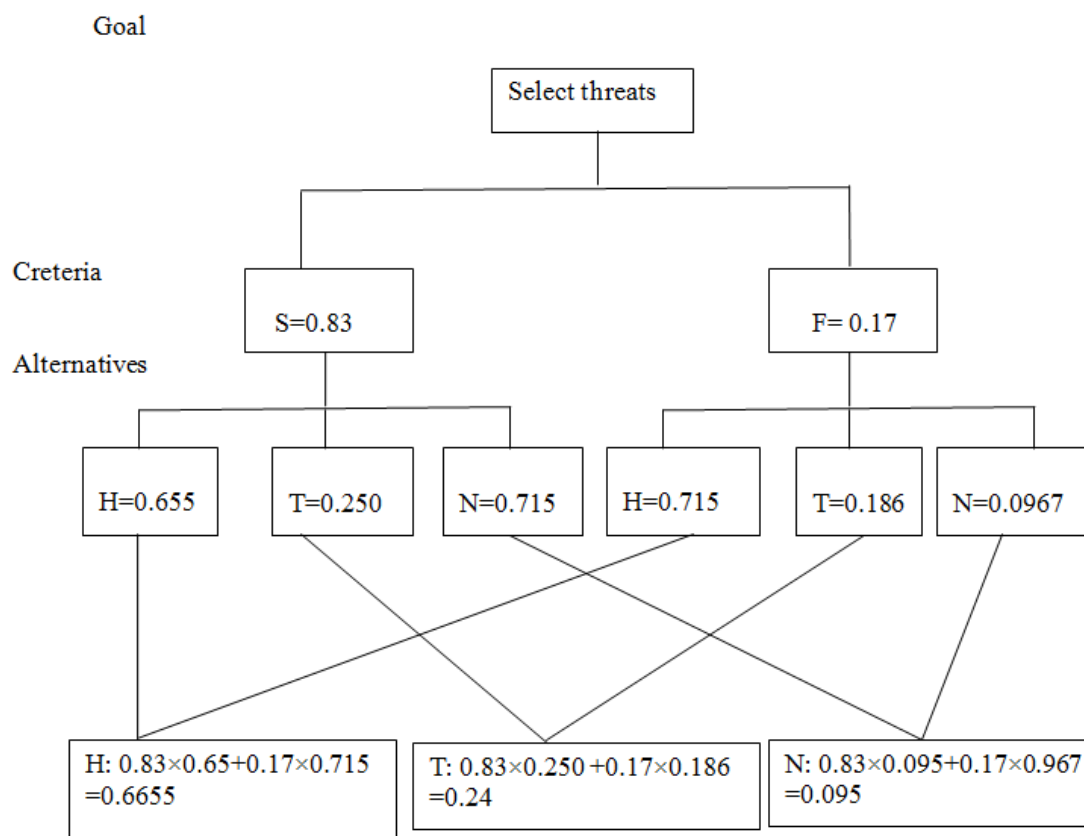
$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c} H \\ T \\ N \end{array}
 \begin{pmatrix}
 H & T & N \\
 1 & 7 & 5 \\
 \frac{1}{7} & 1 & 3 \\
 \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1
 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \quad \text{Mat.3}$$

The weight associated with H, T and N by normalizing mat.3 and taking the row average.

H = 0.715, T = 0.186 and N = 0.0967

The result shows that human threats has great weight of 0.75, folloowed by Technological threats (0.186) and natural threats is last.

Overall priority of Threats in IBL



Where S= Severity of threats and F= the Frequency of occurrence of threats

H, T and N are as defined earlier.

The overall priority show that has the highest weight of 0.6655, followed by Technological threat 0.2400 and natural threat 0.095 is last. Human threats in library comprises of stealings, mutilations, vandalisms and so on as.

A number of studies have described how crimes and security breaches incidences can affect the provision of library services to users. Lorenzen (1996) and Holt (2007) identified several such incidents, (i) theft of physical materials; (ii) theft or alteration of data; and (iii) theft of money as major security crime in libraries. Other forms of breaches include non-return of items by borrowers, theft of library equipment, personal theft (from staff and users), verbal and physical abuse against staff and users, and vandalism against library buildings, equipment and stock destruction, all of which can directly or indirectly affects the provision of library services (Ewing 1994). Similarly, Lorenzen (1996) reported how different forms of collection mutilation such as underlining and highlighting text in library books, tearing and or removing pages of books and annotating in books margins can temper with the subject-content of library collection, thereby making it unusable to users. Ajegbomogun (2004) identified the types of security breaches in university libraries, which included theft and book mutilation and reasoned the cause to security lapses, insufficient or limited number of essential materials, and user's financial constraints. Studies conducted by Ajegbomogun (2007), Bello (1998), and Holt (2007) identified rare books, manuscripts and special collections as frequent target of theft and mutilation because of the special demand for in depth studies of such materials. Ewing (1994) identified abuses in UK libraries, which included book and non-book theft, non-return of borrowed items, verbal and physical abuse, and vandalism against library buildings and properties. Abifarin (1997), Allen (1997) and Bello (1998) reported high rate of book theft, mutilation and misplacing of books in Nigerian academic libraries. They suggested measures to reduce the problems, which include tightening security at library entrances and exits, expulsion of students involved in theft and mutilation, provision of multiple copies of heavily used text, reducing the cost of photocopying, and periodic searching of students hostels and staff offices. Atkins and Weible (2003) believe that successful inventorying process helps identify missing items; however it may be dependent on the size of the library's collection (Maidabino and Zainab, 2011)

The aim of this paper was to analyse the information security risk of Ibrahim Babangida Library of Modibbo Adama University of technology, Yola, so as to identify potential information security threat event, prioritise potential threat events, and develop strategy and plans for casting risk management strategies. We identified the information security threat by

using questionnaire to obtain data from the study area. We used AHP to prioritize the threat. That Human threats, Technological threat and Natural Threats.

4 RECOMMENDATION

The following Recommendations have been made based on the findings of this study:

The management of Ibrahim Babangida library should:

- a. Employ more security personal in the library so as to minimize human threats.
- b. Train staff on information security risk management to manage information security risk.
- c. Maintain the building and some equipment periodically to forestall further damage
- d. Assign securities to each unit in the library, to insure implementation of law and order.
- e. Employ more staff in the library for efficient information management.
- f. Re-enforce security measure at the exit to intercept the criminals.
- g. Implement disciplinary measure to the defaulters to minimize further breaking of law and order.

REFERENCES

- [1] Abifarin, A. (19970). Library stock security: The experience of the University of Agriculture Abeokuta, Nigeria. *Library and Archival Security*, Vol.14, no.1: 11-19.
- [2] Adio, G. and Olasina, G. (2014). Role of library in educational development. Unpublished manuscript.
- [3] Ajibuwa F. O. Data and Information Security in Modern Day Businesses. (master's thesis, Atlantic International University, 2008) Abstract international 70, 10.
- [4] Ajegbomogun, F.O. (2004). Users' assessment of library security: A Nigerian university case study. *Library Management*, Vol.25, no.8/9: 386-390.
- [5] Al-Habra K. M. A. (2001). Application of the AHP in project management, *International Journal of Project Management* 19. 19-27
- [6] Allen, S.M. (1997). Preventing theft in academic libraries and special collections, *Library Archives & Security*, Vol.14, no.1: 29-43.
- [7] .Atkins, S.S. and Weible, C.L.(2003). Needles in a haystack: Using interlibrary loan data to identify materials missing from a library's collection. *Library Collections, Acquisitions, & Technical Services*, Vol.27: 187-202.
- [8] Bello, M.A.(1998). Library security, material theft and mutilation in technological university libraries in Nigeria. *Library Management*, Vol.19, no.6: 379-383.
- [9] Bogin, D.L (2008), *Communication of ACM*, vol, 51. University of Meryland.
- [10] Ewing, D. (1994). Library security in the UK: are our libraries of today used or abused? *Library Management*, Vol.15, no.2: 18-26.
- [11] Holt, G.E. (2007). Theft by library staff. The bottom line: managing library finances, Vol.20, no.2: 85-92.
- [12] Goel, S.and Chen, V. (2005),*Information Security Risk Analysis- A matrix-based approach*, unpublished manuscript
- [13] Idama A. (1999), *Understanding Operations Research*, 1st edition. Paraclete Publishing House Jimeta Yola pg 125.
- [14] Lorenzen, M. (1996). Security issues of academic libraries. ERIC Document. No. ED396765.
- [15] O'Brien J.A (2004). *Management Information System*, 6th edition, McGraw-Hill companies, United Stated of America pp G5-9
- [16] T.L. Saaty (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hil companies, United Stated of America.
- [17] Saaty T.L. (1980). "The Analytical Hierarchy Process, Planning, priority, resource allocation". RWS Publications, USA
- [18] *Six Basics of Risk Analysis and Risk Management 2007*, HIPAA Security Series, U.S.A. Volume 2 , pp 6.
- [19] Senyah, Y. and Lamptey B. R. (2014). Personal security and safety in academic libraries: a case study of the Kwame Nkrumah University of science and technology library, Kumasi, Ghana. Unpublished manuscript.
- [20] Quinsee, A. G (1991), Introduction, insecurity in academic and research libraries. Manuscript
- [21] Vaidya, O. S. and Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications, *European Journal of Operational Research* 16 , 1–29.

Decentralisation as a Rural Development Strategy in Zimbabwe: Good Policy but Bad Practise

Vincent Itai Tanyanyiwa

Department of Geography and Environmental Studies, Zimbabwe Open University, P.O. Box MP 1119, Mt. Pleasant, Harare, Zimbabwe

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: There is no doubt that decentralisation has acquired a prominent place in the development policy debates but unfortunately it cannot be a panacea for all development ills. To many, decentralisation of governments and planning is a self-evidently good thing. It will avoid the ills of over-centralization such as insensitivity to local conditions and will also bring fuller organization and participation at sub national level. Decentralisation is viewed as providing an outline which enables lower level units of governance to execute duties and get benefits from natural resources in line with the subsidiary principle. The subsidiary principle posits that duties which can be performed at the local level should be devolved to the local level. Decentralisation seems to combine appeals for planning and democracy. Can it live to these hopes in reality? The limits to government decentralisation include its need for manpower, finance and technical demands. Functional and territorial decentralisation has been blanketed into conflict between objectives of equity, growth, coordination, participation and national integration. The study used participant observation and literature review. One of the conclusions of the study is that there is a need to strengthen a more democratic and accountable local government in order to be able to implement the decentralized responsibilities. The apparent consequence of devolution is that the central government would be left with core responsibilities such as foreign affairs. Devolution would enable the people of Mashonaland East Province in Zimbabwe to report their needs to Marondera, the provincial capital rather than Harare. The assumption is that authorities at those administrative seats would respond much faster and with greater sympathy and empathy than those in Harare. The Government would be closer to the people and it would be the people themselves in both fact and effect. However, one major risk with decentralisation technique is that many private organisations are profit-oriented and may rip off the state.

KEYWORDS: decentralisation, delegation, devolution, privatisation, rural development.

1 INTRODUCTION

The main reason for decentralization in Zimbabwe in the 1980s was born as a reaction to the disfunctioning of national government which was bureaucratic and the need for a growing commitment to more socially just and equitable local government at independence. This paper discusses initiatives that have been taken to strength decentralisation (by putting theory into practise) and the main problems that have been faced to date. Decentralisation involves the transfer of power from the central government to actors and institutions at lower levels in a political – administrative territorial hierarchy [1]. It involves the transfer of bundles of entrustments (power, responsibility and authority) from one level of organisation down to another [2]. It is about creating local democracy that can build legitimate states and governments. Decentralisation is not a singular process but is often a partial response to a plethora of internally and externally induced processes [3]. Reference [4] states that decentralisation takes many different forms from depending on:

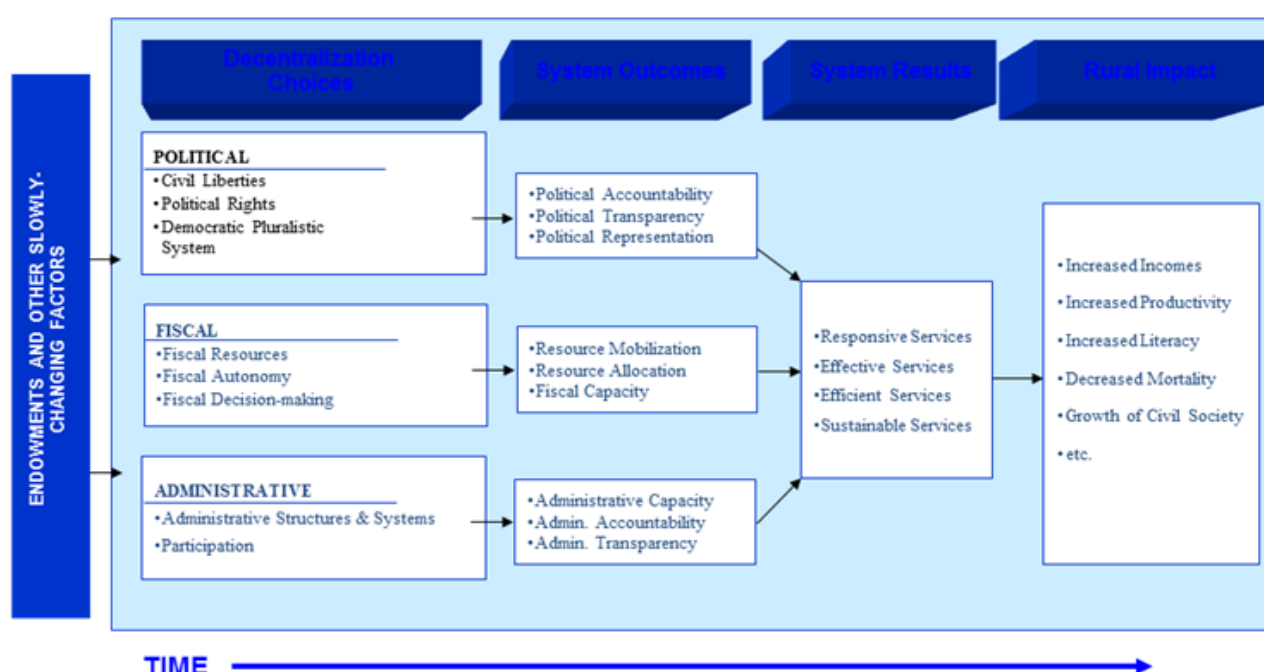
- Activities being shifted
- Powers being decentralized
- Levels to which these are being transferred
- Individuals to which powers are given and means of transfer.

Rural development entails raising the living standards of rural communities. It focuses on the provision of basic services such as health, sanitation education, infrastructure development, enhancing agricultural productivity – all intended at welfare / livelihood enhancement. It involves various levels of capacity building and empowerment of marginalised rural folks. Decentralisation manifests itself in three forms namely; de-concentration, delegation and devolution and privatisation can also be another form of decentralisation.

2 CONCEPTUAL MODEL FOR ANALYSING DECENTRALISATION

In analysing decentralisation, The Soufflé theory of decentralisation attempts to bring together the dimensions of decentralisation and relates them to a set intermediate outcomes that are likely to have an important impact on the overall rural development outputs and outcomes. The simplified model as shown in Figure 1, provides a useful framework for analysing the separate dimensions of decentralisation and their linkages, and permits the investigation of patterns of decentralisation across countries.

The Soufflé Theory of Decentralization



Source: Adapted from Parker, Andrew N. 1995, *Decentralization: The Way Forward for Rural Development?* Policy Research Working Paper 1475. The World Bank, Washington, D.C.

3 FORMS OF DECENTRALISATION

- ❖ Deconcentration / decongestion or administrative decentralisation, viewed as the weakest form of decentralisation is when central ministries retain power over key tasks at the centre whilst transferring the implementation roles related to such tasks to staff located in field offices. Deconcentrated activities are those that the centre, for political reasons, believes only it can supervise or should control or closely supervise but that require field level implementation in order to be effectively carried out. Reference [5] views this as temporary devolution of authority in a bureaucracy to lower levels with enhanced citizen participation. Shift in responsibility is top-down i.e. from central government officials (ministries) in the capital to provinces then districts, wards and finally villages in the case of Zimbabwe. An example in Zimbabwe is the Agricultural and Rural Extension (AGRITEX) branch of the Ministry of Agriculture which has its head office in the capital and provincial and district officers and administrators around the country.
- ❖ Delegation viewed as an extensive form of decentralisation is the transfer of government decision making and administrative authority for clearly defined tasks to organisations or firms that are either under the indirect control of the

transferring authority, or are functionally independent, e.g., Zimbabwe Electricity Supply Authority (ZESA), National Railways OF Zimbabwe (NRZ) and other delivery services which stand in their own legal right and not in the name of the government. These firms are referred to as parastatals in Zimbabwe.

- ❖ Devolution / democratic decentralization is the transfer of power and authority by central government to legally established locally elected political authorities. Entrustments are transferred more or less completely to local authorities or users. Within the community based natural resources management (CBNRM) discourse, devolution is referred to as a democratic decentralisation [6]. Zimbabwe's CAMPFIRE philosophy bears testimony to this concept – whereby appropriate authority was given to Rural District Councils (RDCs) by the department of National Parks and Wildlife Management through an amendment to the Parks and Wildlife Act (1975) for the protection of natural resources.
- ❖ Reference [7] defines privatization as an advanced level of delegation which implies government efforts to privatise or disinvest from certain functions. These are normally joint venture companies where government has shares or those companies which were sold to the private sector, for example Cotton Company of Zimbabwe (COTTCO). Privatization may include the following: 1) private enterprises performing functions that had earlier been the preserve government 2) contracting out the provision or administration of government services / facilities to commercial enterprises 3) financing public sector programs through the capital market 4) transferring responsibility for services provision from the public to the private sector through the divestiture of parastatals
- ❖ Apart from the four models explained above, [8] identifies mixed authority as another model of decentralisation whereby people elected at the local level and central government appointees form one institution of governance at the local level. It is a system that gives government the benefits of local participation in decision making without having to bear the costs that may come with it. Locally elected officials represent the people whilst technical expertise is availed through government appointees.

4 THE LINK BETWEEN DECENTRALISATION AND COLLECTIVE ACTION

Collective action generally refers to people working together in pursuit of common interest; it is about power and politics [9]. Below formal, decentralized local governments, there are instances where communities have been able to manage themselves and execute what are generally considered key governmental functions. such as raising and disbursing funds, sanctioning and rewarding behaviors, providing goods, delivering services, making capital investments, managing and enhancing common pool resources, managing and resolving conflict, providing local security, and the like. Zimbabweans at the grassroots have frequently come together to take collective action. Zimbabweans at the grassroots been able to take self-organized actions, while decentralized and formal local governments-embedded in formal legal status, trained professionals, far greater fiscal resources, and links to the state – usually have been unable to perform these functions or provide these goods. Collection has the four main ingredients which are organisation, mobilization interest and opportunity which are important for successful implementation of social development projects. Collective action is common in engagements by the community as being beneficial to them.

5 THE PRIME MINISTER'S DIRECTIVE 1984

Zimbabwe has dual structures socially, economically and politically, relicts of the colonial past. At independence in April 1980 there was a declared commitment to decentralization and participation. It then became necessary to restructure local government through:

- Creation of new Ministries and deconcentration of other e.g. The Ministry of Local Government and Rural and Urban Development (MLGRUD)
- Legislative changes and directives to democratise and strengthen local government
- Participatory organisational structures to permit local participation in development planning.

In 1984 The Prime Minister gave a directive on decentralization. It stated how villages through the Village Development Committees (VIDCOs) and headed by the village head are supposed to define local needs, wards through the Ward Development Committees (WADCOs) headed by a district councillor and covering six villages. The District Development Committees (DDC) is a planning and co-ordination committee and works with the Provincial Development Committee (PDC) which then liaises with central government.

6 WEAKNESSES OF ZIMBABWE'S CURRENT DECENTRALIZATION REFORMS

- Decentralized governments as currently designed have no precedent or authority to work at the constitutional level of choice to revise their collective choice arrangements to fit better local conditions, needs and experience.
- Localities are currently unable to incorporate themselves to provide goods or services, make capital investments, raise monies or regulate behaviors in the pursuit of common purposes (limited or no social capital).
- Local government structures are designed in a top-down manner that does not take into consideration local conditions, institutional capacities, experiences or wishes, thus preventing creative adaptation to local needs.
- Local government areas are usually too large to correspond to working social capital or to fit communities of interest of varying size that may exist around various goods or services the community might desire.
- Local government jurisdictions are frequently so large that they create substantial diseconomies of scale in providing and supervising many goods and services that local residents wish.
- Jurisdictions are frequently so large that there is neither familiarity nor personal ties between political leaders and the public, thus reducing their accountability and the effectiveness and legitimacy of collective activities they initiate.

7 KEYS TO SUCCESS OF SELF-ORGANIZED GOVERNANCE ARRANGEMENTS

- Fairly small communities, probably no more than several hundred persons, who live in relatively close proximity to one another mainly facilitated collective choice (Agrawal and Goyal 2001).
- Selection of own leadership locally through more customary criteria and the other through formal elections for legitimacy.
- Production of a fairly narrow, easily observed, and technologically relatively simple service with community-wide consensus.
- adequate "political space" and leadership legitimacy to allow organizational innovation

8 DISCUSSION

8.1 DECENTRALISATION IN ZIMBABWE AND ACTIVITIES TO INITIATE AND STRENGTHEN IT

Decentralization has three major elements; accountability, discretionary power, and security [1]. In the same vein there are four different types of decentralization 1) Political decentralization, where there are groups at different levels of central, meso and local government who are empowered to make decisions related to what affects them. 2) Administrative decentralization, different levels of government administer resources and matters that have been delegated to them through a constitution. 3) Fiscal decentralization, this is where previously concerted powers to tax and create revenues are given to other levels of government, e.g., local governments are given the power to raise and retain financial resources to fulfill their responsibilities and 4) Market decentralization whereby government privatises or deregulates private functions. Governments have tended to decentralize to enhance popular participation, relevant planning and coordination, speed and flexibility as well as augmenting resources. Popular participation raises the number of people involved in planning implementation and evaluation of projects [11]. In participation the sense of empowerment and proprietorship are developed. Decentralisation facilitates the tailoring of plans to meet local need and conditions as the community knows the work involved as well as cost [12]. Planning on the site by local people enhances project relevance and efficiency. Where decentralisation is well coordinated ecological, institutional, economic and cultural components are synchronized. As opposed to central planning, decentralisation allows flexibility, reduces delays and enhances adaptive management [14]. Decentralisation brings with it a lot of multiplier effects in terms of manpower, financial resources, and technical experience and also reduces transaction costs.

Devolution is considered the most effective form of decentralisation in that appropriate authority is given to institutional levels that are best placed to deal with specific issues. It provides for better problem solving capacity which takes into account local knowledge and conditions. It generates greater incentives for economic development and improved provision of public services. Devolution engenders local participation, good governance and democratization. It also addresses the reality of cutback in central government expenditure. Reference [15] indicates that the forms of decentralisation can occur simultaneously and complement each other. Marginalised groups are likely to have greater influence in local policies due to the open nature of the decision making, thus increasing equity.

In Africa and Zimbabwe in particular, the tendency has been to go for deconcentration rather than devolution. On one hand local bodies may be accorded with power but remain upwardly accountable thus strengthening central control. On the other hand local bodies may be downwardly accountable but seldom receive significant power as in the case of WADCOs and VIDCOs in CAMPFIRE who have divided loyalty (community versus state). Even in these successful development projects, local actors come to gain subsistence benefits smaller in comparison to the potential revenues. The major challenge to decentralisation in Africa is political. In some countries there is a legacy of authoritarianism that is difficult to change. In some cases where traditional rulers were autocratic and colonial rule centralised and repressive, post independence despots have found it expedient to perpetuate the status quo [15].

A strong, active and effective civil society is also a sine qua non for effective implementation of decentralisation. The need to raise the levels of social capital has led to massive / rapid emergence of NGOs and lobby groups in the sub-region. NGOs such as Plan International and CARE International and others have upped sanitation infrastructure in rural Zimbabwe, other lobby groups have been very active in advocating for the plight of orphans, HIV/AIDS affected and women or the disadvantaged groups. However, the concept of social capital has its limitation as traditional rural social relations in most societies have a repressive nature which often results in local elites being able to exert a significant degree of dominance and prevent more substantial participation [16]

There is also need for a clearly established legal framework defining the decentralized institution, how they are constituted and how they relate to each other. Pre-existing institutional arrangements can be appropriately modified to suit the decentralisation needs than in the case where new institutions have to be created. The institutions that are receiving the decentralized powers need to have the capacity to carry out the powers and responsibilities devolved to them. In the context of rural development, the capacity means being able to do the job and improve service delivery. The lack of capacity may be reflected in more than one of the following:

- Inadequate funding to meet minimum standards of service provision
- Inability to mobilise fully all resources available from tax bases
- Revenue sharing arrangement and / or matching grant programmes
- Failure to deliver goods and services cost effectively and an inappropriate mix of services in relation to local preferences

The centralised institutions should have a proper system of accountability to each of their different constituents and some system of sanctions that penalized institutions that fail to carry out their functions appropriately. Where accountability is absent, the legitimacy of a decentralisation initiative can be lost.

There is also need to take care of combination of forms of decentralisation that is to be used especially in rural development. In Kenya the District Focus for Rural Development was implemented almost through deconcentrated line agencies of central government. The exclusive focus on government institutions enabled the central bureaucracy to retain effective power and served to alienate rural people rather than to bring them into the development process. In that case study, rural people refused to participate in family planning clinic in some areas, they refused to allow land to be used for agricultural demonstrations fearing government takeover of the improved property whilst road construction was disrupted by some villagers thinking that new roads would allow government patrols to catch stocks raiders more easily [16].

Reference [17] gives another case study of rural development through training and visit extension programmes targeting rural farmers. There was overall success but the strategy on its own was incomplete as farmers had no overall decision making power. This was a form of deconcentrating power to local administrative offices as a way of improving extension services; however, real response to farmer needs was limited.

Under the political form of decentralisation, participation of communities whether through elected authorities, co-management, and committee-based management or traditional authorities usually looks like a modern reproduction of indirect rule where they are seen as a form of deconcentration where local authorities are used by central government and donors as local administrators to implement outside agendas [18]. On the other hand, development and non-government organisations also appear to be choosing to transfer power to less than democratic traditional authorities, committees and local NGOs, may be due to populism naivety among other reasons. This is causing a potentially destructive proliferation of local institutions which in turn is creating competition with fledgling local democratic institutions and undermining their powers and legitimacy.

In some cases, decentralisation was in the form of development of grass roots through a system of locally elected councils. There is a possibility of the elected councilors slowly transforming into locally based elites and may end up working against the central state of the community. In this case politics of patronage can be employed by the state to take care of

such occurrences but it is basically the councilor's locally perceived legitimacy that may or may not unseat them even with central intervention.

As a rural development tool decentralisation can be misused to fit development agency or donor employee needs. Agency employees may work to the satisfaction of their employers with little or no regard to the ecology and well-being of the community. Even where systems are established for elected committees with local leaders to receive important decision-making powers, the result may not benefit either local population or their environment. Electoral systems in most parts of Africa have many flaws. Electoral candidates may purport to be decentralizing whilst promoting self-aggrandizement at the expense of community relevant projects. In Zimbabwe, projects such as rural electrification have targeted rural elites and bureaucrats such as Chiefs, Businesspeople or Members of Parliament. To some elected officials, opportunity is created to line their pockets, thus creating "opportunities for opportunists" [19]. In some cases, the transfer of responsibilities to local governments constitutes the withdrawal of the state rather than decentralisation. Without the devolution of fiscal resources and means of holding local authorities accountable, successful decentralisation remains a pipe dream. The case of Forestry Resources Co-management in Mapfungautsi in Gokwe where fiscal capacity has not been devolved to Rural District Councils (RDCs) demonstrates the inadequacy of some decentralisation initiatives. In this case the Forest Company of Zimbabwe maintains the fiscal responsibility. It is often difficult for central governments to fully decentralize because of the need to maintain control. In Botswana, however, the Land Boards for devolved land distribution have done a good job according to [20] in streamlining land administration, avoiding top-down control of customary land by central government and settling disputes fairly well. However, further analysis of the functioning of the Land Boards; they are regular instructions from the centre to local government levels and frequent central interference in local decision making. The domination by central government is compounded by the weak development of civil society organisation and poor representation within local communities [21]. Privatisation as form of decentralisation has its short comings. In the Mkambati case study, rural development in the form of community based eco-tourism development in one of the poorest regions of South Africa failed. Instead of working through democratic local authorities, decision making powers remained centralised or were to elite sectors mainly local entrepreneurs and private sector investors, who were not accountable to local people. This privatisation as part of outsourcing facilitated elite capture. Prospects for local democratic institutions to contribute to development were further undermined as political and business elites harnessed the benefits.

In most African states decentralisation has been undertaken as a reaction to constraining conditions such as reduced central funding, efforts to downsize the public sector, declining revenues and loss of manpower. Some of the decentralisation efforts are half hearted and piecemeal, for example in Zimbabwe forest management remains a preserve of the RDCs and the Forest Company whilst local communities are restricted to the use of non-timber products for revenue generation. Projects like road and dam construction have been tendered to private players since the successful completion of projects, for example, the construction of Tokwe Mukosi Dam in Masvingo Province which was left to date. In some devolved institutions such as VIDCOs and WADCOs popular in Zimbabwe, meaningful participation has remained theoretical since the institutions only serve to shape policy of the top-down approach emphasised by the government in power. Within decentralized institutions conflicts do arise especially between traditional and elected authorities, civil service technocrats and government officials. Such set-ups hamper development due to conflicting interests. Consultation and decision making are lengthy within decongested and delegated decentralisations. This builds to bureaucratic practices and corruption. Such conditions results in slow delivery of projects.

Decentralisation may be imposed by international organisations such as the IMF and World Bank, whose agendas are not comparative with local interests. Decentralisation without thoroughly understanding the local, social, economic, physical and institutional conditions often generate opposition among local groups – distant administrators cannot know the complex variety of factors that affect the success of project in local communities throughout the country.

The outputs of rural development are tangible goods and services provided by the range of decentralized institutions. Ultimately this will involve the task of assigning power and responsibilities to the different institutions in the government sectors at the different levels such that at the end of the day each sector has a range of sub-functions associated with it, some similar across sectors, others differing due to the nature of the good being provided e.g. primary health care is mostly a private good which can be excluded from the poor by the local elites who have little interest in the availability or equality of the publicly financed service. Use of the service is not easily monitored so transparency is a problem. Also the technology required is relatively complex and requires skilled manpower that is likely to be available locally. On the other hand specific development projects serve the interest of different interest groups such that community participation is large, as in the case of rural development projects. Given this, decentralisation should be done in a sector-specific pattern, therefore, there is need to undertake detailed investigations into how each sector should be organised and identify appropriate fiscal and institutional frameworks for delivering rural development programmes effectively.

In Zimbabwe, the CAMPIRE illustrates how devolution may handsomely pay off. This follows experiences in several districts such as Chipinge (Mahenye) and Guruve (Kanyurira) where benefit sharing from wildlife management revenues came down to household levels. It is however evident that some CAMPIRE projects failed to incentivize natural resources management at the local level due to RDCs reluctance to devolve decision making and financial benefits to lower levels of the community. The other reason for failure is linked to the lack of status by local institutions such as wards and households. Other successful decentralisation schemes include the postal services, telecommunications by such service providers (Econet, Netone and Telecel) who have created base stations across the country's rural areas. These have allowed some link with remote rural areas.

The devolution of ZESA Holdings into different subunits has seen greater coverage of the rural electrification programme. This however is against a backdrop of a static electricity generating capacity. Resultantly rural electrification has been used in some cases for political gains at the expense of other economic activities. The agrarian reform in Zimbabwe has also brought with it an element of decentralisation by unpacking agricultural institution such as AGRITRX, Land Allocation Committees and marketing boards. These reforms could potentially contribute to rural development but were constrained by lack of supporting infrastructure that is input production, roads, irrigation, institutional conflicts, insecure tenure and corruption.

Several parastatals and organisations have been devolved to community levels but have failed to deliver since they owe their accountability largely to the politicians. The Grain Marketing Board (GMB) over the years has failed to guarantee food security regardless of low maize purchasing prices they offer and the geographical spread of its depots. Directors of most parastatals are political appointees who lack skills and transparency. As for Zimbabwe National Water Authority (ZINWA) decentralisation has not guaranteed more water access for most rural farmers or otherwise. This is rooted in the lack of resources. The conflict between institutions, that is WADCOs and VIDCOs and traditional institutions has dealt rural development a severe blow. The two have conflicting mandates and jurisdictions resulting in power wrangles at the expense of developmental targets.

9 WAY FORWARD

A model on how to implement power should involve identifying the appropriate powers of transfer and opening dialogue with governments, development institutions, NGOs and local communities on which powers to be made public or private and which central or local. Also strong grass-roots organisation is imperative to overcome central government resistance to democratic decentralisation. For decentralisation effectively work, a strong central state is a pre-requisite. Central government must be downwardly accountable to local level authorities and it has the responsibility of clarifying laws, mediating major disputes and providing guidelines and means to assure the inclusion of marginal groups. There must also be mechanisms for local representatives to hold level bureaucrats accountable to them if decentralisation is to occur the government should increase public participation through active engagement in public institutions and show a commitment and will by initiating the proper political environment. In rural development, decentralisation should address the political, fiscal and institutional dimensions. The historical context of a nation is also important in understanding the response of local government and citizens to new opportunities such as those affected by decentralisation.

10 CONCLUSION

Governments decentralize for multiple political, economic, social and ideological reasons and often with the support and pressure from donor agencies (Ribot 2002). Decentralisation cannot only influence development by assigning expenditure responsibility to lower levels of government but also by assigning tax-raising power, an area where there is dearth in literature. Some advantages are that it brings about democratization and people's participation, rural development, improved public service performance, poverty alleviation, relief of fiscal crisis, political and macro-economic stability, national unity and state building and increased legitimacy to government. Decentralisation is presented as a solution to a rather large number of problems. It promotes geographical equity, increases popular capacity to ensure responsibility and accountability, enables easier access to decision points, reduces conflict and is more democratic. It improves delivery of services. It even eases national planning through the provision of more reliable information base. In Zimbabwe decentralisation has however not been effective in some cases due to the following reasons:

10.1 DISADVANTAGES OF DECENTRALISATION IN ZIMBABWE

- Lack of political commitment, the dominance of a single political party, ZANU PF which has been in power since 1980 to date also weakens devolution, because the party is subject to central control leading to disillusion in local government

structures, and the utility of local participation, especially in planning. Real devolution of decision-making powers to local people requires financial decentralization premised on independent, local decision-makers.

- Bureaucratic resistance
- Poor project design, inadequate resources and constraints in the immediate project management, functions have been decentralised without adequate resources.
- Incomplete legal reforms, a persistent emphasis on control by the centre,
- Weak local councils, weak professional, technical, managerial and administrative capacities support from the centre
- Dominance by local executives and administrative personnel,
- Inadequate fiscal and managerial resources, as well as misuse of funds
- Failure of local officials to honestly and effectively supervise local service-delivery personnel
- Limited revenue authority, some sectoral decentralisation has occurred, but on a patchy and under-funded basis.
- Institutions are compromised as there are too many thus causing confusion among the public. They also lack capacity to apply reforms efficiently.
- Development is hampered by macro-economic and political problems, insufficient local control over natural resources, a lack of entrepreneurial and technical skills, inadequate infrastructure and services, and HIV/AIDS.
- Limited authority to manage key services e.g. health
- Limited authority to pass regulatory by laws to regulate or enhance natural resources management ,
- Little ability by institutions/organisations to reach beyond their jurisdictions to deal with broader problems,
- Constituencies are frequently highly socially heterogeneous and dispersed across large areas,
- Very weak transportation and communication networks

10.2 TOOLS FOR EFFECTIVE DECENTRALISATION

- Better design and planning of initiatives to ensure that they reflect at least some of the substantial existing knowledge about decentralisation.
- Ensuring that projects are introduced to achieve 'desirable' goals, not dubious ends. An improvement in the country's macro-economic and political situation, which is currently overriding the potential benefits of decentralisation.
- A focus on the 'human factor', involving greater efforts to build capacity at local institutions and to avoid political infighting and power struggles.
- Avoiding a 'one-size-fits-all' approach and attempting to design the most appropriate type of decentralisation for different sectors.
- More consistent and efficiently co-ordinated funding sources. External funding agencies should try to avoid untimely withdrawal from programmes.

Most development agencies existed before the concept of decentralisation became part of development paradigm. Many were developed from more centralised control oriented needs of colonial powers. As a result the structure, systems and norms of these agencies pose important barriers to decentralisation. Powerful line ministries that are unsympathetic, if not openly opposed to these initiatives have also constrained decentralisation with negative downstream reactions. Commitment from the top alone does not suffice to ensure effective decentralisation. In Tanzania it took a decade for Nyerere's Ujamaa concept to be put into policy and yet another decade for its implementation [16]. Reference [22] fittingly put when she said decentralization is a term that covers a "multitude of sins!"

REFERENCES

- [1] Ribot, J "Decentralization, Participation and Accountability in Sahelian Forestry: *Legal Instruments of Political-Authority Control*. *Africa* 69 (1): 23-65, 1999.
- [2] Madondo 2000
- [3] Helmsing, A.H.J. Transforming rural local government: Zimbabwe's post-independence experience. In: Mutizwa-Mangiza, N.D. and Helmsing, A.H.J. 1991. *Rural development and planning in Zimbabwe*, 444-481. Gower Publishing Company, Aldershot, 1991.
- [4] Gasper, D. Decentralisation of planning and administration in Zimbabwe International perspectives and 1980s experiences, in Helmsing et al, 1991.
- [5] Ostrom, L., Wilhelmsen, C., & Kaplan, B. *Assessing safety culture*. *Nuclear Safety*, 34(2), 163-172, 1993.
- [6] Mapedza, E., & Madondo, A. Co-management in the Mapfungautsi state forest area of Zimbabwe: What stake for local communities? (Working Paper No. 5). Washington, DC: World Resources Institute, 2002.

- [7] Todaro, M.P. *"Monetary and Fiscal Policy: The Role and limitations of the state" in Economic Development in the Third World*. 4th Edition, New York; Longman, 1989.
- [8] Chikozho C..Towards Community-Based Natural Resources Management in the Water Sector: An Analysis of Legislative Changes made under the South African and Zimbabwean Water Sector Reforms. Commons Southern Africa Occasional Paper Series No. 6/2001, University of the Western Cape, 2001.
- [9] Tilly, C. From Mobilization to Revolution. Reading: Addison-Wes-ley, 1978.
- [10] Conyers, D., 'Decentralisation In Zimbabwe: A Local Perspective', Public Administration and Development, Vol. 23, pp. 115–124, 2003.
- [11] Agrawal, A. and S. Goyal. "Group Size and Collective Action: Third-Party Monitoring in Common-Pool Resources." *Comparative Political Studies*. 34 (1): 63-93, 2001.
- [12] Moore
- [13] World Development Report: The State in a Changing World (New York: Oxford University Press for the World Bank, 1997.
- [14] Chitsike, L. T. Decentralisation and devolution of CAMPFIRE in Zimbabwe, Centre for Applied Social Sciences (CASS) University of Zimbabwe Harare, Zimbabwe, 2003.
- [16] Rondinelli, D. "Government Decentralisation in Comparative Perspective." *International Review of Administrative Sciences*.47 (2): 133-145, 1981.
- [17] Rondinelli, Dennis, J.R. Nellis and Shabir Chema Decentralization in Developing Countries: A Review of Recent Experience. Washington, D.C.: World Bank. 1984.
- [18] Resosudarmo, P. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits.1995.
- [19] Ribot, J.C. and A. M. Larson (Eds.). Decentralization of Natural Resources: Experiences in Africa, Asia, and Latin America. London: Routledge. [This edited volume first appeared as a special issue of the *European Journal of Development Research* (, Vol. 16, No.1), 2004.
- [20] Mathuba, B."The Land Boards in Botswana". National People's Conference on Land Reform, Mariental, Namibia', 1994.
- [21] Toulmin, C. Evolving Land Rights, Policy, and Tenure in Africa. IIED, UK, 2000
- [22] Conyers, D., 'Decentralisation In Zimbabwe: A Local Perspective', Public Administration and Development, Vol. 23, pp. 115–124, 2003.

Is the inclusion of Geography in the School and University Curriculum Important in the 21st Century?

Vincent Itai Tanyanyiwa

Department of Geography and Environmental Studies, Zimbabwe Open University, P.O.Box MP 1119, Mt. Pleasant, Harare, Zimbabwe

Copyright © 2015 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 number of people in the world do not understand the reasons for studying Geography mainly because apart from academia there are no other people employed as geographers, therefore the question of why one should study geography is a valid question. Nevertheless, geography is a multidisciplinary subject that has a myriad of career options in areas ranging from meteorology to disaster management. With geography one is equipped with a holistic understanding of the earth and its systems in totality. This include issues such as climate change, global warming, desertification, El Nino, water resource issues, among others including the understanding of global political issues that occur between countries, cultures, cities and their hinterlands, and between regions within countries. This is particularly important in a world that is gradually becoming smaller (globalisation). The study of world regions i.e. culture, foods, language, religion and landscape helps in understanding of our world. This is particularly important because, those who choose to study geography will learn to think critically, research, and communicate their thoughts through writing and other means of communication independently. They will thus develop skills of graphicacy, measurement, analytical, mathematical and leadership skills. The study of geography should be enhanced since it provides students with knowledge about our rapidly-changing world and how humans are impacting our planet including plenty career opportunities associated with the subject.

KEYWORDS: education, geography, geographic ideas, geographic research and geographic thought.

1 INTRODUCTION

Geography occupies a pivotal position in the understanding and interpretation of social, economic, political and environmental conditions and change, both spatial and temporal. There are so many careers prospects after studying geography; this is mainly because our daily life is interwoven in geography which entails a pathway to understand cultural diversity and general planning for the future. Geography challenges citizens to become better environmental stewards' through an understanding of society's complex issues which enables good decision making informed by responsible global citizens. Generally, geography is both multidisciplinary and interdisciplinary; it enables one to acquire skills in, measurement graphicacy, judgment, civic education and observation among others. Geographical education is a discipline rooted in the realm of geography and education. "Education may be thought of as all those processes of learning which enable a person (or child) to acquire skills, behaviors knowledge, values and norms which are considered necessary to live a happy and successful life in the society to which one belongs" [1]. From this definition one can conclude that Geography is important because pupils also acquire skills such as numeracy and graphicacy in Geography to name a few. Reference [2] defines curriculum as "the total experience of children resulting from complex interaction of official guidelines, interpersonal relations, available resources and quality of teachers It is more than formal activities for which the timetable allocates specific periods of teaching time; it includes informal activities that go on at lunch times after school hours and weekends." Since Geography comprise of the earth's study and as people we are duty bound by the dictates of humanity to include it in the school / university curriculum since it includes our food, shelter etc. The question at hand here is whether Geography fits in this definition of which it does very well as evidenced by the following discussion.

2 AIM AND OBJECTIVES OF THE STUDY

The aim of the study is to:

Show how the study of Geography is important to human development.

The specific objectives of the study are to:

- Document how geography influence human development in different parts of the world
- Develop an understanding of basic concepts, principles and theories relating to geographical education in shaping global citizens.
- Analyse how the learning of geography promotes peaceful coexistence and citizenship

3 WHO IS A GEOGRAPHER?

Before embarking on who a geographer is it is important to define what Geography is the study of man – environment relationships from the point of view of spatial relationships. Alternatively [3] define Geography as the “the study of the earth’s surface as the home of the human race.” The identification of who a geographer is fraught with problems because people whose academic degrees are not in geography may be doing work that is geographic, while people with training in geography may hold jobs that do not appear to be geographic (though the person might or might not use geographic skills. Certainly, geographers are concerned with the distribution of various kinds of social, biological, and geomorphological phenomena over space. Geography tries to answer the following questions: *Where is it? What is it like? Why is it there? How did it happen? When did it happen? What impacts does it have? How should it be managed for the mutual benefit of humanity and the natural environment?* [3]. These are questions that differentiate geographic approaches to understanding the world from the approaches of other scientific disciplines. Geographers are therefore fascinated by the interface of social, physical, economic cultural, technological, political and legal systems. It is argued in this paper that, once in a while, practitioners of any discipline particularly those in the classroom need to reflect on the fundamental question of whether their subject deserves its place in the curriculum. In this way the subject and its practitioners remain on their toes and experience periodic rejuvenation. They also begin to appreciate the education of the child as a multi-faceted affair to which they and their discipline only contribute in the wider context of the whole curriculum.

4 OVERLAPS OF GEOGRAPHY WITH OTHER DISCIPLINES

Geography is characteristically interdisciplinary / multidisciplinary; its concerns intersect on social, physical, political, cultural economic, technological and political and legal systems; it shares areas of interest, knowledge, and methods with many fields (refer to Fig 1 below). The human-ecological perspective, or man-nature interaction, is the main focal point of the geographical approach [4]. Reference [5] posits geographers are interested in human survival and the full range of responses to environmental shifts and the challenges of human occupancy of a dynamic planet i.e. preserving, conserving, sustaining, and renewing the bases for life in as much as Astronomers are interested in the origins of the cosmos; Archaeologists are concerned with the origin of civilization; and Psychologists study the mind and how people think and understand

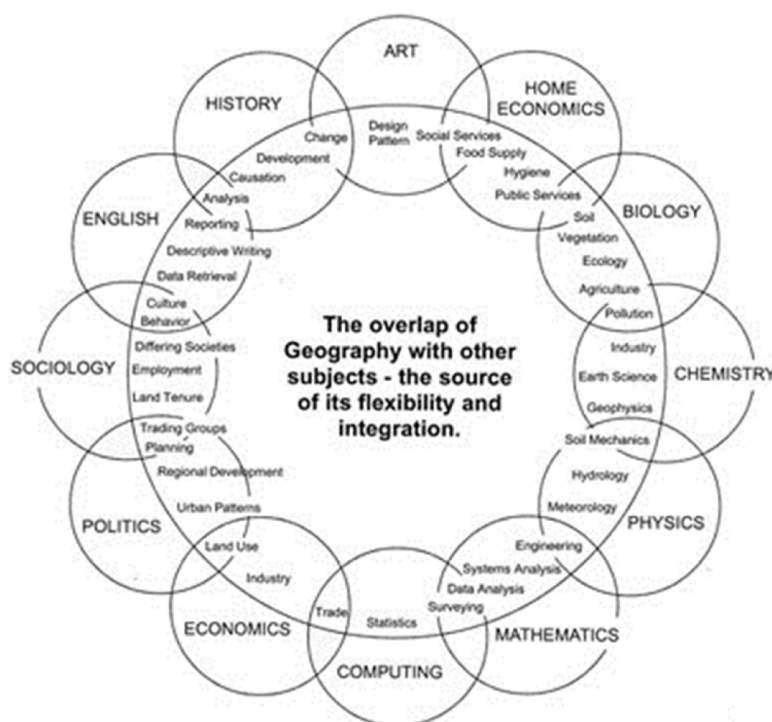


Fig. 1.

Source: [5]

5 GEOCAPABILITIES: A FRAMEWORK FOR UNDERSTANDING THE PURPOSES AND VALUES OF GEOGRAPHY EDUCATION

The geocapabilities approach inspired by the writings of philosopher Amartya Sen and economist Martha Nussbaum provides a theoretical framework for understanding the broader aims of geography in education and how these aims may be shared internationally, in spite of the different traditions and policies influencing the content of geography curricula in different countries [6]. A capabilities approach to geography education can empower teachers to become leaders of curriculum making by expounding the ways geography imparts an indispensable viewpoint for life and citizenship in an extremely interdependent world. Efforts to develop teachers as leaders will prove an indispensable strategy for achieving the potential of the capabilities approach in geography education. Geography education potentially contributes to the development of three human capabilities:

- Promoting individual autonomy and freedom, and the ability to use one's imagination and to be able to think and reason;
- Identifying and exercising one's choices in how to live based on worthwhile distinctions with regard to citizenship and sustainability;
- Understanding one's potential as a creative and productive citizen in the context of the global economy and culture [6]

The illustration shows how the broader aims of geography education for capability development are shared across national borders, irrespective of differences in the scope and sequencing of national standards.

6 MATERIALS AND METHODS

This was a desk study to show how important geography is; this study was invoked by the fact that for the last 20 years I taught geography at both high school and university level. Research involved collecting readily available information in the public domain on the importance of geography in the school curriculum i.e. the use of secondary data. There was extensive review of literature on the importance and non importance of geography.

7 RESULTS AND DISCUSSION

7.1 GEOGRAPHY AND HUMAN RIGHTS

Geographical educators in their work take on board the Universal Declaration of Human Rights [7] and in particular to:

Article 25

1) "Everyone has the right to a standard of living adequate for the health and wellbeing of him [her] self and of his [her] family, including food, clothing, housing and medical care and social services, and the right to security in the event of unemployment, sickness, disability, widow[er] hood, old age or other lack of livelihood in circumstances beyond his [her] control."

Article 26

2) Everyone has the right to education.....Education shall be directed to the full development of the human personality and to the strengthening of respect for human rights and fundamental freedoms. It shall promote understanding, tolerance and friendship among all nations, racial or religious groups, and shall further the activities of the United Nations for the maintenance of peace."

People face problems daily and pursuant to solving these, there is need for the right to education which includes the right to high quality geographical education that encourages an objective national to global identity.

7.2 IMPORTANCE OF GEOGRAPHICAL CURRICULUM IN EDUCATION

It is contended here that the conferring of the curriculum process on so called institutional and evaluation experts who do the thinking while the teachers are reduced to doing the implementation unnecessarily separate the planning of the curriculum from its execution. This may particularly explain why practicing teachers use note and recall techniques rather than the child centred approaches [8]. It is unrealistic to expect chalk face operators to use methods which empower the learner when they themselves are disempowered and marginalized in the curriculum formulation process. Teachers should take the responsibility of deciding what to teach, how they teach and how they evaluate this teaching and learning. To argue that our teachers are incapable of taking on a responsibility is to try and duck the challenge. Teachers need to be educated to take up this challenge which is central to any education worthy of the name. Perhaps the experiences of Geographers and Geography educationalists in other countries will highlight just how precarious a subject's tenure in the curriculum can be.

Reference [9] states that on June 19, 1985, the then Secretary of State for Education in the British Government, Sir Keith Joseph, posed seven questions to members of the British Geographical Association. The questions can be paraphrased thus:

- What criteria are used for the selection of the content of Geography courses at primary and secondary school level?
- How do geographers deal with the challenge of basing the pupils' geographical education on practical learning and direct experience?
- What is the place of a multi and interdisciplinary approaches to the studying and understanding of spatial patterns and how do they change?
- How do geographers view the balance between people and the environment, whether physical or economic?
- What teaching approaches are needed for dealing with controversial issues in Geography?
- How can the teaching of Geography be best organised at both primary and secondary level?, and finally
- What aspects of geography should every learner up to the age of 16 is expected to learn?

Reference [9] goes on to say that this came at a time when the groundwork for the General Certificate of Secondary Education (GCSE) National Curriculum in England and Wales was being laid, Sir Keith's questions were effectively seen as a challenge to geographers to justify their subject's continued presence in the core curriculum [10]. "A case for Geography" was a synthesis of the Task force set up by the Geographical Association to respond to the seven questions. Much has been debated since then, but the short of it is that geography has secured itself a place in the core curriculum.

As teachers of geography we have a vested interest in keeping the subject in the curriculum. But how many chalk face practitioners in schools could sustain a convincing argument for keeping geography in the curriculum as opposed to the demands for time by for instance the so called minority languages such as Kalanga and Nambya in Zimbabwe, the modern languages such French as well as by emergent offerings such as AIDS education? Can we therefore argue convincingly for the

content, structure and methodology of geography as it is currently practiced in our schools? Of course we can as observed by [11]

“In a world ever more crowded with people, even more mobile, and ever more armed with potentially powerful technologies, it is crucial for pupils to be educated towards an understanding of the major spatial issues which concern our physical and social existence. The understanding of the dimension of space and its implications for individuals, groups, whole nations, is essential to a proper appreciation of many of the major issues which confront the modern world.

Table 1: Ten Big Questions in Geography

1. What makes places and landscapes different from one another and why is this important?
2. Is there a deeply held human need to organize space by creating arbitrary borders, boundaries, and districts?
3. How do we delineate space?
4. Why do people, resources, and ideas move?
5. How has the earth been transformed by human action?
6. What role will virtual systems play in learning about the world?
7. How do we measure the immeasurable?
8. What role has geographical skill played in the evolution of human civilization, and what role can it play in predicting the future?
9. How and why do sustainability and vulnerability change from place to place and over time?
10. What is the nature of spatial thinking, reasoning, and abilities?

Source: [12]

The Ten “Big Questions in Geography,” were put by Cutter and her colleagues’ and are related directly to social-ecological interactions which are embedded in geographic approaches that are exclusively positioned to provide knowledge to understand social-ecological interactions. The most basic of human rights are life, liberty, and the pursuit of happiness; all these rights are played out upon a geographic stage, have geographic properties, and function as a geographical process. The big questions lead to further questions e.g. how and why does lifestyles vary from one place to another, and does the very nature of that pursuit change geographically? The big questions articulated above invoke us to do research on problems such as:

- What are the spatial constraints on pursuing goals of life, liberty, and the pursuit of happiness?
- What are the future resource needs? Where will we find the new resources that have not been adequately explored?
- When does geography start and finish? Does it matter?
- What are likely to be the key challenges in doing the geography of other planets?
- Will cities of the future remain bound to the land surface, or will they move to what we now consider unlikely or exotic locations (under water or floating in space)?

John Noble Wilford, the science correspondent for The New York Times at the 2001 National Meeting of the Association of American Geographers (AAG) argued that geography should articulate the big questions that should capture the attention of the public, the media, and policymakers by answering the following questions:

- Are geographers missing big questions in their research?
- Why is the research by geographers on big issues not being reported?
- And what role can the AAG play in improving geographic contributions to address big issues?

The majority of geographers are academicians, their agendas and reward structures are targeted at specific research extremely masked in paradigms that are obscured to decision makers and the public. in addition, this social structure tends to lead geographic researchers’ into researches on small problems that can be solved promptly, generate professional

publications, and support a drive for promotion and tenure, rather than investigating more intricate, bigger problems that are not easily solved and do not necessarily lead to academic publications of a type the genre usually demands.

In general, geographers outside research and university settings are dotted and work in isolation, in small groups, or as members of larger interdisciplinary teams for governmental agencies, businesses, or private organizations. In most countries there are few true “institutes” of geographic research, therefore it difficult to focus geographic energy on big problems. Geographers, as a result of their isolation are responding to immediate and short-term demands on their time and talents, rather than leading the larger-scale investigations which have the capability to influence policy on a larger scale. Most of the work done by geographers goes unrecorded for two major reasons:

- It does not fit the classic pattern for the research journals where geographers get their best career awards.
- And work related to policy often emerges without acknowledgment to the researchers of origin.

Geographers usually work under an organisation such that when research results emerge attribution may be tricky, one geographer may be studying transport problems in Harare whilst the other will be studying shortage of housing in the same city. These examples show that geographers play a fundamental role, but the product of their work is ascribed only to an organisation while individuals are recognised as contributors. If the reports effectively influence policy, the decision makers who articulate that policy take credit for the process, rather than the original investigators who made the recommendations. For this reason the need to join associations such the Geographical Association of Zimbabwe so that they speak with one voice becomes apparent. This is particularly important because communication of geographic research findings to the public in a coherent way can be challenging.

Reference [9] argued that a more extreme challenge to geography education as it is conceptualized in Zimbabwe can be seen in the United States in the US geography in schools has suffered from the “Triple-D” syndrome. It has either *disappeared*, has been *demoted* or *dropped* from the curriculum subsumed under such offerings as “earth science”, has been demoted to the soul wrenching status of place-name memorization, or is just not talked about at all. The status of Geography was in such a palsy state that drastic counter-measures had to be taken by those with geography at heart. Though concerted lobbying activities, geography educationists and geographers have ensured that since 1987 the congress of the United States of America has passed an annual joint resolution designating a “Geographical Awareness Week” – a week dedicated to “things Geographical.” [13] Argued that Geography is very important because it enables pupils to develop a range of skills through practical work which includes investigation in the field, involving observation, collection interviewing people as well as presentation, analysis, interpretation and use of data including maps and photography. Geography also entails the use of verbal quantitative and symbolic data forms such as text pictures, graphs, tables, diagrams and maps and finally the use of communication, thinking, practical and social skills to explore geographical topics at a range of scale from local to international. A field trip in geography to a company like Lever Brothers Pvt (Ltd) which manufactures detergents and food etc will help pupils acquire attitudinal and aesthetic needs, more specifically the tour will arouse pupils curiosity and thereby motivating them to want to learn more including the concrete basis of conceptualization at the same time allowing for spontaneity and sense of humour as well as sharing intellectual endeavor. Many of these skills are psychomotor – touching, smelling, hearing and seeing bringing into play all learning faculties. After the tour pupils are engaged in report writing – “Thank you letters” and “Vote of Thanks” – this will develop pupils’ communication and public relations skills.

Places on the earth’s surface have different natural and human characteristics. Knowledge of physical characteristics of places and pupils environmental perception and behaviour are the basis for comprehending the interrelationships between people and places. People use the environment in a number of ways i.e. mining, farming etc resulting in a variety of cultural landscapes. Understanding these complex interactions provides an important basis for responsible environmental planning, management and protection, as [14] argues that knowledge of the location of people and places which we attain through learning Geography, is thus a precondition for understanding local, regional and global interdependence.”

Geography can be used as vehicles for the child development to help him/her acquire the art of using knowledge or to learn something of his cultural heritage. It is often claimed to be a necessary background to citizenship and initiates children into a particular mode of thought [15]. Properly interpreted the Geography described here does not conflict with the aims of education but rather it supplements these. Geography enables us to understand spatial interaction – resources are unevenly distributed over the earth. Countries and regions are interdependent and linked by transport and communication systems in order to exchange resources and information; therefore [15] put it aptly when they say “Geography furthers international understanding.” Geography contributes significantly to environmental Education which is defined by the International Union for the Conservation of Nature and Natural Resource (IUCN) in [16].

“Environmental education is the process of recognizing values and clarifying concepts in order to develop skills and attitudes necessary to understand and appreciate the interrelationships among men, his culture and his biophysical

surroundings. Environmental Education also entails practice in decision making and self-formulation of a code of behaviour about issues concerning environmental quality.”

The best subject to teach environmental education effectively and meaningfully is Geography since the two are complimentary.

Geography contributes to general aims of education in a number of ways since there is a clear need to interrelate subjects in the curriculum through the utilisation of knowledge acquired in one part of the curriculum to another e.g. the interpretation of maps in History. Reference [15] argue that a more promising claim can be made that Geography teaches essential skills mainly those concerned with maps. The most essential of these concerns the atlas. The ability to use an atlas unlocks the door to locations over the whole world. The more detailed the training, the greater the map understanding, the more each pupil, or adult reads for himself the basic facts of the world locational knowledge needed in everyday life, the more knowledgeable they become. The atlas is but a particular map in general maps of all kinds appear in enormous variety of publications or subjects today and hence Geography often links very well with other subjects in the curriculum such as Maths, Biology, Physics, Chemistry, History Religious Education to name but a few.

Map Reading and many other forms of Geographical study also provide training in how to find out about places. Many people in Zimbabwe today know that Zimbabwean soldiers fought in the Democratic Republic of Congo (DRC) but they do not know where the DRC is and why our soldiers fought there. Without adequate geographical knowledge, it is very difficult to understand these current events. Related to this, map reading becomes worthwhile. Reference [14] argues that we can only teach something that is worthwhile if we are to effectively educate, - a notion confirmed by Peters in [15] who contends that:

“The truth is that being worthwhile is part of what is meant by calling it education. Education implies the intentional bringing about of a desirable state of mind. A development of this is that to be educated implies caring about what is worthwhile, and being brought to care about it. With the mastery of basic skills the door is open to a vaster and more variegated inheritance.”

It is tempting to claim that as [15] argue that at higher levels geography trains students in orderly methods of thought which produce benefits in the form of similar methods elsewhere and that geographical study enables the individual to enjoy a richer use of his leisure. Geography shows us how to study places although there is no proof that it creates interest in them, this seems a likely supposition. At the simplest level, children will be able to plan more and interesting/ rewarding journeys since they would want to discover the glacier, hurricane or the volcano. Reference [15] as in [14] asserts that, “we submit that a subject which considers man’s activities as much as does geography has some claim to be among the humanities. The sixth former at least becomes aware that there are human as well as physical forces shaping our world and that they are not reducible to a scientific formula in view of the increasing division today between the two cultures, this is surely a powerful argument for the inclusion of geography in the school curriculum.”

7.3 EMERGING TRENDS IN GEOGRAPHY: THE SIGNIFICANCE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) AND REMOTE SENSING

GIS deals with the storage of information about the Earth for repeated retrieval by a computer, in an accurate manner suitable to the information’s use as well as the use GIS software and GIS techniques to represent, analyze and predict spatial relationships [17]. In addition to all of the other sub disciplines of geography, GIS specialists ought to understand computer science and database systems. GIS has revolutionised the field of cartography; nearly all mapmaking is now done with the backing of some form of GIS software. Remote sensing is the science of getting information about Earth features from measurements made at a distance in many forms such as satellite imagery, aerial photography and data obtained from hand-held sensors. Remotely sensed data: a) supplies objective information at a variety of spatial scales b) provides a synoptic view of the area of interest, c) allows access to distant and/or inaccessible sites, d) provides spectral information outside the visible portion of the electromagnetic spectrum, and e) facilitates studies of how features/areas change over time [18]. Remotely sensed data is analyzed either separately or in combination with other digital data layers e.g. GIS. Geostatistics deal with quantitative data analysis, specifically the application of statistical methodology to the exploration of geographic phenomena in a variety of fields such as hydrology and geology.

8 FUTURE DIRECTIONS FOR GEOGRAPHY

Reference [15] argues that Geography is a particular way of regarding knowledge, above all an integrating way. It is this peculiar function of our subject to draw together the entire facet about a place. The integrating function is vital to Geography. The Geographer sees things as a whole; he is a synthesizer, a collector and evaluator of relevant facts about places. Some other subjects doubtless claim similar qualities of collecting and evaluating all data relevant to their own

matter. In schools, I believe this quality is very clearly apparent in Geography e.g., weathering raises the question of chemical processes, precipitation of physical one; vegetation offers links with botany and planetary movements. The teacher must sometimes make a conscious effort to show the relation of geography and History and an even greater one to persuade his pupils to write good English. Certainly his specialist colleagues in these other fields will be grateful for his efforts as Fairgrieve in [15] observes, "The function of Geography in the school curriculum is to train future citizens to imagine accurately the conditions of great world stage and so help them to think sanely about political and social problems around them." In other words Geography produces a world viewpoint or an understanding of other people's point of view. In conclusion, there is undoubted case for the retention of Geography in the curriculum. Its importance is evident from what has been discussed above. One would argue that geography is an indispensable part of the school curriculum. As [19] observes:

"Geography is intriguing because it is there all around one; the world that is an inextricable part of one's everyday life. The fascination of the discipline is that it gives one keys which can help one understand and explore that everyday world."

The main issues discussed here are not all-encompassing. They signify my shared judgments (and biases) on what issues are important for the discipline of Geography, and those that should provide a focus for our significant intellectual capital. This paper, in my view is the commencement of a discourse within the discipline of Geography as to the importance of geographical education as well as the likely big questions which can stimulate a dialogue and collective research agenda for the future and the next generation of geographic professionals.

REFERENCES

- [1] H.Barke AND Bell .M The national standard of investors in people –does it have a place in the management of schools? In H. Green (Ed) The school management Handbook. London. Kogan .Page. 1994
- [2] B.S.M. Gatawa.'Zimbabwe: System of Education', in T.Husén and T.N. Postlethwaite (Eds) .The International Encyclopedia of Education Second Edition pp. 6814–21. 1994.
- [3] J. Small and Witherick, M. A Modern Dictionary of Geography. Edward Arnold, London, 1986.
- [4] D. Alexander. Natural Disasters. New York: Chapman and Hall, 1993.
- [5] D. Mitchell. The devil's arm: points of passage, networks of violence, and the California agricultural landscape. *NewFormations*43, 44–60. 2001.
- [6] M. Solem; Lambert, D.; Tani, S. GeoCapabilities: Toward an International Framework for Review of International Geographical Education Online ©RIGEO Volume 3, Number 3, Winter 2013
- [7] The International Bill of Human Rights. Adopted and Proclaimed by General Resolution 217. December 1948.
- [8] E.Osakwe. Geography: Its History, Thought and Teaching Fourth Dimensions Publishers. Enugu. Nigeria .1994.
- [9] P.Ngwazikazana. "Should your subject Geography, be in the School Curriculum" *Geographical Education Magazine* Vol 20, No1, 92-95, 1997.
- [10] P. Bailey and Binns .T. A Case for Geography: A Response to Sir Keith Joseph Geography, 73 pp 327-331.1987.
- [11] R.Walford. Games and Simulations. How do they measure in Geography of the Nineties? *Interaction*. Vol. 24. No.4 pp 1416.1996.
- [12] S.L. Cutter; T. Mitchell, and M. S. Scott. Revealing the vulnerability of people and places: A case study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the Association of American Geographers*90:713–37. 2000.
- [13] J. Haddon. Local Geography in Towns. Littlehampton Book Services, UK. 1971.
- [14] E. Munowenyu. Introduction to Geographical Thought and Environmental Studies -Module GED101 Zimbabwe Open University, Harare, 1999.
- [15] M. Long. and Roberson, B.S. Teaching Geography. Heinemann Education Books, London, 1966.
- [16] J.Palmer & Neal, P. The Handbook of Environmental Education. London: Routledge. 1994.
- [17] GIS.com, What is GIS? ESRI, <http://www.gis.com/content/what-gis> (Accessed 21/08/14). 2011.
- [18] M.F., Goodchild Geographical Information Science. *International Journal of Geographical Information Systems*, 6:1, 31-45. 1992.
- [19] A. Holt-Jensen. Geography-History and Concepts 2nd Edition Paul Chapman Publishing, London, 1988.

The Role of Unit Operations in Agricultural Products Processing

J.T. Liberty, C.O. Akubuo, W.I. Okonkwo, and D.I. Kwino

Department of Agricultural & Bioresources Engineering, University of Nigeria, Nsukka, Enugu State, Nigeria

Copyright © 2015 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: At the time of harvest, most foods are likely to contain contaminants, to have components which are inedible or to have variable physical characteristics (for example shape, size or colour). It is therefore necessary to perform one or more of the unit operations of cleaning, sorting, grading or peeling to ensure that foods with a uniformly high quality are prepared for subsequent processing. This paper examines the role of unit operations in agricultural products processing. The study adopted a desk review of existing literatures on unit operations in processing. Benefits of food processing include toxin removal, preservation, easing marketing and distribution tasks, and increasing food consistency. In addition, it increases seasonal availability of many foods, enables transportation of delicate perishable foods across long distances and makes many kinds of foods safe to eat by de-activating spoilage and pathogenic micro-organisms.

KEYWORDS: Contaminants, Deterioration, Unit operations, Processing.

1 INTRODUCTION

During the harvesting of agricultural products, most are likely to contain contaminants, to have components which are inedible or to have variable physical characteristics (for example shape, size or colour). It is therefore necessary to perform one or more of the unit operations of cleaning, sorting, grading or peeling to ensure that foods with a uniformly high quality are prepared for subsequent processing.

Unit operations are the processes involved in converting a raw product to the final product that is consumed by the end users. Therefore, the study of process engineering is an attempt to combine all forms of physical processing into a small number of basic operations, which are called unit operations. Food processes may seem bewildering in their diversity, but careful analysis will show that these complicated and differing processes can be broken down into a small number of unit operations. For example, consider heating of which innumerable instances occur in every food industry. There are many reasons for heating and cooling - for example, the baking of bread, the freezing of meat, the tempering of oils.

The essential concept of food processing is however to divide physical food processes into basic unit operations, each of which stands alone and depends on coherent physical principles. For example, heat transfer is a unit operation and the fundamental physical principle underlying it is that heat energy will be transferred spontaneously from hotter to colder bodies (Earle *et al.* 1966).

Important unit operations in the food industry are fluid flow, heat transfer, drying, evaporation, contact equilibrium processes (which include distillation, extraction, gas absorption, crystallization, and membrane processes), mechanical separations (which include filtration, centrifugation, sedimentation and sieving), size reduction and mixing.

1.1.1 SCREENING

Screening also called Size sorting or sieving is the separation of solids into two or more fractions on the basis of differences in size. It is particularly important when the food is to be heated or cooled as the rate of heat transfer is in part determined by the size of the individual pieces and variation in size would cause over-processing or under-processing.

Additionally, foods which have a uniform size are said to be preferred by consumers. Screens with either fixed or variable apertures are used for size sorting. The screen may be stationary or, more commonly, rotating or vibrating.

A. Fixed Aperture Screens

Two common types of fixed aperture screen are the flat bed screen (or sieve) and the drum screen (rotary screen or reel). The multideck flat bed screen (Figure 1.1.1a) has a number of inclined or horizontal mesh screens, which have aperture sizes from 20 to 125 mm, stacked inside a vibrating frame. Food particles that are smaller than the screen apertures pass through under gravity until they reach a screen with an aperture size that retains them. The smallest particles that are separated commercially are of the order of 50 μ m.

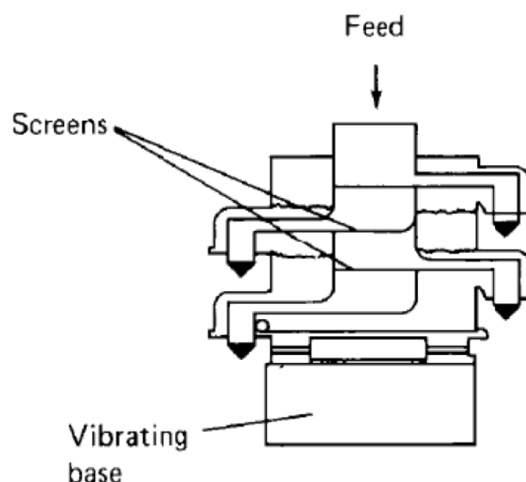


Fig.1.1.1(a) Multideck flat bed screen

The capacity of a screen is the amount of food that passes through per square metre per second. The rate of separation is controlled by:

- The shape and size distribution of the particles
- The nature of the sieve material
- The amplitude and frequency of shaking
- The effectiveness of methods used to prevent blocking (or blinding) of the sieves.

These types of screens are widely used for sorting dry foods (for example flour, sugar and spices).

The main problems encountered are:

- excessive moisture or high humidity, which causes small particles to stick to the screen or to agglomerate and form larger particles, which are then discharged as oversize
- blinding, particularly if the particle size is close to that of the screen aperture
- high feed rates, which cause the screens to become overloaded and small particles, are discharged with the oversized particles.

Where vibration alone is insufficient to separate particles adequately, a gyratory movement is used to spread the food over the entire sieve area, and a vertical jolting action breaks up agglomerates and dislodges particles that block sieve apertures.

Many types of drum screen are used for sorting small-particulate foods (for example nuts, peas or beans) that have sufficient mechanical strength to withstand the tumbling action inside the screen. Drum screens are almost horizontal (5–10° inclination), perforated metal or mesh cylinders. They may be *concentric* (one inside another), *parallel* (foods leave one screen and enter the next (Figure 1.1.1) or *series* (a single drum constructed from sections with different sized apertures). All types have a higher capacity than flat bed screens and problems associated with blinding are less severe than with flat bed screens. The capacity of drum screens increases with their speed of rotation up to a critical point. Above this the food is held against the screen by centrifugal force and results in poor separation. Similarly there is an increase in capacity with the angle of the screen up to a critical angle. Above this the residence time is too short and products pass through without separation.

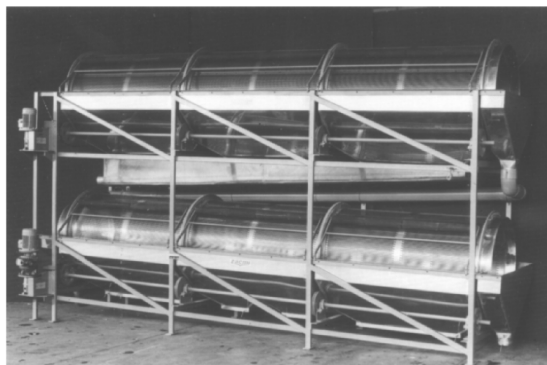


Fig.1.1.1 (b) Parallel drum screen

1.1.2 ASPIRATION CLEANING

Aspiration or winnowing machines are based on the difference in the terminal velocity of grain and chaff. Raw material (grain) is fed into a cylindrical column as shown in fig1.1.2. Air is forced up the column against the grain and chaff. The speed of the air is such that allows the grain to fall through a discharge gate while the lighter chaff is blown away.

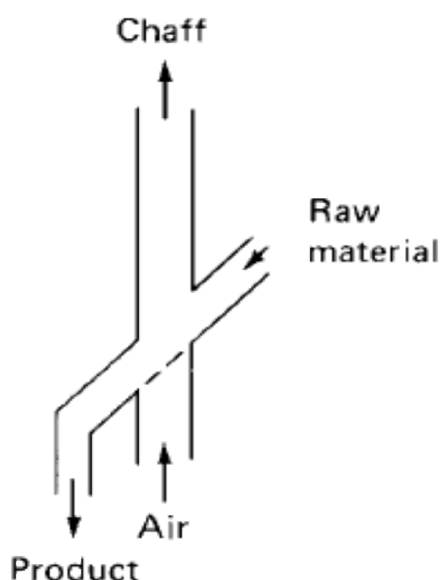


Fig. 1.1.2 Separation of chaff from grain by aspiration cleaning

1.1.3 SOAKING MACHINES

Soaking in still or moving water or fluids is effective only if dirt, or other surface undesirable, is present in small quantities and is loosely attached to the product. This method is frequently used in connection with other methods as a precleaner or soaker (Henderson *et al.* 1966). Soaking is done in large tanks. The efficiency of soaking is increased by moving the water relative to the product or moving the product relative to the water. These can be achieved by the use of paddles or rotation of the equipment.

1.1.4 SPRAY BELT WASHERS

In spray washers, the product is moved slowly on a belt past a set of jets from a spray boom. In some machines, provision is made for turning the product as it moves on the belt.

1.1.5 SORTING MACHINES

Sorting is the separation of foods into categories on the basis of a measurable physical property. Like cleaning, sorting should be employed as early as possible to ensure a uniform product for subsequent processing. Sorting is important because of the following reasons:

- a) Sorted produce are better suited to mechanized operations
- b) Sorting is necessary

The four main physical properties used to sort foods are size, shape, weight and colour.

SHAPE AND SIZE SORTING

The particle size distribution of a material is expressed as either the mass fraction of material that is retained on each sieve or the cumulative percentage of material retained.

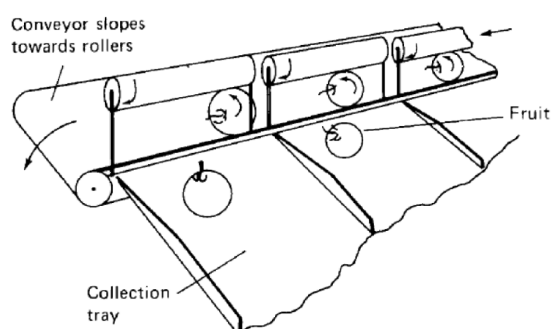


Fig.1.1.5 (a) Belt-and-roller sorter.

The shape of some foods is important in determining their suitability for processing or their retail value. For example, for economical peeling, potatoes should have a uniform oval or round shape without protuberances. Shape sorting is accomplished either manually or mechanically.

VARIABLE-APERTURE SCREENS

Variable-aperture screens have either a continuously diverging aperture or a stepwise increase in aperture. Both types handle foods more gently than drum screens and are therefore used to sort fruits and other foods that are easily damaged. Continuously variable screens employ pairs of diverging rollers, cables or felt-lined conveyor belts. These may be driven at different speeds to rotate the food and thus to align it, to present the smallest dimension to the aperture.



Fig. 1.1.5(b) Sorting lemons on a roller sorter.

Stepwise increases in aperture are produced by adjusting the gap between driven rollers and an inclined conveyor belt (Refer Figure on belt and roller sorter). The food rotates and the same dimension is therefore used as the basis for sorting (for example the diameter along the core of a fruit).

IMAGE PROCESSING

Image processing is used to sort foods on the basis of length, diameter, and number of surface defects and orientation of the food on a conveyor as well as colour. It has been used for example with maize cobs, which pass beneath three video cameras, placed 120° apart above a conveyor belt. The images of the surface of the cob are recorded and stored in the memory of a microprocessor. The information is then analyzed and compared with pre-programmed specifications for the product, and the cob is either rejected or moved into a group with similar characteristics.

COLOUR SORTING

Manual sorting by colour is still widely used but is increasingly expensive in both labour costs, operator training and the space required for sorting tables. There has therefore been considerable development of machine vision sorting systems which are said to have lower operating costs and greater accuracy than manual methods. These include monochrome (black and white), bichrome (4100 shades of red and green) and trichromatic or full colour (262 000 shades of red, green and blue, with optional infrared). Each is controlled by a programmable logic controller which has pre-set programs for different products that are easily changeable by operators using a video display. They are used for example, to sort potatoes for defects and blemishes by identifying dark areas on the potato surface. Light sensitive cells in the camera (termed 'pixels') produce a voltage that is proportional to the intensity of light received. An electronic circuit that receives a lower voltage than the pre-set value can thus detect darker objects or areas which reflect less light than normal. The voltage produced in the electronic circuit can be adjusted to alter the sensitivity of detection. Up to 10 tonnes of product per hour pass beneath the cameras on conveyors operating at 150–180 m per min. Defective items are removed by electronically controlled air jets that can operate for 20 milliseconds, thus covering 50 mm of the belt length in a single blast. In another system, vegetables in free-fall are scanned 1000 times per second, as they leave a conveyor belt, using concentrated helium-neon or laser light beams and a high-speed rotating mirror. The machine detects differences in reflectivity between good product and unwanted material.

Small-particulate foods may be automatically sorted at high rates using microprocessor controlled colour sorting equipment. Particles are fed into the chute one at a time. The angle, shape and lining material of the chute are altered to control the velocity of the pieces as they pass a photodetector. The colour of the background and the type and intensity of the light used for illuminating the food (including infrared and ultraviolet options) are closely controlled for each product. Photodetectors measure the reflected colour of each piece and compare it with pre-set standards, and defective foods are separated by a short blast of compressed air. The computer can store 100 named product configurations to enable rapid changeover to different products using an operator touchpad.

Typical applications include peanuts, rice, diced carrot, maize kernels, cereals, snack foods and small fruits.

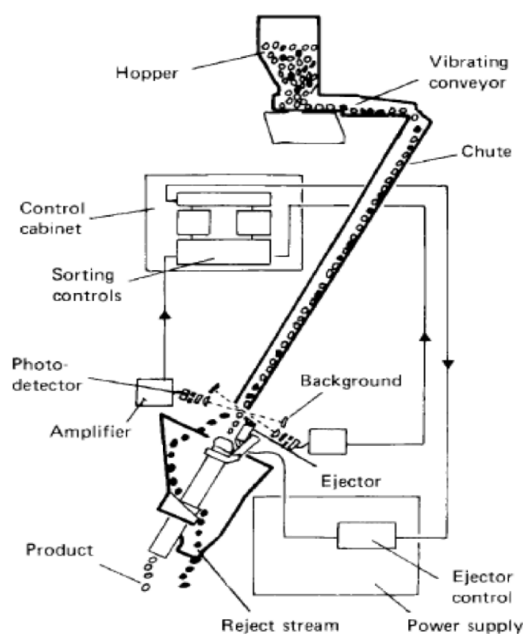


Fig. 1.1.5(c) Colour sorter.

A different type of equipment employs a sensor located above a conveyor belt, which views products as they pass beneath. The sensor detects up to eight colours and provides an alarm or control signal whenever a pre-selected colour passes the detector beam. It is also able to distinguish between different coloured foods which are to be processed separately. In a more sophisticated system, foods which have variations in colour over their surface are colour sorted by image processing. The foods are fed in rows on a roller conveyor beneath a video camera. The relative intensities of reflected red, green and yellow light are transmitted to the microcomputer which constructs a composite image of each piece of food, showing both the spread of colour and the mean colour of inspected foods. The computer compares the constructed image with pre-set specifications and activates a compressed air ejector or a mechanical deflector to remove rejected food. When this type of system is used to sort baked goods, it is also used to control directly the gas or electricity supply to the ovens, which is reported to reduce energy consumption in ovens by 20%. The sorter can be easily adapted to different foods, by operators using the microprocessor keypad.

WEIGHT SORTING

Weight sorting is more accurate than other methods and is therefore used for more valuable foods (for example eggs, cut meats and some tropical fruits). Eggs are sorted at up to 12 000 per hour into six to nine categories with a tolerance of 0.5 g. They are first graded by 'candling' and then pass to the weight sorter. This consists of a slatted conveyor which transports the eggs above a series of counterbalanced arms. The conveyor operates intermittently and while stationary, the arms raise and weigh the eggs. Heavy eggs are discharged into a padded chute and lighter eggs are replaced on the conveyor to travel to the next weigher.

Aspiration and **flotation** sorting use differences in density to sort foods and are similar in principle and operation to aspiration and flotation cleaning. Grains, nuts and pulses are sorted by aspiration. Peas and lima beans are sorted by flotation in brine (specific gravity, 1.1162–1.1362). The denser, starchy, over-mature pieces sink whereas the younger pieces float.



Fig.1.1.5(d) Egg sorter Grading

This term is often used interchangeably with sorting but strictly means ‘the assessment of overall quality of a food using a number of attributes’. Sorting (that is separation on the basis of one characteristic) may therefore be used as part of a grading operation but not vice versa. Grading is carried out by operators who are trained to simultaneously assess a number of variables.

For example, eggs are visually inspected over tungsten lights (termed ‘candling’) to assess up to twenty factors and remove those that are for example, fertilized or malformed and those that contain blood spots or rot. Meats, for example, are examined by inspectors for disease, fat distribution, bone to flesh ratio and carcass size and shape. Other graded foods include cheese and tea, which are assessed for flavour, aroma, colour, etc. Apples are graded with the assistance of coloured cards that show the required characteristics of different grades in terms of colour distribution across the fruit, surface blemishes and size and shape of the fruit.

In some cases the grade of food is determined from the results of laboratory analyses (for example wheat flour is assessed for protein content, dough extensibility, colour, moisture content and presence of insects). In general, grading is more expensive than sorting owing to the higher costs of skilled operators. However, many attributes that cannot be examined automatically can be simultaneously assessed, and this produces a more uniform high-quality product.

2 SIZE REDUCTION MACHINES

Raw materials often occur in sizes that are too large to be used and, therefore, they must be reduced in size. Size reduction or ‘comminution’ is the unit operation in which the average size of solid pieces of food is reduced by the application of grinding, compression or impact forces. When applied to the reduction in size of globules of immiscible liquids (for example oil globules in water) size reduction is more frequently referred to as homogenization or emulsification. The size reduction of liquids to droplets is done by atomization. Size enlargement is achieved by extrusion, agglomeration or forming.

Size reduction has the following benefits in food processing:

- There is an increase in the surface-area-to-volume ratio of the food which increases the rate of drying, heating or cooling and improves the efficiency and rate of extraction of liquid components (for example fruit juice or cooking oil extraction).
- A similar range of particle sizes allows more complete mixing of ingredients (for example dried soup and cake mixes).

Size reduction and emulsification have little or no preservative effect. They are used to improve the eating quality or suitability of foods for further processing and to increase the range of products available. In some foods size reduction may promote degradation by the release of naturally occurring enzymes from damaged tissues, or by microbial activity and oxidation at the increased area of exposed surfaces, unless other preservative treatments are employed.

Different methods of size reduction are classified according to the size range of particles produced:

1. Chopping, cutting, slicing and dicing:

- (a) Large to medium
- (b) medium to small
- (c) small to granular

2. Milling to powders or pastes of increasing fineness

3. Emulsification and homogenization

GRINDING AND CUTTING

Grinding and cutting reduce the size of solid materials by mechanical action, dividing them into smaller particles. Perhaps the most extensive application of grinding in the food industry is in the milling of grains to make flour, but it is used in many other processes, such as in the grinding of corn for manufacture of corn starch, the grinding of sugar and the milling of dried foods, such as vegetables.

Cutting is used to break down large pieces of food into smaller pieces suitable for further processing, such as in the preparation of meat for retail sales and in the preparation of processed meats and processed vegetables.

In the grinding process, materials are reduced in size by fracturing them. The mechanism of fracture is not fully understood, but in the process, the material is stressed by the action of mechanical moving parts in the grinding machine and initially the stress is absorbed internally by the material as strain energy. When the local strain energy exceeds a critical level, which is a function of the material, fracture occurs along lines of weakness and the stored energy is released. Some of the energy is taken up in the creation of new surface, but the greater part of it is dissipated as heat. Time also plays a part in the fracturing process and it appears that material will fracture at lower stress concentrations if these can be maintained for longer periods. Grinding is, therefore, achieved by mechanical stress followed by rupture and the energy required depends upon the hardness of the material and also upon the tendency of the material to crack - its friability.

The force applied may be compression, impact, or shear, and both the magnitude of the force and the time of application affect the extent of grinding achieved. For efficient grinding, the energy applied to the material should exceed, by as small a margin as possible, the minimum energy needed to rupture the material. Excess energy is lost as heat and this loss should be kept as low as practicable.

The important factors to be studied in the grinding process are the amount of energy used and the amount of new surface formed by grinding.

A. SELECTION OF SIZE REDUCTION MACHINE

In selecting a size reduction machine, the factors to be considered include: hardness of feed; mechanical structure of feed; moisture content of feed; temperature sensitivity of feed; and cost.

Hardness of feed: Some products are harder than others. Therefore, in selecting a size reduction machine, it is important to know the mechanical strength of the product or feed. Such strength can be determined as the bioyield strength or rupture strength of the product in either compression or impact. Once the strength is known, it is possible to recommend high energy machines such as burr-mill for relatively soft product. Alternatively, the size reduction can be in the recycling mode, in which the size reduction is done many times.

Mechanical Structure of feed: Every product has a mechanical structure which can be seen when the product is sectioned. Depending on how the grains or fibre are arranged, the product may be weak in impact but strong in compression. Such a product will be better reduced using an impact machine such a hammer mill. On the other hand, some products are weak in shear and therefore, shear machines should be used.

Moisture Content: The hardness of any product increases as the moisture content decreases. In fact, in some cases the product has to be soaked for some hours to increase the moisture content before size reduction, in order to decrease the hardness.

Cost: Above all considerations is the cost of the equipment. The machine must be economically feasible for the user.

Temperature: For most size reduction machines, there is a temperature rise at the action zone. Products that contain oil will begin to release the oil at those points. Thus the machine should be such that the temperature rise is not too high.

B. EQUIPMENT FOR SIZE REDUCTION

Size reduction equipment is divided into crushers, grinders, ultra fine grinders, and cutting machines.

1. Crushers

Crushers do the heavy work of breaking large pieces of solid material into small lumps. A primary crusher operates on run-of-mine material, accepting anything that comes from the mine face and breaking it into 150 to 250-mm lumps. A secondary crusher reduces these lumps to particles perhaps 6 mm in size.

II. Grinders

Grinders reduce crushed feed to powder. The product from an intermediate grinder might pass a 40 mesh screen; most of the product from a fine grinder would pass a 200 mesh screen with a 74 μm opening.

III. Ultra fine grinder

An *ultra fine grinder* accepts feed particles no larger than 6 mm; the product size is typically 1 to 50 μm . *Cutters* give particles of definite size and shape, 2 to 10 mm in length.

These machines do their work in distinctly different ways. Compression is the characteristic action of crushers. Grinders employ impact and attrition, sometimes combined with compression; ultrafine grinders operate principally by attrition.

IV. Crushers

Crushers are slow-speed machines for coarse reduction of large quantities of solids. The main types are

- jaw crushers,
- gyratory crushers,
- smooth-roll crushers, and
- toothed-roll crushers.

The first three operate by compression and can break large lumps of very hard materials, as in the primary and secondary reduction of rocks and ores.

Jaw Crusher

In a *jaw crusher* the feed is admitted between two jaws, set to form a V open at the top. One jaw is stationary; the other, driven by an eccentric, reciprocates in a horizontal plane and crushes lumps caught between the jaws.

In a *gyratory crusher* a conical crushing head gyrates inside a funnel-shaped casing, open at the top. An eccentric drives the shaft carrying the crushing head. Solids caught between the head and the casing are broken and re-broken until they pass out the bottom.

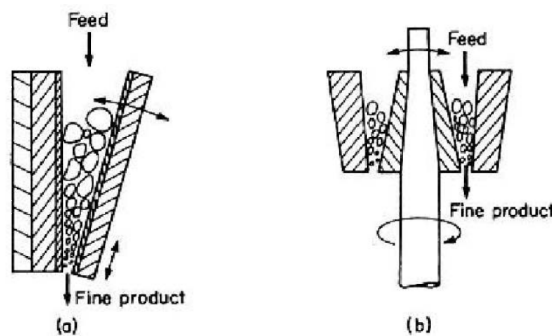


Fig.1.2.3 a) Jaw Crusher b) Gyratory crusher

Grinders

The term grinder refers to a variety of size reduction machines for intermediate duty. Product from a crusher is often fed to a grinder for further reduction. Some of the commercial grinders are hammer mills, impactors, rolling compression machines, attrition mills, and tumbling mills.

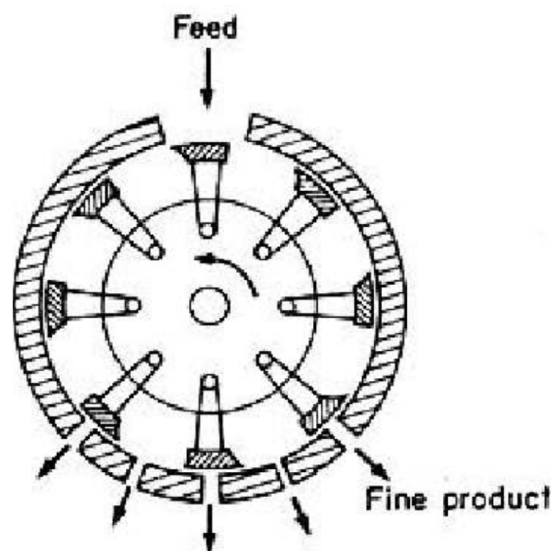


Figure 1.2.3 (c) Hammer mill

Hammer mills:

These mills all contain a high-speed rotor turning inside a cylindrical casing. Usually the shaft is horizontal. Feed dropped into the top of the casing is broken and falls out through a bottom opening. In a hammer mill, the particles are broken by sets of swing hammers pinned to a rotor disk. A particle of feed entering the grinding zone cannot escape being struck by the hammers. It shatters into pieces, which fly against a stationary anvil plate inside the casing and break into still smaller fragments. These in turn are rubbed into powder by the hammers and pushed through a grate or screen that covers the discharge opening.

Several rotor disks, 150 to 450 mm in diameter and each carrying four to eight swing hammers, are often mounted on the same shaft. The hammers may be straight bars of metal with plain or enlarged ends or with ends sharpened to a cutting edge. Intermediate hammer mills yield a product 25 mm to 20-mesh in particle size. In hammer mills for fine reduction, the peripheral speed of the hammer tips may reach 110 m/s; they reduce 0.1 to 15 tons/h to sizes finer than 200-mesh. Hammer mills grind almost anything-tough fibrous solids like bark or leather, steel turnings, soft wet pastes, sticky clay, hard rock. For fine reduction they are limited to the softer materials.

The capacity and power requirement of a hammer mill vary greatly with the nature of the feed and cannot be estimated with confidence from theoretical considerations. Commercial mills typically reduce 60 to 240 kg of solid per kilo watt hour of energy consumed.

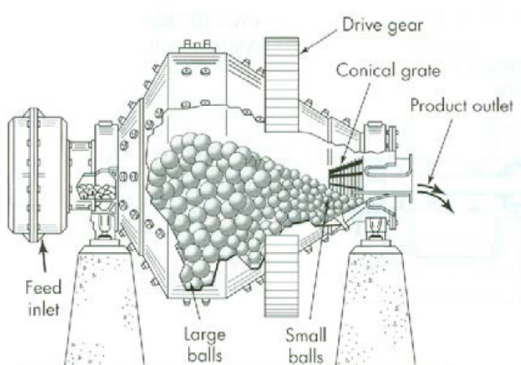


Figure1.2.3 (d) A conical ball mill

Ball Mill

In a ball mill or pebble mill, most of the reduction is done by impact as the balls or pebbles drop from near the top of the shell. In a large ball mill the shell might be 3 m in diameter and 4.25 m long. The balls are 25 to 125 mm in diameter; the pebbles in a pebble mill are 50 to 175 mm. A tube mill is a continuous mill with a long cylindrical shell, in which material is

ground for 2 to 5 times as long as in the shorter ball mill. Tube mills are excellent for grinding to very fine powders in a single pass where the amount of energy consumed is not of primary importance. Putting slotted transverse partitions in a tube mill converts it into a compartment mill. One compartment may contain large balls, another small balls, and a third pebbles. This segregation of the grinding media into elements of different size and weight aids considerably in avoiding wasted work, for the large, heavy balls break only the large particles, without interference by the fines.

Segregation of the grinding units in a single chamber is a characteristic of the conical ball mill illustrated in above. Feed enters from the left through a 60° cone into the primary grinding zone, where the diameter of the shell is a maximum. Product leaves through the 30° cone to the right. A mill of this kind contains balls of different sizes, all of which wear and become smaller as the mill is operated. New large balls are added periodically. As the shell of such a mill rotates, the large balls move toward the point of maximum diameter, and the small balls migrate toward the discharge. The initial breaking of the feed particles, therefore, is done by the largest ball dropping the greatest distance; small particles are ground by small balls dropping a much smaller distance. The amount of energy expended is suited to the difficulty of the breaking operation, increasing the efficiency of the mill.

The load of balls in a ball or tube mill is normally such that when the mill is stopped, the balls occupy about one half the volume of the mill. The void fraction in the mass of balls, when at rest, is typically 0.40. The grinding may be done with dry solids, but more commonly the feed is a suspension of the particles in water, increasing both the capacity and the efficiency of the mill.

When the mill is rotated, the balls are picked up by the mill wall and carried nearly to the top, where they break contact with the wall and fall to the bottom to be picked up again. Centrifugal force keeps the balls in contact with the wall and with one another during the upward movement. While in contact with the wall, the balls do some grinding by slipping and rolling over one another, but most of the grinding occurs at the zone of impact, where the free falling balls strike the bottom of the mill.

The faster the mill is rotated, the farther the balls are carried up inside the mill and the greater the power consumption and the capacity of the mill. If the speed is too high, however, the balls are carried over and the mill is said to be centrifuging. The speed at which centrifuging occurs is called the critical speed.

From a balance between the gravitational and centrifugal forces, the critical speed n_c may be found from the equation

$$n_c = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{R-r}}$$

where g is the acceleration of gravity, R is the radius of the mill, and r is the radius of the grinding elements. The operating speed n must be less than n_c .

Ultra Fine Grinders

Many commercial powders must contain particles averaging 1 to 20 μm in size, with substantially all particles passing a standard 325-mesh screen that has openings 44 μm wide. Mills that reduce solids to such fine particles are called ultra-fine grinders. Ultra fine wet grinding is done in agitated mills.

Cutting machines

In some size reduction problems the feed stocks are too tenacious or too resilient to be broken by compression, impact, or attrition. In other problems the feed must be reduced to particles of fixed dimensions. These requirements are met by machines known as granulators, which yield more or less irregular pieces, and cutters, which produce cubes, thin squares or diamonds.

2.1 ENERGY REQUIREMENT IN SIZE REDUCTION

Grinding is a very inefficient process and it is important to use energy as efficiently as possible. Unfortunately, it is not easy to calculate the minimum energy required for a given reduction process, but some theories have been advanced which are useful.

These theories depend upon the basic assumption that the energy required to produce a change dL in a particle of a typical size dimension L is a simple power function of L :

$$\frac{dE}{dL} = KL^n \quad 1$$

Where dE is the differential energy required, dL is the change in a typical dimension; L is the magnitude of a typical length dimension and K, n , are constants.

Kick assumed that the energy required to reduce a material in size was directly proportional to the size reduction ratio dL/L . This implies that n in eqn. 1 is equal to -1 . If $K = KK f_c$

where KK is called Kick's constant and f_c is called the crushing strength of the material, we have:

$$dE/dL = KK f_c L^{-1}$$

which, on integration gives:

$$E = KK f_c \log_e(L_1/L_2) \quad 2$$

Equation (2) is a statement of Kick's Law. It implies that the specific energy required to crush a material, for example from 10 cm down to 5 cm, is the same as the energy required to crush the same material from 5 mm to 2.5 mm.

Rittinger, on the other hand, assumed that the energy required for size reduction is directly proportional, not to the change in length dimensions, but to the change in surface area. This leads to a value of -2 for n in eqn. (1) as area is proportional to length squared. If we put: $K = KR f_c$

and so

$dE/dL = KR f_c L^{-2}$ where KR is called Rittinger's constant, and integrate the resulting form of eqn. 1, we obtain:

$$E = KR f_c (1/L_2 - 1/L_1) \quad 3$$

Equation 3 is known as Rittinger's Law. As the specific surface of a particle, the surface area per unit mass, is proportional to $1/L$, eqn.3 postulates that the energy required to reduce L for a mass of particles from 10 cm to 5 cm would be the same as that required to reduce, for example, the same mass of 5 mm particles down to 4.7 mm. This is a very much smaller reduction, in terms of energy per unit mass for the smaller particles, than that predicted by Kick's Law.

It has been found, experimentally, that for the grinding of coarse particles in which the increase in surface area per unit mass is relatively small, Kick's Law is a reasonable approximation. For the size reduction of fine powders, on the other hand, in which large areas of new surface are being created, Rittinger's Law fits the experimental data better.

Bond has suggested an intermediate course, in which he postulates that n is $-3/2$ and this leads to:

$$E = E_i (100/L_2)^{1/2} [1 - (1/q)^{1/2}] \quad 4$$

Bond defines the quantity E_i by this equation: L is measured in microns in eqn.4 and so E_i is the amount of energy required to reduce unit mass of the material from an infinitely large particle size down to a particle size of 100 mm. It is expressed in terms of q , the reduction ratio where $q = L_1/L_2$.

Note that all of these equations [eqns. (2), (3), and (4)] are dimensional equations and so if quoted values are to be used for the various constants, the dimensions must be expressed in appropriate units. In Bond's equation, if L is expressed in microns, this defines E_i and Bond calls this the Work Index.

The greatest use of these equations is in making comparisons between power requirements for various degrees of reduction.

3 CONCLUSION

At the time of harvest, most foods are likely to contain contaminants, to have components which are inedible or to have variable physical characteristics (for example shape, size or colour). It is therefore necessary to perform one or more of the unit operations of cleaning, sorting, grading or peeling to ensure that foods with a uniformly high quality are prepared for subsequent processing. Benefits of food processing include toxin removal, preservation, easing marketing and distribution tasks, and increasing food consistency. In addition, it increases seasonal availability of many foods, enables transportation of delicate perishable foods across long distances and makes many kinds of foods safe to eat by de-activating spoilage and pathogenic micro-organisms.

REFERENCES

- [1] Blackadder, D.A and Nedderman, R.M. 1971. *Handbook of unit operations*. Academic. London.
- [2] Brennan J. G., J.R. Butters, N. D. Cowell, and A. E.V. Lilly. 1990. *Food Engineering Operations*, 3rd ed., pp. 264–278. Elsevier Applied Science.
- [3] Charm, S.E., 1970. *The fundamentals of food engineering*. 2nd Edition.
- [4] Earle, R.L and Earle, M.D., 2003. *Fundamentals of food reaction technology*. Leatherhead food international and RSC, Leatherhead.
- [5] Fellows P. 1988. *Food Processing Technology: Principles and Practice*, pp.201–209. VCH Publishers.
- [6] Fellows, P., 2000. *Food Processing Technology, Principles and Practice*. 2nd Edition. Woodhead, Cambridge.
- [7] Foust, A.S., wenzel, L.A., Clump, C.W., Maus, L. and Andersen, L.B. 1980. *Principles of unit operations*. 2nd edition. Wiley, New York.
- [8] Henderson, S.M, Perry, R.L, 1966. *Agricultural Process Engineering*. 3rd Edition. Wiley, New York
- [9] Jason, A.C., 1958 in Fundamental Aspects of the dehydration of foodstuffs. Society of Chemical Industry. London.
- [10] Liberty, J.T., Akubuo, C.O and Okonkwo, W.I. 2013. *Systems of Crop Drying in the Tropics*.
- [11] McCabe, W.L., Smith, J.C and Harriott, P. 1975. *Unit operations of Chemical Engineering*. 3rd edition. New York.
- [12] Norman, A. G, 1978. *Soybean Physiology, Agronomy and Utilization*
- [13] Onwualu, A.P, Akubuo, C.O and Ahaneku I.E, 2006. *Fundamentals of Engineering in Agriculture*. 187-202.

Analyse des modes de Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité des Machines dans une démarche de qualité et de maintenance

[Failure modes analysis Effects and Criticality Machine in quality and service approach]

Zoubir ELFELSOUFI and Naoufal SEFYANI

Département Génie Mécanique, Laboratoire M.D.F. Faculté des Sciences et Techniques, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdelmalek Essaïdi, BP. 416 : Tanger, Maroc

Copyright © 2015 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 work aims to describe the importance of FMECA (Failure Modes Analysis of Effects and Criticality) through a case study conducted in several industrial companies; and it is in a process of quality and maintenance. The FMECA is an Analysis of Failure Modes, Effects and Criticality. It is a technique of analysis by examining the causes of failure of the elements of a system to achieve the effects of this system. This method can be applied to a product, but also to a method or a means of production. The purpose of the FMECA method is to increase the quality of a product or process. She does not mind the definition of a need or validation product / market

KEYWORDS: FEMCA, Machine maintenance plan, quality, injection molding, criticality

RESUME: Ce travail propose de décrire l'importance de la méthode AMDEC (Analyse des modes de Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité) à travers une étude de cas réalisé dans plusieurs sociétés industrielles ; est et ce dans une démarche de qualité et de maintenance. L' AMDEC est une Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité. C'est une technique d'analyse qui part de l'examen des causes possibles de défaillance des éléments d'un système pour aboutir aux effets de ce système. Cette méthode peut s'appliquer à un produit, mais aussi à un procédé ou à un moyen de production. Le but de la méthode AMDEC est d'augmenter la qualité d'un produit ou d'un procédé. Elle ne s'occupe pas de la définition d'un besoin ou de la validation produit/marché

MOTS-CLEFS: AMDEC Machine, plan de maintenance, qualité, presse à injecter, criticité.

1 INTRODUCTION

La pratique de l'AMDEC machine s'intensifie de jour en jour dans le secteur industriel. A la fin des années 40, l'armée américaine a développé la méthode AMDEC) pour déterminer la fiabilité de ses équipements. Dans les années 80, le monde de l'entreprise (surtout la construction automobile) a repris le concept. Les entreprises ont adapté l'AMDEC aux normes commerciales, en établissant de nouvelles valeurs telles que, la sécurité et la satisfaction client. Cette Méthode particulièrement efficace pour l'analyse prévisionnelle de la fiabilité des produits, elle progresse à grands pas dans l'industrie, notamment pour l'optimisation de la fiabilité des équipements de production pour la prise en compte de leurs maintenabilité dès la conception et pour la maîtrise de la disponibilité opérationnelle des machines en exploitation. Méthode de maîtrise ou d'amélioration de la qualité, l'AMDEC machine est en passe de devenir un outil de travail de base pour les bureaux d'études, le service qualité ou le service maintenance. Réclamée dans les cahiers de charge des grands donneurs d'ordres tels ceux de

l'industrie automobile, elle est adoptée de plus en plus souvent par les PME / PMI pour les besoins propres. Dans ce contexte, nous avons cependant constaté, parmi les diverses entreprises industrielles présentes dans la ville de Tanger, une grande disparité dans la pratique de cette méthode [4,5]. Cette disparité provient souvent d'un manque d'informations précises sur la méthode elle-même. Pour répondre à ce besoin nous avons essayé de guider l'industriel sur les éléments pratiques nécessaires à une bonne compréhension de la méthode et à son utilisation efficace.

- **AMDE Machine**

C'est une technique d'analyse qui a pour but d'évaluer et de garantir la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité des machines pour la maîtrise des défaillances. Elle a pour objectif final l'obtention au moindre des coûts, d'un rendement global maximum des machines de production et équipements industriels. Son rôle n'est pas de remettre en cause les fonctions de la machine mais plutôt d'analyser dans quelle mesure ces fonctions peuvent ne pas être assurées correctement.

- **Etude de cas [4]**

1- *Initialisation* : L'étude porte sur une presse d'injection des thermoplastiques. Elle touche principalement au système de graissage, l'unité d'ouverture, l'unité d'injection, l'unité de fermeture, l'unité de refroidissement et le circuit hydraulique.

La presse étudiée est une presse horizontale à fermeture à genouillère avec blocage hydraulique du moule. Les genouillères sont actionnées par un vérin et l'éjection est assurée hydrauliquement l'unité d'injection est équipée d'une buse ouverte. La rotation de la vis est obtenue grâce à un moteur hydraulique transmettant son mouvement de rotation à la vis de plastification par l'intermédiaire d'un couple roue et vis sans fin. Un vérin commande l'avance de la vis lors de l'injection et le vérin déplace l'ensemble de l'unité d'injection. Le circuit hydraulique est équipé d'un accumulateur et de pompe électrique basse pression et haute pression fournissant l'huile sous pression. Le volume d'huile nécessaire au bon fonctionnement du circuit est stocké dans un réservoir. Le refroidissement est fait par un circuit d'eau maintenant la température du fluide à une valeur acceptable. Cette presse est encombrante au sol, mais ces organes sont très accessibles, la mise en place du moule est aisée et elle ne demande pas de grande hauteur sous plafond. Elle se prête bien à l'automatisation de la grande hauteur sous plafond. Elles se prêtent bien à l'automatisation de la production car les pièces moulées tombent par gravité après éjection. En plus il faut vaincre les forces de frottement lors de déplacement de la partie mobile du moule, ce qui est favorable à l'obtention de mouvement d'ouverture et de fermeture. Ce type de construction le plus répandu en raison des facilités d'automatisation qu'il offre et des cadences élevées possible.

Les six phases essentielles du procédé de moulage constituent le cycle de fabrication sont comme suit :

- a- Démoulage : le moule occupe la position de fin d'ouverture qui assure à la pièce l'espace pour être injecté,
- b- Fermeture du moule : ce mouvement commence avec une vitesse lente puis rapide et se termine à nouveau lentement pour éviter le choc entre les plans de joint et pour donner le temps d'agir au système de sécurité,
- c- Verrouillage : si le système de sécurité n'a détecté aucune anomalie, la commande peut appliquer la force de fermeture. Selon le système de fermeture, la force est créée par le produit de la surface et de la pression ou par la mise en contrainte des colonnes.
- d- Injection : c'est la phase de remplissage de l'empreinte avec la matière plastique et le maintien sous pression pour compenser le retrait,
- e- Refroidissement : c'est le temps nécessaire pour que le plastique se solidifie dans le moule. Dans la pratique, le refroidissement se fait en même temps que la préparation de la matière pour le prochain cycle et éventuellement la séparation de la buse et du cylindre d'injection du moule,
- f- Ouverture : le plastique étant suffisamment refroidi pour pouvoir être démoulé, la partie mobile du moule s'écarte de la partie fixe.

- *Découpage fonctionnel* : le découpage arborescent du système de graissage et de l'unité de fermeture a été réalisé selon 2 niveaux : sous ensemble et organe. Le niveau choisi pour l'étude est celui des organes constitutifs (fig. 1,2). Les fonctions de services, principales et de contrainte, du système ont été identifiées à partir de l'inventaire des milieux environnants en phase de marche (tab 1). Le recensement des fonctions élémentaires de chaque organe s'est appuyé sur les blocs-diagrammes fonctionnels de chaque sous-ensemble.

- *Analyse AMDEC* : l'analyse AMDEC a été faite sur chaque élément. L'évaluation de la criticité a été réalisée à partir des grilles de cotation de la fréquence, de la gravité et de non-détection de la combinaison Cause-effet-défaut présenté dans [1]. L'évaluation de la criticité est obtenue par le produit de ces trois paramètres. Les nouvelles valeurs de la criticité ont été réalisées après les actions correctives. Un résumé des combinaisons Cause-effet-défaut les plus critiques fait dans le tableau AMDEC résumé présenté en annexe 1.

- **Résultats et conclusion [4]**

Après étude AMDEC, les défaillances les plus critiques et les actions correctives élaborées pour la presse d'injection sont localisées au niveau des systèmes de graissage et l'unité de fermeture. Cela nous a permis de préparer les gammes de visite et d'exécution en vue d'une gestion de maintenance préventive. Ces gammes touchent principalement au circuit hydraulique, unité de fermeture, unité de refroidissement et d'injection (voir un exemple de gamme en annexe 2). Une gestion de stock rationnelle aide à réduire la criticité d'un grand nombre de modes de défaillances critique. Le niveau de criticité choisi est de 16, fixé avec les responsables de la société.

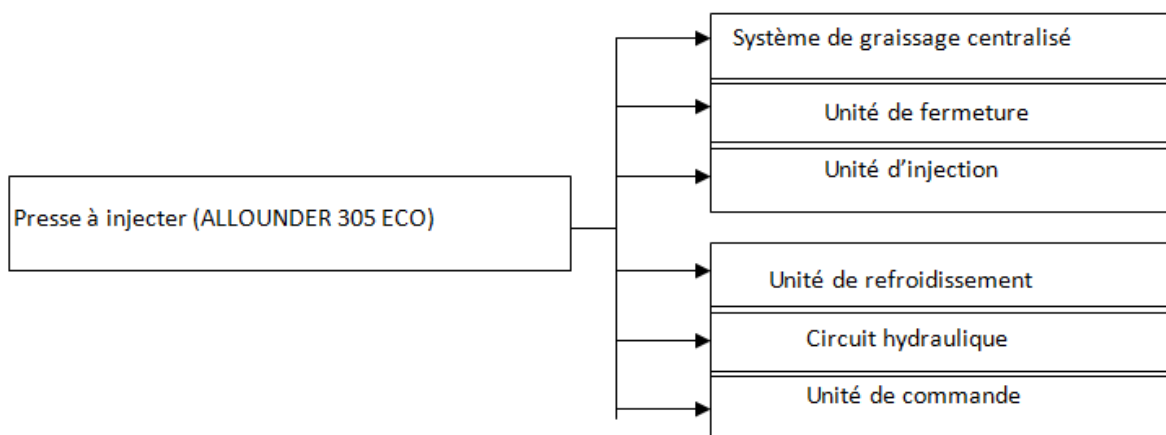


Figure 1 : Décomposition structurelle de la machine

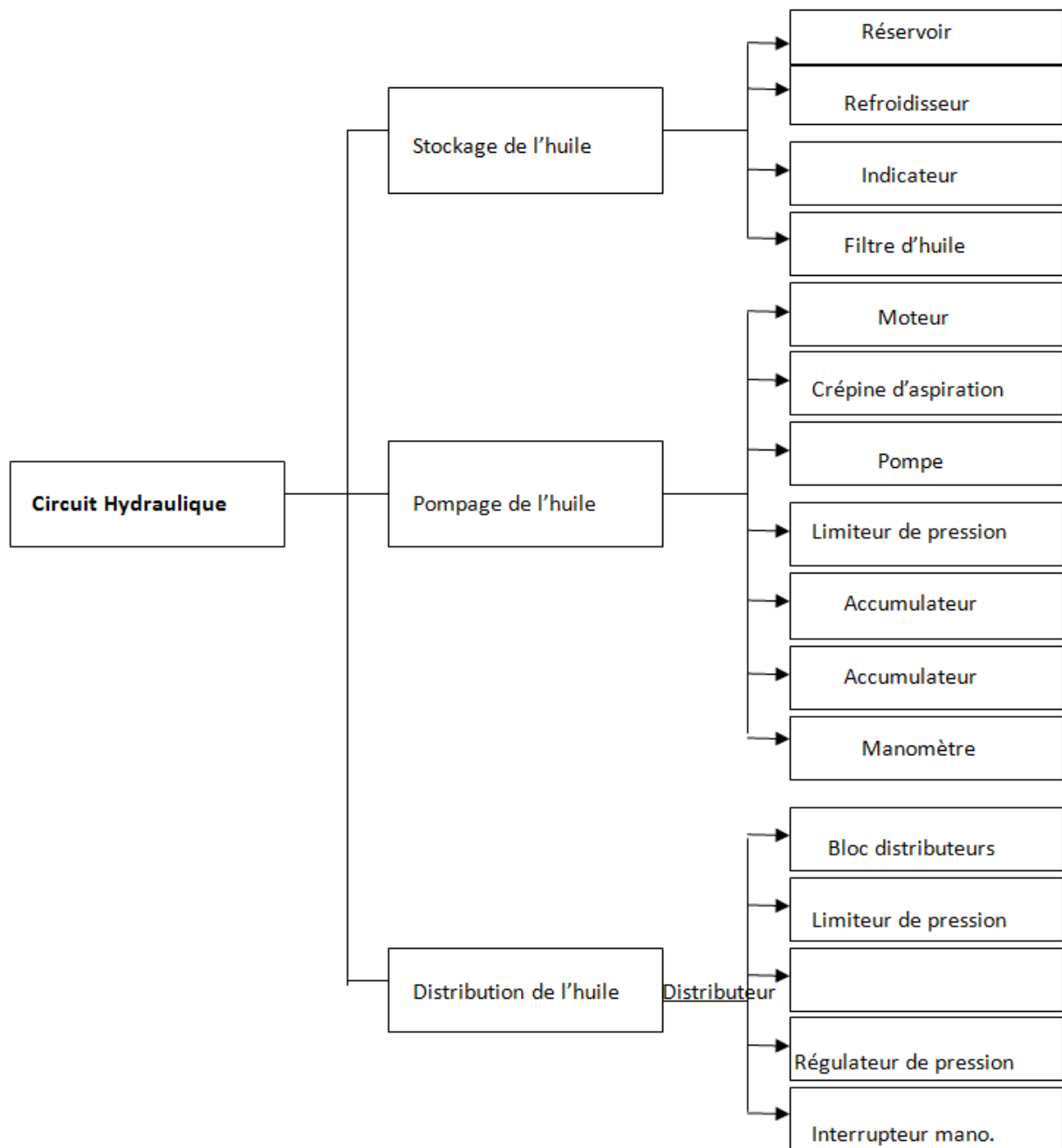


Figure 1 : Découpage arborescent du circuit hydraulique

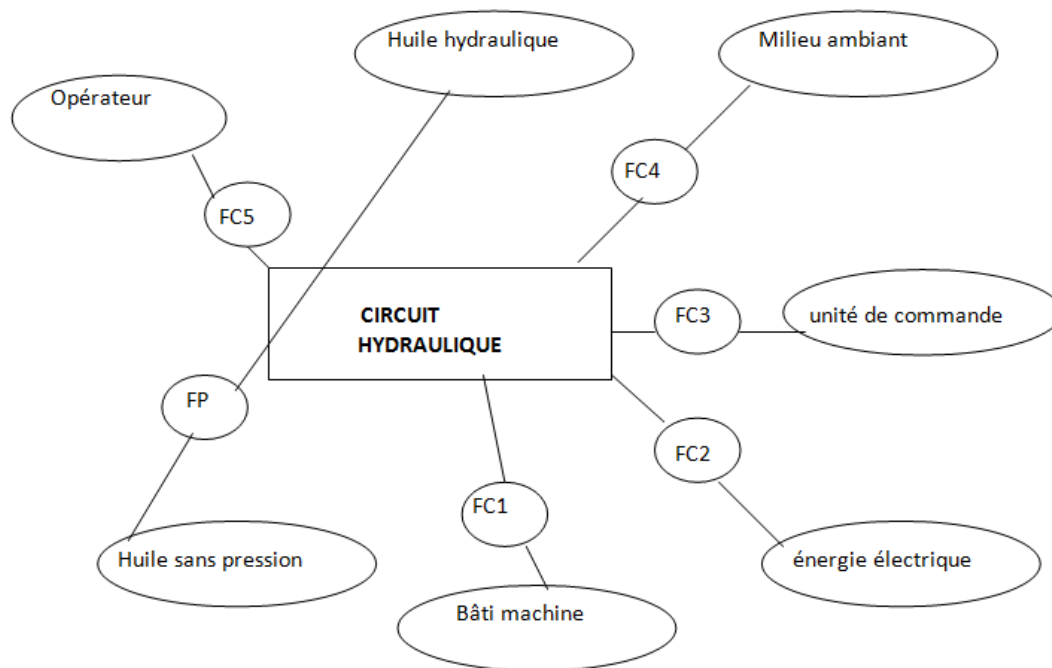


Figure 2 : Diagramme de contexte (phase de marche)

FP : Fonction Principale

PC : Fonction de contrainte

- FP : Transformer l'énergie mécanique en énergie hydraulique
- FC1 : Etre fixé au bâti de la machine
- FC2 : Etre alimenté par l'énergie électrique
- FC3 : Etre contrôlé par l'unité de commande
- FC4 : Résister aux agressions du milieu ambiant
- FC5 : Etre accessible à l'opérateur (maintenabilité)

Tableau 3 : Description des fonctions principales

Eléments	Fonctions	Commentaires
Réservoir d'huile (Sys : graissage)	Contenir le lubrifiant	- contenance : 2,7 litre - matière : plastique - Type d'huile : DIN 51517/3 CLP 220
Groupe de pompe à engrenage (Sys : graissage)	Débiter le lubrifiant sous pression	- débit : 0.1 l/min - 24 V, 50/60 Hz - pression développée : 15 bar
Vanne de retenue (Sys : graissage)	Aiguillage	- Commande électrique (alarme machine s'il y a défaut d'alimentation) - graissage simultané des colonnes, genouillères) ou d'une partie des deux
Circuit interne (Sys : graissage)	Etablir la liaison hydraulique entre la pompe et la vanne de retenue	
Distributeurs (Sys : graissage)	Aiguillage	Nombre : 3
Interrupteur de pression (Sys : graissage)	Signaler le manque de pression dans le circuit de graissage	Alarme machine si la pression de graissage n'est pas atteinte
Vérin de fermeture (Sys : fermeture)	Mouvoir le plateau mobile	Alimenter hydrauliquement par un distributeur 4/3
Détecteur de position (Sys : fermeture)	Commander le cycle de fermeture	- Détecteur de proximité - 8 niveaux de détection - Fixer sur le plateau mobile
Capot de protection (Sys : fermeture)	Bloquer le mouvement du moule	Arrêt immédiat du cycle fermeture lors de l'ouverture du moule ou après ouverture du capot
Boîtier interrupteur (Sys : fermeture)	Régler la course de l'éjecteur	Nombre : 2

RÉFÉRENCES

- [1] Jacques RIOUT, AMDEC Machine, CETIM Etablissement de senlis, 1994.
- [2] J. Besser Juillard, Maintenance des systèmes de production, 1996
- [3] G. DROUIN et M. GOU, Eléments de machines, 1986
- [4] Z. ELFELSOUFI, M. AGHBALOU , Elaboration d'un plan de maintenance préventive d'une presse à injecter les thermoplastique, Trial Atlas, PFE, FSTT, 2000.
- [5] Z. ELFELSOUFI, M. OUAHBI, Amélioration de l'impression par AMDEC Processus, Plastex, PFE, FSTT, 2003.

ANNEXE 1

Trial Atlas	ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCES DE LEURS EFFET ET DE LEUR CRITICITE (Résumé des lignes les plus critiques)									AMDEC Machine	
	Machine : ALLOUNDER 305-ECO			Phase de fonctionnement:		Date analyse:				récapitulatif des modes les plus critiques	
	Sous ensemble :			Marche automatique		28/05/2000					
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	Criticité				Actions correctives	
						F	G	N	C		
Groupe électropompe	Débiter liquide sous pression	débit insuffisa.	manque de phase	Arrêt machine	---	2	2	5	20	PR : relais thermique	
			lubrifiant non conforme	Arrêt machine	Alarme S951	2	5	2	20	D : formation service appro.	
			usure interne	Arrêt machine		1	4	4	16	PR : turbine, garniture	
crépine d'aspiration	Filtrer le lubrifiant	mauvaise filtration	Détérioration crépine	usure de la pompe		1	4	4	16	MPT : gamme de visite 1/trimestre	
			colmatage crépine	usure de la pompe		1	4	4	16	MPS : gamme de visite 1/semestre	
circuit interne	transporter fluide	fuites	trou dans flexible	Arrêt machine	Alarme S951	2	4	2	16	PR : Changement qualité flexible	
	sous pression	obturation	impureté	Arrêt machine	Alarme S951	3	4	2	24	D: filtre surajouté	
limiteur de pression	limiter la pression à un seuil donné	fuite	fatigue du ressort	arrêt machine	contacteur- mano	2	4	2	16	MPM : gamme de visite 1/mois	
			casse du ressort	arrêt machine	contacteur- mano	2	4	2	16	PR : ressort	
Distributeur	diriger l'huile sous pression aux unités de	pas de transfert	défaillance électro-aimant	arrêt de l'unité concernée	---	2	3	5	30	PR : électro-aimant	
	commande	fuites	usure des joints	Arrêt machine	---	1	4	5	20	MSM : gamme de visite / mois D: système de détection	

ANNEXE 2

exemple de Gamme d'Exécution					
Gamme N° : 1	Machine : presse d'injection	Fréquence : 1 ans		type de maintenance :	
section : injection	Type machine : ALLOUNDER 305-Eco			Préventive	
sous ensemble	Opérations	Eléments	Ph	S. ph	
Circuit hydraulique	Nettoyer le refroidisseur	Refroidisseur	10	O1	
	Enlever les flexibles d'arrivée et de retour			O2	
	Enlever le couvercle du refroidisseur			O3	
	Enlever la spirale du refroidisseur			O4	
	changer l'huile hydraulique	Réservoir d'huile	20	O1	- norme de l'huile : ISOVG 46 DIN 51519 - capacité réservoir : 160 litres
	faire le vidange			O2	
	nettoyer le réservoir			O3	
	remplir l'huile jusqu'au haut niveau			O4	
	purger le circuit hydraulique			O5	
Système de graissage centralisé	Purger le circuit de graissage	circuit de graissage	10	O1	il est nécessaire de purger lorsqu'on n'a pas rajouter de l'huile à temps
	retirer les tuyaux dans lesquels les bulles d'air se sont accumulées			O2	
	graisser manuellement jusqu'à ce que l'air soit complètement chasser			O3	
	vérifier l'état des flexibles et des tuyaux	tuyaux et flexibles	20	O1	
	vérifier si les flexibles et des tuyaux sont bien fixés et les raccords serrés			O2	
	graisser manuellement et observer s'il y a des fuites			O3	
	si les tuyaux/flexible présentent des fuites, remplacer les immédiatement			O4	
	vérifier le serrage des raccords, resserrer si nécess.	raccord	30	O1	
unité d'injection	changer le filtre	filtre d'huile			quand il apparaît à l'écran l'indication erreur S921 changer le filtre
	purger le circuit hydraulique	éléments hydrauliques	10	O1	il faut obligatoirement purger le système : - après remplissage du réservoir - après arrêt prolongé de la machine - à la formation de mousse dans l'huile - si apparition de bruits anormaux
	contrôler le niveau d'huile après la purge et rajouter éventuellement de l'huile			O2	
	entrer un débits d'injection bas et une pression d'injection peu élevée	moule	20	O1	
	ouvrir et fermer le moule, avancer et reculer la buse et la vis 8 à 10 fois			O2	
	entrer des vitesses basses d'ouverture et de fermeture			O3	

Fairness in refugee status determination upon the transfer of competence to the national authorities of Cameroon

Matsinkou Tenefosso Sydoine Claire¹ and Tinteu Yves Pauli²

¹National Center for Education,
Ministry of Scientific Research and Innovation,
PO Box 1721, CNE, Yaounde,
Cameroon

²International Relations Institute of Cameroon,
PO Box 1637, IRIC, Yaounde,
Cameroon

Copyright © 2015 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 2011, the State of Cameroon took measures in view of the transfer of competence in matters of refugee status determination (RSD) from the United Nations High Commission for Refugees (UNHCR) to the national authorities by passing a decree on the organization and functioning of refugee status management organs. This work questions and evaluates measures that have been taken by the State in order to ensure that RSD will be carried out fairly when it shall take over. It proceeds by studying the various legal instruments that have been adopted by the State to govern future refugee status determination activities. The work arrives at the conclusion that measures taken to ensure fairness and impartiality in refugee status determination are insufficient and makes recommendations to this light. It however maintains that in spite of foreseeable shortcomings, it is important that the transfer of competence in matters of refugee status determination takes place since it relates to State sovereignty.

KEYWORDS: Cameroon, refugee, refugee status determination, displacement, protection, law.

1 BACKGROUND

The 1951 United Nations Geneva Convention Relating to the Status of Refugees in its Article 1(2) defines a refugee. The 1967 Protocol relating to the Status of Refugees amends this definition.

Refugee Status Determination is the procedure through which a person's claim for refugee status is established.

*A person is a refugee within the meaning of the 1951 Convention as soon as he fulfills the criteria contained in the definition. This would necessarily occur prior to the time at which his refugee status is formally determined. Recognition of his refugee status does not therefore make him a refugee but declares him to be one. He does not become a refugee because of recognition, but is recognized because he is one.*¹

¹UNHCR, 1979, *Handbook on procedures and criteria for determining refugee status under the 1951 convention and the 1967 protocol relating to the status of refugees*, reedited, Geneva, January 1992, HCR/IP/4/Eng/REV.1

. According to the UNHCR Cameroon Fact Sheet, August 2013, on the 31st of December 2012, Cameroon counted 102,067 refugees and asylum seekers. Between January and August 2013, the number increased by 10,964 while in the month of August 2013, there were 485 new arrivals. These refugees and asylum seekers are mainly from the Central African Republic, Nigeria, Chad, and Rwanda. There is a proportion from numerous other countries.

The United Nations Statistical year book 2008 states that, “as part of its obligation to protect refugees on its territory, the country of asylum² is normally responsible for determining whether an asylum-seeker is a refugee or not. The responsibility is often incorporated into the national legislation of the country and, in most cases, is derived from the 1951 Convention”³. Cameroon has signed and ratified the 1951 Refugees Convention and the 1967 Protocol on the 19th of September 1967, and has enacted Law No 2005/006 of 27 July 2005 on the Status of Refugees in Cameroon. Cameroon is also a signatory to the 1969 Organisation of African Unity Convention Governing the Specific Aspects of Refugee Problems in Africa

Refugee status determination (RSD) is still done by UNHCR in many countries. According to the UNHCR Statistical Yearbook 2008, p42, out of the 154 countries for which data was available, governments were solely responsible for carrying out refugee status determination in 90 countries (58percent), while UNHCR alone was responsible for 44countries (29percent) and there was a shared responsibility between UNHCR and national authorities in 20 countries (13percent). There is increase effort by countries to establish their refugee status determination instances and procedures, and to carry out refugee status determination. Canada took over refugee status determination since 1989 when changes were made to the Immigration Act. RSD in Cameroon is carried out solely by the UNHCR although necessary measures are being taken for the State to take over.

UNHCR might carry out RSD for various reasons. Where the country concerned is not party to the Refugee Convention and/or Protocol and has not enacted refugee legislation. Where the State’s National RSD is non-functioning, or the national RSD procedure does not meet the minimum standards for fairness and efficiency. It may do so for a residual population of asylum seekers after a RSD handover to the national authorities or for the purpose of identifying refugees with resettlement needs.

The State of Cameroon has taken a series of measures in order to take over RSD. Apart from enacting a Law on the Status of Refugees in 2005, Decree No 2011/389 of 28 November 2011 on the Organization and Functioning of Refugee Status Management Organs; Arrete No 0013/DIPL/CAB of 06 August 2012 Constituting the Composition of the Refugee Status Eligibility Commission; and Arrete No 014/DIPL/CAB of 06 August 2012 Notifying the Composition of the Refugee Appeals Commission were passed.

Preoccupations exist as to the capability of national organs to fairly carry out RSD. It is important to question the legislative provisions when we look at the shortcomings of individual State refugee status determination for countries where it already exists in Africa. A study carried out by Marina Sharpe, 2013 entitled “The 1969 OAU Refugee Convention and the Protection of People fleeing Armed Conflict and Other Situations of Violence in the Context of Individual Refugee Status Determination”⁴ shows that out of the 45 States for which information was available, “35 had State run RSD systems, most of which shared similar characteristics, thus shortcomings as far as procedures are concerned”. In most countries RSD is done by an administrative eligibility committee with members from different government departments in which the UNHCR usually has an advisory observer status, except for rare cases. Appeals are often not available, and when they are available, the same eligibility committee sometimes with a few new members hears and decides the appeal. In addition, a judicial review is rarely available.

This work evaluates the various acts that have been taken in view of guaranteeing fairness in refugee status determination and the respect for the principle of non-discrimination as stated in Article 3 of the 1951 Refugee Convention. From the various acts it appears that while some necessary conditions have been put in place for fair RSD operations, there is still need for amelioration.

² A country of asylum is the country where the asylum seeker seeks or obtains asylum; an asylum seeker being a person who has sought international protection and whose claim of refugee status has not yet been determined.

³ UNHCR Statistics yearbook 2008, p 41

⁴ Marina Sharpe (2013) (University of Oxford), *The OAU Refugee Convention and the Protection of People fleeing Armed Conflict and Other Situations of Violence in the Context of Individual Refugee Status Determination*, UNHCR Legal and Protection Policy Research Series, Division of International Protection, PPLA/2013/01

2 MATERIALS AND METHODS

This work makes use resources from both primary and secondary sources. Primary materials used are the various texts adopted by the State of Cameroon in view of the transfer of competence in matters of refugee status determination from the United Nations High Commission for Refugees to the National Authorities of Cameroon. They are

- Law No 2005/006 of 27 July 2005 on the Status of Refugees in Cameroon
- Decree No 2011/389 of 28 November 2011 on the Organization and Functioning of Refugee Status Management Organs
- Arrete No 0013/DIPL/CAB of 06 August 2012 Constituting the Composition of the Refugee Status Eligibility Commission
- Arrete No 014/DIPL/CAB of 06 August 2012 Notifying the Composition of the Refugee Appeals Commission

Since RSD by the national authorities is not yet effective, the only way to predict its ability to guarantee fairness was to analyze the various texts that govern it as well as the social environment of the country. Analysis in many cases was done in comparison to the international standard as found in international texts.

Also, secondary sources of information such as articles, books and reports were also used to serve as support for analysis.

3 RESULTS

3.1 CONDITIONS FOR FAIRNESS IN FUTURE RSD OPERATIONS BY THE CAMEROONIAN NATIONAL AUTHORITIES

Decree No 2011/389 of 28 November 2011 on the Organisation and Functioning of Refugee Status Management Organs in Cameroon provides some conditions to favor fairness in future RSD. Although the Law does not expressly justify the organization and functioning of refugee status management organs, we can interpret its provisions as setting the basis for fairness in RSD.

3.1.1 THE ORGANISATION OF REFUGEE STATUS MANAGEMENT ORGANS TO PROVIDE FOR FAIRNESS IN RSD

The eligibility management organs are identified so as to meet the basic international requirement of RSD Procedures number iii set by the Executive Committee of the High Commissioner's program at its twenty-eighth session in October 1977.⁵ The structure and their composition of these organs set basis for fairness and impartiality.

As far as the structure is concerned, it can be noticed that, applications are studied at different levels in order to limit the risk of mistake. There is a pre-examination of applications by the Technical Secretariat. Article 7 of Decree No 2011/389 of 28 November 2011 on the Organisation and Functioning of Refugee Status Management Organs in Cameroon provides for a Technical Secretariat within the ministry in charge of external relations which will be in charge of receiving applications from asylum-seekers in view of forwarding them to the commissions in charge of examining them. In case asylum seekers apply to the UNHCR, their applications shall be transferred to the Technical Secretariat by the UNHCR⁶. Though it is to be just a transit organ, its it will make sure that all necessary information is available for the Eligibility and Appeal Commissions to effectively do their work and that application are not rejected on grounds of incomplete files or information. Upon registration the Technical Secretariat might summon the asylum seeker, for discussions with a habilitated agent in charge of carrying out investigations and collecting complementary information which might be useful for RSD.⁷ The Technical Secretariat will draft a report containing facts, legal analyses based on legal instrument in force and the sociological situation of the asylum-seeker.⁸

⁵ *Handbook and Guidelines on Procedures and Criteria for Determining Refugee Status under the 1951 Convention and the 1967 Protocol relating to the Status of Refugees, Reissued Geneva, December 2011, p. 37.*

⁶ *Applications for asylum are deposited at the level of the Technical Secretariat either by the asylum-seekers themselves or through the UNHCR.*

⁷ *Article 9 (2) of the 2011 Decree.*

⁸ *Ibid., Article 9 (7).*

The institution of a double level of examination also favours fairness in RSD. Article 16 of the 2005 Refugee Law provides for the creation of the Eligibility Commission and the Appeals Commission. This complies with UNHCR standards which require that “every rejected Applicant has the right to appeal a negative RSD decision⁹.” The law gives petitioners the possibility to contest any decision rendered by the Eligibility Commission if such a decision does not favour them.¹⁰ Asylum-seekers may be required to appear personally before the Commission and may also be authorized to include new elements into their application files.¹¹

The composition of organs in charge of RSD ensures impartiality and fairness. The 2011 Decree in Article 4(5) provides that no designated member may belong to the two commissions at the same time. This is in line with the UNHCR standard which provides that “The appeal should be determined by an Eligibility Officer other than the Officer who heard the claim in first instance”¹². Cameroon in this light has advanced than some African countries like Uganda in which Marina Sharpe and Salima Namusobya, 2012 say that the same committee that sat at first instance hears and decides on appeal¹³. Secondly, members of the commissions are required to take an oath of faithfulness and impartiality before the High Court prior to the exercise of their functions.¹⁴

Also, there is the requirement for the commissions to sit and deliberate, in absolute majority of their members¹⁵. The existence of a quorum enables decisions taken to be representative of the opinions of many persons. To ensure that the quota required is always met, substitutes to members of the commission are appointed to replace them in case they are temporally unavailable or provisionally prevented from performing their functions.¹⁶ In case a member dies or is permanently incapacitated, the Minister of External Relations appoints someone else to replace him for the rest of his mandate.¹⁷

The limitation of mandate makes greater room for impartiality. Excess longevity in any position might cause abuses of power. The mandates of each of the members are limited to three years renewable once.¹⁸

3.1.2 THE ESTABLISHMENT OF PROCEDURES THAT GUARANTEE FAIRNESS IN RSD

Some guarantees of fair treatment are given to refugees before during the examination of their applications. We have the application of the principle of non-refoulement which is provided for in Article 33 of the 1951 Refugee Convention and enshrined in Cameroonian law as per Article 7(1) of the 2005 Law on the Status of Refugees in Cameroon. Article 8 (2) of the 2005 law is to the effect that no asylum-seeker may be sent back before the Eligibility Commission renders its decision except for reason of national security, public order or in application of a decision rendered in conformity with the law. If the Eligibility Commission renders a negative decision and pending the decision of the Appeals Commission the asylum seeker may not be expelled¹⁹. In any case, even in case of expulsion upon rejection of application, an asylum-seeker may not be sent back or forced to stay in a country where his freedom is threatened for any of the reasons mentioned in the definition of the term “refugee”.²⁰

The possibility of *Prima Facie* recognition of refugee status ensures fairness in the treatment of refugees. The 2011 Decree provides that in cases of a massive influx of persons seeking refugee status, and faced with the impossibility to determine

⁹ UNHCR, *Procedural Standards for Refugee Status Determination Under UNHCR's Mandate*, 20Nov 2003, available at :<http://www.refworld.org/docid/42d66dd84.html> [accessed 18 October 2013] p 7-1

¹⁰ Article 13 (1) of the 2011 Decree

¹¹ Article 13 (4) and (5) of the 2011 Decree

¹² UNHCR, *Procedural Standards for Refugee Status Determination Under UNHCR's Mandate*, 20Nov 2003, available at :<http://www.refworld.org/docid/42d66dd84.html> [accessed 18 October 2013] p 7-1

¹³ Marina Sharpe and Salima Namusobya, 2012, *Refugee Status Determination and the Rights of Recognized Refugees Under Uganda's Refugee Act, 2006*, *International Journal of Refugee Law*, Vol 24, p561

¹⁴ Article 5, 2011 Decree.

¹⁵ 2011 Decree, Article 6(2)

¹⁶ *Ibid.*, Article 4 (3).

¹⁷ *Ibid.*, Article 4 (1), (2) and (6).

¹⁸ Article 4 of the 2011 Decree.

¹⁹ Article 13 (6) of the 2011 Decree

²⁰ Article 8 (2) of 2005 Refugee Law.

their status on an individual basis, the Eligibility Commission can decide *prima facie* to recognize their refugee status subject to subsequent verifications.²¹

The requirement for a timely treatment of RSD files is important as it is often said that justice delayed is justice denied. The asylum seeker on arrival has 15 days to inform the national authorities of his presence and situation. The Technical Secretariat which receives the file has a two months period renewable three times²². Upon reception of the application file, the Eligibility Commission shall have a maximum deadline of two months renewable once to render its decision.²³ As for the Appeals Commission, it shall render its decision within a maximum deadline of two months non-renewable from the moment it is seized.²⁴ In addition, whenever discussions are required with an asylum-seeker, he has to be convened at least two weeks before the due date.²⁵ Asylum seekers have up to thirty days from the date they are notified of the decision of the Eligibility Commission to appeal²⁶.

Moreover, procedures before both commissions will be free of charge.²⁷ The procedure remains free of any financial charges even if the State bears additional cost such as when the services of an interpreter are needed.²⁸ The requirement to justify decision by the commissions help prevent arbitrariness.

Considerations for family members guarantee impartiality in RSD. In cases of arrival of whole families, the recognition of the refugee status of the head of the family shall equally lead to the recognition of that of other family members.

Fairness in RSD is also ensured by providing specific guarantees for persons with special needs. The 2005 Refugee Law states that it applies to all asylum-seekers without any discrimination.²⁹ Provision is made for children and women. According to the UN Committee on the Rights of the Child, the refugee definition "... must be interpreted in an age and gender-sensitive manner..."³⁰ The procedure relating to RSD before national organs are gender-sensitive as per Article 9 (6) of the 2011 Decree which provides that the auditioning of a female asylum-seeker may be done, if she so wishes, by an agent of the same sex. The specific situation of unaccompanied children is taken into consideration³¹. All unaccompanied children, subject to necessary verifications, shall benefit from the status of refugee.³² Should an unaccompanied child be auditioned, the presence of a social worker shall be imperative.³³

4 DISCUSSIONS

4.1 THREATS TO FAIRNESS IN FUTURE RSD BY THE CAMEROONIAN AUTHORITIES

Despite the conditions put in place to ensure fairness in RSD procedure upon transfer of competence to the national authorities, some elements are likely to give room for partiality in RSD. These are found in the organisation of the national refugee status management organs and their functioning.

²¹ Article 12.

²² Article 9 (8) of the 2011 Decree.

²³ *Ibid.*, Article 10.

²⁴ *Ibid.*, Article 13 (2).

²⁵ *Ibid.*, Article 9 (3).

²⁶ *Ibid.*, Article 15 (3). The notification of decisions rendered by the commission to asylum-seekers, in itself, already meets with one of the international requirements relating to rules of procedure in RSD. See UNHCR, *Procedural Standards for Refugee Status Determination Under UNHCR's Mandate*, 20 Nov 2003, available at: <http://www.refworld.org/docid/42d66dd84.html> [accessed 18 October 2013 p. 6-1].

²⁷ Article 14 of 2011 Decree.

²⁸ *Ibid.*, Article 9 (4).

²⁹ Article 6 (1) of the 2005 Refugee Law

³⁰ UN Committee on the Rights of the Child, *General Comment No. 6 (2005)-Treatment of Unaccompanied and Separated Children Outside Their Country of Origin*, CRC/GC/2005/6, Sep. 2005 ("CRC, General Comment No. 6"), <http://www.unhcr.org/refworld/docid/42dd174b4.html>, para. 74.

³¹ CRC, *General Comment No. 6*, paras. 7-8. See also, UNHCR, *Guidelines on Policies and Procedures in Dealing with Unaccompanied Children Seeking Asylum*, Geneva, 1997 p. 5, paras. 3.1-3.2. See also, UNHCR, UNICEF et al, *Inter-agency Guiding Principles on Unaccompanied and Separated Children*, Geneva, 2004, <http://www.unhcr.org/refworld/docid/4113abc14.html>, p. 13.

³² Article 6 (2) of the 2005 Refugee Law.

³³ Article 9 (5) of the 2011 Decree.

As far as the organisation of the national refugee status management organs is concerned, shortcomings exist at the level of their structural organisation and composition. The structuring of organs exclude national jurisdiction. The 2005 Refugee Law states that decisions of the two commissions shall not be subject to any petition before national common law jurisdictions.³⁴ This provision might give room for abuses and rejection of applications on political or other grounds as an instrument of foreign policy. After all, foreign policy has influenced the refugee management system of many countries, more than it should. Michael L. Schoenholtz, (2005)³⁵ shows how after September 11, the United States of America tightened its refugee policies in favour of national security, disregarding the 1951 Convention, causing many asylum seekers to suffer prejudice.

The composition of the different commissions is also a source of preoccupation as the interest of the State seems to override the interest of asylum seekers. Law practitioners, social and humanitarian workers are a minority in the commissions, while political and security officials make up the majority. The compositions of the Commissions do not respect the specifications of the UNHCR as far as the qualifications of RSD agents are concerned³⁶. National texts do not specify the qualifications of eligibility agents. The basis on which appointments are made is not stated. In addition, there are no specific provisions for training before and/or refresher in the course of duty.

Moreover, experts and UNHCR representatives are not given important places in the commissions. Though UNHCR's representative shall be present during the works of the eligibility commission as an observer, his participation in the appeals commission shall not be mandatory as he shall have to be invited³⁷. It is not clear who shall do the inviting. Their exclusion from this stage of the procedure could lead to mistakes and partiality.

Some shortcomings can also be seen in the procedures and sociological realities of Cameroon. The first procedural shortcoming concerns the specific deadlines set for each operation. While some deadlines are too long, others may be made to become so. For example, possibility is given for the renewal of deadlines for each specific operation. Just the reception of applications at the Technical Secretariat and transmission to the Eligibility Commission, the deadline is two months renewable twice. By this, the deadline can go right up to six months. The risk of delay is a paradoxical situation because it is exactly what the law tried to prevent by setting deadlines. What is worse, the law does not state which authorities are competent to extend deadlines.

The fact that the commissions may deliberate without personally auditioning applicants may be considered as a major setback for the requirement of fairness. In fact, at the level of the commissions, their physical presence is optional.³⁸ Though their auditioning is assured at the level of the Technical Secretariat, it may be insufficient.

Special protection is provided for certain persons without sufficient precision. The 2011 Decree fails to define who is a child. Even though a definition has been provided for the term "unaccompanied children",³⁹ a definition of the term "child" was still necessary because Cameroon is party to many international instruments which set different age criteria for the definition.

The functioning of RSD is likely to be greatly affected by social ills. The existence of corruption in refugee management in Cameroon has already been highlighted by Angela BUTEL (2013)⁴⁰ who points out this social ill in refugee management in the Eastern Region of Cameroon by government officials.

³⁴ Article 17.

³⁵ Michael L. Schoenholtz, 2005, *Refugee Protection in the United States Post-September 11*

³⁶ These qualifications are found in UNHCR, *Procedural Standards for Refugee Status Determination Under UNHCR's Mandate*, 20Nov 2003, available at: <http://www.refworld.org/docid/42d66dd84.html> [accessed 18 October 2013] p. 4-3.

³⁷ Articles 2 (2) and 3 (2) of the 2011 Decree

³⁸ See Articles 10(2) and 13(14) of the 2011 Decree.

³⁹ Supra, p. 29. Also see UN Committee on the Rights of the Child, *General Comment No. 6 (2005)-Treatment of Unaccompanied and Separated Children Outside Their Country of Origin*, CRC/GC/2005/6, Sep. 2005, ("CRC, *General Comment No. 6*"), <http://www.unhcr.org/refworld/docid/42dd174b4.html>, para. 74.

⁴⁰ Angela BUTEL(2013), *Humanitarianism and the "National Order of Things": Examining the Routinized Refugee Response in Eastern Cameroon*, Honors Projects, Macalester College., p. 75-78.

4.2 RECOMMENDATIONS

Given the numerous loopholes a number of proposals could be made in view of greater fairness in RSD upon transfer of competence to national authorities.

Concerning the organisational structure of RSD organs, it should be made possible for asylum-seekers to seize national jurisdictions to contest the decisions of the two commissions. This will go a long way to prevent them from seizing international jurisdictions based on the principle of complementary jurisdiction in international human rights law.⁴¹ The State would fully exercise its sovereignty and save money which is always needed in following up cases before international jurisdictions

The composition of eligibility management organs should be reviewed to reflect the interests of asylum seekers. The ratio of political and security officials with that of jurists, social and human rights workers should be balanced. Security prerogatives will no longer override social ones as both will be well protected.

In addition, as far as the qualification of the members of the two commissions is concerned, minimum qualification requirements should be set down on which basis designations would be made. Also such persons should be subjected to compulsory training before and during their mandates. The support of the UNHCR could be sought to this effect.

For greater transparency and efficiency, the UNHCR representatives and experts should play a more important role within the commissions. They may be allowed to vote during deliberations at least for the early years of the transfer of competence. Also, the participation of the UNHCR representative and experts at the Appeals Commission should be made mandatory as with the Eligibility Commission.

With regards to the functioning of eligibility management organs and social ills, there are also recommendations. As a solution to the time problem, there may be a need for extensions to be well regulated in order to prevent abuses. The law should precise under what circumstance and on what grounds each deadline may be extended. It should equally precise the modalities authorities in charge of extending deadlines.

Auditioning of applicants by the commissions should be envisaged. However, in order to ensure total independence and sovereignty, these applicants should be excluded during deliberations. Also, the authorities in charge of ordering for their appearance should be stated. Moreover, the term "child" in this context should be well defined in the legal instruments in force.

As far as corruption is concerned, officials should be schooled on the dangers of practicing it. They may be provided with financial incentives which go beyond session indemnities. At the beginning of the RSD process, applicants should be informed of the procedures to report poor treatment and other forms of misconduct on the part of eligibility officers. Sanctions met out would deter them from getting involved in practices.

5 CONCLUSION

Showing that RSD upon the transfer of competence to the national authorities of Cameroon is likely to suffer some shortcomings does not advocate for the continuous performance of this function by the UNHCR. It is a matter of State sovereignty and the State must conciliate between the security needs and the humanitarian requirement. In 2013, many armed soldiers from the Central African Republic were found hiding amongst refugees in Cameroon. In such cases, the government, the primary stake holder has the final say concerning refugee status.

⁴¹ *It is a principle of international law according to which an international jurisdiction may only declare itself competent over a matter if internal State remedies have been exhausted. However, the requirement of exhaustion of internal remedies is conditioned by the fact that such remedies exist, are accessible and are efficient.*

REFERENCES

- [1] Angela Butel, Humanitarianism and the “National Order of Things”: Examining the Routinized Refugee Response in Eastern Cameroon, Honors Projects, Macalester College, 2013. P75-75
- [2] Arrete No 0013/DIPL/CAB of 06 August 2012 Constituting the Composition of the Refugee Status Eligibility Commission
- [3] Arrete No 014/DIPL/CAB of 06 August 2012 Notifying the Composition of the Refugee Appeals Commission
- [4] Decree No 2011/389 of 28 November 2011 on the Organization and Functioning of Refugee Status Management Organs
- [5] Law No 2005/006 of 27 July 2005 on the Status of Refugees in Cameroon
- [6] Marina Sharpe and Salima Namusobya, 2012, Refugee Status Determination and the Rights of Recognized Refugees Under Uganda’s Refugee Act, 2006, *International Journal of Refugee Law*, Vol 24, p561
- [7] Marina Sharpe (2013) (University of Oxford), The OAU Refugee Convention and the Protection of People fleeing Armed Conflict and Other Situations of Violence in the Context of Individual Refugee Status Determination, UNHCR Legal and Protection Policy Research Series, Division of International Protection, PPLA/2013/01
- [8] Michael L. Schoenholtz, 2005, Refugee Protection in the United States Post-September 11
- [9] UN Committee on the Right of the Child, General Comment No. 6- (2005)-Treatment of Unaccompanied and Separated Children Outside Their Country of Origin, CRC/GC, 6 September 2005, Available at <http://www.unhcr.org/refworld/docid/42dd174b4.html>, para
- [10] 1951 United Nations Geneva Convention Relating to the Status of Refugees
- [11] 1967 Protocol relating to the Status of Refugees
- [12] UNHCR Cameroon Fact Sheet, August 2013
- [13] UNHCR, 1979, Handbook on procedures and criteria for determining refugee status under the 1951 Convention and the 1967 Protocol relating to the status of refugees, reedited, Geneva, January 1992, HCR/IP/4/Eng/REV.1
- [14] UNHCR Statistics Yearbook 2008
- [15] UNHCR, Procedural Standards for Refugee Status Determination Under UNHCR’s Mandate, 20Nov 2003, available at: <http://www.refworld.org/docid/42d66dd84.html>(accessed 18 October 2013)
- [16] UNHCR, 1997, Guidelines on Policies and Procedures in Dealing with Unaccompanied Children Seeking Asylum, Geneva,
- [17] UNHCR, UNICEF et al, Inter-agency Guiding Principles on Unaccompanied and Separated Children, Geneva, 2004, <http://www.unhcr.org/refworld/docid/4113abc14.html>, consulted on 03/06/2013
- [18] Transparency International, 1998, Annual Corruption Perception Index
- [19] Transparency International, 2011, Annual Corruption Perception Index

Literature, Pleasure, and Ethics: A Historico-Critical Investigation

Pascal Ally Hussein

Department of English and African Culture,
Institut Supérieur Pédagogique of Bukavu,
P.O. Box 854,
Bukavu, D. R. Congo

Copyright © 2015 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 is a criticism of the theory according to which the primary aim of literature is to give pleasure, and literature does not teach anything new to human beings. The paper first attempts to place the triad literature-pleasure-ethics in a wide context of literary-critical and rhetorical debates that span centuries, from the Antiquity to the modern times. Then it proceeds to a critical examination of this doctrine of the primacy of pleasure over ethics in literature. In the end, it posits that there is no opposition between pleasure and ethics: literature only delights as it instructs. But inasmuch as ethics is the core layer, and pleasure the surface layer of literature, the former overrides the latter, and so reading involves moving from the outside to the inside of a work.

KEYWORDS: core layer, delighting, instruction, surface layer, teaching.

1 INTRODUCTION

When a statesman or a politician stands in public, all the attendance will expect him to say or tell something, to convey a *message*. The same expectation can be read in the eyes of the audience, when a preacher or a spiritual leader steps up to the pulpit. But when it is a poet who walks up the dais for a public reading, everybody will expect him/her to romanticize, to fantasize about something, and to amuse the gallery. Why is it always so? Is it because 'poetry makes nothing happen,' as W. H. Auden provocatively concluded after witnessing the Spanish Civil War? Aren't a political speech and a homily discourses in the same way as a poem is a discourse? Don't all of them have *implied messages*? Aren't the three discourses shaped by their authors' grid, or set of glasses, through which they perceive the world? Aren't they all *stories* making comments on human beings and their environment, on the way things are, the way things are likely to be, or the way things ought to be? I have these questions on my brain since the May poetry class scandal.

In fact, on May 21, 2013, I literally scandalized sophomore English students at my college during a class of African poetry analysis. What caused their indignation was the 'crime' that I committed when I was discussing the difference between subject-matter and theme in literature. To illustrate my explanation of the distinction, and relatedness, between the two notions, I took Shakespeare's Sonnet 116 and Hemingway's short-story entitled 'Hills Like White Elephants', which I believed to be quite familiar to my audience. I told them that the subject of Sonnet 116, for example, is simply 'love'. As to its theme, I said, the following is most plausible: 'Love remains constant despite tragic events and the passage of time.' Then I proceeded to the short-story of which I said again that the subject seems to be 'love' (or 'loving relationships'), and the theme goes something like this: 'Loving relationships are possible only when both partners are selflessly committed.'

I had not yet finished my argumentation when a sizable number of students put their hands up, insistently asking for the floor. The first intervener went straight to the point, and charged me with the fallacy of attributing messages, moral lessons or ideologies to literary works which, on the contrary, do not contain any whatsoever. The speaker's words were greeted with an unceasing round of warm applause from the whole group, much to my surprise. All the students joined in to support their mate's argument with loud cries of approbation, and to express their indignation at my 'new doctrine' which was in

contradiction with what they had been taught since their freshman year. Of course, they mentioned names and quoted from their lecture notes. As they reacted this way on and on, giving vent to their worry, confusion, discontentment and dissatisfaction, my surprise turned into sympathy and understanding. I realized that they had already been exposed to that 'hedonistic' theory of literature which made me uncomfortable two years back. The theory in question stipulates that

Literature is an art that tries to make people participate to human emotions. The primary aim of literature (seen as the work of imagination or the human capacity for invention) is to give pleasure, to entertain those who voluntarily attend to it. Literature does not teach anything new to human beings, but it appeals to their emotions. It makes people laugh, weep, sympathize with characters, etc. in the same way as music, sport¹, cinema... It tries to capture the emotions of human beings. For example, when you read a book or watch a movie, you get to know the characters and become a member of the world which is fictionalized. Sometimes, you sympathize with one or another character; some other times, you feel pity or you dislike one or another action (Tembue 2011: 2-3).

I could not help attributing the 'violence' of my audience's confusion and indignation to the fact that this view of literature enjoys a very long and unchallenged tradition in the Department of English at my college. It is handed down from generation to generation, with no room for debates, as if it was accepted unanimously by critics or scholars of all times and places. Since this doctrine seems to be surrounded by walls of unquestionability, it behaves less like a theory than like a dogma imposed ex cathedra. Students are thus made to profess that in literature 'pleasure' outbalances 'teaching/instruction', or 'ethics', to such an extent that literature appears to be simply 'ethically and ideologically innocent'.

In an effort to challenge this dogmatism, the present paper attempts to place the triad literature-pleasure-ethics in a wide context of literary-critical and rhetorical debates that span centuries, from the Antiquity to the modern times. Then it proceeds to a critical examination of the doctrine of the primacy of pleasure over ethics in literature. Ultimately, it argues that there is no opposition between ethics and pleasure, and that the former outweighs the latter in literature.

2 LITERATURE, PLEASURE AND ETHICS: A HISTORICAL ENQUIRY

The concepts of 'pleasure' and 'instruction' are classical. Their association with literature has got a long history which can be traced back to the Antiquity. In his *Poetics*, one of the earliest seminal works of literary theory, Aristotle conceives the goal of tragedy as *catharsis*, or the liberation of the mind of its viewers. This psychological redemption results from the arousal and purification of intense fear and pity in the audience, and it is in this arousal-and-purification business that the audience derives the true tragic pleasure (2000: XIV, p.18). Furthermore, what make the audience enjoy a tragedy are the poet's perfect technique of imitation, or the 'reproduction of objects with minute fidelity', and their recognition of the model being imitated. Pleasure, not ethics or instruction, is thus central to Aristotle's theory of tragedy.

Very close to Aristotle's theory of cathartic pleasure, and yet more affective and radical than it, is Longinus's conception of 'Sublimity'. In his famous treatise *On the Sublime*, he states that "Sublimity is always an eminence and excellence in language; and that from this, and this alone, the greatest poets and writers of prose have attained the first place and have clothed their fame with immortality" (1906: I, §2, p. 2). The effect of the sublime, he adds, is not the persuasion of the audience, but their ecstasy, or their experience of an intense and ineffable feeling of delight:

For it is not to persuasion but to ecstasy that passages of extraordinary genius carry the hearer: now the marvelous, with its power to amaze, is always and necessarily stronger than that which seeks to persuade and please: to be persuaded rests usually with ourselves, genius brings force sovereign and irresistible to bear upon every hearer, and takes its stand high above him (1906: I, §2, p. 2).

Longinus thus affirms the supremacy of ecstasy over persuasion and pleasure. He argues that while one can control their reasoning in terms of what to admit and what to refuse, the power of ecstasy that the sublime exerts cannot be resisted. It is like a bolt of lightning which scatters everything before at a single stroke. Moreover, although he acknowledges in section seven that "the beautiful and genuine effects of sublimity... please always, and please all," Longinus just undermines

¹ Let me single out sport alone here. It is a commonplace among sport fans that sport is exclusively entertainment-oriented. But some people would be unsettled, if not offended, by this view. For Albert Camus, for instance, there was no doubt that he learned all his morals on the football-ground, when he was playing as his team goalkeeper.

'pleasure'. The reason is that 'when writers try hard to please or to be exquisite, they fall into affectation' (Habib 2009: 119). Genuine sublimity² gives us far more than pleasure; it sends us into ecstasies or raptures. It "elevates us" so that "uplifted with a sense of proud possession, we are filled with joyful pride, as if we had ourselves produced the very thing we have heard."

In contrast, Horace's *Ars Poetica*, whose influence has been vast, overshadowing that of Plato and Aristotle altogether, pleads for a combination of instruction with pleasure: "Poets aim either to benefit, or to amuse, or to utter words at once both pleasing and helpful to life" (AP, lines 333-334). Moreover, a poet

Has won every vote who has blended profit and pleasure, at once delighting and instructing the reader. That is the book to make money for the Sosii; this the one to cross the sea and extend to a distant day its author's fame. (AP, lines 342-346)

Horace thus accords equal value to 'teaching and delighting' as the mission assigned to poetry. And many centuries later, other poets and critics, such as Boileau and Sir Philip Sidney, will simply reiterate the already customary notion of literature as a compromise of pleasing and instructing. Boileau will advise poets to 'join the solid with the agreeable'. As to Sidney, he merely echoes Horace when he declares that the purpose of poetry is 'to teach and delight', but he goes a few steps further where he gives preeminence to 'instruction'. In 'The Defense of Poesy' (1583), he takes the side of "poor poesy" against its detractors, and argues that poetry, whose "final end is to lead and draw us to as high a perfection as our degenerate souls, made worse by their clayey lodgings, can be capable of," is the best vehicle for the "purifying of wit." Dryden, however, will do exactly the opposite of Sidney: he was satisfied with a poem when it simply delighted him. According to him, "delight is the chief, if not only, end of poetry: instruction can be admitted but in the second place, for poetry only delights as it instructs." (Quttous 2005: 18).

Dryden's theory strikes a subversive chord in his neoclassical era where the belief that the promotion of virtue is the sole duty of literature was a commonplace among literary critics. This changed with the advent of Romanticism. Indeed, the notion of the primacy of pleasure found its fullest expression in Romanticism, with such poets and theoreticians as Wordsworth, Coleridge and Keats. It is reported that in his 1802 Preface to *Lyrical Ballads*, Wordsworth uses the word 'pleasure' (and its cognates) more than fifty times, proposing that 'the end of poetry is to produce excitement in coexistence with an overabundance of pleasure' (Bennett and Royle 2004: 258). As a matter of fact, right in the first two paragraphs where he talks about the unexpectedly successful 'pleasure-giving' career of the first volume of their poems, Wordsworth uses the word 'pleasure' three times, two of which in the same sentence; the passive 'pleased' two times; the verb 'please' one time, and their opposite 'dislike' two times – the first time as a verb, and the last as a noun. Speaking of their volume of verse, Wordsworth states:

*It was published, as an experiment, which, I hoped, might be of some use to ascertain, how far, by fitting to metrical arrangement a selection of the real language of men in a state of vivid sensation, that sort of **pleasure** and that quantity of **pleasure** may be imparted, which a Poet may rationally endeavour to impart... I flattered myself that they who should be **pleased** with them would read them with more than common **pleasure**: and, on the other hand, I was well aware, that by those who should **dislike** them, they would be read with more than common **dislike**. The result has differed from my expectation in this only, that a greater number have been **pleased** than I ventured to hope I should **please**.*

Although, a few lines further, Wordsworth recognizes the importance of the 'moral relations' of poetry, he maintains that its peculiar business is to please or to 'interest mankind permanently'. 'The grand elementary principle of pleasure', as he calls it, is not, however, tied to or associated with poetry alone. It is believed to be the mover of the living world, the defining attribute of nature and life, the "impulse from the vernal wood" which teaches more of man and his moral being "than all the sages can" (Trilling 1963: 77). For Wordsworth, pleasure constitutes "the naked and dignity of man," or that by which man "knows, and feels and lives, and moves." This is one of the boldest, the most pregnant and the most shocking statements in the whole Preface: it repeats and changes St. Paul's idea that "we live, and move, and have our being" in God (Acts 17: 28).

² The concept of the 'sublime' was later reclaimed by theorists and philosophers in the neoclassical age. Having realized that their view that the pleasurable of art lies in its satisfying harmony of design was inapplicable to the troubling, frightening events in tragic plays, Kant and other Neoclassicists postulated a radically different pleasure which is effected by the 'sublime' rather than by the 'beautiful': 'the audience thrills to see tragic heroes rise above adversity and their self-preservation instinct because it feels itself participating in and aspiring towards the potential indomitability of the human spirit' (Parkinson 2006: 176).

Let us return to 'pleasure' as the chief purpose of poetry according to Wordsworth. This is one of the points where Coleridge concedes his opinions with those that are supported in the Preface. In his *Biographia Literaria*, an ambitious essay on the nature of poetic creation and on the relationship between emotion and intellect in a theory of the imagination, Coleridge (1906: 164) defines a poem as

that species of composition, which is opposed to works of science, by proposing for its immediate object pleasure, not truth; and from all other species—(having this object in common with it)—it is discriminated by proposing to itself such delight from the whole, as is compatible with a distinct gratification from each component part.

It is obvious that Coleridge discharges poets of the business of 'teaching' or 'instructing', and affixes to them the duty of giving pleasure as their primary concern or responsibility. For him, no matter what the constituent elements, the distinctive features or the defining characteristics of a poem are, which is a controversial subject, the whole must be organized in such a way that it is 'entertaining or affecting'. Such that the reader should be carried forward on the journey of reading a poem more by 'the pleasurable activity of the mind excited by the attractions of the journey itself', than by 'the mechanical impulse of curiosity', or 'a restless desire to arrive at a final solution'. This is how Coleridge also lays great store by pleasure as the main aim of poetry.

But in comparison to Wordsworth, Coleridge and other romantics, it is Keats who has been credited with 'the boldest affirmation of the principle of pleasure' (Trilling 1963: 83). He described a poem as 'a posy/ Of luxuries, bright, milky, soft and rosy', and defined poetry itself by reference to objects of luxury, and ascribed it the function of comforting and soothing. Keats expands this 'philistine' doctrine in 'Poetry and Sleep'. The poet begins this long poem with the elevation of the gentleness, the soothingness, the tranquility, the healthfulness, the secretiveness, the serenity and the visions of sleep above those of certain elements of nature. Sleep itself is enthusiastically extolled as the 'soft closer of our eyes', the 'low murmurer of tender lullabies', the 'light hoverer around our happy pillows' and the 'silent entangler of a beauty's tresses'. Then the poet goes on to say that poetry is 'higher beyond thought' than sleep; it is 'fresher than berries of a mountain tree' as well as 'more strange, more beautiful, more smooth, more regal/ than wings of swans, than doves, than dim-seen eagle'. Further on, Keats defines his poetic mission as that of writing about all that is 'permitted and fitted for our human senses', and expresses his yearning to overwhelm himself in the pleasures of poetry for all the length of his youth. During these youthful years, the concern of his poetic art will be the representation of all the pleasures that his 'fancy sees'. These pleasures range from the simple degustation of 'sleep in the grass', of red apples and strawberries to the sophisticated enjoyment of kisses, caresses and sex with white-shouldered nymphs in shady, flowery places where tame doves will be fanning the cool gentle air over Keats' rest, dancing with ever varied ease around him, and enticing him on and on till he reaches ecstasy. In the end, this poetry will, of course, read like 'a lovely tale of human life' and like 'an eternal book' full of 'many a lovely saying/ about the leaves, and flowers – about the playing/ of nymphs in the wood, and fountains; and about the shade/ keeping a silence round a sleeping maid.'

Young Keats is so much at home with the pleasures from 'the indulgence of the appetites' and 'sensual gratification' that, when mature age closes in on him, it is only with so much reluctance that he will 'bid these joys farewell' and write a 'nobler poetry' befitting to the gravity of maturity. This new kind of poetry should mingle what is 'sweet' with what is 'strong'. But since 'strength' is inclined to deal with such ugly, distressing themes as 'the agonies and the strife of human hearts'; since it indulges in 'trees uptorn, darkness, worms, shrouds and sepulchres', and since it feeds upon 'the burrs and thorns of life', predilection should go to sweetness. The reason for this preference is that the great end of poetry is to 'be a friend/ to soothe the cares, and lift the thoughts of man.' Here again, even in its highest nobility, poetry is still associated with the function of ministering to pleasure.

The Romantic philosophy that beauty/pleasure is the touchstone of literature reached its climax at the end of the nineteenth century which saw the rise of the 'art-for-art's sake' aesthetic movement. Paradoxically, it is also towards the autumn of the nineteenth century that the close association of art, including literature, with luxury – with the pleasure or at least the comfort of the consumer, or with the quite direct flattery of his ego (Trilling 1963: 86) – started to lose ground. One of the early opponents of this ideology is Thomas Carlyle who called 'Pig-Philosophy' Bentham's moral epicurean theory that pleasure is the object of an essential and definitive part of man's nature. In his famous lectures on heroes, hero-worship and the heroic in history, Carlyle spared enough room for the treatment of the 'wondrous art of Writing' as another form of Heroism, thereby paying tribute to men-of-letters as Heroic Souls. As a Hero, the genuine man-of-letters endeavours to teach what the world will do and make (2001: 131) and to fulfil for mankind a function 'which is ever honourable, ever the highest; and was once well known to be the highest,' i.e. to 'utter forth the inspired soul of his' and to reveal to man that 'his life is a piece of the everlasting heart of Nature herself'. This is the same function for the fulfilment of which, he says, 'old

generations named a man Prophet, Priest, [or] Divinity [...]; which all [...] Heroes, by speech or by act, are sent into the world to do' (p. 132).

In agreement with Fichte's Transcendental Philosophy and conception of the writer, Carlyle solemnly declares that the mission of the Man of Letters in the world is to discern for himself the 'Divine Idea of the World,' or the Reality that lies at the bottom of all Appearance, and to make it manifest to mankind. The true writer is thus 'the light of the world; the world's Priest; - guiding it like a sacred Pillar of Fire, in its dark pilgrimage through the waste of Time' (p. 132). He cannot afford to be 'some idle nondescript, extant in the world to *amuse idleness*, and have a few coins and applauses thrown on him' (p. 131).

A self-avowed admirer of Carlyle, the leader of what he considered as the foursome³ of great literary elders or athletes, R. L. Stevenson will walk in his footsteps in the trashing of the treatment of literature in a 'penny-wise⁴ and virtue-foolish spirit' (1996: 19). While he acknowledges that the trade of writing should be 'at once agreeable, like fiddling, and useful, like good preaching' (p. 20), and he grants writers their freedom of choice between pleasing and instructing, and thereby warning them of the difficulty 'to do the one thoroughly without the other' (p. 26), Stevenson does, however, place writers before what he considers their two complementary duties, an intellectual duty and a moral duty.

The first duty incumbent upon writers is to teach the truth for the education and comfort of humanity. In the media age where, for political interests, truth is daily perverted and suppressed, and where serious subjects are daily degraded in the treatment by journalists, writers 'have to see that each man's knowledge [of good and evil] is, as near as they can make it, answerable to the facts of life' (p. 22), and have to teach the youth 'a respect for the truth'. To do this, writers should 'treat all subjects in the highest, the most honourable, and the pluckiest spirit, consistent with the fact' (p. 19). And for their treatment or narration to be consistent with the fact, their minds must be 'kept supple, charitable, bright, [and free of] prejudice' (p. 24). It is only at this cost that writers can become 'leaders of the minds of men,' shapers of 'Public Opinion or Public Feeling'.

The second duty, the moral one, is that writers have to treat their subjects in 'a good spirit' (p. 21), with impartiality; their works must be 'issued from sound, human, healthy, and potent impulses' (p. 24), or from a balanced life outlook. It is in conformity with the two duties that Stevenson advised young men or women envisaging writing as a 'business of life' to embrace literature (writing) for these two just reasons: inbred taste and usefulness to mankind, or the desire to 'do the most and the best for mankind,' 'to do considerable services' to mankind in the same way as a missionary, a patriot or a philosopher, to 'protect the oppressed and defend the truth' (p. 20).

It is quite surprising that Carlyle's (and Stevenson's) statements have not engaged literary theorists at all, and that they are scarcely ever quoted. Yet, if major political events such as revolutions and World Wars dealt the final blow to the career of pleasure in literature, the first blows seem to have been stricken by Carlyle and Dostoyevsky, his contemporary. The death of pleasure has left behind it an aesthetic culture feeding itself on what Trilling called a 'perverse and morbid idealism'⁵ (1963: 91). This is probably what pushed Barthes to condemn modern literature as being opaque, inaccessible to the reader's enjoyment. In his opinion, the works of our modernity fail to meet the standards of writing, which is 'the science of the various blisses of languages, its Kama Sutra' (Barthes 1975: 5), and to achieve this pleasure-giving duplicity (the subversive edge and the conservative edge) of which Sade proved such an unparalleled master. It is worth taking note of the fact that Barthes went even further than Keats in his assertion of pleasure. He likened the pleasure of the text to 'that untenable, impossible, purely novelistic instant so relished by Sade's libertine when he manages to be hanged and then to cut his rope at the very moment of his orgasm, his bliss' (p. 6). This exuberant eroticism is absolutely repellent to the modern mind. It is an unaffordable and unwelcome luxury in these hard times marked by fierce political and economic debates, climate-change-related worries, bio-chemical weapon disasters and menacing nuclear warheads. And, as Eagleton (1996:72) rightly pointed it

³ In his essay 'The Morality of the Profession of Letters,' Stevenson salutes Carlyle, Ruskin, Browning and Tennyson as 'the four great elders who are still spared to our respect and admiration' (1996: 23).

⁴ Schopenhauer also considers the fact of writing for money as the ruin of literature. According to him, no one writes anything that is worth reading, unless s/he writes for the sake of his/her subject, i.e. unless s/he has thoughts or experiences which are worth communicating (2005: 10-11).

⁵ Since art is the mirror of society, it is more accurate to view the search for a grisly gratification in unpleasure by modern literary characters, like Dostoyevsky's *Underground Man*, as a reflection of the overall cultural antagonism to the principle of pleasure. In our scientific and technocratic age, for instance, one of the major reasons why the number of literature and humanities students is systematically sagging every year is that these disciplines are believed to produce 'soft' knowledge and to offer 'private understanding, pleasure, and consolation' (Ireland 2013a).

out, there is something really disturbing about Barthes' self-indulgent avant-garde hedonism in a world where others lack not only books but food.

It is obvious that artists have kept 'pleasure for pleasure' at bay since the late 19th century. As a matter of fact, the priority of modernist literature was not pleasure. It was not ethics either. Alienated from what they considered as the commonplace and often boring irrelevancies of daily life, modernist writers were interested more in the inner workings of consciousness than in the subtleties of conscience. Their preference for formal experimentation to accurate representation did not leave them with room for engagement with ethical issues, nor did it make it easy for the reader to 'connect any moral matters that might arise in a work with his or her own experience of the world' (Day 2006: 74). Postmodernist literature, however, was ethical and political. The postmodernists 'reveled in the visceral contemporaneity of the everyday, moulding out of the maelstrom of mass culture an aesthetics of ephemerality,' and they emphasized the 'inherently political qualities of art' (Lea 2006: 186). Sartre, for instance, eloquently defended engaged literature⁶ and art, and Primo Levi invited the writer to transcend his/her individual loneliness and despair in order to fulfil his/her ethical duty, which is to communicate clearly with others (Boldrini 2011: 189). As for postcolonial writers whose chief preoccupation was to write back to the center, to rewrite the canon, to right history as written by imperialists, and to help their societies 'regain belief in [themselves] and sweep away the complexes of years of denigration and self-abasement' (Achebe 1975: 44), pure, innocent art was but too cheap, or too expensive. Achebe tasked the writer, especially the African writer, with 'teaching' or 'educating' their people.

3 FROM PLEASURE TO ETHICS: A JOURNEY TO THE HEART OF THE MATTER

When we are told that the primary goal of literature is to give pleasure, the surprises and questions that strike us are more about 'literature' than about 'pleasure'. We almost naturally shy away from 'pleasure' for two main reasons. The first reason is that it is extremely difficult, or even impossible, for us to talk about pleasure, enjoyment, emotional and indeed erotic excitement. And the second reason, which is related to the first, is that such pleasures tend to border on the transgressive or taboo (Bennett and Royle 2003: 258). As we focus on 'literature', we are surprised, and even shocked, to see that this single statement blurs at once the never-trespassed canonical line, if not the insurmountable wall, between 'literature' and 'engaging fiction'. We consented long ago that 'literature' is the set of 'scholarly texts' designed for education, the hard stuff which we should teach to students, and which should be the object of academic research and writing. As to 'engaging fiction,' it is understood as those 'popular texts' written for entertainment, the soft stuff which we read for pleasure, and which are excluded from school/college/university syllabi. And we are used to the comfort of this tacit agreement. But then there are texts that come to unsettle this categorization and to discomfort us. Let us take up, for example, *The Da Vinci Code*: why did this novel, which canonists would not hesitate to cast into the category of 'engaging fiction,' suddenly give rise to more than a dozen books⁷ thwarting its theses? This atypical bestseller, indeed a literary phenomenon of our time, is as narratively enjoyable as it is culturally and religiously disturbing. If it was 'innocent,' i.e. meant for pleasure only, this book wouldn't engage Bible scholars, theologians, Christianity specialists, historians, art historians and experts, and the media in stormy controversies.

Dan Brown's novel disproves the binary opposition (texts for education versus texts for pleasure) by appropriating the two functions (entertaining and educating), and it reclaims this wholeness for all works of creative imagination, both 'literature' and 'engaging fiction' alike. As far as creative writing is concerned, there is nothing like writing to please only, or like writing to instruct only. All literary/creative texts have two layers: the outer layer or surface (pleasure) and the inner layer or core (ethics). The process of reading a text entails, therefore, moving from its surface to its core: sticking only to the surface results in self-indulgence, indifference or neglectfulness. If we find, for example, Frederick Forsyth's *The Odessa File* enjoyable, instead of feeling indignant at the indescribable suffering of the Jews, we obstinately refuse to be affected by the

⁶ For Sartre, to write is 'both to disclose the world and to offer it as a task to the generosity of the reader [...]; but [...] as the real world is revealed only by action, as one can feel himself in it only by exceeding it in order to change it, the novelist's universe would lack thickness if it were not discovered in a movement to transcend it' (1949: 60-61).

⁷ I can mention only some of them here : Darrell Bock's *Breaking the Vinci Code* (2004); James L. Garlow and Peter Jones' *Cracking Da Vinci's Code* (2004); James L. Garlow's *The Da Vinci Codebreaker* (2006); Amy Welborn's *De-coding Da Vinci: The Facts Behind the Fiction of the Bestselling Novel and Hit Movie* (2004); Richard Abanes' *The Truth Behind the Da Vinci Code* (2004); Simon Cox's *Cracking The Da Vinci Code* (2004); Erwin Lutzer's *The Da Vinci Deception* (2004); Steve Kellmeyer's *Fact and Fiction in the Da Vinci Code* (2004); Carl Olson and Sandra Miesel's *The Da Vinci Hoax* (2004), and Mark Oxbrow and Ian Robertson's *Rosslyn and the Grail* (2006).

cruelty with which powerful people can treat weak, defenseless ones in society. And there's the rub when pleasure is ascribed to literature as its chief goal.

The statement about the primacy of pleasure in literature is also shocking inasmuch as it reduces writers to mere entertainers. If writers are joyful entertainers, society can be only too proud of them, only too happy to have many of them. Yet this does not check out against the fate of a significant number of writers. For instance, Diderot's 1749 *Lettre sur les aveugles à l'usage de ceux qui voient* won him three months in the dungeons of the Vincennes fortress. The spiritual leader of Iran Ayatollah Ruhollah Khomeini issued on February 14, 1989 a fatwa requiring Salman Rushdie's death because of his allegedly apostate novel *The Satanic Verses*. This was not just an ineffectual death sentence, for at least two attempts to take the life of the renegade Rushdie have already failed. The Egyptian writer and Nobel Prize Winner Naguib Mahfouz, who defended Rushdie but criticized his novel as 'insulting' to Islam, was also sentenced to death by Islamic fundamentalists for his novel *Children of Gebelawi*. In 1994, he survived an assassination attempt, but his right hand nerves were damaged, thereby affecting his writing rhythm. The late Chinua Achebe fled from the military personnel who, on the ground of the dénouement of his prophetic novel *A Man of the People*, suspected him of having foreknowledge of the 1966 failed coup in Nigeria. Achebe was not caught, but his wife suffered a miscarriage at the end of their flight journey. Kenya's most famous writer Ngũgĩ wa Thiong'o was arrested and jailed without a trial for his 1977 play *I Will Marry When I Want*. And the renowned Malawian poet Jack Mapanja drank from the same cup: he was detained without trial for three years, seven months and sixteen days for his first book of poetry *Of Chameleons and Gods*. Now we should pause for a moment and consider these questions: If writers are entertainers or pleasure-providers, why have they been persecuted all over the world? Were the aforementioned writers visited with violence because they had ended up giving too much pleasure for society to accommodate? Or did all this happen quite by accident? If I should drop a hint for respondents or warn them, I will point out that answers to these questions do not exist on the side of pleasure.

But partakers in the 'murder of the author' and partisans of 'intentional fallacy' will sure object to these questions, discarding them as absurd for the simple reason that literature has nothing to see with the writer. Hence, in the statement 'the primary aim of literature is to give pleasure,' literature will amount to nothing more than the 'text' and/or the 'reader'. Their line of contention is likely to be something of this sort: We do not 'read' the writer, but the 'text' and 'ourselves' (Harold Bloom). Now, this is a simplistic, self-deceiving way of forgetting, ignoring or obliterating altogether the fact that 'writing' precedes 'reading,' the fact that there would be no 'reading' if there was no 'writing'. Any reading material exists between people (the writer and the reader), for it is only people who can *mean* anything (Danby 1960: 15). That is why the writer definitely has to be part of the equation or of the chart of communication: in our thinking and theorizing about literature the writer should not be left out. In fact, we even ought to begin with the writer.

The writer is a *sine qua non* for a balanced consideration of the connection between writing and giving pleasure. S/he takes the first step in the process of communication. When we represent our statement 'the primary aim of literature is to give pleasure' in the traditional chart of communication, the writer appears as the Sender (S), pleasure as the Message (M) and the reader as the Receiver (R). And the statement itself appears to be saying that the primordial intention (intended message/meaning) of the writer is to please the reader⁸. But knowing that pleasure is a matter of personal taste, knowing how it is difficult, challenging, almost impossible to assign any real, objective meaning to the concept of 'pleasure,' binding the writer to the 'duty of giving pleasure'⁹ to his/her readership amounts to putting the hurdle too high for him/her. The impossible that is implicitly expected from the writer is that s/he should have more than an average knowledge of the psychology and preferences of his/her target readership. What makes the task infinitely more complicated is the fact that no readership is homogenous: each reader has got his/her own conception and experience of readerly pleasure. Reader B may

⁸ A writer, especially a novice, can claim to be an *élément bouclé*, i.e. to write for his/her own pleasure. This is the case with Theodore, the Page to Don Raymond, Marquis de Las Cisternas in Matthew Gregory Lewis' gothic novel *The Monk*. After the Marquis had singled out a terrible confusion of metaphors, amateurish rhyming and unconscious plagiarism as the major flaws of his poem 'Love and Age,' Theodore replied: 'All this is true, Seigneur; But you should consider that I only write for [my] pleasure.' But, as Sartre rightly observes, 'it is not that one writes for himself. That would be the worst blow [...]. The operation of writing implies that of reading as its dialectical correlative and these two acts connected necessitate the two distinct agents. It is the conjoint effort of author and reader which brings upon the scene that concrete and imaginary object which is the work of the mind. There is no art except for and by others' (1949: 41-42).

⁹ Barthes states that, since there is no guarantee that writing in pleasure will induce reading with pleasure, the writer 'must seek out [the] reader (must 'cruise' him) without knowing where he is' so that a site of bliss may be created between them (1975: 4). Notice that he immodestly demands the writer to gratify not just any 'innocent' pleasure, but this utmost pleasure, this very unspeakable pleasure: sexual pleasure.

not necessarily derive pleasure where Reader A does or did. In case this should happen, it is unlikely that both readers will 'feel' pleasure and account for it in the same way. Now, the writer can please his/her readership as a complex whole only if he can please every member of it as an individual. For this, s/he is required to know and skillfully appeal to the conception and experience of pleasure of each individual reader. This is an unachievable feat for a human being. Well, not even God pleases every individual in the world!

As much as it sets an unattainable goal for the writer, the theory about the primacy of pleasure also leads the critic into an impasse. If the vocation of literature is to give pleasure to the reader, the mission of the critic is, therefore, to account for the the pleurability of literary works. In fact, Barthes declares that he uses pleasure as the yardstick for the judgment of creative texts. For him, a good text is that which proves to him that *it desires him*; that which pledges to grant him continuous jubilation, and that which, by its perversion, chokes him with pleasure. Pilfering from a much-quoted Nietzschean phrase and going at it hammer and tongs, Barthes affirms that 'brio of the text (without which, after all, there is no text) is its *will to bliss*' (1975: 13). When a text bores him, he rules it out as having been written quite apart from bliss. But when he takes pleasure in reading a story, a sentence, or a word, he immediately decides that they were written in pleasure¹⁰. Such pleasure, he says, does not contradict the writer's complaint (1975: 4). This means that if you luxuriate in the graceful and vivid prose and in the hard-to-put-down story of *This Side of Paradise*, you should interpret as an ironical expression of authorial pleasure Fitzgerald's own moving confession that he wrote this novel 'in a haze of anxiety and unhappiness [...], haunted always by my shabby suits, my poverty, and love'. Now, if you as a critic try to grasp Barthes' theoretical concepts and apply them to the appraisal of a literary work, you will soon be at a loss. These concepts are so much loaded with personal feelings and emotions that they are intellectually incommunicable to anybody else.

The trouble with this pleasure-oriented reception theory is threefold: first, its cult of excessive self-indulgence results in an unethical act of 'bracketing' the writer's subjectivity, as in the abovementioned example. Yet, this subjectivity cannot be avoided with impunity in literary studies and criticism. Second, in a burst of sentimentalism, it ties and reduces in an astonishingly and a flippantly gratuitous way the author's writing mood, his/her plan and the design of the text itself to readerly gratification. Third, the result of its appreciating literary works according to pleasure is inescapably an empty pluralism, an eccentric relativism or a fanatical anarchism in criticism. If we should account for the success or failure of literary works in giving pleasure, can there be any common ground between us? And what standards can we apply in such a perilous enterprise: literary consumption or the marketability of a literary work? Doubtless, a novel like *The Da Vinci Code* cannot sell out millions of copies if it does not 'please' readers. But since it pleases them this much, does it imply that this was the author's aim in writing the novel? It is a fact that, after publication, a literary work usually embarks on its own career independently or regardless of the author's initial design. Moreover, to set the volume of sales as the standard for the success or failure of a book is to 'assassinate' literature, and to 'enslave' literary criticism to popular mode or to public taste: some books that are considered as 'great' by critics are sometimes commercial failures, and those that perform brilliantly on the market may not glean considerable critical acclaim. If we had had to commit this literary crime for the sake of facility or 'convenience' in criticism, still we would not have recorded any progress in establishing intelligible and unbiased norms for the judgement of literary pleasure.

Some people might, by this level in their reading, have had the feeling that I am going to the farthest length to ban pleasure from literature, or to downplay its role in reading. But let it be just a fleeting impression, because the deep truth is that I do not admit any impediment to the relationship between pleasure and ethics. I agree with Dryden that literature only delights as it instructs. But since 'a literary work is a piece of discourse which is semantically dense, i.e. having important implicit meanings or connotations' (Breadsley in Ngwaba 2011: 20), I admit pleasure in the second place. Pleasure has a fundamental importance only when it comes to reading. It is fundamentally important in the sense that it makes a piece of literature readable and publishable: the author cannot choose to write what will not be read, because unreadable or unenjoyable literature is likely not to be published. If writers create appealing characters, use powerful and beautiful language, pour a little bit of comedy and pathos in the plot, introduce some kind of cinematographic suspense in it, or spin gripping tales, it is because they want to hook readers, to scare the hell of boredom off their minds. That is how we are able to enjoy sad, tragic stories like those of Hamlet, Werther and Okonkwo. The German writer Johann Paul Richter treats this

¹⁰ However, the slightest suspicion that a literary text was written in pleasure is enough to make Sartre uncomfortable. 'If I were to suspect,' he writes, 'the artist of having written out of passion and in passion, my confidence would immediately vanish' (1949: 55). Sartre even prefers the expression 'aesthetic joy' to 'pleasure,' and his conception of this 'joy' is altogether different from Barthes' understanding of the 'pleasure of the text'.

sort of enjoyment as the 'forgivable sin' of literature. This sin is forgivable only when the reader is generous enough as not to stop and stay in it, only when s/he moves to seek the truth.

Those who are still dismissing literature as 'fiction with no bearing on the truth' can learn something edifying from the innovative teaching strategy of Joseph L. Badaracco, the John Shad Professor of Business Ethics at Harvard Business School (HBS). Badaracco, who is walking in the footsteps of Robert Cole, Harvard University's James Agee Professor of Social Ethics, strongly believes in the effectiveness of using literature to train and develop MBA students' leadership and entrepreneurial skills, and he shared his experience and made his case in a book entitled *Questions of Character: Illuminating the Heart of Leadership Through Literature*. He prefers literature to case studies and business books on leadership because

Literature gives students a much more realistic view of what's involved in leading. Literature lets you see leaders and others from the inside. You share the sense of what they're thinking and feeling. In real life, you're usually at some distance and things are prepared, polished. With literature, you can see the whole messy collection of things that happen inside our heads [...]. Literature helps identify the really complicated issues, and the stakes on all sides (Leddy 2013).

By engaging his students in the discussion of literary characters' problems, Badaracco prepares them to grapple with ethical issues in their business career. The treatment of these characters of real people stimulates from students a much deeper engagement in the actual material, not in the gymnastics about debits and credits, but in the dialectics of ethical choices and actions in business. In these class debates, students make 'comments about who they are and what they care about, and how they feel about the world that differs from their fellow students. [This comment-making] also reflects the student's own character and judgment' (Leddy 2013). Because of the power of the literature on their reading list and used in Badaracco's class, students have described his course as unusual, the most valuable and memorable. Curiously, on this list, works of fiction like Allan Gurganus' short-story 'Blessed Assurance', Chinua Achebe's novel *Things Fall Apart* and Robert Bolt's play *A Man for All Seasons*, and classic works of moral philosophy by great thinkers like Aristotle and Kant far outnumber business books.

Professor Badaracco's practice is an irrefutable proof that literature is 'good for training citizens who need to understand our complex world before plunging into action' (Dana Sorensen), and 'valuable in civic discourse' (Ireland 2003b) about current exigent issues such as the global economic crisis, climate change and the like. There is truth in fiction: the way to its discovery passes through pleasure and goes beyond it.

4 CONCLUSION

I would like to wind up my historico-critical investigation into the relationship between literature, pleasure and ethics by borrowing a metaphor from Lucretius. In the fourth part of *On the Nature of Things*, the devoted disciple of Epicurus compares 'committed' poets like himself to healers. Knowing that children dislike the "drink of bitter gall" (lines 21-22), healers usually spread the "sweet golden liquid honey" (IV, line 18) round the cup to deceive an unsuspecting young child into swallowing down the "foul-tasting wormwood" (line 17). Far from hurting the naïve child, this deception rather restores him to good health, and helps him grow stronger. In the same way, aware that their "reasoning/ seems generally too bitter for those men/ who have not tried it and the common crowd/ shrinks back in fear" (lines 25-28), poets sprinkle their verses "with poetry's sweet honey" (line 31) to seduce the reader's attention on the verses "until you can see the nature of things/ and recognize how useful that can be" (lines 34-36). In this theory, which I espouse, every pleasing, pleasurable or attractive aspect of a literary work is just an enticement, a lure or bait; the mission or vocation of literature is heroically didactic and ethical. For there can be no innocent art!

REFERENCES

- [1] Aristotle, *Poetics* (Trans. S. H. Butcher), Pennsylvania: The Pennsylvania State University, Electronic Classics Series Publication, 2000.
- [2] A. Bennett and N. Royle, *An Introduction to Literature, Theory and Criticism*, 3rd Ed. London: Pearson Longman, 2004.
- [3] A. Schopenhauer, *The Essays of Arthur Schopenhauer, Vol. 6: The Art of Literature* (Trans. T. B. Saunders), Pennsylvania: The Pennsylvania State University, Electronic Classics Series Publication, 2005.
- [4] B. F. Ngwaba, *Theory of Literary Criticism*, Fourth and Fifth Year Course Handout, Bukavu: ISP, Department of English, 2011.
- [5] Boldrini, L., *Rattling the Cage of Meaning: Primo Levi's The Periodic Table, the Two Cultures, and the Ethical Duty of the Writer*, In: C. Barefoot and V. T. Villani (Eds.), *Restoring the Mystery of the Rainbow: Literature's Refraction of Science*, Vol. 1, Amsterdam: Rudopi, pp. 187-206, 2011.

- [6] B. Quttous, "Two Approaches of Pleasure: Coleridge and Roland Barthes Compared," *Thaqafat*, pp. 17-24, 2005.
- [7] C. Achebe, *Morning Yet On Creation Days: Essays*, London: Heinemann, 1975.
- [8] Day, G., *Ethical Criticism*, In: P. Childs and R. Fowler (Eds.), *The Routledge Dictionary of Literary Terms*, New York: Taylor & Francis, pp. 74-75, 2005.
- [9] Horace, *The Satires, Epistles, and Ars Poetica* (Trans. H. R. Fairclough), London: William Heinemann Ltd., 1942.
- [10] Ireland, Corydon, *Mapping the Future*, 2013a.
[Online] Available: <http://news.harvard.edu/gazette/story/2013/06/mapping-the-future/> (July 28, 2013).
- [11] Ireland, Corydon, *Oh, Humanities!*, 2013b. [Online] Available: <http://news.harvard.edu/gazette/story/2013/05/oh-the-humanities/> (July 28, 2013).
- [12] J. F. Danby, *The Simple Wordsworth: Studies in the Poems 1797-1807*, London: Routledge & Kegan Paul, 1960.
- [13] J. P. Sartre, *What Is Literature?* (Trans. B. Frechtman), New York: Philosophical Library, Inc, 1949.
- [14] Lea, D., *Postmodernism*, In: P. Childs and R. Fowler (Eds.), *The Routledge Dictionary of Literary Terms*, New York: Taylor & Francis, pp. 185-187, 2005.
- [15] Leddy, Chuck, *Truth in Fiction*, 2013. [Online] Available: <http://news.harvard.edu/gazette/story/2013/08/truth-in-fiction/> (October 11, 2013).
- [16] Longinus, *On the Sublime* (Trans. A. O. Prickard), Oxford: The Clarendon Press, 1906.
- [17] Lucretius, *On the Nature of Things* (Trans. I. Johnston), Virginia: Richer Resources Publications, 2010.
- [18] M. A. Habib, *Modern Literary Criticism and Theory: A History*, Massachusetts: Blackwell Publishing, 2009.
- [19] Parkinson, M. H., *Pleasure*, In: P. Childs and R. Fowler (Eds.), *The Routledge Dictionary of Literary Terms*, New York: Taylor & Francis, pp. 176-177, 2005
- [20] R. Barthes, *The Pleasure of the Text* (Trans. R. Miller), New York: Hill and Wang, 1975.
- [21] R. L. Stevenson, *The Art of Writing and Other Essays*. The Project Gutenberg Ebook Transcribed from the 1905 Chatto and Windus Edition by David Price, 1996.
- [22] S. T. Coleridge, *Biographia Literaria* (With an Introduction by A. Symons), London and Toronto: J. M. Dent and Sons Ltd., 1906.
- [23] T. Carlyle, *On Heroes, Hero-Worship, and the Heroic in History*, Pennsylvania: The Pennsylvania State University, Electronic Classics Series Publication, 2001.
- [24] T. Eagleton, *Literary Theory: An Introduction*, 2nd Ed. Minnesota: University of Minnesota Press, 1996.
- [25] Trilling, L., *The Fate of Pleasure: Wordsworth to Dostoyevsky*, In: N. Frye. (Ed.), *Romanticism Reconsidered...*, New York: Columbia University Press, pp. 107-133., 1963.
- [26] Z. O. Tembue, *African Literature*, Fourth Year Course Handout, Bukavu: ISP, Department of English, 2011.

Qui est l' 'Homme' dans les *Droits de l'Homme* ? Une Réflexion Levinasienne

[Who is the 'Human' in *Human Rights* ? A Levinasian Reflection]

Pascal Ally Hussein

Department of English and African Culture,
Institut Supérieur Pédagogique of Bukavu,
P.O. Box 854,
Bukavu, D. R. Congo

Copyright © 2015 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: We are living in a period where public opinion is unanimous in the defence of *Human Rights*, as the protesters are always far outnumbered by the partisans. This paper neither takes a side nor acts as a judge in disputes between supporters and protesters, but offers a constructive criticism of the theory and praxis of *Human Rights*. Thus, in an attempt to extend the scope of traditional criticism whose only target was the concept of 'Right,' this essay reflects on the essential identity of Man, the beneficiary of the Rights. It walks in the footsteps of Levinas in the laying of the practice of the 'unconditional duty to the Other' as the foundation of Man's Humanity and as the objective foundation of the Rights.

KEYWORDS: receiver, unconditional duty to the Other, owner, proprietor, the face of the Other.

RESUME: Nous vivons une époque où la défense des *Droits de l'Homme* jouit de la faveur générale, le nombre de voix protestataires étant toujours scandaleusement inférieur à celui de partisans. Cet article ne se veut ni une prise de position ni un arbitre des querelles entre les défenseurs et les contestataires, mais une critique constructive de la théorie et de la praxis des *Droits de l'Homme*. Ainsi, s'efforçant de déborder le cadre de la critique traditionnelle qui avait pris pour cible le seul concept de 'Droit', cet essai s'interroge-t-il sur l'identité essentielle de l'Homme, le bénéficiaire de Droits. Il pose, à la suite de Levinas, la pratique du 'devoir inconditionnel envers Autrui' comme fondement de l'Humanité de l'Homme et comme fondement objectif des Droits.

MOTS-CLEFS: destinataire, devoir inconditionnel envers Autrui, possesseur, propriétaire, le visage de l'Autre.

1 INTRODUCTION

Les *Droits de l'Homme* (DH) ont achevé en ce siècle la conquête de tout l'espace d'expression humaine. Cette conquête a commencé il y a plus de deux cents ans avec l'adoption, par l'Assemblée Nationale de France, de la Déclaration des Droits de l'Homme et du Citoyen. Et cet espace conquis n'est pas seulement extérieur ou physique; il s'étend jusqu'à des domaines aussi secrets, à des sanctuaires aussi cachés que les cœurs et les esprits des mortels, des tout-petits aux vieillards. C'est probablement cela qui a fait dire à Marcel Gauchet que le sacre des droits de l'homme est à coup sûr le 'fait idéologique et politique majeur' de nos vingt dernières années et que les DH sont devenus le 'centre de gravité idéologique' de tout ce à quoi nous assistons actuellement (de Benoist 2004 : ii). Et ce n'est pas là une remarque déplacée, car d'aucuns considèrent déjà les DH comme le 'fondement de toutes les sociétés' (Kofi Annan) ou comme 'le concept d'un véritable gouvernement mondial' (Jean Daniel).

Au 21^{ème} siècle, en effet, il ne se passe aucun jour sans discours, sans conférence, sans campagne ou activisme thématique sur les DH. Ce siècle est ainsi le *siècle des droits de l'homme* (Kennedy 2012 : 19) et d'une idéologie universelle appelée le *droits-de-l'hommeisme* (Pellet 2001 : 167): les DH, c'est le refrain le plus populaire, le véritable opium du peuple de notre temps, l'idolâtrie humaniste par excellence. La sacralité des DH est un dogme absolu car les droits sont déjà devenus la 'religion de l'humanité' (Nadine Gordimer) ou la 'religion séculière mondiale' (Elie Wiesel); au fait, 'la dernière en date de nos religions civiles, l'âme d'un monde sans âme' (Régis Debray). La promotion des DH est la promesse et la garantie du paradis sur terre. Le respect des DH est, pour reprendre le mot de Foucault, le *sismographe de nos subjectivités*, de notre humanisme et de notre démocratisme contemporains. L'universalité des DH est la base de l'égalité humaine à travers le globe. L'inviolabilité des DH est entourée d'un fervent fanatisme sans précédent dans l'histoire. Alain de Benoist a su saisir et traduire avec une singulière netteté la teneur de ce fanatisme:

... il paraît aujourd'hui aussi inconvenant, aussi blasphématoire, aussi scandaleux de critiquer l'idéologie des droits de l'homme qu'il l'était autrefois de douter de l'existence de Dieu. Comme toute religion, le discours des droits de l'homme cherche à faire passer ses dogmes comme autant d'absolus qu'on ne saurait discuter sans être foncièrement stupide, malhonnête ou méchant (2004 : ii).

Nous sommes ainsi habitués à voir les grandes puissances de ce monde enclencher une offensive militaire dans les pays qu'elles accusent de la violation des DH. Et nous sommes habitués à voir l'anathème des organisations internationales tomber sur la tête des régimes du monde, surtout ceux d'Afrique et du 'Tiers-Monde', reconnus coupables du non-respect des DH. Mais quand ces mêmes puissances et ces mêmes organisations demeurent étonnamment passives et obstinément silencieuses devant l'énormité d'ignobles crimes de guerre et contre l'humanité planifiés et commis en Afrique Centrale, plus particulièrement en République Démocratique du Congo, l'on ne peut ne pas laisser libre cours à son indignation. L'on ne peut non plus se retenir de remettre en doute non seulement les dehors démocratiques et humanitaristes des motivations qui animent ces puissances et ces organisations, mais aussi et surtout le caractère prétendument universel et égalitaire des DH. Et quand le bellicisme occidental n'hésite pas un seul instant à défendre la démocratie, et bien sûr les DH, au prix du sacrifice d'holocauste d'innombrables vies humaines en Afrique et ailleurs, c'est le concept même de DH qui apparaît comme une abstraction absurde et monstrueuse.

Les DH apparaissent alors comme la couverture des visées politiques des *grandes démocraties*; comme le langage de l'universel derrière lequel se cachent leurs intérêts égoïstes. Au nom de ces intérêts les *grandes démocraties* n'hésitent pas à brandir les DH pour légitimer même un régime qui viole ces *Droits*, en 'isolant la violation d'une manière qui normalise le reste des activités dudit régime' (Kennedy, *ibid.*, p. 22). Les DH sont ainsi devenus, selon le juste mot de Koskenniemi, 'une façade pour le cynisme et un instrument de l'hégémonie' (Danchin 2009 : 104) des *grandes démocraties*.

La défense des DH a toujours fait l'unanimité parmi les hommes. Les exceptions à en relever sont quelques penseurs isolés, notamment Jeremy Bentham, Edmund Burke, Friedrich Nietzsche, Karl Marx et Alain de Benoist, qui ont dénoncé le caractère égalitaire, subjectiviste et universaliste des *Droits* et leur ont contesté un fondement objectif. Pour Alain de Benoist, par exemple, l'idéologie des DH est subjectiviste dans la mesure où elle définit les droits comme des attributs subjectivistes du seul individu. Elle est universaliste dans la mesure où elle prétend s'imposer partout sans considération des appartenances, des traditions et des contextes (de Benoist, *ibid.*, p. ii). Sur ce point, les DH ne se démarquent nullement des lois en vigueur dans nos sociétés, lesquelles violent les principes de la démocratie en ce sens qu'elles sont toujours forgées dans l'ignorance de la *diversité* des situations sur lesquelles elles vont exercer une action déterminante (Hulsman & de Celis 1982 : 13). L'idéologie des *Droits*, quant à elle, œuvre au nivèlement de l'*inégalité profonde* des êtres, laquelle est le ferment même de toute coexistence riche et non aliénante. Aussi cette idéologie est-elle une adversaire de la *diversité* et de la *singularité* des êtres humains. Ces critiques, qui ont le malheur de passer inaudibles et inaperçues, ne peuvent en aucun cas se mesurer à l'écrasante popularité dont jouissent les DH. Popularité si immense, de nos jours, que Michel Villey a remarqué que 'les Droits de l'Homme n'ont plus que des amis' (Pellet, *ibid.*, p. 168).

Dans cet article, nous ne voulons ni prendre position dans les débats entre les partisans des *DH* et les protestataires, et ni nous en poser comme arbitre. Nous nous proposons, au contraire, d'offrir une critique constructive de la théorie et de la praxis des *DH*, en tentant de remettre au centre du discours juridique et philosophique sur les *Droits* le concept qui a jusqu'ici été marginalisé : *l'Homme*. A l'encontre des critiques qui ont jusqu'ici pensé les *Droits* sans rapport à *l'Homme*, nous essayons de partir de *l'Homme*, nous interrogeant sur ce qui *constitue* un être vivant *Homme* et donc *ayant droit*, et posant sa *conformation éthique d'être-pour-autrui* comme condition de jouissance et fondement des *Droits*. Notre réflexion va donc s'orienter vers le concept qui a été jusqu'à nos jours enseveli dans l'oubli : *l'Homme*.

2 QUI EST L'HOMME DES DROITS ?

Dans le syntagme nominal *droits de l'homme*, le génitif *homme* détermine le *possesseur* desdits droits. L'homme est ainsi consacré comme le *propriétaire* ou le *destinataire* du colis nommé *droits*. Cette *consécration*, cette *mise à l'écart* par rapport aux autres espèces terrestres, est d'une importance capitale: sans elle, toute action, toute démarche en faveur du *destinataire* du colis ne peut que souffrir de désorientation, voire de paralysie. Car il est criminel, dans ce cas, de confier le paquet aux mains d'un non-homme. L'histoire nous apprend que d'énormes et irréparables dégâts résultent très souvent de ce genre de confusion. Ces dégâts ne peuvent être évités, bien sûr, que si le porteur du colis en connaît parfaitement le *destinataire*. Nous avons entendu une armée de journalistes et d'activistes¹ des DH crier leur colère devant le matraquage d'un quinquagénaire qui avait violé une fillette de six ans pour assouvir ses maudites appétences sexuelles. Pour eux, cette petite *leçon de morale* dispensée au violeur est une flagrante violation de ses droits d'homme. Et nous avons vu des avocats remuer ciel et terre pour le respect des droits humains de leurs clients – et quels clients ! –, des seigneurs de guerre, des marchands de la mort ayant à leur glorieux actif la disparition des centaines de milliers de personnes innocentes. Devant ce fanatisme scandaleux l'on peut naturellement attaquer: Et si ce n'étaient pas des hommes? Un être qui néantise l'humanité ou la vie de l'autre, un nihiliste de cet acabit peut-il encore être un *homme*?

La DUDH est, bien sûr, muette sur ces questions anthropologiques et d'autres du même genre². Elle ne déclame que la rhapsodie de *droits*; l'*homme* y est cruellement absent. La raison en est certainement que, pour les braves pères de la Déclaration, les *droits* étaient alors une *nouveauté*, tandis que l'*homme* était déjà devenu un *lieu commun*. Les *droits*, cet *inconnu*, c'était donc ce qu'ils avaient la mission et le souci de faire *connaître* au monde. Quant à l'*homme*, supposant qu'il était déjà *connu*, les bienfaiteurs de l'humanité n'avaient pas le cœur et la patience de verser dans la futilité de décliner son identité, de définir ou de décrire cet être, de dire *qui* il est ou *comment* il est. Ils avaient la certitude mathématique que tout le monde avait la même *conception* de l'*homme*, que chacun des membres de leur audience avait de l'être dont ils parlaient ce type de connaissance que Bertrand Russell a appelé *knowledge by acquaintance*, que chacun avait de cet être une certaine *représentation* de son *apparence* ou de sa *ressemblance*.

Cependant, connaissant l'extraordinaire aptitude des êtres 'humains' à la mascarade et au déguisement, pouvons-nous impunément nous fier aux apparences? Le poète italien de la Renaissance, Battista Guarini, avait qualifié son époque de *siècle d'apparence* où l'on se promenait masqué toute l'année. Et cette époque est vraiment loin d'être révolue! L'apparence étant un trompe-l'œil, nous avons lieu de ne jamais baisser la garde. Elle sert toujours à créer l'illusion du réel: deux êtres vivants ne peuvent-ils pas avoir une *apparence* ressemblante sans pour autant appartenir à la même espèce?

La littérature et le cinéma sont très affirmatifs là-dessus. Déjà les Hobbits et les Elfes de J. R. R. Tolkien ressemblent aux hommes comme deux gouttes d'eau; pourtant, ils ne sont pas, à proprement parler, des hommes ou des êtres humains. Pareillement, les hommes et les extraterrestres du thriller américain *The Event* sont si ressemblants en apparence que les hommes sont carrément incapables d'identifier ces infiltrés, des les distinguer d'eux-mêmes. En effet, l'apparence de ces créatures est si bien similaire à celle des hommes que l'on peut penser qu'ils ont un ancêtre commun ou qu'ils ont connu des évolutions parallèles. Cependant il y a des différences: primo, la composition de leur sang et de leur système circulatoire n'est pas identique à celle des hommes. Secundo, il est établi que ces créatures vieillissent beaucoup moins vite que les hommes. Tertio, leur génome diffère de celui des hommes d'un peu moins d'un pourcent. Cette différence génétique

¹ De nos jours, des gens dévoués deviennent des défenseurs de DH du jour au lendemain, sans aucune formation préalable. Face à ce phénomène, il nous arrive toujours de nous inquiéter si tous ces défenseurs comprennent l'esprit de la Déclaration Universelle des Droits de l'Homme (DUDH). En effet, le sens plénier de ce texte et la pensée exacte de ses rédacteurs continuent à nous échapper irrémédiablement. Et il arrive que le texte lui-même fasse l'objet de mésinterprétations, d'interprétations ou de réinterprétations qui ne respectent pas toujours la matérialité des mots qui le constituent. Comment dès lors ceux-là qui s'érigent en chevaliers des DH peuvent-ils éviter des excès et des déviations dans l'exercice de leur métier ?

² Remarquez que, lors de la rédaction de l'Article 1 (de la DUDH), il y avait un grand désaccord entre les délégués de différents Etats sur ce que Morsink appelle la question d'une 'source unique, transcendante de la valeur'. Cette question a conduit à 'une discussion sur Dieu et la Nature' qui, selon René Cassin, 'a permis au Comité de ne pas prendre de position sur la nature de l'homme et de la société et d'éviter des controverses métaphysiques, notamment les doctrines conflictuelles des spiritualistes, des rationalistes et des matérialistes concernant l'origine des droits de l'homme'. Voilà pourquoi l'Article 1 ne fournit aucune explication sur la source des caractéristiques universelles des êtres humains (Danchin 2009 : 103). La représentation dans le comité de rédaction des traditions aussi diverses que la tradition occidentale, la tradition chinoise, la tradition chrétienne du Moyen-Orient et la tradition Marxiste ne pouvait, en effet, que rendre le consensus impossible (Ignatieff 2000 : 328-329).

inférieure à un pourcent peut nous pousser à conclure que ces créatures sont alors des *êtres humains*. Mais prenez garde, nous conseille-t-on. Un pourcent représente une différence énorme si vous considérez le fait que le code génétique du chimpanzé diffère de celui de l'homme de seulement deux pourcent. Accablés donc par l'échec de leur démarche d'identification, les hommes vivent dans la terreur et l'angoisse d'être un certain jour dominés par ces entités biologiques non-terriennes aux intentions inconnues.

Certes, les esprits nourris au lait du rationalisme scientifique couvriront de cruelles railleries les produits de l'imagination des romanciers et des cinéastes, balayant du revers de leur main l'existence des Hobbits, des Elfes et des extraterrestres ressemblant aux hommes comme fiction hallucinante. Nous comprendrons volontiers la raison de leur attitude, et ils concéderont sans beaucoup de peine que la rigueur scientifique exige que le chercheur ne se constitue jamais prisonnier de la caverne, c'est-à-dire, prisonnier de l'*apparence*. Car, comme le dit Hegel, 'c'est au-delà de tous [l]es objets perçus immédiatement par les sens et la conscience qu'il faut chercher la véritable réalité' (2003 [1835] : 19). Percer les *apparences* n'est pas l'impératif des seuls *esprits supérieurs*, des philosophes et des savants; c'est une tâche dévolue à tout le monde. Le bien-être, la sécurité et la survie de chacun en dépendent dans ce monde devenu un vaste bal masqué. Dès que l'on a une petite expérience du monde, l'on comprend qu'*être homme* n'est pas réductible à tels *phénomènes* ou telles *apparences*. Ainsi nous laisse-t-on très souvent entendre en Afrique : 'Ke muntu po' ou 'Méfie-toi! Celui-là n'est pas un *homme*.' Un exemple des plus frappants de ce genre de perspicacité est ce père désabusé qui fit graver sur la pierre tombale de son cher fils l'étrange épitaphe suivante: *Born a Man, Died a Beast*. Et n'avons-nous pas souvent entendu vanter l'*humanité* de quelque animal? Il n'y a pas de scène plus écoeurante que celle-ci où *à mesure que l'animal s'humanise, l'homme, lui, s'animalise*.

La préoccupation qui demeure donc à ce stade de notre réflexion est de *définir l'homme*, le seigneur du luxueux domaine, les *droits*. Car il faut repenser la question de Danchin: *Who is the 'Human' in Human Rights? L'Homme des Droits*, est-ce cet être dont l'appétit bestial est l'essence; cet être qui a le tout d'une *bête* et les dehors d'un *homme*? S'agit-il de cet être qui, pour devenir un *deus* pour l'autre, se fait son *lupus*? Un tel être est, à coup sûr, enclin à toutes sortes de démesure et de démente; il est doué d'une aveugle et tyrannique volonté de possession et de puissance. Quand toutes ses passions et tous ses caprices sont débridés, cet être se révèle la créature la plus farouche, la plus cruelle et la plus folle de toutes. Le fauve de haine endormi en lui, ce fauve de jouissance sadique, ce fauve d'avarice et de cruauté artistique, ce monstrueux fauve se réveille et se déchaîne en lui. Alors il perd toute notion de limite. Pour une véttille, il est prêt à égorger, à faire couler le sang, à tout sacrifier. Rien d'autre n'existe plus que ses appétits, ses désirs, sa puissance à exalter. Poussée à son paroxysme, cette exaltation aboutit au meurtre et, finalement, au suicide. Ainsi livré à ses bassesses, cet être ne peut vivre en paix, en harmonie avec les autres. Les autres lui sont une constante menace dont il faut se défendre sans relâche, qu'il faut supprimer si besoin est. D'où l'aveugle déploiement continu de son agressivité : il doit frapper sans distinction, à tort et à travers, surtout s'il n'a pas atteint sa cible. Dans la colère et la violence de la frustration, il dirige ses coups fatals même contre les animaux, comme Ajax, et plus loin contre les enfants et la nature entière... Est-ce vraiment cet être qui est le *dépositaire* de précieux *droits*?

Nous allons nous en rapporter entièrement au texte même de la DUDH pour une réponse à cette question. Le préambule de la *Déclaration* dénonce les actes de barbarie qui révoltent la conscience de l'humanité, et envisage un monde enfin libéré de la terreur et de la misère, de la tyrannie et de l'oppression. Or, l'avènement d'un tel monde restera un vœu pieux, une chimère amusante aussi longtemps que la terre sera peuplée d'êtres non délivrés de leurs instincts bas, de leurs concupiscences vulgaires, et de leurs penchants malicieux et belliqueux. L'*homme* de la *Déclaration* ne devrait donc pas être moins qu'un être en perpétuel *dépassement de soi*, en *tension* vers l'équilibre harmonieux des forces contraires qui le tenaillent. Car le Yin doit être à un bout de son balancier et le Yang à l'autre bout. Sans cet équilibre, l'on ne peut devenir un *homme*, c'est-à-dire que l'on ne peut marcher sur la corde raide de l'amour.

Devenir un *homme*, c'est refuser d'être une pierre, une bête, un démon, un ange ou un dieu; c'est s'engager à *conquérir son essence*, à la différence de tous les autres êtres qui sont ce qu'ils sont. Et l'*essence* doit ici être comprise dans une *perspective éthique*, notamment celle d'Emmanuel Levinas. Chez Levinas (1971 : 211-238), l'*essence* de l'*homme*, ou ce qui fonde son humanité, c'est son *devoir inconditionnel* envers autrui. Car la présence de l'autre nous impose un *rapport éthique* à lui; le visage de l'autre sollicite notre amour et notre générosité. C'est sous l'angle de cet impératif éthique que ces propos d'Auguste Comte s'éclairent et prennent tout leur sens : 'Nul ne possède d'autre droit que celui de toujours faire son *devoir*' (2002 [1852] : 168). 'La seule valeur que les hommes peuvent se donner à eux-mêmes,' surenchérit Kant, 'dérive de la noble tige du *devoir*' (2012 [1788] : 88). Et Camus (1962 : 55) d'explicitier ce *devoir* : 'Je ne connais qu'un seul devoir et c'est celui d'aimer' l'autre.

Comme fondement de l'*humanité* de l'*homme*, le *devoir inconditionnel envers autrui* est le fondement objectif même des *Droits*. Et, de même que l'on reconnaît un arbre à ses fruits, c'est à l'accomplissement de ce *devoir sacré* que l'on reconnaîtra

le véritable *destinataire* du précieux colis nommé *Droits*. C'est seulement dans la mesure où notre conscience morale répond favorablement à l'appel du visage de l'autre – appel au service, à l'hospitalité, à refuser toute violence à son égard – que nous méritons la jouissance des *Droits*. Le quinquagénaire concupiscent et les seigneurs de guerre avides de diamants de sang, eux, ont immunisé leur conscience contre l'appel de l'autre et ont craché sur son visage. Ils ont refusé d'*agir envers les autres dans un esprit de fraternité* (DUDH, Art. 1). Par ce refus, ils ont librement et volontairement renoncé à la condition humaine et, par voie de conséquence, à la dignité humaine ainsi qu'aux *Droits* y afférents. Si l'on ne saurait s'en prendre au seul texte de la DUDH en restant soi-même humain (de Benoist, *ibid.*, p. ii), saurait-on massacrer des hommes, des êtres en chair et en os, ou leur infliger un traitement inhumain sans se placer soi-même automatiquement hors humanité?

Quand un homme déclare publiquement qu'il est épuisé de soutenir sur ses épaules la lourde voûte de l'*humanité* et se décide à la troquer contre l'anarchie impunie de la tigritude, il se détermine par là à violer le *devoir sacré* envers l'autre en le transformant en proie, en le réduisant au simple objet de ses besoins physiques. Il n'y aurait alors rien de plus outrageant à la conscience morale, de plus insultant à la communauté humaine que l'acte de défendre les *droits humains* des tigres tels que le quinquagénaire et les seigneurs de guerre en ignorant leurs victimes.

3 CONCLUSION

Quand les hommes brandissent la pancarte de l'inviolabilité de leurs *Droits*, leurs yeux luisent de cet inqualifiable égoïsme des fauves mâles de savanes qui ont l'habitude de marquer leurs territoires par les urines pour tenir les autres animaux à l'écart et en respect. C'est peut-être pour éviter que les hommes se lovent ainsi tels des serpents que le philosophe Louis de Bonald, l'un des principaux représentants de la pensée contre-révolutionnaire en France, avait critiqué la *Déclaration des Droits de l'Homme* avec véhémence et prôné une déclaration des devoirs. Ce son de cloche discordant avait malheureusement été englouti par le bruit et la fureur de l'Histoire. Si Louis de Bonald peut être critiqué pour avoir opposé le droit au devoir, il n'en mérite pas moins d'éloges pour avoir reconnu au devoir le primat sur le droit. C'est le devoir qui crée le droit et non le droit qui crée le devoir, dit pertinemment Chateaubriand. D'où, loin de supprimer la *Déclaration Universelle des Droits de l'Homme*, il convient de lui adjoindre une *Déclaration Universelle des Devoirs de l'Homme* comme son complément et son fondement. Sans une *éthique planétaire* (Hans Küng), la *paix perpétuelle* (Kant) restera à jamais une utopie.

REFERENCES

- [1] A. Camus, *Carnet I. Mai 1935 – Février 1942*, Paris : Editions Gallimard, 1962.
- [2] A. Comte, *Catéchisme Positiviste* (Edition Electronique de Jean-Marie Tremblay), Paris: Chez l'Auteur, 2002 [1852].
- [3] A. de Benoist, *Au-delà des Droits de l'Homme. Défendre les Libertés*, Paris: Editions Krisis, 2004.
- [4] A. Pellet, 2001, "Droits-de-l'Hommisme et Droit International," *Droits Fondamentaux*, vol. 1, pp. 167-179.
- [5] E. Levinas, *Infini et Totalité. Essai sur l'Extériorité*, La Haye: Martinus Nijhoff, 1971.
- [6] F. Hegel, *Cours d'Esthétique* (Edition Electronique de Daniel Banda), Paris: Librairie Germer Baillière, 2003 [1835].
- [7] Ignatieff, Michael, 2000, 'Human Rights as Idolatry', *The Tanner Lectures on Human Values*, 2000, pp. 320-349. [Online] Disponible: <http://tannerlectures.utah.edu> (November 5, 2014)
- [8] I. Kant, *The Critique of Practical Reason* (trans. Abbott, T. K.), Pennsylvania: Pennsylvania State University, 2012.
- [9] Kennedy, D., *The International Human Rights Regime: Still Part of the Problem?*, In: R. Dickinson, E. Katselli, C. Murray and O. W. Pedersen (Eds.), *Examining Critical Perspectives on Human Rights*, Cambridge: Cambridge University Press, 2012, pp. 19-34.
- [10] L. Hulsman et J. B. de Celis, *Peines Perdues. Le Système Pénal en Question*, Paris: Le Centurion, 1982.
- [11] P. G. Danchin, "Who Is the 'Human' in Human Rights? The Claims of Culture and Religion," *Maryland Journal of International Law*, vol. 24, no. 99, pp. 99-124, 2011.

A Comprehensive Review of Recent Trend in Nano-Dental Materials Research

A. K. M. Salah Uddin¹, Md. Khairul Islam², H. M. Ferdousi³, and Ahmed Sharif²

¹Department of Science of Dental Materials,
Chattagram International Dental College & Hospital,
Chittagong-4000, Bangladesh

²Department of Materials and Metallurgical Engineering,
Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET),
Dhaka-1000, Bangladesh

³Dhaka Dental College & Hospital,
Mirpur, Dhaka-1206, Bangladesh

Copyright © 2015 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 development of sophisticated material for application in dentistry has become a crying need at the present age. Although a significant numbers of materials including metals, ceramic, polymers, composites and now some nanocomposites exist for current and potential applications as dental implants, restoration and filling tooth roots, further rigorous research works are essential to make these promising materials commercially available as well as clinically feasible. However, mechanical properties, biological compatibility and antibacterial properties play vital role in determining the suitability of a particular material to be used. This review focuses on some newly developed potential dental materials in terms of their compatibility issues, sustainability in bacterial attack and mechanical characteristics. In addition, the limitation of the material and further research on it will also be discussed.

KEYWORDS: MTA nanotechnology, Ag nanoparticles, Nanocomposite, biocompatibility, Antimicrobial.

1 INTRODUCTION

According to World Health Organization (WHO) worldwide, 60–90% of school children and nearly 100% of adults have dental cavities. Dental cavities can be prevented by maintaining a constant low level of fluoride in the oral cavity. Severe periodontal (gum) disease, which may result in tooth loss, is found in 15–20% of middle-aged (35-44 years) adults. Moreover, globally, about 30% of people aged 65–74 have no natural teeth. Hence, demand for artificial teeth, implants, adhesives and filling materials which would be non-toxic, bioactive, disinfectant and have desired mechanical properties is in growth.

Currently, replacement of missing teeth is being carried out widely by dental implants [1]. Despite this wide scale use, failures leading to dental implants' removal still do occur. Several risk factors, such as loose trabecular bone, excessive occlusal loading, tobacco use, diabetes, have been considered to contribute to implant failures [2]. In general, direct bone apposition onto the material surface almost decides the fate of dental implants. Therefore, optimized fabrication of dental implant–bone interface is attracting many dentists' attention for its great potential in osseointegration and subsequent clinical success. Pure Ti and Ti alloys are attractive materials for biomedical applications due to their light weight, high strength, relatively low Young's modulus and good biocompatibility. Currently Ti–6Al–4V (Ti64) is the most widely used commercial Ti alloy for dental and orthopedic applications [3-5]. Due to much higher young's modulus of Ti alloys there appear problems such as implants' failure, loosening of implants and increased possibility of revision surgery [6, 7]. Furthermore, the passive film of Ti64 can slowly leach-out toxic V ions [8]. Therefore, the current research sought to design a new generation of Ti alloys that has similar strength, but lower Young's modulus and better biocompatibility than Ti64.

Emerging nanotechnology and all of its outstanding features have the potential to add new dimension in dentistry. Nanoparticles (molecular units typically defined as having diameters of between 0.1 and 100 nm) of various compositions represent the most widespread use of nanoscale units in dentistry. They are currently being used in resin-based composite restorations (RBC). Considerable research related to nanocomposites is focused on tailoring newer types of silane bonding agents for optimal use with nanoparticles in RBC. Organosilanes, [9] such as allyltriethoxysilane, have demonstrated good compatibility with nanoparticle fillers, such as TiO₂. Nanoparticles and associated modifications of existing RBC systems have a considerable record of demonstrated clinical utility and widespread use.

There have been found a no of promising dental materials reported in literature, some are being used while others are not still clinically being used. In vitro studies of material may not always represent the real scenario of the particular material while set in application. The mechanical properties are also investigated in low loading condition. Hence, further studies required to explore the actual situation when exposed to other oral bacteria. Extensive studies on some promising materials are essential in terms of bio compatibility, non-toxicity, mechanical properties in order to make them clinically viable. This review focuses on some potential and promising dental materials and ongoing research on them.

2 DISCUSSION

2.1 NOVEL ALBO-MPCA

Missing, fractured or aesthetically poor anterior teeth and restorations may cause problems during eating and also can affect the personality development. As a satisfactory solution of such kind of problem, recent researches suggest the application of mineral trioxide aggregate (MTA) as an apical plug. The usage of MTA reduces the application of calcium hydroxide as traditional material in such treatments, in the teeth with open and divergent apical morphology and thin and weak dentine walls, with serious risk of cervical fracture during root canal treatments [10–12].

MTA has been used in enormous endodontic treatment modalities [10–13] due to its bioactive properties, as internal resorption and very promising process of root-end induction [14]. Despite these advantages, MTA also incurs very pronounced disadvantages including difficulties of manipulation due to its dry consistency and very long setting time. The usage of MTA has become difficult during orthograde canal filling procedures because of these undesired characteristics. With a view to overcoming these difficulties, Jokanovi et al. [15] developed a strategy of synthesis based on nano-structured highly active calcium silicates and calcium carbonates for MTA like materials, mineral polyoxide carbonate aggregate, ALBO-MPCA, using nanotechnology.

SEM micrographs of ALBO-MPCA are shown in Fig. 1. The sizes of particles were mostly distributed between 300 and 500 nm. Particles were of polygonal shape, elongated in one direction, interconnected together in larger aggregates with sizes about 3 µm. Agglomerates were of various shapes: spherical and rod like, as it is shown in Fig. 1a, b.

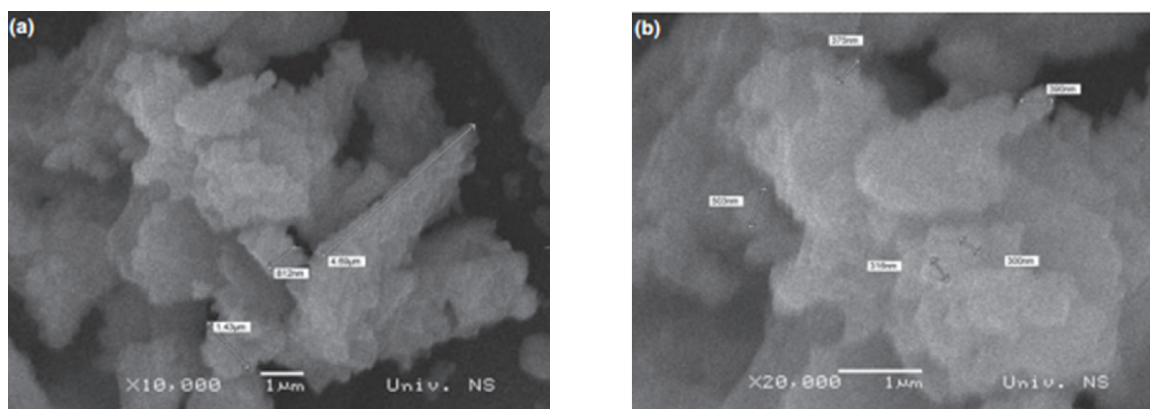


Fig.1 Typical appearance of structure of ALBO-MPCA: (a) prevailing calcium silicate phase, (b) prevailing calcite phase [15].

Satisfactory mechanical properties as well as setting time of ALBO-MPCA compared to other competitive materials suggest suitable application of this material in dentistry. The compressive strengths were: for cylinders with dimensions 20×10 mm: 23.1 MPa for the samples that were aging for 1 and 3 days, 35 MPa for the aging time of 7 days, and 42.5 MPa for the aging time of 28 days. The obtained results are very promising, because beside very easy preparation and manipulation

with ALBO-MPCA, satisfied mechanical properties were achieved. ALBO-MPCA was very plastic and useful for filling of teeth roots.

Experimental results from published literature revealed that the setting time of Portland cement was 235 min, with initial set about 262 min, for sample in the form of cube cylinder with dimensions 70.7×70.7 mm [16, 17]. Similar result was obtained by J. Camilleri for cylinder with dimensions 6×12 mm (initial set time was 270 min, while setting time was 198 min). In addition, setting time of MTA has also pretty high value (234 min), which is comparable with setting time of Portland cements. On the other hand, in the case of ALBO-MPCA, these values were 20 min for initial set time, while setting time was 50 min. ALBO-MPCA evidently shows much better setting properties in comparison with Portland cement and MTA. With experimental evidence the authors also claimed that, the cytotoxicity of ALBO-MPCA can indeed be neglected. Therefore, ALBO-MPCA can be used in dental practice.

2.2 DENTAL RESTORATIVE NANOCOMPOSITE

Structure and biocompatibility are key parameters that determine the usefulness of dental materials for clinical use. Khan et al. [18] prepared Novel polyurethane (PU) nanocomposite material by chemically binding nanohydroxyapatite (nHA) to the diisocyanate component of the PU backbone by solvent-polymerization. In this study, nHA was incorporated into PU by the stepwise addition of monomeric units of the PU. They studied mechanical and biological compatibility as well as the response to bacterial attack of the novel composites for dental applications.

The elastic modulus and tensile strength of dentin are about 16 GPa and 36–100 MPa,[19] respectively. Theoretically, a material bonded to dentin should have a similar elastic modulus to that of dentin to avoid stress concentration along the interface. The higher elastic modulus of PU/ nHA20 composite (127.8 MPa) should contribute a greater reinforcing effect to the roots. In addition, the tensile strength (fig 2) of PU/nHA composite (33.4 MPa) is also closer to that of dentin than those of Gutta-percha (6.0 MPa) and Resilon (8.1 MPa). As the cells were in direct contact with the samples, it was shown that no toxic substance was released from the samples that would cause cellular damage.

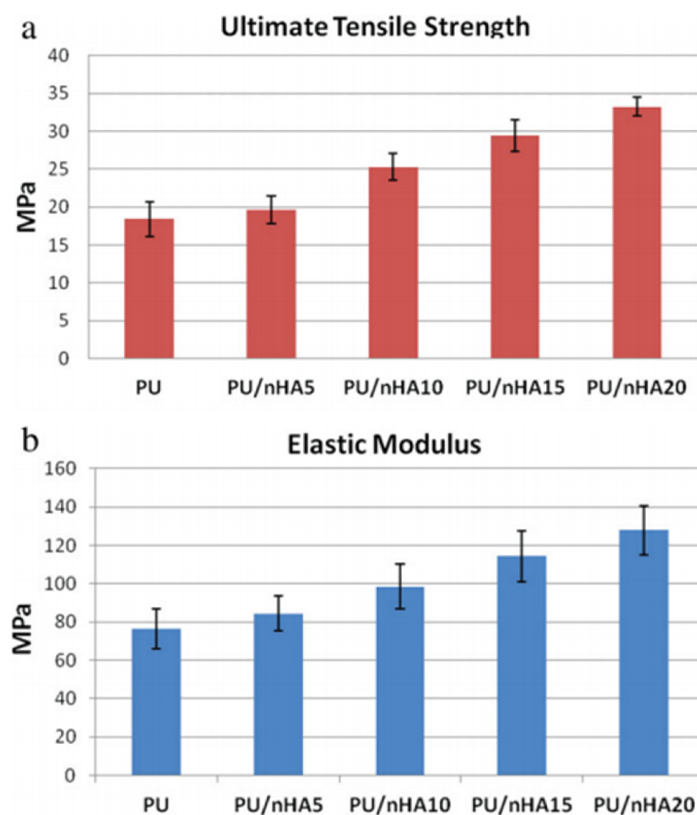


Fig.2 (a) Ultimate tensile strength and (b) elastic modulus of PU and PU/nHA composites, where significant difference ($P \leq 0.05$) was observed between PU and PU/nHA20 values [18].

The results of their study showed that the samples with nHA, which are hydrophobic in nature, exhibited attachment and proliferation of cells, which confirmed its level of biocompatibility. However, Clinical studies have indicated that plaque accumulated at lesser extent on ceramic material as compared to the surfaces of polymers.

Adhesion of bacteria to dental materials is the initial event leading to colonization, potentially resulting in infection, and caries [20]. Osteoblast culture has been commonly used to evaluate the material's surface characterization on biocompatibility and *Streptococcus sanguinis* is one of first bacterium to colonize tooth surfaces, by forming dental plaque. In comparison there was 97.09% reduction in bacteria adhering to the grafted composite as compared to PU (Fig.3).

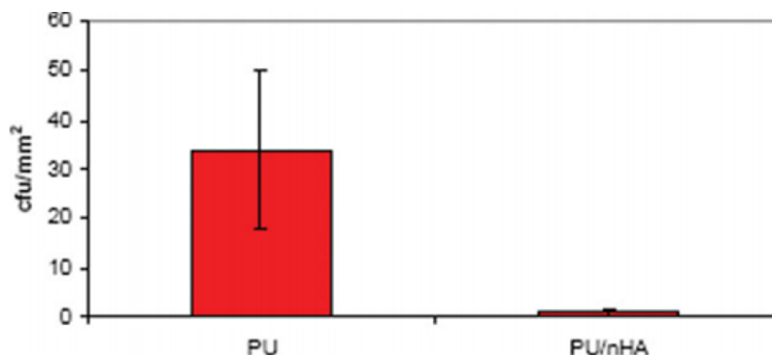


Fig.3 Bacterial adhesion values for PU and PU/nHA20 [18].

However, it is worth to note that in the in vitro study the osteoblast-like cells and *Streptococcus sanguinis* may not be able to present the real situation as occurred in vivo. Primary investigation shows significant improvement of the bioactive, bonding and mechanical properties. In addition, the authors [18] suggested further studies to be carried out to clarify the biocompatibility with connective tissues, fibroblasts, and other oral bacteria in order to understand the real underlying.

Antibacterial adhesive systems used in laboratory scale were first prepared by incorporating MDPB into the primer of commercial self-etching adhesive Liner Bond 2 [21]. On the basis of the experimental outcomes, Clearfil Protect Bond, employing a 5% MDPB-containing primer, was developed and commercialized which is sold as Clearfil SE Protect in USA while, in Japan it is named as Clearfil Mega Bond FA. Many of the researchers reported that, primer containing MDPB kept in direct contact with planktonic bacteria, killed all bacteria within 30 s [21–23]. It is noteworthy that the Clearfil Protect Bond primer was able to penetrate a 500µm-thick dentin block [24] and eradicate caries related species inside the dentin [25]. After curing, MDPB-containing resins can inhibit the growth of bacteria that comes into contact with the material, thereby acting as a so-called “contact inhibitor” [26]

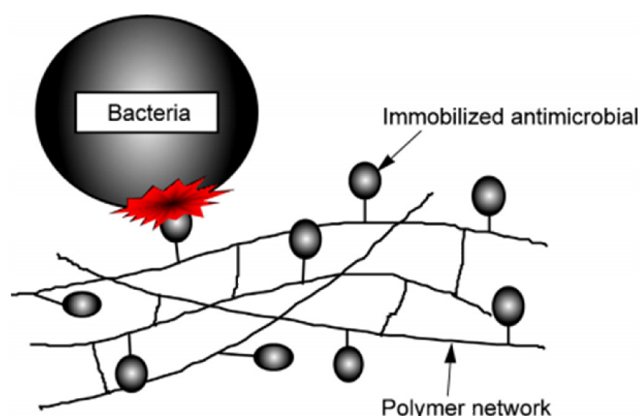


Fig.4 Antimicrobial immobilized in a polymer network by copolymerization of the antibacterial monomer with conventional methacrylate monomers; contact inhibition of bacteria [26].

Nano particle has become a part and parcel of the medical science nowadays, especially the use of silver nano particle has been investigated extensively for its antibacterial, antifungal, and antiviral actions. The direct incorporation of silver

nanoparticles into a polymer matrix is a common strategy for preparing antibacterial resinous materials [27]. However, silver nanoparticles are difficult to disperse, as nanosized particles tend to aggregate. Cheng et al. reported a new technique for preparing dental polymers with evenly dispersed silver nanoparticles using coupling photo-initiated free radical polymerization of dimethacrylates with in situ silver ion reduction [28]. The experimental composites containing 0.08% of silver nanoparticles exhibited a 40% reduction in bacterial coverage [28]. Experimental adhesives containing both Quaternary ammonium compound (QAC) monomers and silver nanoparticles exhibited significantly enhanced antibacterial potency before and after curing compared with adhesives that used either agent alone [29-31].

Nano composites with calcium phosphate fillers can release large amount of Ca and PO_4 which in turns can neutralize acidic medium by increasing pH from 4.0 to 5.69. Consequently, the “smart” release of Ca and PO_4 as well as the neutralizing effects are promising material attributes to combat acid attack-induced mineral loss. Based on these successful composites, Xu et al. conducted approach to combine amorphous calcium phosphate with antibacterial components (QAC monomer or silver nanoparticles) (Fig. 5), in order to achieve a novel dental bonding agent with remineralization capacity and long-lasting antibacterial activity [32–33]. Such new materials having both remineralization and antibacterial properties may be of great benefit to preserve durable bonding interfaces and fight against secondary caries as well.

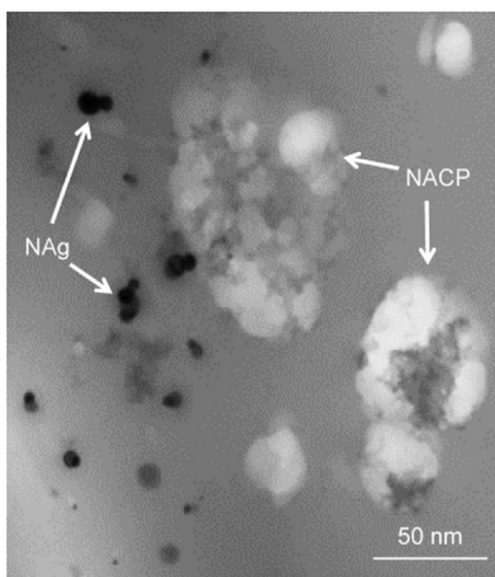


Fig.5 TEM image of amorphous calcium phosphate (NACP) and silver nanoparticles (NAg) incorporated in the adhesive resin [26].

3 CONCLUSION

Satisfactory mechanical properties as well as setting time of ALBO-MPCA compared to other competitive materials suggest suitable application of this material in dentistry for filling teeth roots. In addition, the cytotoxicity of ALBO-MPCA is very negligible. It is reported that, novel polyurethane (PU) based nanocomposite has non-toxic nature having mechanical properties closer to dentin. Moreover, hydrophobic nature of the composite makes it biocompatible as the cells are hydrophobic as well. However, resistance to plaque accumulation in the surface of polymer is lower compared to ceramic material. Antibacterial Clearfil Protect Bond, employing a 5% MDPB-containing primer, is commercially available in USA and Japan in different trade names. Amorphous calcium phosphate with silver nano particles possess remineralization as well as antibacterial properties, has great impact on long lasting bonding interfaces and fight against secondary caries as well. However, further extensive research may have momentous contribution to explore the uncertainties regarding some potential material while exposed to in vivo condition.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank the Chattagram International Dental College & Hospital.

REFERENCES

- [1] Hasegawa, H., Ozawa, S., Hashimoto, K., Takeichi, T., & Ogawa, T. (2007). Type 2 diabetes impairs implant osseointegration capacity in rats. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 23(2), 237-246.
- [2] Wang, F., Song, Y. L., Li, D. H., Li, C. X., Wang, Y., Zhang, N., & Wang, B. G. (2010). Type 2 diabetes mellitus impairs bone healing of dental implants in GK rats. *Diabetes research and clinical practice*, 88(1), e7-e9.
- [3] Geetha, M., Singh, A. K., Asokamani, R., & Gogia, A. K. (2009). Ti based biomaterials, the ultimate choice for orthopaedic implants—a review. *Progress in Materials Science*, 54(3), 397-425.
- [4] Wapner, K. L. (1991). Implications of metallic corrosion in total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research*, 271, 12-20.
- [5] Nakai, M., Niinomi, M., Akahori, T., Ohtsu, N., Nishimura, H., Toda, H., ... & Ogawa, M. (2008). Surface hardening of biomedical Ti–29Nb–13Ta–4.6 Zr and Ti–6Al–4V ELI by gas nitriding. *Materials Science and Engineering: A*, 486(1), 193-201.
- [6] Geetha, M., Singh, A. K., Asokamani, R., & Gogia, A. K. (2009). Ti based biomaterials, the ultimate choice for orthopaedic implants—a review. *Progress in Materials Science*, 54(3), 397-425.
- [7] Elias, C. N., Lima, J. H. C., Valiev, R., & Meyers, M. A. (2008). Biomedical applications of titanium and its alloys. *Jom*, 60(3), 46-49.
- [8] Aragon, P. J., & Hulbert, S. F. (1972). Corrosion of Ti-6Al-4V in simulated body fluids and bovine plasma. *Journal of biomedical materials research*, 6(3), 155-164.
- [9] Xia, Y., Zhang, F., Xie, H., & Gu, N. (2008). Nanoparticle-reinforced resin-based dental composites. *Journal of dentistry*, 36(6), 450-455.
- [10] Soares, J., Santos, S., César, C., Silva, P., Sá, M., Silveira, F., & Nunes, E. (2008). Calcium hydroxide induced apexification with apical root development: a clinical case report. *International endodontic journal*, 41(8), 710-719.
- [11] Hayashi, M., Shimizu, A., & Ebisu, S. (2004). MTA for obturation of mandibular central incisors with open apices: case report. *Journal of Endodontics*, 30(2), 120-122.
- [12] Al-Hezaimi, K., Naghshbandi, J., Oglesby, S., Simon, J. H., & Rotstein, I. (2005). Human saliva penetration of root canals obturated with two types of mineral trioxide aggregate cements. *Journal of endodontics*, 31(6), 453-456.
- [13] Martin, R. L., Monticelli, F., Brackett, W. W., Loushine, R. J., Rockman, R. A., Ferrari, M., ... & Tay, F. R. (2007). Sealing properties of mineral trioxide aggregate orthograde apical plugs and root fillings in an in vitro apexification model. *Journal of endodontics*, 33(3), 272-275.
- [14] Bogen, G., & Kuttler, S. (2009). Mineral trioxide aggregate obturation: a review and case series. *Journal of endodontics*, 35(6), 777-790.
- [15] Jokanović, V., Čolović, B., Mitrić, M., Marković, D., & Četenović, B. (2014). Synthesis and Properties of a New Dental Material Based on Nano-Structured Highly Active Calcium Silicates and Calcium Carbonates. *International Journal of Applied Ceramic Technology*, 11(1), 57-64.
- [16] Camilleri, J., Montesin, F. E., Curtis, R. V., & Ford, T. R. P. (2006). Characterization of Portland cement for use as a dental restorative material. *Dental Materials*, 22(6), 569-575.
- [17] Camilleri, J. (2008). The physical properties of accelerated Portland cement for endodontic use. *International endodontic journal*, 41(2), 151-157.
- [18] Khan, A. S., Wong, F. S. L., McKay, I. J., Whaley, R. A., & Rehman, I. U. (2013). Structural, mechanical, and biocompatibility analyses of a novel dental restorative nanocomposite. *Journal of Applied Polymer Science*, 127(1), 439-447.
- [19] Sano, H., Ciucchi, B., Matthews, W. G., & Pashley, D. H. (1994). Tensile properties of mineralized and demineralized human and bovine dentin. *Journal of Dental Research*, 73(6), 1205-1211.
- [20] Berlot-Moirez, S., Pavon-Djavid, G., Montdargent, B., Jozefowicz, M., & Migonney, V. (2002). Modulation of *Staphylococcus aureus* adhesion by biofunctional copolymers derived from polystyrene. *ITBM-RBM*, 23(2), 102-108.
- [21] Imazato S, Kinomoto Y, Tarumi H, Torii M, Russell RRB, McCabe JF. Incorporation of antibacterial monomer MDPB into dentin primer. *Journal of Dental Research* 1997;76:768–72.
- [22] Imazato, S., Torii, Y., Takatsuka, T., Inoue, K., Ebi, N., & Ebisu, S. (2001). Bactericidal effect of dentin primer containing antibacterial monomer methacryloyloxydodecylpyridinium bromide (MDPB) against bacteria in human carious dentin. *Journal of oral rehabilitation*, 28(4), 314-319.
- [23] Imazato, S., Kuramoto, A., Takahashi, Y., Ebisu, S., & Peters, M. C. (2006). In vitro antibacterial effects of the dentin primer of Clearfil Protect Bond. *Dental Materials*, 22(6), 527-532.
- [24] Schmalz, G., Ergücü, Z., & Hiller, K. A. (2004). Effect of dentin on the antibacterial activity of dentin bonding agents. *Journal of endodontics*, 30(5), 352-358.

- [25] Imazato, S., Walls, A. W., Kuramoto, A., & Ebisu, S. (2002). Penetration of an antibacterial dentine-bonding system into demineralized human root dentine in vitro. *European journal of oral sciences*, 110(2), 168-174.
- [26] Imazato, S., Ma, S., Chen, J. H., & Xu, H. H. (2014). Therapeutic polymers for dental adhesives: Loading resins with bio-active components. *Dental Materials*, 30(1), 97-104.
- [27] Kassaei, M. Z., Akhavan, A., Sheikh, N., & Sodagar, A. (2008). Antibacterial effects of a new dental acrylic resin containing silver nanoparticles. *Journal of applied polymer science*, 110(3), 1699-1703.
- [28] Cheng, Y. J., Zeiger, D. N., Howarter, J. A., Zhang, X., Lin, N. J., Antonucci, J. M., & Lin-Gibson, S. (2011). In situ formation of silver nanoparticles in photocrosslinking polymers. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 97(1), 124-131.
- [29] Cheng, L., Zhang, K., Melo, M. A. S., Weir, M. D., Zhou, X., & Xu, H. H. K. (2012). Anti-biofilm dentin primer with quaternary ammonium and silver nanoparticles. *Journal of dental research*, 91(6), 598-604.
- [30] Cheng, L., Weir, M. D., Zhang, K., Arola, D. D., Zhou, X., & Xu, H. H. (2013). Dental primer and adhesive containing a new antibacterial quaternary ammonium monomer dimethylaminododecyl methacrylate. *Journal of dentistry*, 41(4), 345-355.
- [31] Zhang, K., Cheng, L., Imazato, S., Antonucci, J. M., Lin, N. J., Lin-Gibson, S., ... & Xu, H. H. (2013). Effects of dual antibacterial agents MDPB and nano-silver in primer on microcosm biofilm, cytotoxicity and dentine bond properties. *Journal of dentistry*, 41(5), 464-474.
- [32] Cheng, L., Weir, M. D., Xu, H. H., Antonucci, J. M., Lin, N. J., Lin-Gibson, S., ... & Zhou, X. (2012). Effect of amorphous calcium phosphate and silver nanocomposites on dental plaque microcosm biofilms. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 100(5), 1378-1386.
- [33] Melo, M. A. S., Cheng, L., Zhang, K., Weir, M. D., Rodrigues, L. K., & Xu, H. H. (2013). Novel dental adhesives containing nanoparticles of silver and amorphous calcium phosphate. *Dental Materials*, 29(2), 199-210.

Parameterized consideration of Information Freedom and Ease in IT and Data Processing

Syed Sajjad Naeem Shah¹, Ahsan Raza Sattar², M. Yahya Saeed³, Bilal Hussain¹, and Atif Mahmood¹

¹Computer Science,
University of Agriculture Faisalabad,
Punjab, Pakistan

²Computer Science,
Assistant Professor, University of Agriculture Faisalabad,
Punjab, Pakistan

³Computer Science,
Lecturers, GC University Faisalabad,
Punjab, Pakistan

Copyright © 2015 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: Data processing technology is ever necessary to support the business of the company, and it is housed, kept, and replaced by new technology when available to satisfy the growing thirst for information processing power led by the company. Due to the complex nature to maintaining large computer systems and software's good IT policies are required to run the organization. The expectations are evolving now that IT should be a major contributor to the trade mission of the company. IT managers often do not understand the technology hidden powers and aspect for the freedom and accurate working, which can be provided with the existing resources. It not only it serves the business, but it turns into the proper application of technology as well. In fact, it is a small, but nevertheless significant paradigm to make the transition from a culture of technology to a working convenience. IT Service Management has been used in the IT industry for many years in one form or another, usually by organizations have realized the need for an approach to the provision of balancing services within IT[7][9]. It is based on the principle of defining, achieving and maintaining the required service levels for IT user, business and company at large. Unfortunately, it can be said that very few IT organizations have adopted IT as a key strategy for Freedom of Information for meeting the targets set in the larger company. Even the adoption of the IT model many organizations have left behind a service orientation, while in their struggle for control of new technologies and therefore that are immature in proper information freedom[3][17].

KEYWORDS: Data Processing, ICT, IT, SW, Resource Inventory.

1 INTRODUCTION

Management services are activities that have always been practiced in the data center. Usually related to the implementation and effective management of mission-critical applications, service management is a strategy to provide (and in many cases, the warranty) levels of IT service to business users who depend on IT applications as a tool to support its mission within the company [9][21]. In beginning of technology have been the IT systems and their interconnection networks successfully deployed and have migrated or developed mission critical applications to run on that infrastructure. The computing model is main thing, and the administrators needed it to support mission critical IT environment. The key to effective IT management remains Management Service. It addressed the problem of providing timely, consistent & high

quality service to business users in the company. However model of the computing faces challenges to effective service management exceeded for years in an IT organization based firm [11][24].

As technologists often do, have a tendency to be very quickly tactic in search of a solution to a perceived problem. Service Management is one of key strategies. It stems from the objective of the IT organization to provide a high level of service to business users within the company. Service management is the strategy definition, achieved, maintained and the required at all levels of IT services to the population of business users with the company [8][20]. The Service Management & Strategy is so effective because it focuses on the needs of the business user as the main driver for the development of infrastructure. Instead of arbitrarily implementing computers and networks of various capacities and capabilities, effective service management strategy takes into account the needs of the user population for any given application area in the design and implementation of this part of the infrastructure [7][19].

Using customer needs IT to specify the characteristics and behavior of the infrastructure, the costs are considered early in the cycle [28]. Excess capacity can be avoided, and appropriate up management activities are considered, can be planned for, and personnel. As such, capital costs and personnel can be better understood and controlled. Fewer failures occur by setting proper expectations. Working with the business user during the requirements and planning, their needs are known and analysts can help you understand if your expectations can be met within the fiscal [5][13].

- Establishing IT resources inventory.
- Resources allocation and Utilization Record
- Establishing the levels of applications of interest
- Determine costs of providing the desired service levels.
- Assessment of Required Service Level
- Limitations of the uses
- Compensation for the required services
- Measurement of Required services
- Renegotiation of Service
- Monitoring of service levels

1.1 DEFINING INFORMATION STRATEGIC MANAGEMENT

Some of the characteristics of strategic management are

- Combination of strategy formulation and strategy implementation;
- Highest level of business activity;
- Carried out by an organization's executive team;
- Provides overall management of the company.
- specifying an organization's objectives;
- Policy development of a plan to achieve those goals;
- The allocation of resources to implement the policies.

1.2 IMPLEMENTATION OF THE IT STRATEGY

Following implies the implementation of the IT strategy

- Allocation of sufficient resources (personal, time, support financial technology)
- The establishment of a chain of command or some alternative structure,
- assigning responsibility for specific tasks or specific groups of people processes,
- involves managing the process (monitoring results compared to benchmarks and best practices, evaluating the effectiveness and efficiency of the process, controlling for differences in the process making adjustments as needed) ,
- The implementation of specific programs, i.e., the acquisition of the necessary resources, process development, training, process analysis, documentation and integration with legacy processes.

a) The components of strategic IT management. The definition of the business of the organization and the development of a strategic mission,

- setting strategic objectives and performance targets,
- The formulation of a strategy for achieving the objectives,
- implementing a strategic plan implementation chosen,
- Evaluate the strategic performance and make necessary adjustments.

1.3 MEANING OF THE STRATEGIC IT MISSION

- The management view of what the organization intends to do and become in the long term is the strategic management of the organization.
- Develop strategy reveals how specific results will be achieved - a detailed plan of action is needed to achieve short-term and long-term results.
- Implementation and execution of the strategy means the strategy put in place and ensure that individuals and organizational subunits to go all out in the execution of their tasks in the next step. The challenge of leadership is as stimulate enthusiasm, pride and commitment of managers and employees in order to carry out the chosen strategy and achieve the expected results [9][16].
- Enumerating the most important IT strategic objectives
- Market position and competition standing the organization wants to achieve;
- Annual performance objectives;
- The key operating and financial results to be achieved through the activities chosen;
- Any other milestones by which strategic success will be measured.

1.4 IT STRATEGY FORMULATION

- Not necessarily go through the sequence in strict lock-step fashion.
- The tasks involved in the strategic management are never isolated from everything falls scope of a manager.
- Managing the demands of the strategy put in the time manager is irregular,
- Development and implementation of the strategy should be considered as something that is ongoing and evolving.

2 MATERIALS AND METHODS

On the Basis of study following parameters selected:

- Security
- Solution Design
- Knowledge Transfer
- Integrity Eligibility Requirements
- Extendibility
- Quality Requirements
- Solution Admission Requirement
- Performance
- Over Evaluation of Deployed Solution
- Quality of Services Provided
- General Requirement Assessment

The Description of All of above is given below.

2.1 SECURITY

- The Solution shall comply with all applicable State security policies.
- The Solution shall implement security controls in accordance with all Federal and State security policy and regulations.

- Information security shall be built into the Solution from its inception rather than “bolted on” after the Solution has been implemented.
- The Solution shall support security at the object level (e.g. Table, View, and Index).
- The Solution shall support security at the row and column level.
- The Solution shall support auditing at the object level (i.e. Table, Column).
- The Solution shall provide protection to maintain the integrity of data during concurrent access.

2.2 SOLUTION DESIGN

- The vendor must submit a narrative describing the design and development approach and methodology with their proposal.
- All change request cost estimates must include the use of a cost analysis tool.
- The vendor shall incorporate the design and development approach into a comprehensive Design and Development Plan.
- The vendor shall provide the State access to both source/object codes for software components and documentation.
- The vendor shall acquire authorization from the State for the use of production Solution resources (legacy data or source files), or data derived from the State's production resources.
- The vendor shall describe the overall testing approach and methodology used for the Solution Project.
- The vendor shall provide staff to the State to answer questions and address any problems that may arise during testing conducted by the State.

2.3 KNOWLEDGE TRANSFER

- The vendor shall provide both end-user classroom training/Train-the-trainer sessions and on-line training as agreed with the State for all end-users.
- The vendor shall develop and perform train-the-trainer training sessions, as appropriate.
- The vendor shall identify the number of staff necessary for maintenance and operations of the Solution as well as the skill sets necessary.
- The vendor shall develop and provide training for the technical support staff including State staff and contractors.
- The vendor shall provide all training within the State of Vermont at locations convenient to the attendees of the training, unless the vendor receives advance approval from the State for specific training at other locations.
- The vendor shall schedule staff training in a manner that is least disruptive to the normal business operations.
- The vendor shall provide instructions to the State on vendor tools and procedures used to support the training.

2.4 INTEGRITY ELIGIBILITY REQUIREMENT

- The Solution shall have the capability of exchanging information with the legacy ACCESS system.
- The Solution shall have the capability to provide data and access to notifications to the Vermont HBE System.
- The Solution shall have the capability to request and store data from Federal Hub for a number of purposes including, but not limited to updated Citizenship and Income verification.
- The Solution shall have the capability to request and store results of IRS service information.
- The Solution shall have the capability to request and store results of Equifax – TALX wage verification.
- The Solution shall have the capability to request and store results of Beneficiary & Earnings Data Exchange (BENDEX) Social Security Administration (SSA) income verification.
- The Solution shall have the capability to request and store results of verification service citizenship / lawful presence provided by CMS.

2.5 EXTENDIBILITY

- The Solution shall be designed for ease of maintenance and readily allow future functional enhancements. This shall be accomplished through use of modern design principles for Service Oriented Architecture, applying principles of modularity, interface abstraction, and loose coupling.

- The Solution shall be adequately flexible to keep up with ever changing technology and regulatory changes. This shall be accomplished by separating workflow and business rules into their own separate tiers.
- The Solution shall be scalable and adaptable to meet future growth and expansion/contraction needs such that the Solution can be expanded on demand and be able to retain its performance levels when adding additional users, functions, and data.
- The screens shall be highly re-configurable, providing ability to reposition and rename field labels / data fields, remove or “turn-off” unused fields, maintain data, and allow addition of custom-defined fields.
- State shall be able to modify the labels and arrangement of information in the data model Solution documentation templates and can create custom data fields.
- The Solution shall provide the ability to create and/or modify edits and business rules which determine the correctness/integrity of data.
- The Solution shall provide the ability for on-line access by any site connected to the organization Wide Area Network (WAN).

2.6 QUALITY REQUIREMENT

- The vendor shall describe the production support and transition approach and methodology for the Solution as agreed between the vendor and the State.
- The vendor shall provide the State with regularly updated list of personnel, contact information, and their area of expertise of who shall be performing Solution production support. Frequency of update shall be agreed between the vendor and the State.
- The vendor shall identify the root cause of corrupted data, identify Solution for fix and repair corrupted data that is associated with a problem in the Solution.
- The vendor shall develop an automated process for purging production Solution files as determined by the State data governance.
- The vendor shall provide documentation that describes the procedures for Solution administrators to add, update or remove user IDs and passwords.
- The vendor shall provide the responsible entity with help desk scripts and decision trees for tier 1 and 2 help desk support.
- The vendor shall provide instructions and training for responsible agency support staff that may need to access and support the Solution remotely.

2.7 SOLUTION ADMISSION REQUIREMENT

- The Solution shall maintain an archival process so that accumulated historical records and log files do not consume large amounts of disk space.
- The Solution shall provide an auto archive/purge of the log files to prevent uncontrolled growth of the log and historical records storage using administrator-set parameters.
- The Solution shall provide version control capabilities to ensure the integrity of all software releases.
- The Solution shall provide logging and reporting for accessing errors and exceptions.
- The Solution shall monitor and provide reports on any unauthorized access.
- All Solution communications shall be protected by at least 128-bit encryption.
- The Solution shall be supported by public key/private key encryption Secure Socket Layer (SSL) certificates.

2.8 PERFORMANCE

- The Solution shall return a Static Standard report within 5 seconds or less.
- The Solution shall return a parameter-based report within 20 seconds or less.
- The Solution will give the highest priority to Search and Look up operations performance, conforming to the minimum acceptable performance standard of 5 seconds response time, for 95% of queries.
- The Solution shall be available at the agreed level of availability between State and vendor based on the pricing. The vendor will provide pricing for the various levels of availability specified in RFP.
- The Solution shall be architected with no single point of failure, supporting a high-availability enterprise.
- Hours of operations shall be 24 hours per day, 7 days per week, and 365 days a year.

- The Solution shall have the ability to support session replication and transparent failover using high-availability architectural options.

2.9 OVER EVALUATION OF DEPLOYED SOLUTION

- The Solution shall provide admin tools and maintenance routines to change access rights quickly.
- The Solution shall use firewalls and Demilitarized Zones (DMZs) for external access and remote access.
- The Solution shall allow Solution administrators to create and manage user accounts.
- The Solution shall allow Solution administrators to assign status and permissions to user accounts.
- The Solution shall allow Solution administrators to create and manage user roles.
- The Solution shall allow Solution administrators to create user groups to manage workflow.
- The Solution shall allow Solution administrators to assign users to particular local offices.

2.10 QUALITY OF SERVICES PROVIDED

- The Solution shall allow Solution administrators to assign users to particular user groups / units.
- The Solution shall allow Solution administrators to assign users to particular supervisors.
- The vendor shall establish an automated maintenance routine that shall at a minimum backup the user IDs and password data identify expired IDs and related data
- The vendor shall use offsite storage. Data backup should be stored offsite in the event of a physical disaster
- The Solution shall provide Service Level Agreement (SLA) monitoring and reporting capabilities. Service Level definitions will be drafted into a single document provided as an attachment.
- The Solution shall securely support State's existing remote control (i.e. support personnel ability to take over the user device for troubleshooting and support) capabilities deployed for any type of client workstation.
- The Solution shall provide event management and monitoring functionality according to Information Technology Infrastructure Library version 3 (ITIL v3) or equivalent best practices.

2.11 GENERAL REQUIREMENT ASSESSMENT

- The Solution shall have the ability to integrate the data within the MDM with management and security tools.
- The Solution shall manage the policies and rules associated with's privacy access rights.
- The Solution shall configure and manage differing visibility rules, providing different views for different roles.
- The Solution shall integrate with the State Active Directory to provide authorization, e.g., role-based security.
- The Solution shall include Solution-wide Meta models to help identify what users, roles, applications and systems are responsible for which client and provider data.
- The Solution shall provide workflow services for remediation of quality issues in client and provider data.
- The Solution shall include business rules services to interrogate which rules are used by MDM by frequency and preference and to provide suggested enhancements to such business rules [11][23].

3 RESULTS AND DISCUSSION

Study is executed by the consideration over the concepts as well as typologies. Investigation has been based over to the professional and people, observation, peer interviews etc are used in the collection and developing of documents. Analysis and displaying of the accorded data has been done so that achieving the underlying patterns and parameters of the current study [6][18].

Following are the graphs of parameters selected on the basis of previous discussion.

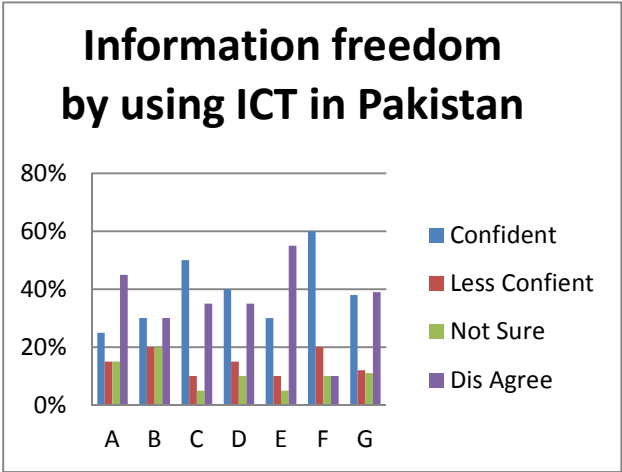


Fig. 1. Information Freedom – Security

The Bar-Graph displaying data related Information Freedom – Security has been depicted by the Bars-in-Graph. From This Confident level is clear.

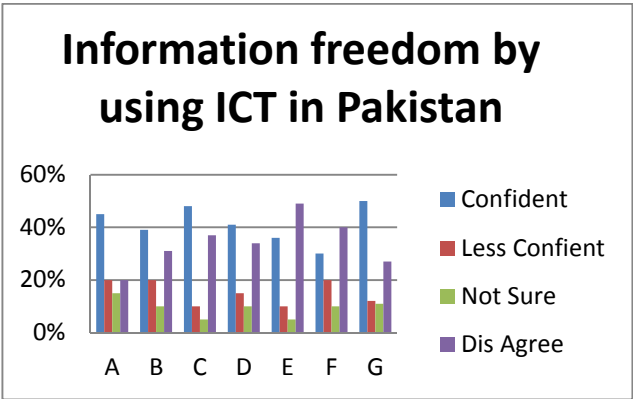


Fig. 2. Information Freedom -Need

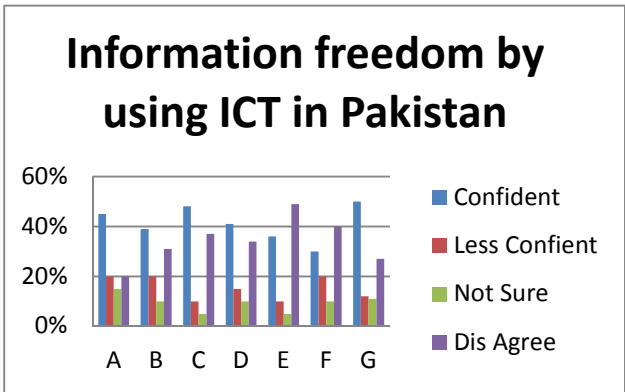


Fig. 3. Information Freedom-Solution Design

The Bar-Graph displaying data related Information Freedom-Solution Design has been depicted by the Bars-in-Graph. From This Confident level is clear.

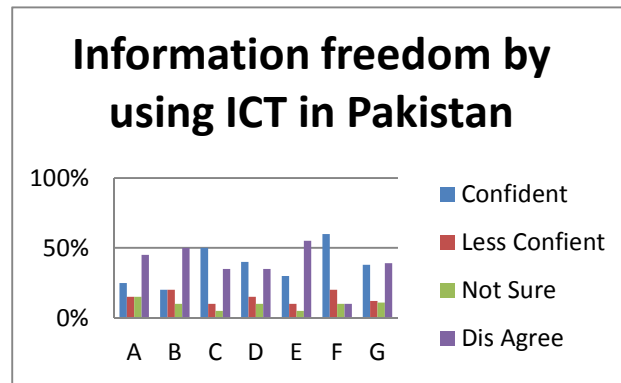


Fig. 4. Information Freedom- Knowledge Transfer

The Bar-Graph displaying data related Information Freedom- Knowledge Transfer has been depicted by the Bars-in-Graph. From This Confident level is clear.

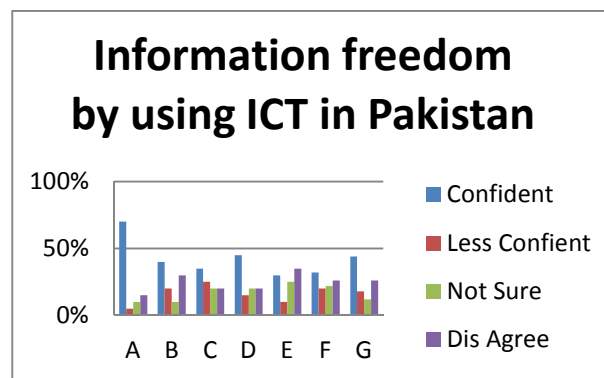


Fig. 5. Information Freedom- Integrity Eligibility Requirements

The Bar-Graph displaying data related Information Freedom- Integrity Eligibility Requirements has been depicted by the Bars-in-Graph. From This Confident level is clear.

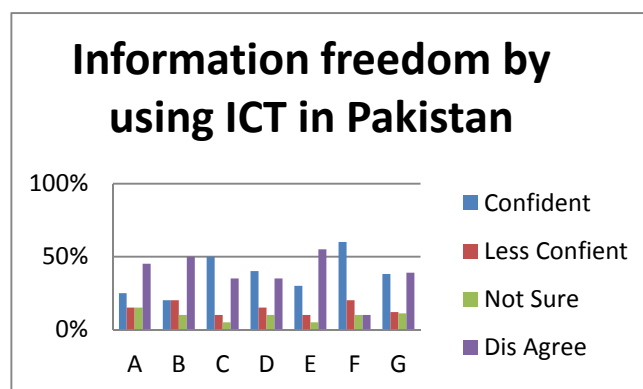


Fig. 6. Information Freedom – Extendibility

The Bar-Graph displaying data related Information Freedom – Extendibility has been depicted by the Bars-in-Graph. From This Confident level is clear.

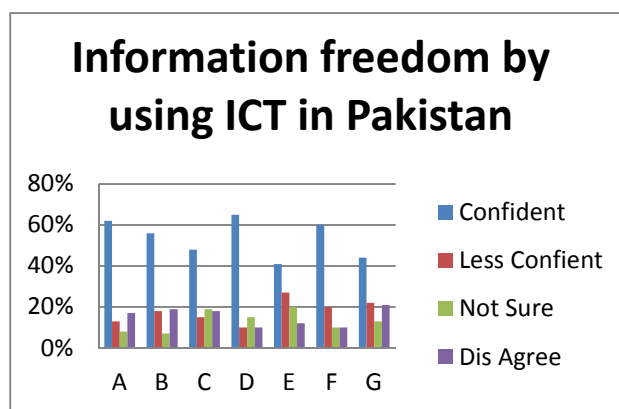


Fig. 7. Information Freedom - Quality Requirements

The Bar-Graph displaying data related Information Freedom - Quality Requirements has been depicted by the Bars-in-Graph. From This Confident level is clear.

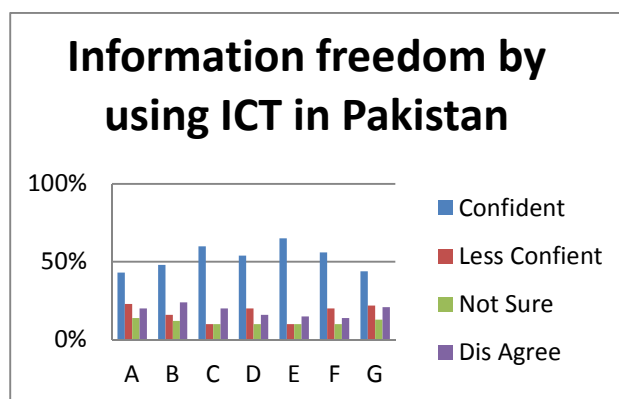


Fig. 8. Information Freedom - Solution Admission Requirement

The Bar-Graph displaying data related Information Freedom - Solution Admission Requirement has been depicted by the Bars-in-Graph. From This Confident level is clear.

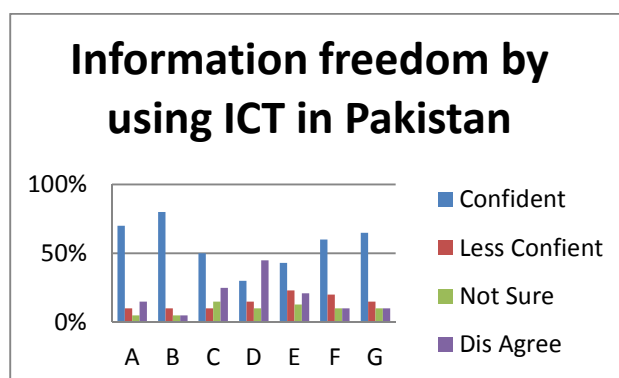


Fig. 9. Information Freedom –Performance

The Bar-Graph displaying data related Information Freedom –Performance has been depicted by the Bars-in-Graph. From This Confident level is clear.

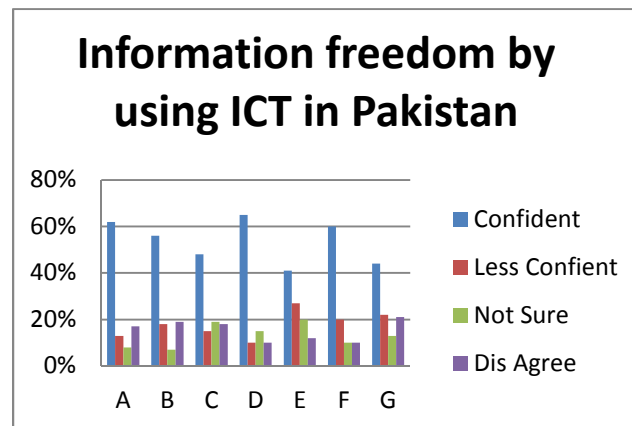


Fig. 10. Information Freedom -Over Evaluation of Deployed Solution

The Bar-Graph displaying data related Information Freedom -Over Evaluation of Deployed Solution has been depicted by the Bars-in-Graph. From This Confident level is clear.

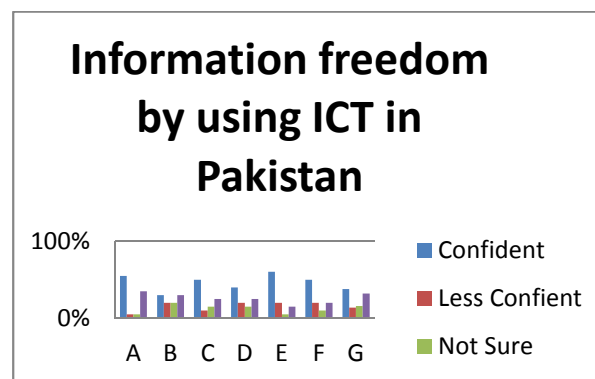


Fig. 11. Information Freedom- Quality of Services Provided

The Bar-Graph displaying data related Information Freedom- Quality of Services provided has been depicted by the Bars-in-Graph. From This Confident level is clear.

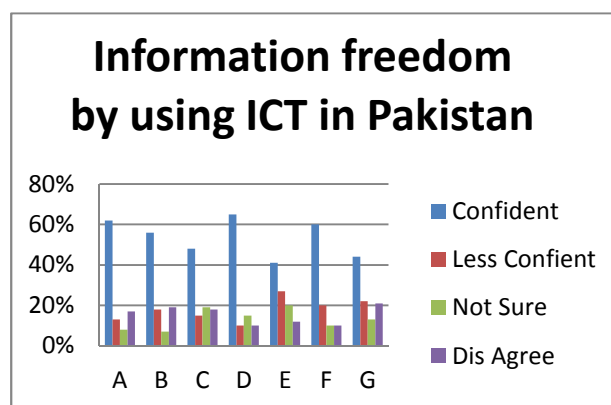


Fig. 12. Information Freedom - General Requirement Assessment

The Bar-Graph displaying data related Information Freedom - General Requirement Assessment has been depicted by the Bars-in-Graph. From This Confident level is clear.

4 SUMMARY

Benefits of correct and free information are a key factor that enables organizations to achieve their desired goals. The aim of this study is to present the important role of correct and accurate information in achieving the organization's plans. It is considered that a new essential for organizations to gain a competitive advantage over its rivals in the same line of work strategy [1][7]. Organizations resulting from the application of correct and free information organizations can ensure customer and performance improvement services. Therefore, both organizations and their customers will certainly enjoy the benefits of Freedom of information [8][19].

This study will allow the firms to apply to connecting organizations with their suppliers, customers and users. This brings e-commerce, increasing revenues and operational efficiency of organizations. So, you can create changes in the work and operational efficiency and work value of the organization. This study investigates whether firms and users are satisfied by the acceptance of correct and free information and information as a tool used to evaluate working performance [2][21]. This study was designed to study computer science, management information systems, work strategy and firm performance. The aim of this study is to show the general managers of the role of correct and free information and management information systems in work, as part of a new viable strategy for organizations to achieve success and performance [1][21].

The primary learning objectives in this study, which will help firms and users in obtaining a better understanding of the role of information systems with more freedom and correct and free information management to work strategy and results of the company, are to study

- 1) The role of Information for management and systems
- 2) The relationship study to the success of the work strategy.
- 3) The role of information as a tool measuring the performance of the company.
- 4) The relationship between good Information and work performance
- 5) The impact of information, correct and free information & management to the working results.

Information technologies are a vital component of successful working of organizations. Information technologies, including Internet-based IS, are playing a vital role in work and expansion. Correct and free information can help works of all sizes to improve the efficiency and effectiveness of their work processes, managerial decision making, and workgroup collaboration, thus strengthening its competitive position in a rapidly changing market. This is true if used to support product development teams, processes transactions ecommerce customer service, or any other commercial activity [12][22].

By making correct and free information investments to improve their operations and promote innovation, the company could also erect barriers to entry that discourage or delay other companies from entering a market. Usually this occurs by increasing the amount of the investment or the complexity required to compete in a technology industry or market segment. Investment in correct and free information allows a company to build strategic correct and free information capabilities that

let you take advantage of strategic opportunities as they arise. In many cases, this occurs when a company invests in advanced computer systems to improve the efficiency of their work processes [11][16]. Then, armed with this strategic technology platform, the company can leverage correct and free information investment by developing new products and services that would not be possible without strong correct and free information capability.

This study examines the effects of correct and free information and management information systems acceptance of an evaluation of the performance of the company. It examine whether the acceptance of correct and free information and management information systems have an effect on the performance evaluation of the company [2][15]. In fact, correct and free information, yes, it can be used as a tool to increase the performance of the company; and management information systems also have the same role to help decision makers to improve the performance of the company as well.

Analysis of the relationship between correct and free information and management information systems - the researcher found that there is a positive relationship between correct and free information and management information systems. It says that the greatest amount of information needed the most advanced correct and free information to be provided. Analysis of the relationship between correct and free information and work strategy - I found that there is a positive relationship between correct and free information and work strategy. This means that the more volume of information whenever performance in the most efficient and effective company is [4][14]. It found that there is a positive relationship between correct and free information, management information systems and work performance. I can say that the most advanced correct and free information always, the performance of the company more efficient and effective is; and together, more and more information, the more successful is the performance of the firm [5][17].

Finally, the positive results of this study can meet the effect of correct and free information acceptance and management of information systems used to evaluate the performance of the organization. Actually to increase efficiency and operational effectiveness, good information with more free can increase customer satisfaction and revenue, reduce costs, and to achieve the objective and work strategy, and ultimately, increase work results. Therefore, top managers are satisfied and do accept the concept of this study. The technology has proven to have positive effects on the process of instruction in basic and advanced skills. Information and Technology is also changing the instructional process itself. To be effective, technology cannot exist in a vacuum, but must be a part of the educational environment too [22][23].

REFERENCES

- [1] Aina, D. and J.Kola 2013.. "Effective Teaching and Learning in Science Education through Information and Communication Technology [ICT]." *Journal of Research & Method in Education*: 43-47.
- [2] Allam, S., S. V. Flowerday and E. Flowerday 2014. Smartphone information security awareness: a victim of operational pressures. *Computers & Security*
- [3] Alruily, M., A. Ayesh and H. Zedan 2013. Crime profiling for the Arabic language using computational linguistic techniques. *Information Processing & Management*
- [4] Andrés, R.Antonio, and S. A. Asongu 2013 "Fightin
- [5] g software piracy: Which governance tools matter in Africa?." *Journal of business ethics* 118.3 (2013): 667-682.
- [6] Baumann, A. and D. Häberli 2013. "A Security Analysis of the Swiss Electronic Voting System."
- [7] Baumann, F. and T. Friehe 2013. Private protection against crime when property value is private information. *International Review of Law and Economics*, 35: 73-79.
- [8] Carpenter and Penny 2013. "The How Women in Remote and Rural First Nation Communities are Using Information and Communications Technologies (ICT)." *Special issue*. *The Journal of Rural and Community Development* 8(2): 79-97.
- [9] Deb,J. andS.Sagarmay 2013. "Distance Education through Mobile Technology Can Bring Progress in Developing Countries." *Journal of Communication and Computer*: 490-495.
- [10] Davies, Tim and S. Fumega 2014. "Mixed incentives: Adopting ICT innovations for transparency, accountability, and anti-corruption." *U4 Issue* 2014.
- [11] Mekawy, M., B. AlSabbagh and S. Kowalski 2014. The Impact of Business-IT Alignment on Information Security Process. *HCI in Business: First International Conference, HCIB 2014, Held as Part of HCI International 2014, Proceedings, Crete, Greece*: 25-36
- [12] Feng, N., H. J. Wang and M. Li 2014. A security risk analysis model for information systems: Causal relationships of risk factors and vulnerability propagation analysis. *Information Sciences*: 57-73.
- [13] Gottschalk, P., C. Filstad, R. Glomseth and H. Solli-Sæther 2011. Information management for investigation and prevention of white-collar crime. *International Journal of Information Management*, 31(3): 226-233.
- [14] Grossman, Guy, M. Humphreys and G. Sacramone-Lutz. "'I wld like u WMP to extend electricity 2 our village" On Information Technology and Interest Articulation."

- [15] Ismail, F. O., S. S. Tenuche and A. A. Wahab 2014. "Place of the Freedom of Information Act in Promoting Agricultural Extension under the Agricultural Transformation Agenda in Nigeria." *Journal of Agricultural Extension* 17(2): 67-76.
- [16] Kim, S., H. J. Kim and H. Lee 2009. "An institutional analysis of an e-government system for anti-corruption: The case of OPEN." *Government Information Quarterly* 26(1): 42-50.
- [17] Kajzer, M., J. D'Arcy, C. R. Crowell, A. Striegel and D. V. Bruggen 2014. An exploratory investigation of message-person congruence in information security awareness campaigns. *Computers & Security*: 64-76.
- [18] Kihzoa and Patrick 2014. "Promoting proper education for sustainability: An exploratory study of ICT enhanced Problem Based Learning in a developing country Amit Roy University of Eastern Finland, Finland." *Critical success factors for ICT usage in learning* 10(1): 70-90.
- [19] Manfre, M., and S. Cristina 2013. "Reducing the gender gap in agricultural extension and advisory services: How to find the best fit for men and women farmers." *Meas Brief* 2 United States Agency for International Development, Washington, DC.
- [20] Mahmood, A. and I. S. Ahmed 2013. "Public procurement system and e-Government implementation in Bangladesh: The role of public administration." *Journal of Public Administration and Policy Research* 5(5): 117-123.
- [21] Parsons, K., A. McCormac, M. Butavicius, M. Pattinson and C. Jerram 2014. Determining employee awareness using the Human Aspects of Information Security Questionnaire (HAIS-Q). *Computers & Security*
- [22] Perepechina, I. 2013. Legislative framework and value of the forensic DNA examination of health-related information for crime investigation. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*, 4(1):360-366.
- [23] Posey, C., T. L. Roberts, P. B. Lowry and R. T. Hightower 2014. Bridging the divide: A qualitative comparison of information security thought patterns between information security professionals and ordinary organizational insiders. *Information & Management*, 51(5): 551-567.
- [24] Pillai, A., S. Deepa and S. Sathyalakshmi 2009. "Prevention of Relay Attack Using NFC." *Prevention* 2(3).
- [25] Rodríguez and J. F. Devia 2013. "Collective and participatory strategic planning of the department of Tolima in Colombia." *Proceedings of the 7th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*. ACM, 2013.
- [26] Rocha, F., W., E. Antonsen and M. Ekstedt 2014. Information security knowledge sharing in organizations: Investigating the effect of behavioral information security governance and national culture. *Computers & Security*: 90-110.
- [27] Rosy, Q., S. Ioset, D. Dessimoz and O. Ribaux 2013. Integrating forensic information in a crime intelligence database. *Forensic science international*, 230(1): 137-146.
- [28] Atif Mahmood, Mr. Ahmad Mateen Buttar, Irfan Ali, and M. Arslan Saeed Khan, "Performance Analysis of Proactive OLSR and Reactive DSR, AODV protocols for MANET," *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 10, no. 2, pp. 498–506, October 2014.

Une analyse biostatistique de l'effet du médicament 6-mercaptopurine sur le temps de survie d'un échantillon aléatoire de patients atteint de leucémie aigue

[A Biostatistical analysis of the effect of 6-mercaptopurine drug on the survival time of a random sample of patients suffering from acute leukemia]

Moulay El Mehdi FALLOUL

Doctorant en économie et finance appliquée,
Université Hassan II Mohammeda,
Mohammeda, Maroc

Copyright © 2015 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: Our goal is to determine whether and how the drug affects the survival time, comparing the survival curves of two groups of 21 patients, the first being treated, and the second component the control group. In the 6-MP group, only 9 patients showed a relapse, while 12 others were "censored" (cure or lost sight of by the leaders of the study). In the control group all relapsed. This is achieved by using the survival model and the Kaplan Meier.

KEYWORDS: Biostatistical analysis, 6-mercaptopurine, survival time, acute leukemia.

RESUME: Notre but est de déterminer si et comment le médicament influence le temps de survie, en comparant les courbes de survie de deux groupes de 21 patients, le premier étant traité, et le second constituant le groupe de contrôle. Dans le groupe 6-MP, seuls 9 des patients ont montré une rechute, tandis que les 12 autres ont été "censurés" (guérison ou perdus de vue par les responsables de l'étude). Dans le groupe de contrôle tous ont rechuté. Cette est réalisé en utilisant le modèle de survie et l'estimateur de Kaplan Meier.

MOTS-CLEFS: analyse biostatistique, 6-mercaptopurine, temps de survie, leucémie aigue.

1 INTRODUCTION

Notre but est de déterminer si et comment le médicament influence le temps de survie, en comparant les courbes de survie de deux groupes de 21 patients, le premier étant traité, et le second constituant le groupe de contrôle. Dans le groupe 6-MP, seuls 9 des patients ont montré une rechute, tandis que les 12 autres ont été "censurés" (guérison ou perdus de vue par les responsables de l'étude). Dans le groupe de contrôle tous ont rechuté. Cette est réalisé en utilisant le modèle de survie et l'estimateur de Kaplan Meier [1].

2 FONCTION DE SURVIE ET LA FONCTION DE HASARD

Cette section traite de la modélisation biostatistique et l'analyse des données qui ont comme principal point le temps jusqu'à ce qu'un événement se produit. Ces événements sont génériquement appelés échecs si l'événement, par exemple, est peut-être l'exécution d'une tâche dans une expérience d'apprentissage en psychologie ou un changement de résidence et

aussi bien dans une étude démographique. Les principaux domaines d'application sont les études médicales sur les maladies chroniques et les essais de la vie industrielle.

Nous supposons que les observations sont disponibles sur le temps de pannes indépendantes de n individus. On suppose T être la variable aléatoire non négative, qui représente l'heure de la défaillance d'un individu arbitraire. Nous supposons que la distribution de probabilité de T est décrite par une fonction de densité $f(t)$ [2]. Nous allons présenter la fonction de survie $S(t)$ et la fonction de hasard $\lambda(t)$ qui caractérisent la distribution des T . La fonction de survie $S(t)$ est défini par

$$S(t) = P(T \geq t) \quad (1)$$

Et elle est égal à $1 - F(t)$, où $F(t)$ est la fonction de distribution cumulative de T . ($P(X = t) = 0$ pour chaque numéro t dans le cas d'une fonction de densité). Puisque la fonction de distribution cumulative $F(t)$ spécifie la répartition des T , la distribution de T ainsi spécifiée par la fonction de survie.

La fonction de hasard $\lambda(t)$ spécifie le taux instantané de défaillance $T = t$ conditionnelle à la survie à temps t et est défini par la limite pour $\delta \downarrow 0$ le rapport suivant :

$$\frac{P(t \leq T < t + \delta | T \geq t)}{\delta} = \frac{P(t \leq T < t + \delta)}{P(T \geq t) \times \delta} = \frac{S(t) - S(t + \delta)}{\delta} \times \frac{1}{S(t)} \quad (2)$$

Prenant cette limite, nous obtenons

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{S(t)} \quad (3)$$

La dérivée de la fonction de survie $S(t)$ est égal à $-f(t)$. La distribution des T est spécifiée par sa fonction de risque aussi bien parce que la fonction de survie est déterminée par la fonction de risque :

$$\frac{d}{dt} \ln(S(t)) = -\frac{f(t)}{S(t)} = -\lambda(t) \quad (4)$$

$$\ln(S(t)) = -\int_0^t \lambda(u) du \quad (S(0) = 1) \quad (5)$$

$$S(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(u) du\right) \quad (6)$$

- Les Distributions pour les taux d'échec

Dans cette section, nous présentons un certain nombre de modèles pour la distribution de T .

Le paramètre **distribution exponentielle** est obtenue pour T en considérant la fonction de hasard comme constante :

$\lambda(t) = \lambda$ (with $\lambda > 0$), (avec $\lambda > 0$), d'où

$$S(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda du\right) = \exp(-\lambda t) \quad (7)$$

$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda t) \text{ et } f(t) = \lambda \exp(-\lambda t)$$

Donc, pour la distribution exponentielle, le taux de défaillance instantanée est indépendant de t pour que la chance conditionnelle d'échec ne dépend pas de combien de temps la personne a dû passer en jugement. C'est dénommé la propriété exponentielles de la distribution exponentielle. Une vérification empirique de la distribution exponentielle pour un ensemble de données de survie est fournie en traçant le logarithme de l'estimation de fonction de survie par rapport à t .

Une importante généralisation de la distribution exponentielle permet une dépendance de la puissance de la fonction de hasard. Cela donne le paramètre deux distribution de Weibull avec fonction de hasard [3].

$$\lambda(t) = \lambda p (\lambda t)^{p-1} = p \lambda^p \times t^{p-1}. \quad (8)$$

Cette fonction de hasard est monotone décroissante pour $p < 1$, est monotone croissante pour $p > 1$ et réduit à une constante si $p = 1$. Pour la distribution de Weibull, nous obtenons

$$S(t) = \exp\left(-\int_0^t p \lambda^p u^{p-1} du\right) = \exp(-(\lambda t)^p) \quad (9)$$

$$\ln(-\ln(S(t))) = p(\ln(t) + \ln(\lambda)) \quad (10)$$

Une vérification empirique pour la distribution de Weibull est fournie par l'estimation de $\ln(-\ln(S(t)))$ par rapport à $\ln(t)$. Elle devrait donner environ une ligne droite.

En général, la distribution d'un temps de panne ou de survie est oblique. Les distributions peuvent être modélées au moyen d'une distribution log-normale ou une distribution gamma aussi bien [4]. Si T a une distribution log-normale, alors cela signifie que $Y = \ln(T)$ a une distribution normale, décrite par une espérance μ et une variance σ^2 . La distribution gamma peut être considérée comme une autre généralisation de la distribution exponentielle, sa fonction de densité est

$$f(t) = \frac{\lambda (\lambda t)^{\alpha-1} e^{-\lambda t}}{\Gamma(\alpha)}, \quad (11)$$

Où $\Gamma(k)$ est la fonction gamma bien connus :

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} \exp(-x) dx \quad (0 < \alpha < \infty). \quad (12)$$

Pour $\alpha = 1$ la densité (11) se réduit à la densité de la distribution exponentielle, on déduit, $\Gamma(1) = 1$.

3 ESTIMATEUR DE KAPLAN MEIER

3.1 ESTIMATION DE LA FONCTION DE SURVIE

-Approche paramétrique

Supposons que $t_1, t_2, \dots, t_n$ sont les cas temps correspondant aux indicateurs de censure $w_1, w_2, \dots, w_n$ ($w_i = 1$, mort ; $w_i = 0$, censure). Alors la fonction de vraisemblance est

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^n [f(t_i)]^{w_i} [S(t_i)]^{-w_i} = \prod_{i=1}^n \left[\frac{f(t_i)}{S(t_i)} \right]^{w_i} S(t_i)$$

$$= \prod_{i=1}^n [\lambda(t_i)]^{w_i} S(t_i)$$

Comme

$$w_i = 1 \Rightarrow [f(t_i)]^{w_i} [S(t_i)]^{-w_i} = f(t_i)$$

$$w_i = 0 \Rightarrow [f(t_i)]^{w_i} [S(t_i)]^{-w_i} = S(t_i) = P(T \geq t_i)$$

Où $\lambda(t)$, $S(t)$ dépend de certains paramètres θ . Ensuite, l'estimation du paramètre $\hat{\theta}$ peuvent être obtenues en résolvant $\frac{\partial L(\hat{\theta})}{\partial \theta} = 0$. Puis, $\hat{\lambda}(t)$ et $\hat{S}(t)$ peut être obtenue en évaluant θ à $\hat{\theta}$.

-Approche non paramétrique

On suppose $t_{(1)} < t_{(2)} < \dots < t_{(m)}$ avoir des *temps de mort*. Le nombre de personnes vivant juste avant le temps $t_{(j)}$, y compris ceux qui sont sur le point de mourir en ce moment, sera noté n_j , pour $j = 1, 2, \dots, m$, et d_j noterons le nombre de personnes qui meurent en ce moment. Ainsi, on obtient le tableau suivant [5] :

$t_{(1)}$	$t_{(2)}$	...	$t_{(m)}$
n_1	n_2	...	n_m
d_1	d_2	...	d_m
t			
			
$t_{(1)}$	$t_{(2)}$	$t_{(k)}$	$t_{(k+1)}$

Puis, pour $t_{(k)} \leq t < t_{(k+1)}$,

$$\hat{S}(t) = \prod_{j=1}^k \left(\frac{n_j - d_j}{n_j} \right)$$

$$= \left(\frac{n_1 - d_1}{n_1} \right) \left(\frac{n_2 - d_2}{n_2} \right) \dots \left(\frac{n_k - d_k}{n_k} \right)$$

$$= \left(1 - \frac{d_1}{n_1} \right) \left(1 - \frac{d_2}{n_2} \right) \dots \left(1 - \frac{d_k}{n_k} \right)$$

$$\approx [1 - \hat{\lambda}(t_1)] [1 - \hat{\lambda}(t_2)] \dots [1 - \hat{\lambda}(t_k)]$$

$\hat{S}(t)$ est appelé l'estimateur de Kaplan-Meier

Intuitivement, si T est une variable aléatoire discrète prenant les valeurs $t_{(1)} < t_{(2)} < \dots$ avec la fonction de probabilité associée

$$P(T = t_{(i)}), i = 1, 2, \dots,$$

puis

$$\lambda(t_{(i)}) = P(T = t_{(i)} | T \geq t_{(i)}) = \frac{f(t_{(i)})}{S(t_{(i)})}.$$

Puis, pour $t_{(k)} < t < t_{(k+1)}$,



$$\begin{aligned} S(t) &= P(T \geq t) = P(T \geq t_{(k+1)}) \\ &= \frac{P(T \geq t_{(2)})}{P(T \geq t_{(1)})} \cdot \frac{P(T \geq t_{(3)})}{P(T \geq t_{(2)})} \cdots \frac{P(T \geq t_{(k+1)})}{P(T \geq t_{(k)})} \\ &= \left[\frac{P(T \geq t_{(1)}) - P(T = t_{(1)})}{P(T \geq t_{(1)})} \right] \cdots \left[\frac{P(T \geq t_{(k)}) - P(T = t_{(k)})}{P(T \geq t_{(k)})} \right] \\ &= \left[1 - \frac{P(T = t_{(1)})}{P(T \geq t_{(1)})} \right] \left[1 - \frac{P(T = t_{(2)})}{P(T \geq t_{(2)})} \right] \cdots \left[1 - \frac{P(T = t_{(k)})}{P(T \geq t_{(k)})} \right] \\ &= [1 - \lambda(t_{(1)})][1 - \lambda(t_{(2)})] \cdots [1 - \lambda(t_{(k)})] \end{aligned}$$

Puisque $P(T \geq t_{(1)}) = 1$

4 DÉFINITIONS MÉDICALES

L'Azathioprine (Imurel®) et la 6-mercaptopurine (6-MP) (Purinéthol®) sont des médicaments qui freinent l'immunité, qui est à certains égards "emballée" dans les maladies inflammatoires chroniques intestinales. Ils appartiennent donc à la classe des immunosuppresseurs (ou immunodépresseurs). Ils sont actifs dans la maladie de Crohn et la rectocolite hémorragique et sont habituellement réservés aux formes les plus évolutives ou de traitement difficile de ces maladies (rechutes fréquentes, poussées sévères, dépendance aux corticoïdes, lésions périnéales sévères, association au Rémicade®...). Une réponse complète (rémission sans corticoïdes) ou incomplète (rémission avec une dose de corticoïdes plus faible que la dose de corticodépendance initiale) est obtenue dans 50 à 70 % des cas. La réponse à ces médicaments est souvent lente : elle prend en moyenne 3 mois, parfois davantage ; ce ne sont donc pas des médicaments susceptibles de résoudre une situation urgente [6].

La leucémie aiguë est un stade de la maladie de la leucémie, cancer du sang. Les leucémies aiguës constituent une urgence à la fois diagnostique et thérapeutique. Elles nécessitent d'effectuer, en parallèle et très rapidement, la recherche et la prise en charge de complications ainsi que l'identification de la maladie en vue d'adapter le traitement au patient et au type de leucémie. Ce sont des maladies qui engagent rapidement le pronostic vital si elles ne sont pas traitées.

Dans la majorité des cas, les leucémies aiguës n'ont pas de cause connue et surviennent chez des sujets jusque-là en bonne santé. Certains facteurs de risque sont néanmoins identifiés : l'exposition à des rayonnements ionisants ou à certains produits chimiques (en particulier benzènes et solvants dérivés, hydrocarbures aromatiques), les antécédents de

chimiothérapie (notamment par les alkylants, les inhibiteurs de topo-isomérase II, les antimétabolites), certaines anomalies génétiques (dont la trisomie 21) et des maladies hématologiques préexistantes (telles que notamment les syndromes myélodysplasiques et les néoplasies myéloprolifératives) [7].

5 DONNÉES ET RÉSULTATS

Les données proviennent de [Gehan E.A. (1965). A generalized Wilcoxon test for comparing arbitrarily singly-censored samples. Biometrika, 52, pp 203223] et correspondent à un test clinique randomisé pour l'étude de l'effet de la 6-mercaptopurine sur le temps de rémission (en semaines) de patients atteints de leucémie aiguë.

Notre but est de déterminer si et comment le médicament influence le temps de survie, en comparant les courbes de survie de deux groupes de 21 patients, le premier étant traité, et le second constituant le groupe de contrôle. Dans le groupe 6-MP, seuls 9 des patients ont montré une rechute, tandis que les 12 autres ont été "censurés" (guérison ou perdus de vue par les responsables de l'étude). Dans le groupe de contrôle tous ont rechuté.

Tableau 1. *Case processing Summary*

Traitement	N total	Nombre d'événements	Censuré	
			N :	Pourcentage :
Control	21	21	0	,0%
Drug 6-M	21	9	12	57,1%
Global	42	30	12	28,6%

Tableau 2. Tableau de survie

Table de survie						
Traitement		Heure	du répondant	Proportion de survivants cumulée à la période		Nombre d'événements cumules
				Estimation	Erreur std.	
Control	1	1,000	1	.	.	1
	2	1,000	1	,905	,084	2
	3	2,000	1	.	.	3
	4	2,000	1	,810	,086	4
	5	3,000	1	,762	,093	5
	6	4,000	1	.	.	6
	7	4,000	1	,667	,103	7
	8	5,000	1	.	.	8
	9	5,000	1	,571	,108	9
	10	8,000	1	.	.	10
	11	8,000	1	.	.	11
	12	8,000	1	.	.	12
	13	8,000	1	,381	,106	13
	14	11,000	1	.	.	14
	15	11,000	1	,288	,098	15
	16	12,000	1	.	.	16
	17	12,000	1	,190	,086	17
	18	15,000	1	,143	,076	18
	19	17,000	1	,095	,064	19
	20	22,000	1	,048	,046	20
	21	23,000	1	,000	,000	21

Tableau de survie (suite)

Drug 6-M	1	6,000	1	.	.	1	20
	2	6,000	1	.	.	2	19
	3	6,000	1	,857	,076	3	18
	4	6,000	0	.	.	3	17
	5	7,000	1	,807	,087	4	16
	6	9,000	0	.	.	4	15
	7	10,000	1	,753	,096	5	14
	8	10,000	0	.	.	5	13
	9	11,000	0	.	.	5	12
	10	13,000	1	,690	,107	6	11
	11	16,000	1	,627	,114	7	10
	12	17,000	0	.	.	7	9
	13	19,000	0	.	.	7	8
	14	20,000	0	.	.	7	7
	15	22,000	1	,538	,128	8	6
	16	23,000	1	,448	,135	9	5
	17	25,000	0	.	.	9	4
	18	32,000	0	.	.	9	3
	19	32,000	0	.	.	9	2
	20	34,000	0	.	.	9	1
	21	35,000	0	.	.	9	0

Le tableau suivant montre que le temps de survie moyen est beaucoup plus faible que pour le groupe 6-MP (8.667 contre 23.287). Même constat pour le temps médian, en effet le temps de survie médian est beaucoup plus faible pour le groupe 6-MP (8000 contre 23000).

Tableau 3. La moyenne et la médiane (pour le temps de survie)

Traiteme nt	Moyenne ^a				Médiane			
	Estimation	Erreur std.	Intervalle de confiance à 95		Estimation	Erreur std.	Intervalle de confiance à 95	
			%				%	
			Limite inférieure	Limite supérieure			Limite inférieure	Limite supérieure
Control	8,667	1,411	5,900	11,433	8,000	1,669	4,729	11,271
Drug 6-M	23,287	2,827	17,746	28,829	23,000	5,255	12,699	33,301
Global	15,339	1,860	11,693	18,985	12,000	1,717	8,636	15,364

a. L'estimation est limitée au délai de survie le plus long en cas de censure.

Le tableau suivant montre Les résultats de la comparaison des deux groupes basée sur les tests (log-rank, Wilcoxon, Tarone-Ware) permettent de conclure que la différence entre les deux groupes est significative.

Tableau 4. Tests de Log Rank, Breslow et Tarone-Ware

	Khi-deux	ddl	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	16,793	1	,000
Breslow (Generalized Wilcoxon)	13,458	1	,000
Tarone-Ware	15,124	1	,000

Test d'égalité des distributions de survie pour les différents niveaux

La figure suivante représente la comparaison entre les deux courbes de survie qui permet de conclure que le médicament a un impact positif significatif sur le temps de survie des patients.

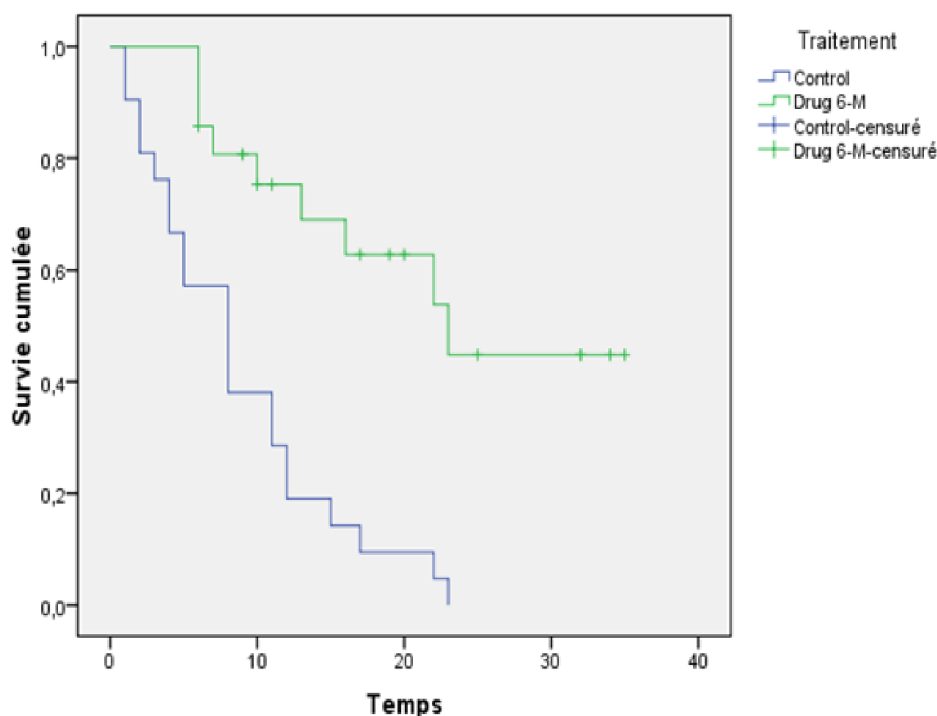


Fig. 1. Les fonctions de survie

6 CONCLUSION

Le médicament 6-mercaptopurine a un impact positif significatif sur le temps de survie des patients.

REFERENCES

- [1] El Kaplan, P Meier, "Nonparametric estimation from incomplete observations", Journal of the American Statistical Association. 1958; 53:457–81.
- [2] DG Altman, "Practical statistics for medical research", New York: Chapman & Hall/CRC; 1991. pp. 365–396.
- [3] AR Feinstein, "The architecture of clinical research". Philadelphia: W. B. Saunders Co; 1985. Clinical Epidemiology; pp. 226–227.pp. 335pp. 343–346.

- [4] CI Henschke, Yankelevitz DF, Libby DM, et al. "Survival of patients with stage I lung cancer detected on CT screening", NEJM. 2006;355: 1763–71.
- [5] RE Carter, P Huang, "Cautionary note regarding the use of CIs obtained from Kaplan-Meier survival curves", J Clin Oncol. 2009;27:174–75.
- [6] Association François Aupetit, "L'azathoprine et la 6-mercaptopurine", 1999. [Online] Available: <http://www.afa.asso.fr/uploads/media/default/0001/01/c2cf1e67a3717f977b529cdafc9a277883916424.pdf>
- [7] Haute autorité de santé, "Leucémies aiguës de l'adulte", 2011,[Online] Available: http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/201102/ald_30_gm_endometre_inca_has_web.pdf

HYDROGEOCHEMICAL EVALUATION OF GROUNDWATER QUALITY OF ABAKALIKI AND ITS ENVIRONS, SOUTH EASTERN NIGERIA

Christian O. Ede and N. Nnabo Paulinus

Department of Geology, Faculty of Sciences Ebonyi State University, Abakaliki, Nigeria

Copyright © 2015 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: Hydrogeochemical evaluation of groundwater quality of Abakaliki and its environs was carried out on a scale of 1:25,000. The concentrations of selected metals in 25 groundwater samples namely Fe, Pb, Zn, Cu, Mn, Co, Ni, Ba, Ag and Cd were determined using Atomic Absorption/emission Spectrophotometer (AAS) 205 model. The pH of the sample were determined using a handheld digital pH meter 350 model. The pH values ranged from 6.1-7.0 indicating that the samples are slightly neutral. Analysis for physico-chemical parameters and variables (ANOVA) was done using standard methods. Statistix 1.5 was used for performing the grouping. Chemical analysis and various concentrations of the heavy metal loads show that the groundwater has little or no trace of Fe (0.01mg/l), Cu (0.03mg/l), Zn (0.02mg/l), Pb (0.01mg/l) and Co (0.02mg/l) contamination. The concentrations of Fe (0.03 mg/l), Pb (0.01 mg/l), Co (0.03mg/l) and Zn (0.02mg/l) were in compliance with WHO (2011) permissible standard for drinking water while the concentration of Cd ranged from 0.11mg/l to 0.14mg/l and silver 0.06 mg/l to 0.08 mg/l are far above World Health Organisation standards indicating that the area are moderately contaminated with Cd and Ag. The hydrogeochemical analysis carried out during this study stands as a guide to the best sustainable management of some contaminated aquifer systems of Abakaliki and environs. Statistical analysis of variance (ANOVA) revealed that Fe, Cu and Co were significant at $P < 0.05$. The analysis reveals that the concentration of the various heavy metal load in the study area decreases away from the source point as in areas near to the Ricemill husk cluster.

KEYWORDS: Physical Parameters, Chemical Parameters, Asu-River Group, Groundwater and Geochemistry.

1 INTRODUCTION

Groundwater is water that is found in the zone of saturation and occurring naturally in voids. This water is held in the subsurface under the hydrostatic pressure below the water table. They are being exploited domestically by mechanically drilled wells or boreholes. The quantity, chemical and biological characteristics of the water determine its usefulness for industry, agriculture or domestic purposes. The chemical composition of groundwater and the water types found in an environment are determined greatly by the composition of water of precipitation, local geology, types of minerals found in the environment through which recharge and groundwater flows, anthropogenic activities such as mining and waste disposal as well as climate and topography (Akpa and Ezeigbo *et al.*, 2010). Suitability of groundwater for domestic use is determined by its geochemistry, (Moses *et al.*, 2014.)

There are other factors that affect groundwater chemistry which includes the chemistry of the infiltrating water at the recharge source, the chemistry of the porous media including the interstitial cement or matrix of the aquifer, the rate of groundwater flow in the aquiferous medium and the permeability of the aquifer (Offodile, 2002). Within aquifers, groundwater is hosted by minerals which influence its hydro-geochemistry and ultimate quality (Etu-Efeotor, 1998). The quality of water is determined by its chemical composition and therefore its ultimate usability and its assessment and the parameters examined depend on the envisaged usage. In some cases, water quality is far more important than its availability. On account of the wide variety of water, hydro-geochemical characteristics and the consequent different standards of portability, it is impossible to set rigid standards of chemical quality. The evolution of groundwater is explained by the order

of encounter as stated by Freeze and Cherry (1979). This theory states that the order in which groundwater encounters strata of different mineralogical composition can exert an important control on the final water chemistry. As groundwater flows through the strata of different mineralogical composition, the water composition undergoes adjustments caused by imposition of new mineralogically controlled thermodynamic constraints (Edet, 1993).

1.1 BRIEF DESCRIPTION OF THE STUDY AREA

The study area covers Abakaliki and its environs. It extends laterally into Ekaru Inyimagu, Agbaja and Nkwegu all in Ebonyi State (Fig.1) Geographically, the area is located between latitude $6^{\circ}15'N$ and $6^{\circ}20'N$ and longitude $8^{\circ}05'E$ and $8^{\circ}10'E$ covering a total area of about 1,328Sq/km. The area stretches down towards Ogoja Road area off Amachi-Obugha down to Okwerike. Major villages within the study area include Abakaliki, Azuiyiokwu, Sharon and Ugbooke. It has major and minor network of roads connecting each other in the mapped grid.

1.2 DRAINAGE

Surface drainage in the study area is irregular and consists originally of a number of small ephemeral streams. The streams generally flow in N-S direction into Ebonyi River. Ebonyi River is the major river that cut across the study area, the flow of the river during the dry season is nearly zero, implying a negligible baseflow contribution.

Other rivers and smaller streams which contribute to the drainage are Ochaha river, Izicha river and Okwerike river. These rivers and streams vary in sizes, colour, taste, flow path and chemistry. Some are seasonal thereby drying up during the dry season and increase in volume during the rainy season.

The origin of the contaminants from the study area is sourced from heavy metal load intrusions embedded within the aquifer system and human induced pollution activities. Therefore the presence of objectionable tastes, odour, colour as well as harmful substances in such water no matter how abundant it is, render it unsuitable for domestic uses.

2 GEOLOGY OF THE STUDY AREA

The study area is underlain by the shales of Asu River Group. The Asu River Group is the oldest sedimentary rock in southeastern Nigeria (Reyment, 1965). The shales are exposed variously in the Abakaliki area where they are often referred to as the Abakaliki Shale. The area is predominantly underlain by shale, sandstones, siltstones, sandy shale and limestone. Based on the lithologic, structural and stratigraphic positions, two broad lithostratigraphic units have been recognized. These are Unit A, the light-grey shale and Unit B, the sandstone/siltstone unit. As shown in Fig.1

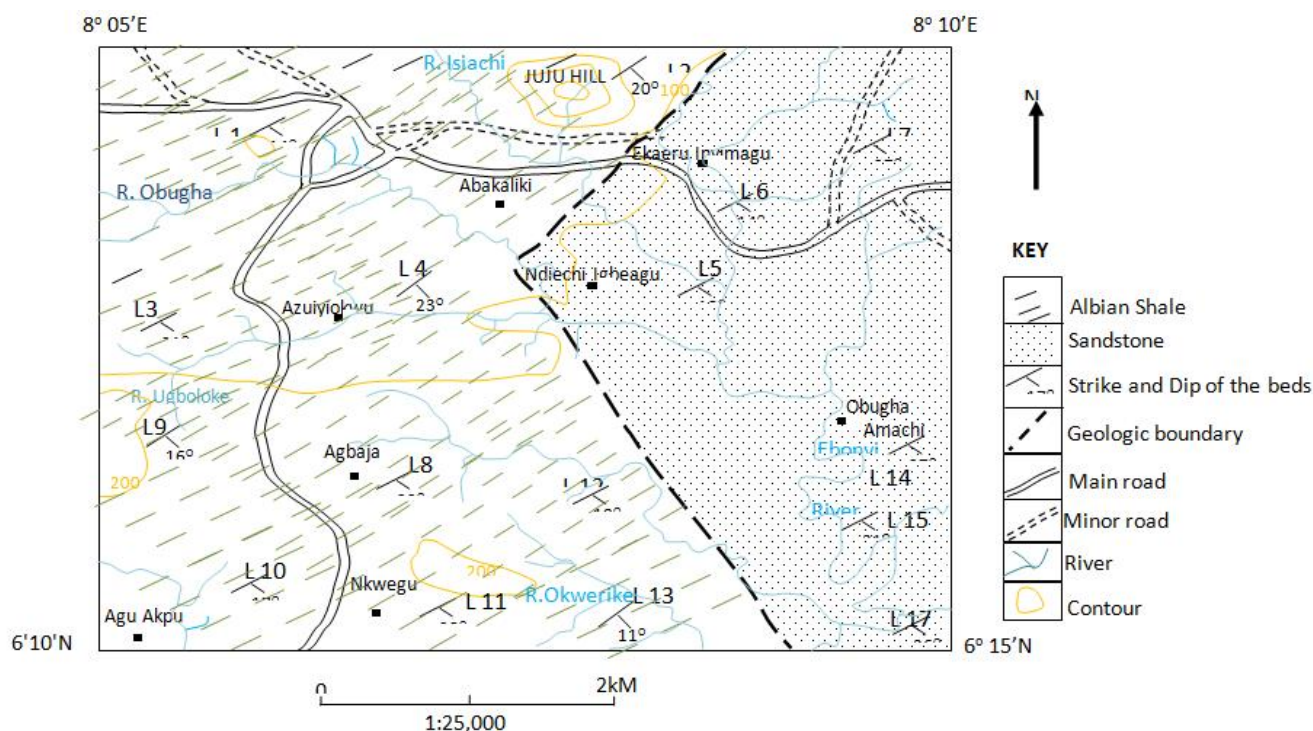


FIGURE.1 GEOLOGICAL AND ACCESSIBILITY MAP OF THE STUDY AREA

3 METHOD OF ANALYSIS

Samples for physical analysis were collected and pH measured by use of PH meter 350 model and other parameters measured with turbidity meter (Nephelometric/606c) Hatch model, odorized kit, colorimetric comparator kit and measuring thermometer. Samples for chemical analysis were collected by the use of polyetheryne free test containers, beakers, round bottom flask, conical flask, fitted lids bottle and measuring cells. The collected samples at the point of collection were stabilized with sodium thiosulphate.

Water samples were collected from groundwater and shallow hand-dug well for hydrogeochemical analysis. A total of twenty five samples were collected randomly from thirty one locations and analyzed (Fig.2). Twenty three samples were collected from boreholes and hand-dug wells while eight were collected from manual drilled hole sources. These groundwater samples were collected by the use of test kits such as Beaker, round bottom flask (calibrated), polyetheryne free test containers and measuring cells. The required volumes usually within the recommending standard of 10ml to 125 ml were pumped into the various measuring containers and stabilized for laboratory analysis. For on-site test for temperature, 125 ml of volume were collected into the wide-mouth glass bottles and then the thermometer was dipped into the sample and allowed for at least three minutes before taking the readings. At each location, observations on the physical aspects of water quality such as colour, taste and odour was done, colour concentrations (test) were analysed in the field by the use of measuring cells known as colorimetric comparator while that of odour was by the use of odorized kit. Samples were collected at each location mainly for heavy metals load concentrations analysis. Samples for heavy metals test were filtered and stabilized with two (2) to three (3) drops of dilute sodium thiosulfate at the point of collection.

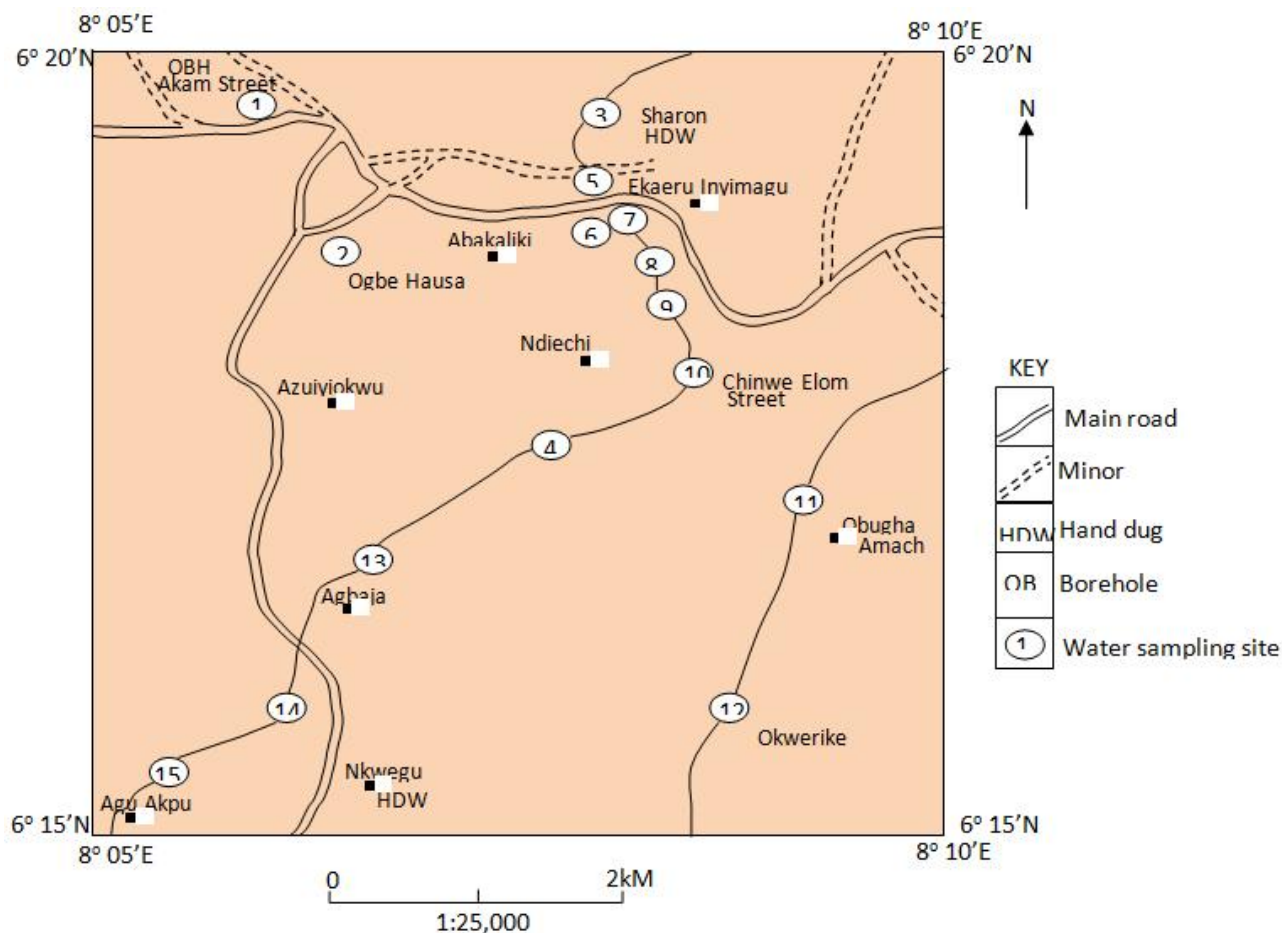


FIGURE 2: MAP SHOWING SAMPLES COLLECTION SITES AND LOCATIONS

4 RESULTS AND DISCUSSIONS

4.1 PHYSICAL PARAMETERS

Physical parameters include pH (H^+ concentration), turbidity; electrical conductivity and colour. The pH of groundwater in the study area ranges from 6.1 to 6.7, while that of shallow hand-dug well ranges from 6.8 to 7.0. This indicates that the water is slightly neutral in most places. The pH fall within the permissible standard for the WHO guideline for drinking water which is between 6.5-8.5. as shown in Fig.3. The turbidity of the groundwater sample in the area ranges between 5-8 mg/l, and that of hand-dug well ranges between 5-6 mg/l. By the WHO standard (2011) turbidity, exceeding 5mg/l is not good for domestic use. Therefore, majority of the available water sources in the area are considered turbid. The conductivity of groundwater samples ranges between 0.12-10 S/m. This conductivity does not exceed the WHO standard. It is worthy of note that conductivity in the area decreases away from the shallow depth water.

TABLE 1: RESULTS OF PHYSICAL PARAMETERS IN SOME OF THE WATER SAMPLES ANALYZED

Sample location	Sample No	Temperature (°C)	pH	Turbidity (mg/l)	Electrical Conductivity (S/m)
Ogbe Hausa	CAP/02	27	6.1	5	0.18
Okwerike	CAP/04	26	6.8	7	0.11
Sharon (HDW)	CAP/05	26	6.8	6	0.19
Amachi P/g	CAP/06	26	6.8	6	0.19
Azuiyinkwu	CAP/11	26	7.0	5	0.12
Cas Cpd	CAP/14	26	6.7	9	0.13

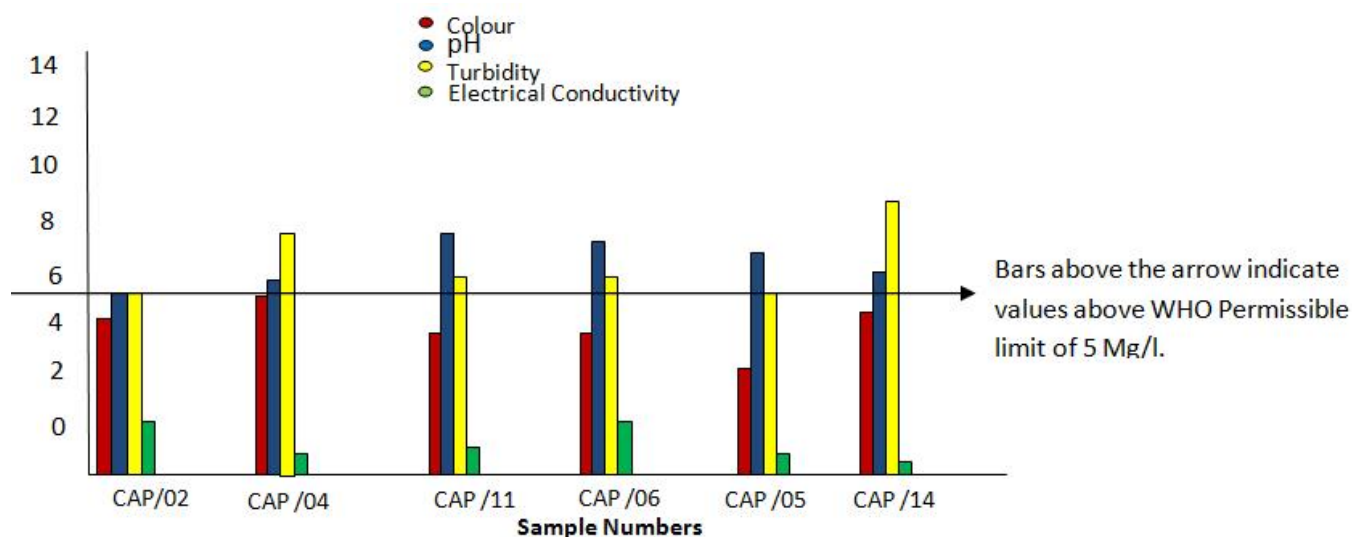


FIGURE 3: DISTRIBUTION OF PHYSICALS PARAMETERS IN GROUND WATER OF ABAKALIKI AND ENVIRONS

4.2 CHEMICAL PARAMETERS

Studies of the various water samples showed that silver has its maximum concentration value of 0.08mg/l at location 11, (Azuiyokwu) and minimum concentration of 0.02mg/l at location 12, (Nkwagu).

Places such as locations 04 (Okwerike), location 06; (Amachi) and location 01 (Akam Street) show significant decrease in concentration levels from 0.0mg/l to 0.03mg/l. The results indicated that the sampled water are safe for domestic use and are in compliance with WHO (2011) standard for drinking water. The concentration of nickel in the borehole analysed are low on account of the values recorded in Okwerike, Agbaja and Azuiyokwu. These areas have concentrations of 0.10 mg/l, 0.01 mg/l and 0.01 mg/l respectively and were within the WHO standard for drinking water. The concentration of copper in the study area ranges from 0.01mg/l (24 Waterworks road) to 0.04 mg/l (Nkwagu). These results indicate that most of the areas studied has concentration levels that are in accordance with WHO (2011) permissible standard for drinking water. Reports from the study reveals that barium has minimum concentration levels from 0.10mg/l to 0.80 mg/l. This implies that places like Okwerike, Agbaja, Amachi and Chinwe Elom Street has concentrations that are safe for domestic use. Manganese levels recorded in the borehole analysed are moderately low (0.10mg/l - 0.15mg/l). It has its maximum concentration level of 0.15mg/l at Building Materials, this slight increase is as a result of the exposure of the groundwater sources to metallurgical influences from electric welders, cement stores and pipes (galvanized) packed indiscriminately at the market surroundings. Wells exploited in this vicinity are susceptible to contamination due to the presence of these induced human factors. Cadmium concentration from the study area maintain variability level from 0.11mg/l to 0.14mg/l. These concentrations are reflections from the results of locations 02 (Ogbe Hausa Quarters), 06 (Amachi Community Primary School). This indicates that such places are moderately contaminated and not fit for human and domestic uses. The concentrations of lead from the study area ranged from 0.02mg/l to 0.08mg/l. This implies that water sources in the area has higher concentration that are far above WHO (2011) standard which indicate a permissible value of 1.0mg/l.

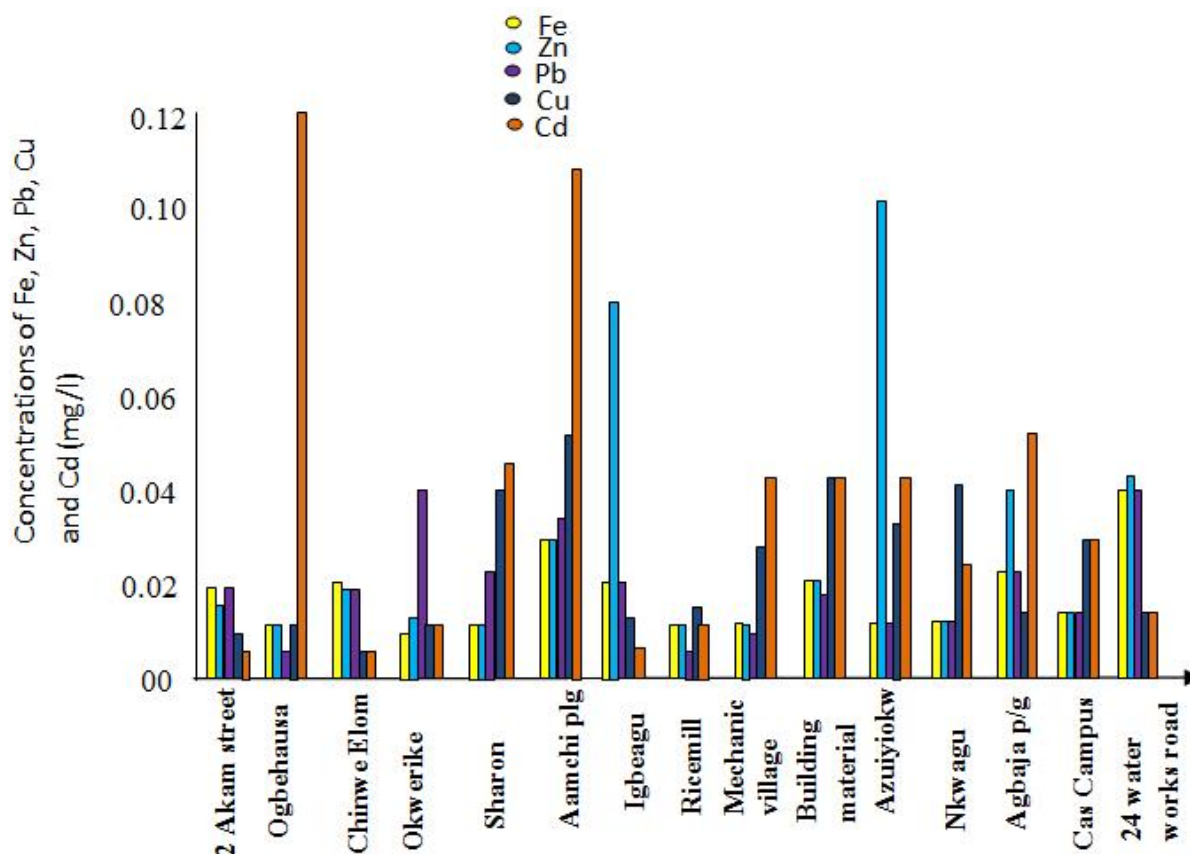


FIGURE. 4: DISTRIBUTION OF IRON, ZINC, LEAD, COPPER AND CADMIUM IN GROUND WATER OF ABAKALIKI AND ENVIRONS

TABLE 1: CONCENTRATION OF CHEMICAL CONSTITUENT IN BOREHOLE WATER SAMPLE ANALYSED

Borehole location	Borehole Depth (feet)	Sample No	Appearance	Colour	Odour	Q/ taste	Temp. °C	EC	Turbidity	Mn	Co	Ni	Ba	Ag	pH
2 Akam street	6.0	CAP/01	C	C	un obj	Obj	27°	0.18	7	0.02	0.03	0.03	0.06	0.01	7.0
Ogbe Hausa	8.20	CAP/02	C	C	un obj	Un obj	27°	0.18	5	0.03	0.08	0.05	0.07	0.03	6.1
Chinwe Elom street (Hiitop)	6.40	CAP /03	C	C	un obj	Obj	27°	0.19	6	0.07	0.06	0.02	0.10	0.01	6.8
Amachi pls	6.20	CAP /06	C	C	un obj	Obj	25°	0.12	8	0.08	0.05	0.10	0.09	0.03	6.4
Igbeagu	9.00	CAP /07	C	C	un obj	Obj	25°	0.16	7	0.03	0.06	0.04	0.02	0.02	6.7
Rice mill	8.70	CAP /08	C	C	un obj	Obj	27°	0.15	6	0.01	0.04	0.05	0.23	0.05	6.8
Mechanic village	4.20	CAP /09	C	C	un obj	Obj	26°	0.10	6	0.08	0.04	0.05	0.05	0.01	6.9
Building Material	7.10	CAP /10	C	C	un obj	Obj	26°	0.15	7	0.15	0.02	0.02	0.03	0.04	6.8
CAS CPD	6.8	CAP /14	C	C	un obj	Obj	26°	0.13	7	0.06	0.02	0.03	0.08	0.04	6.7
24 Water works	5.00	CAP /15	C	C	un obj	Obj	25°	0.17	8	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	6.8

KEY: Obj = Objectionable, Unobj = Unobjectionable, Nc = Not Clear, C = Clear

TABLE 2: CONCENTRATION OF CHEMICAL CONSTITUENT IN BOREHOLE WATER SAMPLE ANALYSED

Borehole location	Borehole Depth (feet)	Sample No	Appearance	Colour	Odour	Q/ taste	Temp°C	EC	Turbidity	Fe	Zn	Pb	Cu	Cd	pH
2 Akam street	6.0	CAP/01	C	C	un obj	obj	27°	0.18	7	0.02	0.01	0.03	0.04	0.02	7.0
Ogbe Hausa	8.20	CAP/02	C	C	un obj	Un obj	27°	0.18	5	0.01	0.04	0.01	0.01	0.11	6.1
Chinwe Elom street (Hiitop)	6.40	CAP /03	C	C	un obj	obj	27°	0.19	6	0.02	0.02	0.02	0.05	0.04	6.8
Amachi pls	6.20	CAP /06	C	C	un obj	obj	25°	0.12	8	0.03	0.01	0.08	0.05	0.14	6.4
Igbeagu	9.00	CAP /07	C	C	un obj	obj	25°	0.16	7	0.02	0.05	0.07	0.01	0.01	6.7
Rice mill	8.70	CAP /08	C	C	un obj	obj	27°	0.15	6	0.01	0.03	0.03	0.01	0.02	6.8
Mechanic village	4.20	CAP /09	C	C	un obj	obj	26°	0.10	6	0.01	0.05	0.01	0.04	0.04	6.9
Building Material	7.10	CAP /10	C	C	un obj	obj	26°	0.15	7	0.02	0.01	0.02	0.04	0.04	6.8
CAS CPD	6.8	CAP /14	C	C	un obj	Obj	26°	0.13	8	0.01	0.01	0.01	0.03	0.04	6.7
24 Water works	5.00	CAP /15	C	C	un obj	obj	25°	0.17	8	0.04	0.02	0.04	0.01	0.02	6.8

Striked values are values above World Health Organization (2011) permissible standards.

KEY: Obj = Objectionable, Unobj = Unobjectionable, Nc = Not Clear, C = Clear

5 SUMMARY AND CONCLUSIONS

Water contamination is generally considered to occur where contaminants attain concentration levels that are considered to be objectionable. Based on the results analyzed, numerous sources of water contamination exist in the study area, some of the point sources are the dumped chemical wastes from Ebonyi State Fertilizer Plant (Azuebonyi) and Rice milling factory where rice husk/cluster are evacuated. Results showed that cadmium and lead contents of the boreholes closer to the rice husk exceeds the objectionable limit at the sample site. Water samples collected at locations, 09, (Mechanic Village), 03 (Chinwe Elom street) and 014 (Cas Compound) and those collected at location 06 (Amachi) and 02 (Ogbe Hausa) has concentration levels that are above World Health Organization (WHO, 2011) permissible standard guideline. These points must be treated before there are safe for domestic uses. Physical parameters obtained from the analysis such as pH and turbidity reveal that the water is slightly neutral to fairly acidic in most places. Turbidity at some areas are far above the WHO (2011) recommended Standard for drinking water. At Ogbe Hausa and Mechanic village site, human pollution is the potential source of these contamination because human used solid and semisolid wastes from the environment are disposed indiscriminately near the water course, hence the groundwater near such area are contaminated. Results equally indicate that mineral ores such as carbonate ores embedded in the rock units hosting the groundwater are medium of contamination since some has metal loads that are above WHO requirements. Geologic investigations showed that Abakaliki shales and sandstone aquifers hosts majority of the heavy metal load concentration which made some groundwater here unsafe and requires treatments before domestic use.

6 RECOMMENDATION

Water quantity is as important as its quality. Based on observations from this study, proper sewage disposal system should be provided and upheld in the study area and this will minimize the rate and distribution of chemical constituents, which emanate from sewage disposal. Further geochemical investigation should be conducted before boreholes are sited in these areas. This will reduce the incidence of any outbreak of water borne diseases. Finally, small-scale reservoir (concrete tanks) could be built near the boreholes. The groundwater would be firstly pumped into such systems and allowed to aerate to reduce the high concentration of dissolve constituents before domestic use. The use of PVC pipes where appropriate would alleviate the problem of corrosion of galvanized pipes.

ACKNOWLEDGMENT

I sincerely wish to appreciate my project supervisor Dr. P. N. Nnabo the Head of Department of Geology for his effort towards making this article a reality and also supervising this research work. My profound gratitude goes to Dr. P.O Aghamelu, Obasi. P.N. and Moses, Oghenenyoreme Eyankware currently a (Ph.D) student in Applied Geophysics of the department of geology, faculty of science Ebonyi state university, Abakaliki. Ebonyi state Nigeria.

REFERENCES

- [1] Agagu, O.K. and Ekweozor, C.M. (1982). Source Rock Characteristics of Cenonian Shales in the Anambra Syncline, Southern Nigeria. *Journal Mining Geology* Vol., 19, No2, pp 52-61.
- [2] Akpah F. A and Ezeigbo H. I. (2010). Hydrogeochemical investigation on groundwater in Itakpe, Central Nigeria. *Water Resources*, 20(2):72 - 80
- [3] Edet, A.E. (1993). Groundwater Quality Assessment in Part of Eastern Niger Delta, Nigeria, *Environmental Geology*. Vol., 22. pp 11-56.
- [4] Egboka, B. C. E, and Ezeonu, F.C. (1990). Nitrate and nitrite pollution and contamination in *parts of South Eastern Nigeria*. *Water Resources Journal of Hydrogeologists* Vol., 2 pp. 101-110.
- [5] Egboka, B. C. E, Anike, L.O., and Olushola, I. (1993) Potentials for Environmental Pollution/Contamination of Lead-Zinc Areas of Nigeria. *Journal of Mining and Geology*, Vol., 11, pp. 17-19.
- [6] Etu-Efeotor, J.O. (1998). Hydrogeochemical analysis of surface and groundwater of Gwagwalada area of central Nigeria Vol., 2 pp 16-21.
- [7] Freeze, R.A., and Cherry, J. A. (1979). *Groundwater*. Pentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. pp.25-26.
- [8] Grant, N. K. (1971). The southern Atlantic, Benue Trough and Gulf of Guinea Cretaceous Triple junction: *Geological Society of America Bulletin*, Vol., 82, pp. 1295-2298.
- [9] Inyang, P.E.B. (1975). Climate regions. In: Ofomata, G.E.K (ed). *Nig. in maps*; Eastern Staets. Ethiope Publishing House, Benin. pp. 28-.
- [10] Kogbe, C. A. (1976). Paleogeographic History of Nigeria from Albian times. In Kogbe C. A (ed) *Geology of Nig*. Elizabeth Publishers Lagos pp. 237-252.
- [11] Moses. O Eyankware and Philip. N. Obasi, (2014), Physico-chemical analysis of water resources in selected part of Oji River, Enugu state south eastern Nigeria. *International Journal of Innovation and Scientific Research*. Vol. 10 No. 1pp. 171-178.
- [12] Offodile, M. E. (2002). Hydrogeochemical Interpretation of Middle Benue and Abakaliki Brine Fields, *Journal of Mining Geological* Vol., 13 No 2 pp 23.
- [13] Reymont, R. A. (1965). *Aspect of Geology of Nigeria*. Ibadon University press Ibadan. pp. 1-45.
- [14] UNICEF, (2010). Borehole Records for parts of Imo State and Anambra state, Nigeria WATSAN programme. Ohaozara, Ishielu and Abakaliki Unpublished.
- [15] WHO (World Health Organization). (2011). *Guideline for drinking water quality recommendations*. Vol., 1 Genus, Switzerland pp 289-304.

Wearable Biosensor Technologies

Mark Tamsin

Department of Biomedical Engineering,
University of Bridgeport,
Bridgeport, CT 06604, USA

Copyright © 2015 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 to review the various technologies behind wearable biosensors and where there are areas for improvements to be made. The theoretical foundation of this paper was formed by conducting a comprehensive literature review on wearable biosensors. There are three main biosensor technologies that are presented in this paper. The three main wearable biosensor technologies that are most prominent include accelerometers and motion sensors, biochemical sensors, and photoplethysmographic sensors. The empirical research that was used is limited to 15 papers from relevant conferences and journals associated with the medical device industry. Wearable biosensor technologies clearly have several clinical applications that make them one of the most appealing tools in the medical device industry. This paper illustrates that wearable biosensor technologies definitely have the capability to make a significant impact on the medical device industry because of their compact and diverse nature.

KEYWORDS: Wearable Biosensors, Wearable Biochemical sensors, Photoplethysmographic Sensors, Accelerometers, Biosensor Technologies.

1 INTRODUCTION

Wearable biosensors have many types of clinical applications. Some of their current capabilities include physiological, biochemical, and motion sensing for both diagnostic and monitoring applications [1]. They can also play a major role in the treatment of chronic diseases by contributing information for precise titration of therapy or detecting patient compliance lapses [2]. Wearable biosensors have the potential to revolutionize healthcare through low-cost and pervasive physiological monitoring. The continuous and noninvasive measurements of cardiovascular functions help to promote healthy lifestyles, monitor for cardiovascular catastrophes, and determine the impact of clinical interventions [3]. It is their ability to comfortably and continuously monitor cardiovascular activity for long periods of time outside the clinical setting that is most appealing.

The influence of motion artifacts must be taken into consideration during the design and placement of wearable biosensors for them to be practical and effective in the field. They should be unobtrusive and comfortable to wear, lightweight, robust, and provide reliable sensor attachment [3]. In addition, other design considerations should include compactness, stability of signal, motion and other disturbance rejection, durability, data storage and transmission, and low power consumption [2]. These devices must be able to be worn by people just like regular clothing, but still be capable of performing their desired functions [4]. It is important for wearable biosensors to address these design needs in order for them to have the versatility for multiple clinical applications.

There are several types of technologies utilized by wearable biosensors. This paper will detail three prominent mechanisms applied by these devices, which are accelerometers and motion sensing, biochemical sensors, and photoplethysmographic sensors. Accelerometers have a practical application for determining physical activity because of the linear relation between motion close to the body's center of mass and energy expenditure [5]. This relationship enables these types of devices to be suitable for physical therapy and rehabilitation applications. Accelerometers can be used in

conjunction with other biosensors to measure exercise routines and fitness regimens as well. They are especially valuable when combined with wireless heart rate and electrocardiogram (ECG) monitoring [5], [6], [7].

Biochemical sensors have a variety of clinical applications due to their extreme flexibility and versatility. They are capable of real-time on-body monitoring of chemical constituents, which can yield significant additional insights into the overall health status and performance of individuals when compared to that obtained by monitoring physical variables alone [8]. These types of sensors can be utilized for non-invasive sweat monitoring through epidermal tattoo potentiometric sodium sensors with wireless signal transduction [8]. Also, they are used for one-point wireless ECG acquisition with flexible polydimethylsiloxane (PDMS) electrodes [9]. Similarly, we can apply the same principles for an optical fiber biosensor consisting of polyacrylamide (PAAM) hydrogel to measure EEG signals and lead to contactless electrodes [4].

Photoplethysmographic sensing technology is commonly used for wearable biosensors because of its noninvasive nature and reliable accuracy. These types of sensors can be compact and efficient, which is clearly evident by the wearable photoplethysmographic ring sensor for mobile monitoring [2]. This mechanism has been reduced to an even smaller scale with the development of magnetic earring biosensors integrated with wireless earpieces used to measure heart rate and ECG [3]. Also, the technology has been expanded to be used in conjunction with smart phones for continuous mobile vital sign monitoring through wearable photoplethysmographic biosensors [10]. Photoplethysmography has several prominent clinical applications and it has been further developed with biosensors to increase mobility and convenience.

It is clearly evident that accelerometers and motion sensing, photoplethysmographic sensors, and biochemical sensors are three of the main technologies behind wearable biosensors. There has been a significant amount of research already conducted in this area of interest, and this paper will present and analyze some of the current applications of these types of sensors. The feedback that is presented will illustrate that there is always room for refinement in any design especially those dealing with the medical device industry. It is quite obvious that the world of biosensors is a constantly evolving field, and the more noninvasive they can be made will be beneficial to their clinical significance. The principle of patient safety must always be taken into consideration when reviewing any medical device design.

2 RESEARCH METHOD

The research in this paper concentrates on the different technologies used by wearable biosensors. There are three main technologies that are presented, which include accelerometers and motion sensors, biochemical sensors, and photoplethysmographic sensors. The theoretical foundation behind this paper was built around the review of current journal and conference papers dealing with wearable biosensors. This type of review-centric approach is necessary in order to gain a better understanding of the field of interest and the current state of its technology. Once we become familiar with the work and opinions of the experts in the area of study, then we can form our own ideas and conclusions based on our interpretation of the information. Also, we must be aware of the latest technology in the field in order to have a firm grasp on what is considered state of the art. We can produce the most significant contribution and offer any new insight into the area of study from this style of approach.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Table 1. Wearable Biosensor Technologies

Accelerometers and Motion Sensors	Reference
Accelerometer with ECG necklace	[5]
Accelerometer and wireless heart rate monitor	[6]
Motion sensor algorithm	[7]
Biochemical Sensors	
Epidermal tattoo potentiometric sodium sensor	[8]
Flexible PDMS electrode	[9]
Flexible thick-film glucose biosensor	[11]
Hydrogel-based (PAAM) photonic sensor	[4]
Textile based patch with optical detection system	[12]
Knitted fabric biocloth	[13]
Ion-selective electrodes	[14]
Photoplethysmographic Sensors	
Photoplethysmographic ring sensor	[2]
Photoplethysmographic biosensors with smart phones	[10]
Photoplethysmographic ECG magnetic earring and wireless earpiece	[3]
Photoplethysmographic biosensors with Galvanic skin response	[15]

3.1 ACCELEROMETERS AND MOTION SENSORS

The various wearable biosensor technologies and applications that will be reviewed in this paper are shown in Table 1. There has been significant research conducted involving the use of accelerometers and motion sensing with biosensors. Wearable accelerometers and heart rate sensors have been widely used to monitor physical activity and estimate energy expenditure [5]. The growing interest in physical activity and energy expenditure is due to their role in the relationship between human behavior and health status. It has been proven that cardiorespiratory fitness is the main reason behind individual heart rate fluctuation during physical activity. An individual with high cardiorespiratory fitness will have a lower heart rate during physical activity, compared to that of an individual with low cardiorespiratory fitness [5]. The research shows that through the implementation of a wireless ECG necklace along with a three-axial accelerometer and an indirect calorimeter, we can successfully measure energy expenditure from a normalized heart rate measurement that factors in cardiorespiratory fitness of the individual [5]. The heart rate can be normalized to factor in cardiorespiratory fitness by taking measurements from different individuals during a constant workload.

A similar approach was taken with heart rate monitoring involving dynamic movements. We know that it is important to monitor heart rate variability with physical activity because it is a vital indicator of cardiac status [6]. The research conveys that a wearable system can be developed to simultaneously monitor heart rate and body accelerations, which consists of a wireless triaxial accelerometer, wireless heart rate monitor, 12bit A/D converter, and microcontroller with Bluetooth stack [6]. This system was used to collect data from various subjects that would remain still at first for heart rate stabilization, and then perform activities like lying, standing, sitting, walking, running, and falling. The triaxial accelerometer was worn on the waist by each individual in a belt and the heart rate monitor was attached to their chest. The output voltage of each axis generated by the accelerometer was calculated and the acceleration data as well as the mean heart rate values were transmitted to a personal computer for data analyses [6]. Also, the heart rate is derived from a precordial ECG lead and is commonly estimated by the inverse of the time interval between the peaks of adjacent R waves in the ECG [6].

There is much research regarding the effectiveness of physical therapy sessions and how they can be improved. The evaluation of the individual exercises during the therapy sessions is crucial to accurately assess this effectiveness. The research proposes a multi-template multi-match dynamic time warping (MTMM-DTW) algorithm as a natural extension of DTW to detect multiple occurrences of more than one exercise type by using wearable motion sensors [7]. The motion sensors are small and lightweight so that they do not affect any movements, which enable a specialist to record reference templates for each exercise. The system then compares these detected movements with the templates recorded while under supervision, and quantifies their similarity as part of the evaluation process [7]. The wearable motion sensors consist of three

tri-axial devices: an accelerometer, a gyroscope, and a magnetometer that are all positioned to capture leg and arm movements only. These sensors can be freely configured for each exercise and template, but the same configuration should be used during the recording of the templates that is used while exercising [7].

3.2 BIOCHEMICAL SENSORS

The integration of biochemical sensors into the wearable biosensor technology has become much more prominent within the last ten years. The research describes the application of an epidermal temporary-transfer tattoo-based potentiometric sensor coupled with a miniaturized wearable wireless transceiver for non-invasive sweat monitoring [8]. It has been proven that the monitoring of sodium in human sweat reflects electrolyte imbalance, which is a good indicator of our general health status and well-being. There is an obvious need for a wearable device that quantifies the real-time transient sweat sodium concentrations and could alert the individual about their electrolyte loss and the subsequent need for electrolyte replenishment [8]. The epidermal tattoo sodium ion-selective electrode sensor was fabricated through the amalgamation of thick film, laser printing, solid state potentiometry, fluidics, and tattoo-transfer technologies [8]. The research shows that this type of sensor displays a rapid near-Nernstian response with negligible carryover effects, and good resiliency against various mechanical deformations experienced by the human epidermis [8].

A related approach was taken for the application of flexible poly-dimethylsiloxane (PDMS) electrodes in wireless ECG monitoring. The research presents a novel flexible PDMS dry electrode (FPDE) that is constructed with gold as a contact layer is bio-compatible with skin and PDMS [9]. It has been proven that the gold adhesion strength on PDMS surfaces can be deteriorated by metal deposition, so this type of electrode surface was treated with a carbon dioxide laser to increase the surface roughness from nm to μm scale, allow for gold to be stably adhered by physical deposition and patterning, and increase the adhesion ratio up to 57% [9]. The FDPE was used in conjunction with a wireless ECG acquisition circuit that consisted of four parts: front-end amplifiers, filters, wireless transceivers, and a power supply. In addition, the FDPE has an integrated instrumentation amplifier, wireless transmission module with an integrated 12-bit analog-to-digital converter, voltage regulator to amplify and filter the ECG signals, and a preamplifier band-pass filter was embedded into the circuit board for ECG acquisition [9]. The combination of all of these components enables the device to easily communicate with a computer, which provides a suitable solution for mobile ECG acquisition applications.

A similar approach was taken for the development of flexible screen-printed electrodes (SPE). This type of technology can be utilized for glucose biosensors, which have an obvious application in the management of diabetes. The screen-printing technology involves printing patterns of conductor and insulators onto the surface of planar substrates in which different conducting and insulating ink materials can be used for this task in connection to rigid (ceramic) or flexible (plastic) substrates [11]. The development of wearable and flexible screen-printed biosensors requires proper attention to be paid to the influence of mechanical stress that may be induced from bending during daily activities on both the electrochemical behavior and sensor performance [11]. The research examines this mechanical influence on the amperometric biosensing of flexible glucose oxidase (GOx)/Nafion-coated SPE [11]. It has been proven that these types of sensors operate well following a severe bending-induced mechanical stress, and actually display a substantial sensitivity enhancement following their mechanical bending [11]. However, this sensitivity enhancement is observed only for the amperometric detection of glucose substrate and not for measurements of hydrogen peroxide, catechol, or ferrocyanide at coated or bare SPE [11]. The research conveys that the bending effect is associated primarily with changes in the biocatalytic activity, and the sensitivity enhancement is more pronounced at elevated glucose levels [11].

A similar application involves the implementation of polyacrylamide (PAAM) hydrogel for an optical fiber biosensor used in the acquisition of electroencephalogram (EEG) signals. The mechanism behind this technology involves the use of a bioelectric signal to drive an electro-optic material or device that will manipulate light and change its properties, which gives origin to an optical signal that is converted into the original EEG signal [4]. The research presents a new type of photonic sensor for a wearable brain cap to record the scalp electrical signals and enable the possibility of a contactless record of EEG [4]. This type sensor must measure biopotential and be comfortable to wear, so the reference electrode was placed on the back of the neck for optimum results. The main functional stages of the sensor are optical signal generation, control and modulation, and detection in which the modulated light is guided to a photodetector for measurement [4]. This light property modification observed is proportional to the actual biopotential that enables the translation of this result into a biopotential recording [4]. The PAAM hydrogel was used as the sensing component because an input light that is passed through this hydrogel will experience modifications, not only regarding the refractive index, but also the amount of light that is transmitted back to the photodetector [4].

An analogous approach was taken for the development of a textile based patch biosensor with an integrated optical detection system for sweat monitoring. It has been proven that sweat contains very rich information about the physiological

condition of an individual because it contains a matrix of essential ions and molecules [12]. Also, sweat analysis is known to be used to identify pathological disorders like cystic fibrosis and real-time sweat analysis during exercise can give valuable information on dehydration as well as changes in the amounts of these biomolecules and ions [12]. The research conveys that a sweat collecting fluid handling platform using fabrics with inherent moisture wicking properties can provide this real-time analysis by incorporating a passive pump to gather sweat and move it through a pre-defined channel for analysis [12]. A colorimetric approach was used for sweat pH measurement involving a pH sensitive dye that changes color depending on the pH of the sweat, and this color change was detected by diffuse reflectance measurement using an emitter-detector LED technique [12]. The quantitative pH measurements were obtained by a paired emitter-detector dual LED configuration in which the detector LED is reverse biased at a specific voltage, and the photocurrent generated upon incident light then discharges the LED at a rate that is proportional to the intensity of light reaching the detector [12].

A related approach involves the application of knitted fabric bioclothes for cardiopulmonary monitoring. We know that there is an obvious need for the continuous remote monitoring of patient vital signs in order to improve initial clinical treatment and their rehabilitation process. The research proposes a system with conductive and piezoresistive materials in the form of fiber and yarn that are used to realize clothes where knitted fabric sensors and electrodes are distributed and connected to an electronic portable unit capable of detecting, acquiring and transmitting physiological signals [13]. This knitted fabric platform contains insulated conductive tracks connected with sensors and electrodes in which there are cloth strain fabric sensors based on piezoresistive yarns and fabric electrodes realized with metal based yarns to enable the realization of wearable and wireless instrumented garments capable of recording physiological signals [13]. The sensitive garment can be wirelessly integrated with the WEALTHY monitoring system in order to process and analyze the patient physiological data remotely [13].

Another approach taken has to do with the application of ion-selective electrodes (ISE) in environmental monitoring and wearable sensors. It has been proven that ISEs are electrochemical sensors that offer an easy-to-use and cheap tool for the analysis of several ions found in natural waters and bodily fluids [14]. These types of sensors can be utilized in the analysis of electrolytes in real blood samples as well as sweat, saliva, and other interstitial fluids needed for point-of-care and self-diagnostics [14]. The research details solid-contact ISEs (SC-ISEs) in which the internal reference electrode and the inner filling solution are replaced by a solid material which should be nonpolarizable upon the input current of the measuring amplifier and have suitable redox and ion-exchange properties [14]. Ultra-microelectrodes (UMEs) were also discussed in the research as a method to miniaturize ISEs, but they may cause lower potential stability because of smaller redox or double-layer capacitances, leakage of membrane components, adherence and exfoliation of membranes [14].

3.3 PHOTOPLETHYSMOGRAPHIC SENSORS

There has been significant research regarding photoplethysmographic sensors as part of the wearable biosensor technology. One approach involves the application of a photoplethysmographic ring sensor for mobile monitoring. It has been proven that this ring sensor is capable of reliably monitoring a patient's heart rate, oxygen saturation, and heart rate variability [2]. We know that the finger is one of the best places for sensor attachment because its primary vasculature is located near the surface and therefore makes it optimal for monitoring arterial blood flow using noninvasive optoelectronic sensors [2]. However, this type of sensor must be able to eliminate front-end signal artifact that can be attributed to fluctuation in the amount of photon absorption from nonpulsatile physiological components as well as the exposure to diverse ambient lighting conditions to improve overall signal quality [2]. The research presents a prototype that contains an optical sensor unit, analog and digital processing units, RF transmitter, all of which are encapsulated in a compact body and powered by a tiny cell battery used for wristwatches [2]. In addition, the ring has a PIC microcomputer that performs all the device controls and low-level signal processing, including LED modulation, data acquisition, filtering, and bi-directional RF communication [2]. The research also details subsequent prototypes with design improvements intended to address specific difficulties such as motion artifact resistance and accuracy, lower power consumption, local pressurization, and motion detection [2].

A similar approach was taken for the integration of a smart phone platform with photoplethysmographic biosensors for continuous health monitoring. It is clearly evident that the popularity of smartphones with their open operating systems provides a powerful platform for developing very low-cost personalized healthcare applications [10]. The research details this platform that is made up of three key elements: the wearable biosensor, the controller for the biosensor, and the mobile monitoring unit [10]. The wearable photoplethysmographic biosensor has Bluetooth communication capability and monitors the following physiological signals: pulse rate, breathing rate, oxygen saturation (SpO₂), and obstructive sleep apnea (OSA) prediction [10]. These signals are determined through the implementation of signal processing algorithms such as Fast Fourier Transform (FFT) and Discrete Fourier Transform (DFT) in the Java based mobile phone software interface [10]. Also,

the system has three different operating modes consisting of OSA monitoring, general mode, and simple mode. The OSA mode estimates the likelihood of OSA and reports the results to the user, while general mode and simple mode measure the pulse rate, breathing rate, and SpO2 so that they can be either displayed graphically or numerically [10].

A related approach was taken for the development of a magnetic earring sensor and wireless earpiece designed for photoplethysmographic ECG monitoring. It has been proven that the earlobe is an attractive measurement site because it has a rich arterial supply and is less affected by motion than other extremities [3]. The research presents an earring sensor consisting of a nickel-plated neodymium magnet insulated with electrical tape on both sides, and serves as the substrate for mounting a reflective photosensor on one side as well as a three-axis accelerometer on the other to perform adaptive noise cancellation (ANC) [3]. Also, the reflective photosensor is made up of a phototransistor and an infrared (IR) LED in a single package with a layer of epoxy applied around it to protect the wire connections and stabilize the sensor [3]. The earring sensor can be worn against one side of the earlobe by attaching another neodymium magnet to the opposite side since they are strong enough to hold the sensor in place even in the presence of motion [3]. The reflective photosensor shines an IR light into the earlobe and measures the amount of light reflected from the subcutaneous blood vessels in which changes in the amount of reflected light indicate the timing of cardiovascular events during the cardiac cycle [3]. The entire system was designed to fit into a standard Bluetooth wireless earpiece because of its increasing popularity and overall acceptance of these communication devices [3].

Another approach involves the development of wearable photoplethysmographic biosensors as part of stress level analysis for automotive drivers. It has been proven that task induced modifications in rhythms of physiological signals acquired during real-time driving are clinically proven hallmarks for quantitative analysis of stress and mental fatigue [15]. It is important in a real-time driving scenario to detect the incremental changes in emotions as well as the fatigue and stress level of the driver [15]. The research proposes a multimodal sensor-compute infrastructure consisting of a body-worn clip-on pulse oximeter, abdominal respiration belt, and Galvanic Skin Response (GSR) Velcro electrodes [15]. We know that GSR signal is induced and triggered as a result of occurrence of stressful events, but is not as versatile as photoplethysmography because of its ability to extract multiple parameters like heart rate, SpO2, and respiration rate [15]. The acquisition of these various physiological signals requires extensive signal processing techniques in order to extract any clinically significant data. These signals are then used in conjunction with an artificial neural network (ANN) to classify various driver stress states during different scenarios.

4 CONCLUSIONS

It is clearly evident that accelerometers and motion sensors, biochemical sensors, and photoplethysmographic sensors are the most prominent wearable biosensor technologies. We know that each of these technologies has specific challenges that need to be addressed during the sensor design process. Accelerometers and motion sensors require the integration of another wearable physiological monitoring device as well as some type of computer software interface equipped with specific algorithms for signal manipulation and analysis. Biochemical sensors have more complex requirements concerned with the biocompatibility and other chemical properties of the human body. There must not only be consistent sample delivery to the active surface of the sensor, but also the long term stability of the sensing interface. In addition, low sample detection limits that require cumbersome and repetitive sensor calibration are other common issues. There are multiple environmental factors that must be considered including the sample having active interferences to overcome and biofouling in the joint of the sensor. Photoplethysmographic sensors have the motion artifact challenge that needs to be addressed in order to ensure optimum signal quality. These types of sensors must deal with the fluctuation in light absorption from the exposure to various ambient lighting conditions as well. We know that all of these sensors must be comfortable and compact enough so that they can be worn everyday just like regular clothing. It is from this perspective that we must always take the overall safety of the patient into account during the sensor design process. The overall accuracy of accelerometers and their integration with physiological monitoring definitely could be addressed in the future to improve precision and effectiveness. The extreme versatility and flexibility of biochemical sensor applications make them always a candidate for further investigation and analysis. There may be more efficient methods to attenuate the effects of diverse ambient lighting conditions on photoplethysmographic sensors. It is quite obvious there is a need for additional research into developing more technologies involving wearable biosensors because of their significant appeal for mobile monitoring in the medical device industry. This will provide us with even more methods to effectively monitor patients and provide healthcare practitioners with additional tools at their disposal.

REFERENCES

- [1] Patel, S., et al., *A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation*. Journal of neuroengineering and rehabilitation, 2012. **9**(1): p. 21.
- [2] Asada, H.H., et al., *Mobile monitoring with wearable photoplethysmographic biosensors*. Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE, 2003. **22**(3): p. 28-40.
- [3] Ming-Zher, P., N.C. Swenson, and R.W. Picard, *Motion-tolerant magnetic earring sensor and wireless earpiece for wearable photoplethysmography*. Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on, 2010. **14**(3): p. 786-794.
- [4] Fernandes, M.S., et al., *Hydrogel-based photonic sensor for a biopotential wearable recording system*. Biosensors and Bioelectronics, 2010. **26**(1): p. 80-86.
- [5] Altini, M., J. Penders, and O. Amft. *Personalizing energy expenditure estimation using a cardiorespiratory fitness predicate*. in *Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), 2013 7th International Conference on*. 2013.
- [6] Yaofeng, W., Y. Rong, and C. Yuquan. *Heart rate monitoring in dynamic movements from a wearable system*. in *Medical Devices and Biosensors, 2008. ISSS-MDBS 2008. 5th International Summer School and Symposium on*. 2008.
- [7] Yurtman, A. and B. Barshan, *Automated evaluation of physical therapy exercises using multi-template dynamic time warping on wearable sensor signals*. Computer Methods and Programs in Biomedicine, 2014. **117**(2): p. 189-207.
- [8] Bhandodkar, A.J., et al., *Epidermal tattoo potentiometric sodium sensors with wireless signal transduction for continuous non-invasive sweat monitoring*. Biosensors and Bioelectronics, 2014. **54**(0): p. 603-609.
- [9] Chen, C.-Y., et al., *Flexible PDMS electrode for one-point wearable wireless bio-potential acquisition*. Sensors and Actuators A: Physical, 2013. **203**(0): p. 20-28.
- [10] Lam, S.C.K., et al., *A smartphone-centric platform for personal health monitoring using wireless wearable biosensors*, in *Proceedings of the 7th international conference on Information, communications and signal processing*. 2009, IEEE Press: Macau, China. p. 192-198.
- [11] Chuang, M.-C., et al., *Flexible thick-film glucose biosensor: Influence of mechanical bending on the performance*. Talanta, 2010. **81**(1-2): p. 15-19.
- [12] Morris, D., et al., *Bio-sensing textile based patch with integrated optical detection system for sweat monitoring*. Sensors and Actuators B: Chemical, 2009. **139**(1): p. 231-236.
- [13] Paradiso, R., et al. *Knitted bioclothes for cardiopulmonary monitoring*. in *Engineering in Medicine and Biology Society, 2003. Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE*. 2003.
- [14] Zuliani, C. and D. Diamond, *Opportunities and challenges of using ion-selective electrodes in environmental monitoring and wearable sensors*. Electrochimica Acta, 2012. **84**(0): p. 29-34.
- [15] Singh, R.R., S. Conjeti, and R. Banerjee, *A comparative evaluation of neural network classifiers for stress level analysis of automotive drivers using physiological signals*. Biomedical Signal Processing and Control, 2013. **8**(6): p. 740-754.

Annual and long term trends in water table fluctuations of a typical highland and midland sub-watersheds of Manimala River Basin, Kerala, South India and its correlation with rainfall data

V.B. Rekha¹, A.V. George¹, and M. Rita²

¹School of Environmental Science, Mahatma Gandhi University,
Kottayam, Kerala, India

²Department of Chemistry, Govt. College, Kottayam,
Nattakam, Kerala, India

Copyright © 2015 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 present study encompasses an assessment of annual and long term variations in groundwater level of Peruvanthanam and Valiyathodu sub-watersheds and its correlation with rainfall occurrence. The seasonal variations in phreatic surfaces of both sub-watersheds reveal that unlike Peruvanthanam, Valiyathodu sub-watershed shows maximum fluctuations in groundwater level during post monsoon season. Average rainfall in Peruvanthanam sub-watershed during this period was 3832.28 mm and the average water levels in the observation wells CGWBp1 and CGWBp2 were 4.86m and 2.62m respectively. In 2007 when there was an increase of 1199.72 mm rainfall from the average. Well no. CGWBp1 shows a decrease in water level from 4.36 to 4.10m ie, 0.76 m (15.64%). The corresponding decrease in value observed in groundwater level of well no CGWBp2 was from 2.62m to 2.20m ie, 16.03%. When both the well data are compared, greater variations are observed, in well no.CGWBp2 during increase in rainfall. This is a reflection of the greater porosity and permeability of the ground material in an around the well. Similarly in 2000, there was a decrease of 1296.78mm in rainfall from the average. In well no CGWBp1 there was an increase in depth from 4.86m to 5.59m ie, 0.71m (14.61%). The corresponding value for well no CGWBp2 was from the average value of 2.62m to 2.95m ie, 0.33m (12.60%). Average rainfall of Valiyathodu sub-watershed was 4099.82mm and the average water level in CGWBv1 and CGWBv2 are 9.12m and 5.64m respectively. In 2005 when there was an increase of 1031.68mm rainfall from the average well no. CGWBv1 shows a decrease in value from 9.12 to 7.82 (14.25%). The corresponding variations observed in well no. CGWBv2 was from 5.64m to 5.16m (8.51%). In 2002 there was a decrease in rainfall to 3089.00mm from the average value of 4099.82mm. The variation in groundwater level observed in well no. CGWBv1 in accordance with this is from 9.12m to 10.01m ie, 0.89m (9.76%). The corresponding variations observed in well no. CGWBv2 is from 5.64m to 5.98m ie, 0.34m (6.03%). When both well data are compared, greater variations are observed in well no CGWBv1 during both increase and decrease in rainfall. This shows that sub surface phreatic aquifer material in around well no. CGWBv1 has more permeability compared to CGWBv2.

KEYWORDS: Phreatic surface, Water level, rainfall data, Peruvanthanam, Valiyathodu, Manimala.

1 INTRODUCTION

Groundwater level is an indicator of groundwater availability, groundwater flow, and physical characteristics of an aquifer or groundwater system [1]. Aquifer system reacts to hydraulic stresses by change in groundwater levels with respect to time and season. Hydraulic stresses include recharge and discharge from the system [2]. If the recharge exceeds the discharge the aquifer keeps the difference in storage and the water table rises. If the discharge exceeds recharge the difference is taken from the storage and water table level decreases [3]. Over a long time the discharge may balance the recharge and equilibrium may develop. This does not mean that the aquifer will be in equilibrium continuously. It depends on the nature of aquifer and rainfall. During a dry year the annual discharge may exceed the annual recharge resulting in the decrease in

storage and lowering of the water table [4]. In wet year annual recharge may exceed annual discharge resulting in an increase in storage and rise in the water table. Over long period there may be several dry and wet years and average annual recharge may balance the average discharge resulting in long term equilibrium of groundwater levels [5], [6], [7], [8].

2 STUDY AREA

The areas selected for the present investigation ie, Peruvanthanam and Valiyathodu sub-watersheds belongs to a typical highland and midland segments of the Manimala river basin. Peruvanthanam sub-watershed (Fig.1) lies between $9^{\circ}29'00''$ to $9^{\circ}34'00''$ N latitude and $76^{\circ}53'00''$ to $76^{\circ}59'00''$ E longitude. The Valiyathodu sub-watershed (Fig.2) lies between $9^{\circ}30'00''$ to $9^{\circ}37'00''$ N latitude and $76^{\circ}41'00''$ to $76^{\circ}46'00''$ E longitude. Peruvanthanam sub-watershed covers an area of 56.42 km^2 and Valiyathodu 54.85 km^2 .

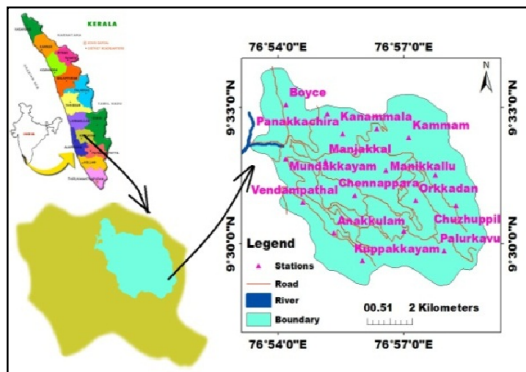


Fig. 1. Location map of Peruvanthanam sub-watershed

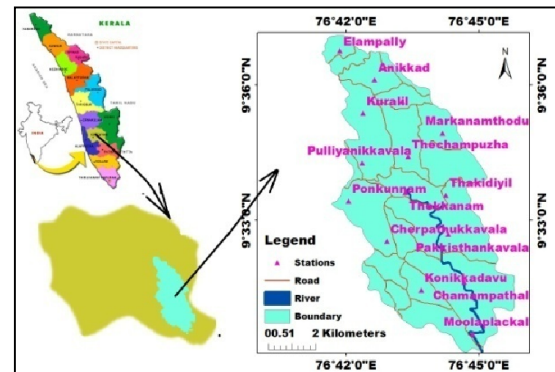


Fig. 2. Location map of Valiyathodu sub-watershed

3 METHODOLOGY

To find out the variation in groundwater level, and hydrological potential of the area, 17 observation wells in Peruvanthanam sub-watershed and 15 in Valiyathodu were fixed at definite intervals. Annual water table fluctuation studies were carried out for the period 2008 February to 2009 January. The study period was divided in to three seasons viz, pre monsoon (February, March, April and May), monsoon (June, July, August and September) and post monsoon (October, November, December and January). Water levels of the different observation wells of both sub-watersheds were monitored on 15th of every month. The depth of water table in each well was noted after deducting the length of wall height from the total height of the measuring point to the ground level. Monthly collected data from both sub-watersheds were grouped in to pre monsoon, monsoon and post monsoon seasons. Water levels of both sub-watersheds were analyzed and its variations are compared with the corresponding rainfall data of the concerned sub-watersheds.

4 RESULT AND DISCUSSION

The monthly water level data of Peruvanthanam sub-watershed is represented in table. 1 and its variations during pre monsoon, monsoon and post monsoon seasons are represented graphically in Fig. 3. From the table and figure it explicit that in all the wells maximum depth of water level was attained during the month of May and minimum during August. Graphical representation reveals that, during pre monsoon, the depth in water level varies between 4.85m and 10.9m. With the onset of monsoon, the depth decreases to the range 2.95m and 6.89m due to recharge by rainwater. During post monsoon it increases to 3.78m and 8.14m.

The monthly water level data of Valiyathodu sub-watershed is represented in table. 2 and it's variation during different seasons are represented graphically in Fig. 4. From the table data and figure it is explicit that in all the wells maximum depth of water level was attained during during the month of May and minimum during August. During pre monsoon season, depth of water level varies between 3.33m and 5.98m. With the onset of monsoon season, the depth decreases to 2.19m and 4.17m due to recharge by rainwater and it ascends to 2.73m and 5.30m during post monsoon season.

The seasonal variations in water level data (seasonal mean data) of Peruvanthanam sub-watershed, during pre monsoon, monsoon and post monsoon season, are represented in (Fig. 5, Fig.6 and Fig.7). During pre monsoon, the maximum depth of mean water level observed was at Peruvanthanam (P5) (9.65m) and minimum at Kuppakkayam (P9) (5.75m). During monsoon maximum value was observed at both Mundakkayam (P1) and Panakkachira (P4) (6.30m) and minimum at Chennapara (P7)

(3.30m). During post monsoon season the corresponding values observed were at Mundakkayam (P1) (7.54m) and Manikkallu (P8) (4.10m) respectively. The seasonal variations in water level (seasonal mean data) of Valiyathodu sub-watershed, during different seasons, are represented in (Fig. 8, Fig. 9 and Fig. 10). During pre monsoon, maximum depth of mean water level ie, 4.87m was observed at Anikkad (V2) and minimum ie, 3.74m at Ponkunnam (V8). During monsoon the maximum depth of mean water level ie, 3.68m was observed at Moolaplakal (V15) and minimum ie, 2.56m at Ponkunnam (V8). The maximum and minimum depth of mean water level during post monsoon 4.31m and 3.03m was observed at Anikkad (V2) and Ponkunnam (V8) respectively. A comparative study of the fluctuation data of both sub-watersheds (table.3) reveals that, compared to Valiyathodu, Peruvanthanam sub-watershed has more pronounced (approximately three times) variation in depth to water level. The more permeable nature of the phreatic aquifer may be the reason for this.

Table 1. Water level data of Peruvanthanam sub-watershed during different seasons for the period 2008 February to 2009 January

S	Month	Water level depth in meters (bgl)																
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17
1	Feb	6.36	7.98	7.52	7.05	8.78	8.23	6.12	6.00	4.92	6.36	6.34	7.45	6.36	4.85	5.44	6.12	7.23
	Mar	7.54	8.91	8.75	7.55	9.20	8.76	6.50	6.10	5.55	7.04	6.58	7.05	7.24	5.68	5.34	6.18	7.30
	Apr	8.40	9.54	8.98	8.64	9.68	8.98	6.56	6.28	5.98	7.30	7.24	7.28	7.30	5.98	7.78	6.21	7.34
	May	8.59	9.79	9.45	9.05	10.93	9.72	7.25	6.49	6.55	8.42	8.08	7.08	8.38	6.98	6.98	6.35	7.69
	M	7.72	9.06	8.68	8.07	9.65	8.92	6.61	6.22	5.75	7.28	7.06	7.22	7.32	5.87	6.39	6.22	7.39
2	Jun	6.65	5.89	6.25	6.48	5.81	5.56	3.80	4.50	3.76	5.56	3.85	4.52	5.56	3.98	3.98	6.12	4.23
	July	6.32	5.05	6.14	6.21	6.49	5.45	3.31	3.92	3.48	4.56	3.67	4.46	4.87	3.28	3.78	5.05	3.98
	Aug	5.34	5.00	5.09	6.00	5.45	4.04	2.95	3.02	3.15	4.48	3.11	3.34	3.78	3.83	3.50	4.10	3.21
	Sept	6.89	5.22	5.35	6.51	5.56	4.90	3.15	3.76	3.76	4.95	3.67	4.33	4.92	3.96	4.26	4.38	4.26
	M	6.30	5.29	5.71	6.30	5.83	4.99	3.30	3.80	3.54	4.89	3.58	4.16	4.78	3.76	3.88	4.91	3.92
3	Oct	6.98	4.89	6.05	6.34	5.78	5.46	3.78	4.13	3.71	5.43	3.72	5.49	5.47	5.89	4.13	5.43	5.17
	Nov	7.21	6.78	7.34	6.58	6.28	6.78	3.81	3.98	4.67	5.59	4.54	6.98	5.51	5.05	3.98	5.69	5.85
	Dec	7.96	6.86	7.89	7.24	6.58	7.78	3.84	4.11	5.78	5.88	4.97	7.78	5.56	5.00	4.14	5.88	6.53
	Jan	8.00	8.02	7.94	8.14	7.30	7.99	5.10	4.18	6.30	6.29	5.83	7.99	6.67	5.49	4.29	6.29	6.85
	M	7.54	6.64	7.31	7.08	6.49	7.00	4.13	4.10	5.12	5.80	4.77	7.06	5.80	5.36	4.14	5.82	6.10
S=Seasons; 1=Pre monsoon; 2=Monsoon; 3=Post monsoon; M=Seasonal mean; bgl=below ground level																		

Table 2. Water level data of Peruvanthanam sub-watershed during different seasons for the period 2008 February to 2009 January

S	Month	Water level depth in meters (bgl)														
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15
1	Feb	3.95	4.6	3.3	4.1	4.3	4.3	4.3	3.5	3.4	3.7	4.3	3.4	3.6	3.3	4.5
	Mar	4.90	4.5	4.1	4.0	4.0	4.0	4.5	3.6	3.8	3.8	4.5	3.8	3.8	4.1	4.1
	Apr	5.22	5.0	4.2	4.9	4.3	4.5	5.0	3.8	5.0	3.8	5.0	5.0	4.1	4.4	4.3
	May	5.37	5.3	5.9	5.2	4.5	4.2	5.1	3.8	5.8	5.1	5.2	5.8	5.1	5.9	4.3
	M	4.86	4.8	4.4	4.6	4.3	4.2	4.7	3.7	4.5	4.1	4.7	4.5	4.2	4.4	4.3
2	Jun	3.50	3.6	4.0	3.3	3.0	3.0	3.1	3.0	3.2	3.6	3.0	3.4	3.1	3.1	4.1
	July	3.14	3.2	3.3	3.1	2.9	2.4	2.9	2.4	3.1	3.5	2.9	3.3	2.8	2.7	3.8
	Aug	2.97	3.1	2.9	2.8	2.1	2.3	2.7	2.3	3.1	3.2	2.2	3.0	2.6	2.6	3.1
	Sept	3.37	3.5	3.1	3.3	2.7	2.4	2.9	2.4	3.0	3.3	2.6	3.4	2.8	2.8	3.4
	M	3.25	3.4	3.3	3.1	2.7	2.5	2.9	2.5	3.1	3.4	2.7	3.3	2.8	2.8	3.6
3	Oct	3.55	4.3	3.4	3.7	2.9	3.7	3.0	2.7	3.2	3.6	3.0	3.4	3.0	2.8	3.7
	Nov	3.81	4.0	3.1	3.6	3.0	3.8	3.2	2.8	3.6	4.0	3.0	3.1	3.9	3.0	3.8
	Dec	3.88	4.3	3.6	3.8	3.7	3.8	3.7	2.9	3.7	3.8	3.3	3.5	4.1	3.8	3.7
	Jan	3.92	4.5	3.8	4.0	3.9	5.1	3.8	3.5	3.9	4.4	3.4	3.7	4.6	3.8	5.3
	M	3.79	4.3	3.5	3.8	3.4	4.1	3.4	3.0	3.6	4.0	3.2	3.4	3.9	3.4	4.1
S=Seasons; 1=Pre monsoon; 2=Monsoon; 3=Post monsoon; M=Seasonal mean; bgl=below ground level																

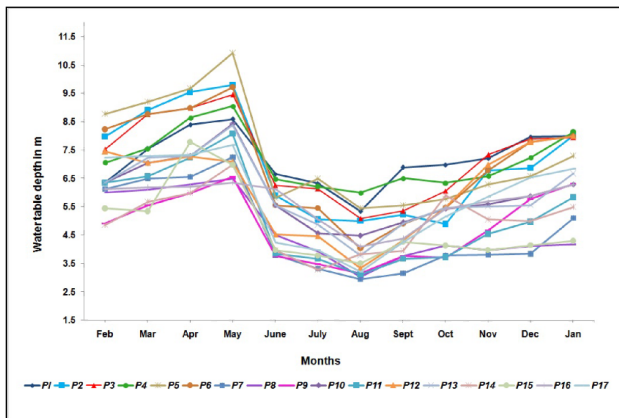


Fig. 3. Variation of water level in Peruvanthanam sub-watershed during different seasons

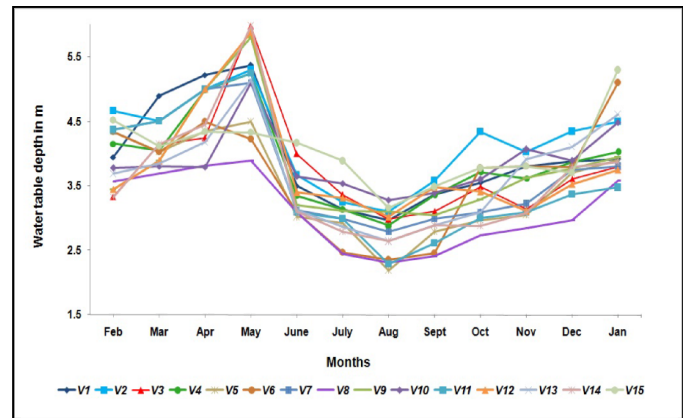


Fig. 4. Variation of water level in Valiyathodu sub-watershed during different seasons

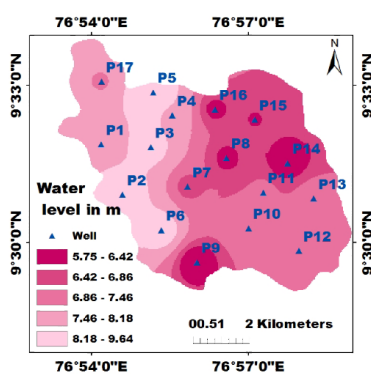


Fig. 5. Variation of mean water level of Peruvanthanam sub-watershed during pre monsoon season

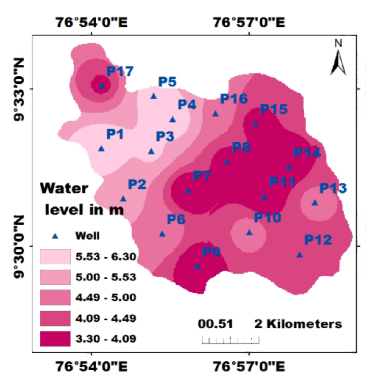


Fig. 6. Variation of mean water level of Peruvanthanam sub-watershed during monsoon season

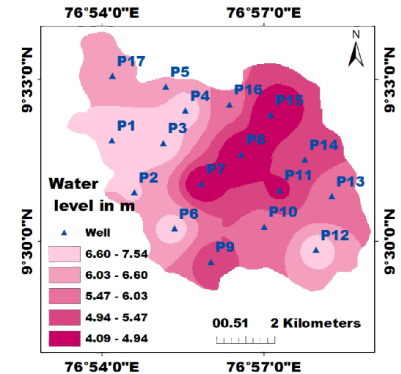


Fig. 7. Variation of mean water level of Peruvanthanam sub-watershed during post monsoon season

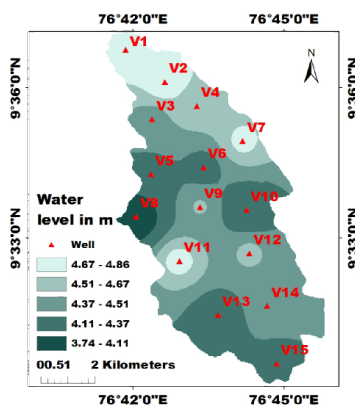


Fig. 8. Variation of mean water level of Valiyathodu sub-watershed during pre monsoon season

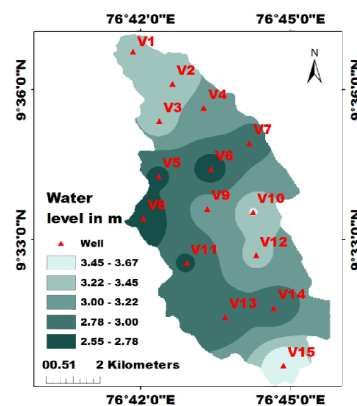


Fig. 9. Variation of mean water level of Valiyathodu sub-watershed during monsoon season

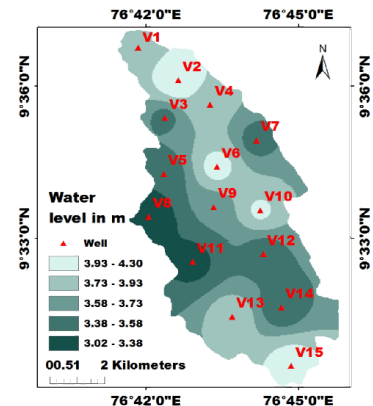


Fig. 10. Variation of mean water level of Valiyathodu sub-watershed during post monsoon season

Table 3. Water table fluctuations in Peruvanthanam and Valiyathodu sub-watersheds during different seasons.

N	N.S	Seasons	Variation in depth to water table in m (bgl)			Variation in mean depth to water table in m (bgl)		
			Maximum	Minimum	Difference	Maximum	Minimum	Difference
P	17	Pre monsoon	10.90	4.85	6.05	9.65	5.75	3.90
		Monsoon	6.89	2.95	3.94	6.30	3.30	3.00
		Post monsoon	8.14	3.78	4.36	7.54	4.10	3.44
V	15	Pre monsoon	5.98	3.33	1.65	4.87	3.74	1.13
		Monsoon	4.17	2.19	1.88	3.68	2.56	1.12
		Post monsoon	5.30	2.73	2.57	4.31	3.03	1.28
N=Name of sub-watershed; N.S= Number of sample locations; P=Peruvanthanam sub-watershed; V=Valiyathodu sub-watershed; bgl=below ground level								

Long term water level fluctuation data analysis were carried out in wells of both Peruvanthanam and Valiyathodu sub-watershed, for the period 2000 to 2007 using the data provided by Central Ground Water Board. Water level data of observation wells (CGWBp1 and CGWBp2) of Peruvanthanam sub-watershed are represented in table. 4. Critical analysis of the water level data of CGWBp1 for 8 consecutive years shows that, maximum depth to water level was attained during the pre monsoon months of 2003 March (10.54m), 2004 April (10.37m) and 2004 March (10.23m) and minimum during 2005 September (0.68m). The maximum depth of water level observed in CGWBp2 was during 2003 March (4.83m), 2007 February (4.43m) and minimum depth in 2007 July (0.16m).

Water level data of observation wells of Valiyathodu sub-watershed (CGWBv1 and CGWBv2) for the period 2000 to 2007 are represented in table. 5. Critical analysis of water level fluctuation data of CGWBv1, revealed that maximum depth of water level was attained during pre monsoon season of 2000 April (15.56m), 2003 March (14.50m), 2004 April (14.25m) and minimum at 2002 July (2.29m). In the case of CGWBv2, maximum depth of water level was reported during the pre monsoon period of consecutive years ie, 2002 April (9.95m), 2003 April (8.48m) and minimum during 2003 June (3.02m).

Table. 4. Long term water level data (2000-2007) of observation wells CGWBp1 and CGWBp2 of Peruvanthanam sub-watershed

(a) Water level data of CGWBp1 in meters (bgl)													
Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Mean
2000	6.19	6.51	5.40	5.12	4.47	4.26	5.08	1.77	3.25	6.58	8.36	9.85	5.57
2001	4.98	5.20	5.58	5.40	5.55	2.98	3.25	3.10	3.95	4.25	4.49	5.43	4.51
2002	4.87	5.82	7.38	7.23	8.56	3.45	3.25	3.87	4.90	5.02	4.12	3.26	5.14
2003	4.42	8.11	10.54	8.62	5.34	1.55	1.30	3.28	3.26	2.22	6.63	8.35	5.30
2004	6.72	8.01	10.23	10.37	2.55	1.90	2.13	2.78	1.46	2.61	3.38	6.99	4.93
2005	8.61	8.99	8.77	4.69	2.39	2.38	1.02	3.15	0.68	3.45	3.75	4.87	4.40
2006	8.80	9.20	9.45	9.43	2.94	3.85	1.02	3.10	2.17	2.71	2.76	3.69	4.93
2007	6.12	6.98	7.12	4.98	4.52	2.92	2.43	2.12	1.84	2.08	4.11	4.02	4.10
Long term mean													4.86
(b) Water level data of CGWBp2 in meters (bgl)													
Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Mean
2000	3.35	3.53	4.27	3.45	2.25	2.69	0.44	2.66	1.48	3.62	4.11	3.56	2.95
2001	2.92	2.15	2.38	2.76	2.11	1.32	1.55	2.35	2.69	2.95	2.19	2.23	2.30
2002	2.15	2.45	2.51	3.41	3.20	3.20	1.95	1.13	2.16	3.87	2.12	2.46	2.55
2003	3.52	4.37	4.83	3.42	3.02	0.98	1.10	2.52	2.29	1.66	2.69	3.14	2.80
2004	3.33	3.47	3.50	3.71	1.88	1.16	1.83	2.02	2.18	2.05	3.14	4.11	2.70
2005	3.53	4.12	3.58	3.73	2.75	2.13	2.02	1.98	1.71	1.92	2.15	2.23	2.65
2006	3.05	4.12	3.45	3.52	3.32	3.10	1.35	0.99	1.15	2.10	3.57	3.85	2.80
2007	3.38	4.43	4.06	2.74	0.68	1.81	0.16	2.53	0.98	2.58	0.63	2.47	2.20
Long term mean													2.62
bgl=below ground level													

Table. 5. Long term water level data (2000-2007) of observation wells CGWBv1 and CGWBv2 of Peruvanthanam sub-watershed

(a) Water level data of CGWBv1 in meters (bgl)													
Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Mean
2000	11.83	12.20	11.60	15.56	11.69	8.92	7.25	5.27	6.50	6.90	10.45	10.32	9.87
2001	8.65	9.65	10.30	9.35	9.24	8.24	7.34	8.85	9.49	9.55	9.50	10.02	9.18
2002	10.80	11.34	13.31	10.23	10.11	8.53	2.29	7.08	10.50	11.43	12.12	12.34	10.01
2003	10.78	14.05	14.50	13.50	6.32	8.52	7.10	8.36	6.95	8.98	10.55	10.12	9.98
2004	11.80	14.00	14.11	14.25	5.69	6.98	8.31	8.49	8.61	8.52	7.76	8.93	9.79
2005	7.89	7.79	7.19	7.51	8.44	8.15	7.50	8.26	7.67	8.38	6.53	8.52	7.82
2006	9.24	10.69	13.65	8.61	7.28	5.52	6.16	8.02	7.46	6.58	7.18	8.55	8.25
2007	7.27	8.21	8.73	9.72	8.13	7.70	7.68	8.56	6.93	5.89	8.12	9.65	8.05
Long term mean													9.12
(b) Water level data of CGWBv2 in meters (bgl)													
Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Mean
2000	5.80	6.23	6.60	6.32	5.15	6.65	6.18	4.57	5.32	5.48	6.15	6.35	5.90
2001	6.55	6.68	6.85	6.45	5.85	4.24	4.50	5.29	6.41	5.12	5.78	6.36	5.84
2002	5.91	6.75	7.98	9.95	5.92	5.67	5.58	4.05	4.12	4.23	5.53	6.10	5.98
2003	5.99	6.98	7.76	8.48	5.34	3.02	4.51	5.03	5.67	3.95	5.93	6.95	5.80
2004	6.30	6.66	6.89	6.97	5.82	4.67	5.33	3.55	5.61	4.75	5.47	5.78	5.65
2005	6.13	6.73	6.83	7.49	5.32	4.30	3.64	3.03	3.57	4.89	4.49	5.47	5.16
2006	6.81	6.43	6.53	7.03	5.83	5.59	4.00	4.04	4.12	4.83	4.87	5.87	5.50
2007	6.14	6.38	6.42	6.88	5.74	5.34	3.65	5.43	3.94	4.23	4.02	5.76	5.33
Long term mean													5.64
bgl=below ground level													

The monthly average rainfall data for of both Peruvanthanam (Mundakkayam station) and Valiyathodu sub-watershed (Boyce estate station) from January 2000 to December 2007 is presented in table. 6. The hydrographs showing long term trends of both observation wells CGWBp1 and CGWBp2 of Peruvanthanam sub-watershed shows a declining trend which is in accordance with the increasing nature of rainfall pattern of Peruvanthanam sub-watershed (Fig. 11 and Fig. 12). When the water table fluctuation data for 8 consecutive years are compared with rainfall data of the corresponding period a perfect correlation is observed.

Long term trends in rainfall during 2000-2007 in Peruvanthanam and Valiyathodu sub-watershed are represented in table.7. In Peruvanthanam subwatershed (Mundakkayam station), critical analysis of rainfall data for the period 2000 to 2007, shows that, the maximum total rainfall was obtained in the year 2007 (5032.00mm) and the minimum in 2000 (2535.50mm). The average annual rainfall being 3832.28 mm. During the year 2007 there was an increase of 31.31 % (5032.00mm) than the annual average rainfall and during 2000 (2535.50mm), there was a decrease of 33.84 % than the average.

Long term trends in water table fluctuations in Peruvanthanam and Valiyathodu sub-watershed are represented in table.8. Average water level for the period 2000 to 2007 in well no CGWBp1 was, 4.86m and during 2007 the water level was, 4.10m with a decrease in depth of 15.64% than the average and during 2000 it increased by 14.61% to 5.57m. In the case well no CGWBp2, average water level was 2.62m and during 2007, the water level (2.20m) decreased by 16.03 % and during 2000, it increased by 12.60% to 2.95m. When the water level data of CGWBp1 and CGWBp2 was compared with rainfall data (Fig. 13 and Fig. 14) a direct correlation was observed ie, the depth of water level decreases with increase in rainfall and increases with decrease in rainfall during the period (2000 to 2007). This shows that the phreatic aquifer forming materials show permeability in response to rainfall [9], [10].

The long term behavior of hydrographs (Fig. 15 and Fig. 16) of both observation wells CGWBv1 and CGWBv2 of Valiyathodu sub-watershed shows a progressively declining trend. This is in accordance with the progressively increasing nature of long term rainfall pattern of Valiyathodu sub-watershed. In Valiyathodu sub-watershed (Boyce estate station), during the period 2000 to 2007, the maximum total rainfall was reported in the year, 2005 (5131.50 mm) and the minimum in 2002 (3089.10mm). The average annual rainfall is 4099.82 mm. During 2005 there was an increase of 25.16% (5131.50mm) from the average annual rainfall (4099.82 mm). During 2002 (3089.10mm), there was a decrease of 24.65 % from the average. Average water level during the period of 2000 to 2007 at CGWBv1 was, 9.12m and during 2002 the mean water

level was, 10.01m with an increase of 8.89% from the average. During 2005 it decreased by 14.25% to 7.82m. In the case of CGWBv2, long term average water level was 5.64m. During 2002, the mean depth to water level (5.98m) was increased by 6.03% and during 2005, it decreased by 8.51% to 5.16 m. Comparison of water level data of CGWBv1 and CGWBv2 with rainfall data (Fig. 17 and Fig. 18) during the period 2000 to 2007 shows that, the depth in water level decreases with increase in rainfall an increases with decrease in rainfall. This shows that Ground water development studies should be coupled with rainfall data for the conservation of ground water resources and its management [11].

Table. 6. Rainfall data of Peruvanthanam sub-watershed and Valiyathodu sub-watershed

(a) Rainfall data of Peruvanthanam sub-watershed in milli meters													
Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
2000	0.00	230.55	65.65	148.50	278.50	0.00	61.55	920.30	259.50	368.65	75.40	126.90	2535.50
2001	79.40	47.80	89.40	556.55	185.00	778.58	715.60	377.40	269.55	712.90	484.42	6.80	4303.40
2002	18.20	8.55	130.55	211.55	526.25	455.20	462.10	421.50	99.05	527.20	207.45	11.20	3078.80
2003	0.00	76.40	162.15	158.24	199.32	482.80	584.22	544.40	110.10	617.60	24.60	6.80	2966.63
2004	75.40	25.60	69.43	301.54	744.65	591.55	499.55	361.25	312.43	396.55	66.45	0.00	3444.40
2005	82.40	68.45	175.33	462.25	366.56	719.62	949.80	299.50	816.55	462.80	511.01	64.25	4978.52
2006	0.00	0.00	119.10	185.12	812.13	600.02	615.80	424.80	597.20	491.61	473.22	0.00	4319.00
2007	0.00	0.00	0.00	381.20	293.15	746.34	1074.11	542.20	839.21	816.15	312.04	27.60	5032.00
Long term mean													3832.28
(b) Rainfall data of Valiyathodu sub-watershed in milli meters													
Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
2000	0.00	361.60	28.80	235.15	312.20	860.80	368.15	975.05	294.90	314.70	69.12	150.03	3970.50
2001	2.20	32.00	87.20	461.15	239.80	839.40	786.40	428.80	395.20	653.15	490.10	23.00	4438.40
2002	13.60	20.60	106.55	222.55	683.20	430.15	452.61	432.05	77.40	467.58	174.86	7.95	3089.10
2003	0.00	95.60	220.25	130.15	178.10	526.80	596.10	555.20	163.80	656.40	23.40	23.05	3168.85
2004	44.20	40.60	68.30	276.25	697.83	701.65	550.65	421.60	363.84	432.33	64.65	19.80	3681.70
2005	68.20	60.65	170.15	474.25	390.54	660.25	951.56	338.88	850.68	428.40	679.40	58.54	5131.50
2006	0.00	0.00	168.25	177.75	810.20	483.40	672.60	436.80	541.10	555.45	555.75	0.00	4401.30
2007	0.00	0.00	0.00	344.12	428.95	801.65	1186.55	449.60	775.12	672.61	232.85	25.75	4917.20
Long term mean													4099.82

Table. 7. Long term trends in rainfall during 2000-2007 in Peruvanthanam and Valiyathodu sub-watershed

N	Average rainfall in mm during 2000-2007	Maximum rainfall in mm during 2000-2007	Minimum rainfall in mm during 2000-2007	Increase in rainfall from average and its %	Decrease in rainfall from average and its %
P	3832.28	5032.00 (2007)	2535.50 (2000)	1199.72 (31.31%)	1296.78 (33.84%)
V	4099.82	5131.50 (2005)	3089.10 (2002)	1031.68 (25.16%)	1010.72 (24.65%)
N= Name of sub-watersheds; P= Peruvanthanam sub-watershed; V= Valiyathodu sub-watershed					

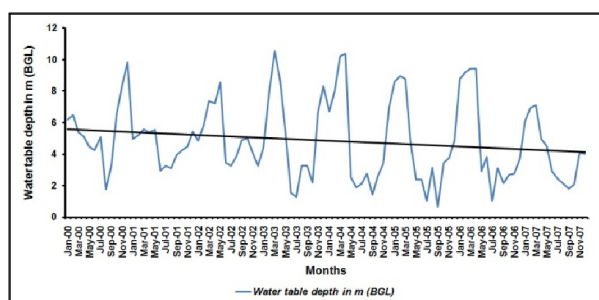


Fig. 11. Hydrograph of CGWBp1 showing long term behavior of water level in Peruvanthanam sub-watershed

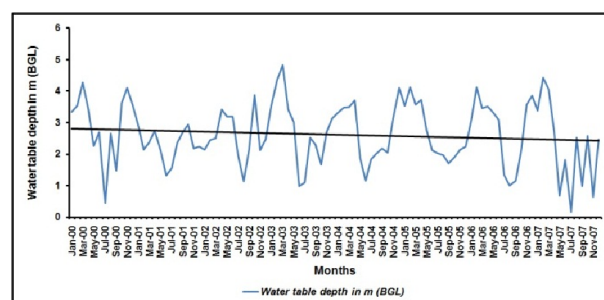


Fig. 12. Hydrograph of CGWBp2 showing long term behavior of water level in Peruvanthanam sub-watershed

Table. 8. Long term trends in water table fluctuations in Peruvanthanam and Valiyathodu sub-watershed

N	Average depth of water level in m (bgl) during 2000-2007		Maximum increase in depth to water level from the long term average in m		Maximum decrease in depth to water level from the long term average in m		Increase in depth to water level from the average value and its %		Decrease in depth to water level from the average value and its %	
	CGWBp1	CGWBp2	CGWBp1 (2000)	CGWBp2 (2000)	CGWBp1 (2007)	CGWBp2 (2007)	CGWBp1 (2000)	CGWBp2 (2000)	CGWBp1 (2007)	CGWBp2 (2007)
P	4.86	2.62	5.57	2.95	4.10	2.20	0.71 (14.61%)	0.33 (12.60%)	0.76 (15.64%)	0.42 (16.03%)
V	CGWBv1	CGWBv2	CGWBv1 (2002)	CGWBv2 (2002)	CGWBv1 (2005)	CGWBv2 (2005)	CGWBv1 (2002)	CGWBv2 (2002)	CGWBv1 (2005)	CGWBv2 (2005)
	9.12	5.64	10.01	5.98	7.82	5.16	0.89 (9.76%)	0.34 (6.03%)	1.30 (14.25%)	0.48 (8.51%)

N= Name of sub-watersheds; P= Peruvanthanam sub-watershed; V= Valiyathodu sub-watershed

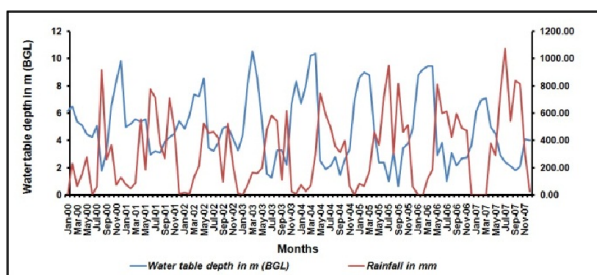


Fig. 13. Relationship between depth in water level of CGWBp1 and rainfall data of Peruvanthanam sub-watershed

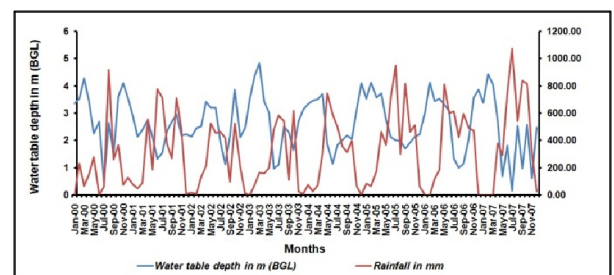


Fig. 14. Relationship between depth in water level of CGWBp2 and rainfall data of Peruvanthanam sub-watershed

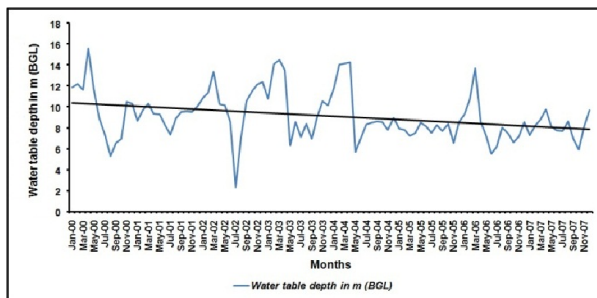


Fig. 15. Hydrograph of CGWBv1 showing long term behavior of water level in Valiyathodu sub-watershed

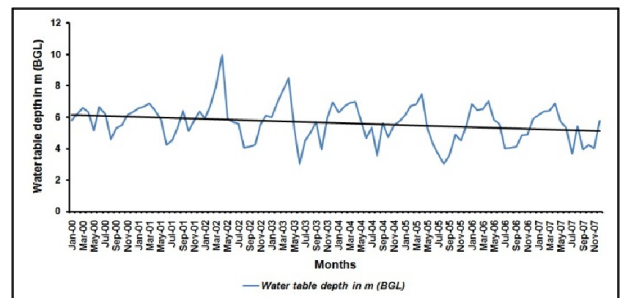


Fig. 16. Hydrograph of CGWBv2 showing long term behavior of water level in Valiyathodu sub-watershed

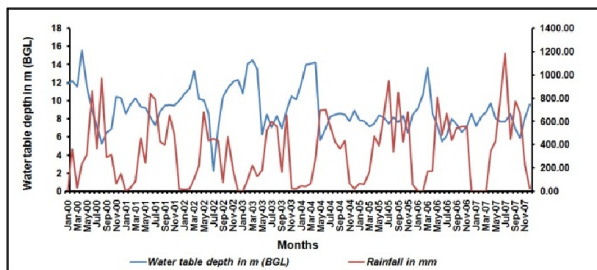


Fig. 17. Relationship between depth in water level of CGWBv1 and rainfall data of Valiyathodu sub-watershed

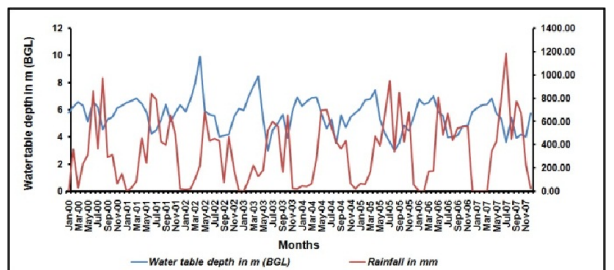


Fig. 18. Relationship between depth in water level of CGWBv2 and rainfall data of Valiyathodu sub-watershed

5 CONCLUSION

Analysis of annual variations in groundwater level data of Peruvanthanam sub-watershed during different seasons revealed that, in all the sample wells maximum depth of water level was attained during the month of May and minimum during the month of August. When the variation of depth in water level during different seasons of Peruvanthanam sub-watershed was compared, maximum variation of 6.05m is found during pre monsoon followed by post monsoon ie, 4.36m and monsoon season ie, 3.94m. The corresponding variation in Valiyathodu sub-watershed is 2.05m (pre monsoon), 1.98m (monsoon) and 2.57m (post monsoon). Unlike Peruvanthanam, in Valiyathodu sub-watershed, maximum fluctuation in water level was observed during post monsoon. This may be due to the differences in the porosity and permeability conditions of Peruvanthanam and Valiyathodu sub-watersheds. The hydrographs showing long term trends of both observation wells such as CGWBp1 and CGWBp2 of Peruvanthanam sub-watershed shows a sharp declining trend in accordance with the increasing nature of rainfall pattern of Peruvanthanam sub-watershed. The long term behavior of hydrographs of both observation wells CGWBv1 and CGWBv2 of Valiyathodu sub-watershed also shows a progressively declining trend. This can be correlated with progressively increasing nature of rainfall pattern of Valiyathodu sub-watershed. In Peruvanthanam sub-watershed, during the year 2007 there was an increase in rainfall than the average by 31.31%, with a corresponding water level decrease by 15.64% in CGWBp1 and during the year 2000, when the rainfall decreased by 33.84% the water level increased by 14.61%. Similarly the water level of CGWBp2 decreased by 16.03% and increased by 12.60% in the same years. In Valiyathodu sub-watershed, during 2005, when rainfall shows an increase by 25.16%, the corresponding water level decrease in CGWBv1 was 14.25%. During the year, 2002, the rainfall was decreased by 24.65% with corresponding increase in water level by 8.89%. Similarly, the water level of CGWBv2 shows an decrease of 8.51% and increase of 6.03% with variation in rainfall data. When the rainfall data and water level fluctuation data were compared, perfect correlation with rainfall was observed in both sub-watersheds.

ACKNOWLEDGMENT

The authors gratefully acknowledge the Director, School of Environmental Science, Mahatma Gandhi University, Kottayam, Kerala for the support extended and facilities provided during the course of study.

REFERENCES

- [1] B.N. Goswami, V. Venugopal, D. Senguptha, M.S. Madhusoodanan, and P.K. Xavier, "Increasing trend of extreme rain events over India in a warming environment," *Science*, vol.314, no.3, pp.1442-1445, 2006.
- [2] R.H. Kripalani, A. Kulkarni, S.S. Sabade and M.L. Khandekar, "Indian monsoon variability in global warming scenario," *Natural hazards*, vol.29, no.1, pp. 189-206, 2003.
- [3] K.N. Krishnakumar, R. Prasad, G.S.L.H.V. and C.S. Gopakumar, "Rainfall trends in twentieth century over Kerala, India," *Atmospheric Environment*, vol.43, no. 11, pp.1940-1944, 2009.
- [4] R.R. Sethi, A. Kumar, S.P. Sharma, and H. C. Varma, "Prediction of water table depth in a hard rock basin by using artificial neural network," *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, vol.2, no. 4, pp. 95-102, 2010.
- [5] A. Simon and K. Mohankumar, "Spatial variability and rainfall characteristics of Kerala," *Proceedings of the Indian Academy of Sciences (Earth and Planetary Sciences)*, vol.113. no. 2, pp. 211-221, 2004.
- [6] V.B. Rekha, A.V. George and M. Rita, "morphometric analysis and micro-watershed prioritization of Peruvanthanam sub-watershed, The Manimala river basin, Kerala, South India," *Environmental Research, Engineering and Management*, vol. 3, no. 57, pp. 6 – 14, 2011.
- [7] V.B. Rekha, A.P. Thomas, M. Suma and H. Vijith, "An integration of spatial information technology for groundwater potential and quality investigations in Koduvan ar sub-watershed of Meenachil river basin, Kerala, India," *Journal of Indian Society of Remote Sensing*, vol. 39, no. 1, pp. 63–71, 2011.
- [8] V.B. Rekha, A.V. George, K.R. Vineeth and U. Johnson, "Morphometric Analysis and Prioritization of Micro-watersheds in Valiyathodu Sub-Watershed of Manimala River, Kerala, India," *Proceedings of the Applied Geo informatics for Society and Environment (AGSC)*, vol.109, pp. 77-81, 2010.
- [9] B. Dinesh, J. Shilpa and M. Mohan Raju, "Prediction of water table elevation fluctuation through fuzzy logic and artificial neural networks," *International Journal of Advanced Science and Technology*, vol. 51, pp. 107-120, 2013.
- [10] Faye, B.G. Cheikh, F. Abdoulaye, E. Andreas and W. Stefan, "Combined uses of water-table fluctuation (WTF),chloride mass balance (CMB) and environmental isotopes methods to investigate groundwater recharge in the Thiaroye sandy aquifer," *African Journal of Environmental Science and Technology*, vol.6, no.11, pp. 425-437. 2012.
- [11] O. S. Enokela, N. A. Egarevba and M. O. Isikwue, "Trend in ground water fluctuation in Gidan Kwano Inland Valley of Niger State Nigeria," *Journal of Engineering and Technology Research*, vol.4, no. 7, pp. 129-135, 2012.

