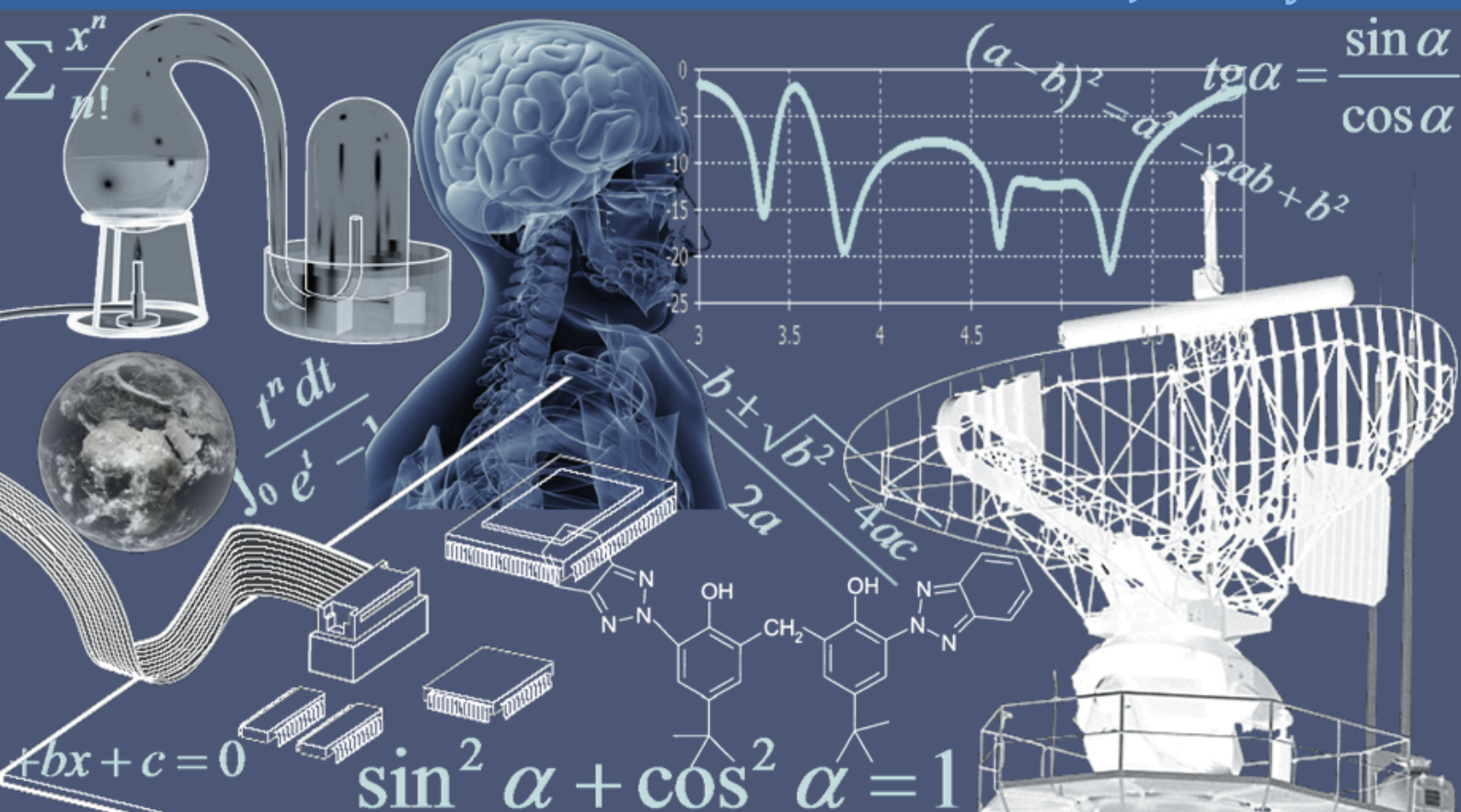


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 19 N. 1 January 2017



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Table of Contents

No association between GSTT1, GSTM1, and GSTP1 gene polymorphism and risk of non-Hodgkin lymphoma in a population from Romania	1-8
FIABILITE DES METHODES SEMI-EMPIRIQUES POUR LA DETERMINATION DES PARAMETRES GEOMETRIQUES DES COMPOSES ORGANIQUES β -HIMACHALENE HALOGENES	9-23
THE ROLE OF LEARNING MANAGEMENT OF ISLAMIC BOARDING SCHOOL (PESANTREN) IN IMPROVEMENT OF THEIR STUDENTS RELIGIOUS TOLERANCE IN WEST JAVA - INDONESIA	24-32
EDUCATIONAL SERVICES OF THE INTERNET	33-36
Tridimensional analysis of a Turbulent Flow through an Eccentric Short Labyrinth Seal	37-45
MATHEMATICAL AND SENSITIVITY ANALYSIS OF THE DYNAMICAL SPREAD OF CHOLERA	46-54
Contribution à une étude des groupements à <i>Tetraclinis articulata</i> dans le littoral de la région de Honaine, Wilaya de Tlemcen (Algérie occidentale)	55-64
ESSAI DE TRAITEMENT DES EAUX USEES HOSPITALIERES DES CLINIQUES UNIVERSITAIRES DE KINSHASA PAR LE PROCEDE DE STABILISATION COUPLE A LA BIOFILTRATION	65-78
Identification des tocophérols, Stérols, alcools aliphatiques et terpéniques de l'huile de sésame (<i>Sesamum indicum</i> L) de la République du Congo	79-84
Evaluation of natural hazard of Inaouene Watershed River in Northeast of Morocco: Application of Morphometric and Geographic Information System approaches	85-97
Valorisation de la pomme de cajou (<i>Anacardium occidentale</i>) et impact de la concentration sous vide à différentes températures sur la qualité du jus	98-107
Innovative Marketing and its role in achieving sustainable competitive advantage for a number of hotels in Duhok city: a prospective study	108-122
Analyse comparative de l'état de conservation des forêts classées, des forêts communautaires et des forêts sacrées au Sud-Bénin (Afrique de l'Ouest)	123-139
Contribution à la compréhension de la confiance et de l'engagement en contexte marocain: cas de la chaîne logistique d'une enseigne de grande distribution alimentaire	140-154
Enquête épidémiologique à propos d'une épidémie d'infections à <i>Acinetobacter baumannii</i> multi-résistant survenues dans un service de réanimation pédiatrique en 2012	155-165
Adaptation aux changements climatiques en Afrique sub-saharienne: impact du zaï et des semences améliorées sur le rendement du sorgho dans les villages de Loaga et Sika (province du Bam), Burkina Faso	166-174
LITERATURE IN ACTION THROUGH SHI FOLK MUSIC	175-184
Évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux naturelles de la région de Fès (Maroc) et risque sanitaire lié à leur consommation	185-190
La décision de l'externalisation: Enjeux et risques d'une redéfinition des frontières entre entreprises	191-196
Contribution de l'aménagement des bas-fonds à la production rizicole dans la Commune de Boukoumbé (Nord-Ouest du Bénin)	197-205
Analyse floristique et phytogéographique de la végétation du littoral et sublittoral dans le Kouilou (République du Congo)	206-217
Etude de contamination métallique au niveau du sédiment de l'Oued Martil: Impact de l'activité anthropique	218-225
Assessment of groundwater flow dynamic using GIS tools and 3D geological modeling: Case of Sisseb El Alem-Nadhur Saouaf basin, Northeastern Tunisia	226-238
Méningite à <i>Streptococcus agalactiae</i> chez un patient diabétique	239-241
Geomorphological analysis and estimating the water potential in the region of Sahel Doukkala (Morocco)	242-251

No association between *GSTT1*, *GSTM1*, and *GSTP1* gene polymorphism and risk of non-Hodgkin lymphoma in a population from Romania

Alina Bogliș¹, Andrei George Crauciuc¹, Florin Tripon¹, Cristina Georgiana Radu², Smaranda Demian³, Carmen Duicu⁴, and Claudia Bănescu¹

¹Department of Genetics,
The University of Medicine and Pharmacy of Tîrgu Mureș,
38 Gheorghe Marinescu Street, Tîrgu Mureș, 540139, Romania

²The University of Medicine and Pharmacy of Tîrgu Mureș,
38 Gheorghe Marinescu Street, Tîrgu Mureș, 540139, Romania

³Hematology Clinic 1,
Emergency Clinical County Hospital Tîrgu Mureș,
50 Gheorghe Marinescu Street, Tîrgu Mureș, 540136, Romania

⁴Department of Pediatrics I,
The University of Medicine and Pharmacy of Tîrgu Mureș,
38 Gheorghe Marinescu Street, Tîrgu Mureș, 540139, Romania

Copyright © 2017 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: Polymorphisms of the glutathione S-transferases (GSTs), which are involved in the cellular oxidative and antioxidant mechanisms of the xenobiotic substances and carcinogens, represents a factor that increases the risk of developing cancer. We aimed to determine in a case-control study (82 patients and 152 controls) a possible association between the *GSTT1*, *GSTM1* and *GSTP1* gene polymorphisms and susceptibility to non-Hodgkin lymphoma (NHL) in a Romanian population. GSTs genotypes were obtained using the multiplex polymerase chain reaction (PCR) and the polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP). Increased frequencies of the *GSTM1* null genotype were observed in the patients (51.22%) with NHL and in controls (56.58%). No associations were observed between *GSTP1* Ile/Val + Val/Val and *GSTM1* null genotypes and risk of NHL, while an increased risk for *GSTT1* null genotype was noticed without statistical significance. We did not find differences for the combined GST gene polymorphisms and risk of NHL between patients and controls. Also, no differences between patients' demographic and clinical characteristics and GSTs genotypes were detected ($p > 0.05$, for all comparisons). Therefore, our research suggests that *GSTM1*, *GSTT1*, and *GSTP1* genotypes do not contribute to the risk of developing NHL.

KEYWORDS: *GSTT1*, *GSTM1*, *GSTP1*, gene polymorphism, non-Hodgkin lymphoma.

1 INTRODUCTION

In Romania, approximately 1566 new cases of non-Hodgkin lymphoma (NHL) are diagnosed every year according to GLOBOCAN [1]. It has been suggested that xenobiotic substances and environmental carcinogen exposure, particularly exposure to nitrates, pesticides, herbicides and solvents, is a susceptibility factor for NHL [2]. Therefore, responsible for the biotransformation and the detoxification of many different xenobiotic substances and carcinogens are glutathione S-transferases (GSTs) [3].

GTs, a phase II xenobiotic-metabolizing enzymes, are a major group of multifunctional enzymes involved in the regulation of the cellular oxidative and antioxidant pathways by catalyzing conjugation to glutathione and neutralizing free radicals, respectively. In humans, were identified 8 main classes of GTs, such as alpha, mu, kappa, omega, pi, sigma, theta, and zeta [3].

The most commonly reported polymorphisms in the genes that encoded GTs associated with low or lack of enzyme activity are *GSTT1*, *GSTM1*, and *GSTP1* [4]. A deletion of *GSTT1* gene (located on chromosome 22q11.2) is associated with risk of malignant lymphomas and other types of cancer (cancer of bladder, lung, colon, stomach and skin). A similar deletion was found in the *GSTM1* gene, located on chromosome 1p13.3 and in the *GSTP1* gene, located on chromosome 11q13 responsible for inactivation of toxins and carcinogens [5]. Thus far, are only a few studies that associated GTs polymorphisms with risk of NHL, and results are not consistent [6], [7], [8], [9], [10], [11].

The frequencies of GTs polymorphisms is different among populations. Therefore *GSTT1* polymorphism is more frequent Asians and Caucasians, 35-52% and 13-26%, respectively, and is higher in Chinese (58.3%) and in French (43%) than in Nigerians (21.7%) in the case of the *GSTM1* polymorphism [12]. It is found that approximately 30% of the Caucasian population carries the *GSTP1* polymorphism and it is less frequent in Asians [13].

The aim of the study was to determine if there is an association between the common *GST* gene polymorphisms and susceptibility to NHL in a Romanian population and to correlate the *GSTs* genotypes to patients' clinical characteristics.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY POPULATION

Our patients' group study involved 82 Caucasian adults with confirmed diagnoses of NHL according to WHO classification [14] admitted to the Hematology Clinic I from Emergency Clinical County Hospital, Tîrgu Mureş, Romania. Patients' clinical and laboratory data such as a histopathological classification of the NHL, performance status (according to The Eastern Cooperative Oncology Group - ECOG), Ann Arbor stage (the most often used staging system to present the extent of NHL), LDH level, treatment outcome, and the survival rate was collected from the medical records.

The control group consists of 152 healthy participants with no hematologic or other malignancies. Controls were randomly selected from the same geographical area, Transylvania region, and with a similar ethnic background as the cases.

All participants provided written informed consent in accordance with the Declaration of Helsinki. The study was conducted with the approval of the Ethics Committee from the University of Medicine and Pharmacy Tîrgu Mureş, Romania (no. 116/14.12.2015).

2.2 GENOTYPING

Two milliliters of fresh peripheral blood were collected into EDTA vacutainers from both patients and control group and used for rapid purification of genomic DNA by using Quick-gDNA MiniPrep kit (Zymo Research, USA).

Genotyping of the *GSTT1* and *GSTM1* polymorphisms were conducted in the Department of Genetics of our institution by using the multiplex polymerase chain reaction (PCR) method as previously reported by Sharma A. et al. [15]. For the *GSTP1* polymorphism genotyping was carried out by the polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism method (PCR-RFLP) described by Hohaus S. et al. [13].

2.3 STATISTICAL ANALYSIS

The statistical analysis was performed with the GraphPad InStat software (GraphPad, San Diego, CA, USA). All statistical tests were two-sided and differences were considered significant when the *p*-value was less than 0.05. The strength of the association of the *GSTT1*, *GSTM1* and *GSTP1* genotype polymorphisms between patients with NHL and controls was examined with calculated odds ratios (OR) and their 95% confidence interval (95% CI).

3 RESULTS

In NHL patients, the frequencies of the *GSTT1* null and *GSTM1* null genotypes were 26.83% and 51.22%, respectively. We observed increased frequencies of the *GSTM1* null genotype in the patients (51.22%) with NHL and in controls (56.58%). An

association was found between *GSTT1* null genotype and risk of NHL ($p = 0.4454$; OR = 1.273, 95% CI = 0.6846-2.366) but was not statistically significant. Also, an association was found between *GSTT1* and *GSTM1* double null genotype and risk of NHL ($p = 0.836$; OR = 1.15, 95% CI = 0.508-2.61). There was a higher percentage of females than males.

Regarding the *GSTP1 Ile105Val* polymorphism, Ile/Ile genotype was more frequent in patients and controls (71.95% and 65.13%, respectively) and Ile/Val frequency in NHL patients was 25.61% and in controls 30.92% while Val/Val genotype was less frequent in both groups.

Table 1. shows the frequencies of the *GSTT1*, *GSTM1*, and *GSTP1* genotypes. The frequency distribution of the *GSTM1*, *GSTT1*, and *GSTP1* genotypes did not differ between NHL patients and controls.

There was a decreased risk of NHL for *GSTP1* Ile/Val + Val/Val genotypes between patients and controls ($p = 0.2879$, OR = 0.279, 95% CI = 0.4052-1.309) without statistical significance.

Table 1. Distribution of *GSTT1*, *GSTM1* and *GSTP1* genotypes in NHL cases and controls

	NHL no (%)	Controls no (%)	<i>p</i> value	OR (95% CI)
<i>GSTT1</i>				
present	60 (73.17)	118 (77.63)	Ref.	Ref.
null	22 (26.83)	34 (22.37)	0.4454	1.273 (0.6846-2.366)
<i>GSTM1</i>				
present	40 (48.78)	66 (43.42)	Ref.	Ref.
null	42 (51.22)	86 (56.58)	0.432	0.8058 (0.4701-1.381)
<i>GSTP1 Ile105Val</i>				
Ile/Ile	59 (71.95)	99 (65.13)	Ref.	Ref.
Ile/Val	21 (25.61)	47 (30.92)	0.3517	0.7497 (0.4085-1.376)
Val/Val	2 (2.44)	6 (3.95)	0.7116	0.5593 (0.1093-2.863)
Ile/Val + Val/Val	23 (28.05)	53 (34.84)	0.2879	0.279 (0.4052-1.309)

Ref. – Reference, no – number

Moreover, we examined the association between the combined GSTs genotypes (null *GSTT1*, null *GSTM1* and variant genotype of *GSTP1 Ile105Val*) and NHL and there was no increased risk of developing NHL ($p > 0.05$).

The distribution of the *GSTT1*, *GSTM1* and *GSTP1* gene polymorphisms in NHL patients stratified by gender, age, Ann Arbor stage, LDH level, ECOG performance status, treatment outcome and survival rate are shown in Table 2.

We did not detect significant differences between demographic characteristics of the patients and *GSTT1*, *GSTM1* and *GSTP1* genotypes ($p > 0.05$).

In the case of Ann Arbor stage according to the NHL group, it was not associated with variant *GSTT1*, *GSTM1* and *GSTP1* polymorphisms ($p = 0.2476$, $p = 1.000$, and $p = 0.7816$, respectively). Also, we investigated if there is an association between performance status (ECOG) and the risk group and we found a nearly significant difference ($p = 0.0517$) for *GSTT1* null genotype.

However, we observed that the frequencies of the NHL patients were similar according to the clinical stage and ECOG status, namely 14 and 13 for the *GSTT1* null genotype and 4 and 4 for the *GSTM1* null genotype. Similar results were found in the case of Ile/Val and Val/Val genotypes for *GSTP1 Ile105Val* gene polymorphism.

No differences were found regarding the LDH level (>190 UI/L) in NHL group and *GST* gene polymorphisms. Also, no association was observed regarding patients' treatment outcome (resistant, partial remission and complete remission to treatment) and *GSTT1*, *GSTM1* and *GSTP1* genotypes ($p > 0.05$).

Furthermore, we analyzed how the *GSTT1*, *GSTM1*, and *GSTP1* genotypes influenced the outcome in patients group. Our data revealed that the lowest mean time survival was 41.935 months in the *GSTM1* null genotype comparing to the 60.336 months in the case of *GSTT1* null genotype and 17 months in Val/Val variant of the *GSTP1 Ile105Val* polymorphism. The *GSTT1* null and *GSTM1* null genotypes had no significant association according to 5-year survival ($p = 0.0683$; OR = 0.2688, 95% CI = 0.07287 – 0.9913 and $p = 1.0000$; OR = 1.217, 95% IC = 0.1162 – 12.759, respectively). In case of the *GSTP1* Ile/Val

genotype a positive association was found in 5-year survival ($p = 0.2289$; OR = 2.100, 95% IC = 0.6717-6.566) but no statistical significant.

In addition, we investigated the frequency of histological subtypes of NHL patients. Of the 82 cases, 35 had diffuse large B-cell lymphoma (DLBCL), 12 had follicular lymphoma (FL), 16 had marginal zone B-cell lymphoma (MZBL), 7 cases had T-cell lymphoma (T-cell), mucosa-associated lymphoid tissue lymphoma (MALT) was found in 2 cases, and 10 cases of primary lymphoma. Taking into account the increased frequency of the DLBCL, we tested whether there is any association between investigated gene polymorphisms and risk of developing DLBCL. Moreover, lack of associations was found between *GST* gene polymorphisms and DLBCL patients ($p > 0.05$, for all genotypes).

Table 2. Patients' demographic and clinical characteristics of the *GSTs* genotypes

	<i>GSTT1</i> no. (%)			<i>GSTM1</i> no. (%)			<i>GSP1 Ile105Val</i> no. (%)		
	present	null	<i>p</i>	present	null	<i>p</i>	Ile/Ile	Ile/Val + Val/Val	<i>p</i>
Gender									
female	19 (61.29)	19 (65.52)	Ref.	7 (77.78)	7 (53.85)	Ref.	20 (33.90)	10 (43.48)	Ref.
male	12 (38.71)	10 (34.48)	0.793	2 (22.22)	6 (46.15)	0.3802	39 (66.100)	13 (56.52)	0.4522
Age									
< 60 years	17 (54.84)	14 (48.28)	Ref.	5 (55.56)	4 (30.77)	Ref.	27 (45.76)	13 (56.52)	Ref.
> 60 years	14 (45.16)	15 (51.72)	0.8027	4 (44.44)	9 (69.23)	0.3842	32 (54.24)	10 (43.48)	0.4637
Ann Arbor stage									
I-II	14 (58.33)	9 (39.13)	Ref.	3 (50.00)	6 (60.00)	Ref.	22 (48.89)	10 (55.56)	Ref.
III-IV	10 (41.67)	14 (60.87)	0.2476	3 (50.00)	4 (40.00)	1	23 (51.11)	8 (44.44)	0.7816
LDH									
<190UI	4 (12.50)	7 (25.00)	Ref.	1 (11.11)	2 (15.38)	Ref.	9 (15.25)	5 (21.74)	Ref.
>190UI	28 (87.50)	21 (75.00)	0.3176	8 (88.89)	11 (84.62)	1	50 (84.75)	18 (78.26)	0.5215
ECOG performance status									
1,2	25 (80.65)	16 (55.17)	Ref.	7 (77.78)	9 (69.23)	Ref.	40 (67.80)	17 (73.91)	Ref.
3,4	6 (19.35)	13 (44.83)	0.0517	2 (22.22)	4 (30.77)	1	19 (32.20)	6 (26.09)	0.7901
Treatment outcome									
resistant	16 (55.17)	10 (45.46)	0.6892	6 (66.67)	1 (12.50)	0.0833	3 (5.36)	2 (8.70)	0.1515
partial remission	9 (31.04)	8 (36.36)	1	3 (33.33)	5 (62.50)	1	46 (82.14)	21 (91.30)	0.1808
complete remission	4 (13.79)	4 (18.18)	Ref.	0 (0.00)	2 (25.00)	Ref.	7 (12.50)	0 (0.00)	Ref.
Survival, 5-years									
>5-years	4 (14.81)	11 (61.11)	Ref.	1 (61.11)	2 (20.00)	Ref.	42 (80.77)	14 (66.67)	Ref.
<5-years	23 (85.19)	17 (38.89)	0.0683	7 (38.89)	8 (80.00)	1	10 (19.23)	7 (33.33)	0.2289

Ref. – Reference, no – number

4 DISCUSSIONS

The current case-control study is first to evaluate a possible association of the *GSTT1*, *GSTM1* and *GSTP1* gene polymorphisms with risk of NHL, conducted in a Romanian population from Transylvania region.

Considering that GSTs have a significant role in the regulation antioxidant defense mechanism and in the mediation of xenobiotics and several carcinogens, we hypothesized that genetic polymorphisms in genes encoding glutathione S-transferase T1, M1, and P1 previously reported for other studies may modulate the risk of developing several types of cancer [5], [6], [7], [8], [16] including malignant lymphomas.

The recent findings showed that the *GSTT1*, *GSTM1* and *GSTP1* gene polymorphisms have been involved in carcinogenesis, but the results remain inconsistent. For example, in a meta-analysis performed by Fang J. et al [6] in 2013 on 506 case-control studies, the *GSTT1* null and *GSTM1* null genotypes were associated with an increased risk of cancer in Caucasians and Asians (*GSTM1* had an OR=1.17; 95%CI=1.14-1.21 and *GSTT1* had an OR=1.16; 95%CI=1.11-1.21, respectively), but no association in Africans regarding *GSTM1* gene polymorphism. Some of the cancer types analyzed were

prostate cancer [16], colorectal cancer [17], breast cancer [6], bladder cancer [18], lung cancer [19], ALL [20] and gastric cancer [21]. Another study conducted by Lourenço G.J. et al. [22] showed that *GSTP1* polymorphism had an increased risk of HL.

In our study, we did not find an association between *GSTT1* null genotype and risk of NHL ($p = 0.4454$; OR = 0.1273, 95% CI = 0.6846-2.366). Similar findings were reported by Li Y. et al. [7] in a female study, but there was an association of the *GSTs*, *NATs* and cytochrome *P450s* polymorphisms in the relationship between alcohol consumption and risk of DLBCL. No association was observed between *GSTs* polymorphisms and tobacco smoking in a population of NHL (1,115 females) [23], but significant change was found for DLBCL.

Other studies that revealed no association of the *GSTT1* null and *GSTM1* null genotypes and risk of acute lymphoblastic leukemia (ALL) were described in Turkish children [4] and in an Argentinian population [20]. In a meta-analysis from 2015, Xu LY et al. [24] found a significant association between *GSTT1* null genotype and childhood ALL in Asians and no association in Caucasians and Africans.

In contrast, several studies reported a significant association of the *GSTT1* null genotype and NHL risk. For instance, Bin Q. et al. [8] suggested that *GSTT1* deletion may significantly increase the risk of NHL ($p = 0.02$, OR = 2.75, 95% CI = 1.17-6.45) and the same effect remains in females, but no association in HL. According to Ruiz-Cosano J. et al. [9] *GSTT1* null genotype had a role in the development of lymphomas in relation to smoking and occupational exposures.

In the case of *GSTM1* null genotype, we observed a decreased risk of NHL in our cohort without statistical significance. In a meta-analysis conducted by Bin Q. et al. [8] and performed on 1626 patients and 2892 controls with malignant lymphomas, the *GSTM1* null, and *GSTP1* null genotypes were unrelated to lymphoma risk, but the double null *GSTT1* and *GSTM1* genotype was significant positive associated with risk of lymphoma. In another study described by Wu M. et al. [25] in 2004 the *GSTM1*, *GSTP1*, *IL-1beta* and *IL-1RN* genes did not differ between MALT lymphoma patients and controls in a Chinese population. In the study of Ruiz-Cosano J. et al. [9] no significant association of the *GSTM1* null genotype was found between patients and controls in malignant lymphomas.

An increased frequencies of the *GSTT1* null, *GSTM1* null, and double null genotypes in DLBCL (47.9, 52.1, and 23.9 % respectively) was reported by Abdel Rahman et al. in 2012 [26] in Egypt.

Moreover, we found a decreased risk of NHL in our cohort with regard to *GSTP1* Ile/Val and *GSTP1* Val/Val genotypes, but no significant ($p = 0.3517$ and $p = 0.7116$, respectively). Our results are in line with a study reported by Chiu et al. [27] who found a low risk of DLBCL for Val/Val variant genotype (OR = 0.2, 95% CI = 0.1-0.96) and no significant excessive risk for MZBL and other B-cell lymphomas. An association with a decreased risk of NHL of the *GSTP1* polymorphism was demonstrated in Korea by Kim H.N. et al. [28] in the large case-control study (713 cases and 1700 controls). In comparison to our findings, Li Y. et al. [7] showed a 2-fold increased risk of DLBCL in females regarding alcohol consumption with *GSTP1* Ile/Val and Val/Val genotypes. Similar results were observed in non-smokers with DLBCL by Kilfoy B.A. et al. [23].

We analyzed possible associations between combined *GSTs* genotypes and patients' clinical characteristics, including histological subtype, stage of disease, performance status (ECOG), and LDH level. There were no differences between patients' clinical characteristics and combined *GSTs* genotypes ($p > 0.05$, for all comparisons).

No particular association with treatment outcome was observed for the investigated *GSTs* genotypes. In contradiction, Cho H. et al. [29] reported that *GSTT1* deletion may significantly increase the risk of drug toxicity after combined chemotherapy in Korean patients with DLBCL. Similar findings were found by Yri O. et al. [10] in 2013, and in addition *GSTM1* gene polymorphism was associated with an inferior outcome in DLBCL patients with the low prognostic score ($p = 0.004$).

The association between *GSTs* genotypes and overall survival was not significant ($p > 0.05$), therefore, 5-year survival was not influenced by them. However, Hohaus S. et al. [30] and Han X. et al. [31] reported that *GSTT1* null and *GSTP1* genotypes were associated with worse FL survival. The same decreased event-free survival was also described by Cho H. et al. [29].

In addition, we determined the distribution histological subtypes of the NHL patients. We found that DLBCL, MZBL, and FL were most frequent in our patients and there were no differences regarding *GSTs* genotypes. Our findings, of no significant association between *GSTs* genotypes and histological subtypes of the NHL, are not consistent with previous reports [7, 11, 23, 25, 32-33]. [7] [11] [23] [25] [32] [33]

Also, we analyzed the association between the combined *GSTs* genotypes (null *GSTT1*, null *GSTM1* and variant genotype of *GSTP1* Ile105Val) and NHL and there was no increased risk of developing NHL in our study ($p > 0.05$, for all comparisons). Similar results with no association between *GST* variant genotypes separately or in combination were described in Turkish

children with ALL [4]. There are no previously reported studies regarding any association between combined variants of the *GSTT1*, *GSTM1* and *GSTP1* gene polymorphisms and risk of NHL.

According to the literature, there is only one study which investigates the association between ECOG performance status and *GSTT1*, *GSTM1* and *GSTP1* genotypes in NHL patients. Similar to our results, Sarmanová J. et al. [5] found no association between *GSTs* studied genotypes and clinical stage, performance status in a case-control study consisted of 219 patients with HL and NHL.

However, we presume that our relatively small group of patients could explain some of the discrepancies between our results and those of previous studies. The lack of environmental exposure data is an important limitation of our study, therefore we want to consider these risk factors for future studies.

5 CONCLUSIONS

In summary, the *GSTT1*, *GSTM1* and *GSTP1* gene polymorphisms were more frequent in DLBCL and our findings have not revealed associations between the *GSTs* genotypes and risk of NHL.

Therefore, our research suggests that *GSTT1*, *GSTM1* and *GSTP1* genotypes do not contribute to the risk of developing NHL.

Further investigations are required to explore the association between *GSTs* polymorphisms and risk of NHL and to a better understanding, the role of the detoxification enzymes in the xenobiotic metabolism.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by Internal Research Grants of the University of Medicine and Pharmacy Tîrgu Mureş, Romania. Project No. 19/11.12.2013.

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests.

REFERENCES

- [1] J. Ferlay , I. Soerjomataram, M. Ervik , R. Dikshit, S. Eser, C. Mathers , M. Rebelo , D. M. Parkin , D. Forman and F. Bray, "GLOBOCAN 2012 v1.0, Cancer Incidence and Mortality Worldwide: IARC CancerBase No. 11 [Internet]," Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, 2013. [Online]. Available: <http://globocan.iarc.fr> (August 2, 2016)
- [2] I. Kerridge, L. Lincz, F. Scorgie, D. Hickey , N. Granter and A. Spencer , "Association between xenobiotic gene polymorphisms and non-Hodgkin's lymphoma risk," *British Journal of Haematology*, vol. 118, no. 2, p. 477–481, 2002.
- [3] A. Parkinson, "Biotransformation of Xenobiotics," 2013. [Online]. Available: <http://farmasi.unud.ac.id/ind/wp-content/uploads/Bio-Transformation-of-Xenobiotics.pdf> (August 2, 2016)
- [4] M. Guven, S. Unal, D. Erhan, N. Ozdemir, S. Baris , T. Celkan , M. Bostancı and B. Batar , "Role of glutathione S-transferase M1, T1 and P1 gene polymorphisms in childhood acute lymphoblastic leukemia susceptibility in a Turkish population," *Meta Gene*, vol. 5, p. 115–119, 2015.
- [5] J. Sarmanová, K. Benesová, I. Gut, V. Nedelcheva-Kristensen, L. Tynková and P. Soucek , "Genetic polymorphisms of biotransformation enzymes in patients with Hodgkin's and non-Hodgkin's lymphomas," *Human Molecular Genetics*, vol. 10, no. 12, pp. 1265-1273, 2001.
- [6] J. Fang, S. Wang, S. Zhang, S. Su, Z. Song, Y. Deng, H. Cui , H. Wang , Y. Zhang , J. Qian , J. Gu , B. Liu, P. Li , R. Zhang , X. Liu and Z. Wang, "Association of the Glutathione S-Transferase M1, T1 Polymorphisms with Cancer: Evidence from a Meta-Analysis," *Public Library of Science one*, vol. 8, no. 11, p. e78707, 2013.
- [7] Y. Li, T. Zheng, B. A. Kilfoy, Q. Lan, S. Zahm, T. Holford, P. Zhao, M. Dai, B. Leaderer, N. Rothman and Y. Zhang, "Genetic polymorphisms in cytochrome P450s, GSTs, NATs, alcohol consumption and risk of Non-Hodgkin lymphoma," *American Journal of Hematology*, vol. 85, no. 3, p. 213–215, 2010.
- [8] Q. Bin and J. Luo , "Role of polymorphisms of GSTM1, GSTT1 and GSTP1 Ile105Val in Hodgkin and non-Hodgkin lymphoma risk: a Human Genome Epidemiology (HuGE) review," *Leukemia & lymphoma*, vol. 54, no. 1, pp. 14-20, 2013.

- [9] J. Ruiz-Cosano , P. Conesa-Zamora , R. González-Conejero , E. Pérez-Ceballos, A. Martínez-Francés , V. Vicente and M. Pérez-Guillermo , "Role of GSTT1 and M1 null genotypes as risk factors for B-cell lymphoma: influence of geographical factors and occupational exposure.," *Molecular Carcinogenesis*, vol. 51, no. 6, pp. 508-513, 2012.
- [10] O. Yri , P. Ekstrøm , V. Hilden , G. Gaudernack, K. Liestøl , E. B. Smeland and H. Holte , "Influence of polymorphisms in genes encoding immunoregulatory proteins and metabolizing enzymes on susceptibility and outcome in patients with diffuse large B-cell lymphoma treated with rituximab.," *Leukemia & lymphoma*, vol. 54, no. 10, pp. 2205-2214, 2013.
- [11] F. Yang, J. Xiong, X. Jia, Z. Gu, J. Shi, Y. Zhao, J. Li, S. Chen and W. Zhao, "GSTT1 Deletion Is Related to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons-Induced DNA Damage and Lymphoma Progression," *Public Library of Science One*, vol. 9, no. 2, p. e89302, 2014.
- [12] M. A. Alshagga, N. Mohamed , A. Nazrun Suhid , I. Abdel Aziz Ibrahim and S. Zulkifli Syed Zakaria , "Frequencies of glutathione s-transferase (GSTM1, GSTM3 AND GSTT1) polymorphisms in a Malaysian population," *Archives of Medical Science*, vol. 4, pp. 572-578, 2011.
- [13] S. Hohaus, A. Di Ruscio, A. Di Febo, G. Massini , F. D'Alo' , F. Guidi , G. Mansueto , M. Voso and G. Leone , "Glutathione S-transferase P1 Genotype and Prognosis in Hodgkin's Lymphoma," *Clinical Cancer Research*, vol. 11, no. 6, pp. 2175-2179, 2005.
- [14] E. Jaffe, N. Harris, H. Stein and J. Vardiman , WHO/IARCS Classification of Tumours. Pathology and Genetics of Tumours of Haematopoietic and Lymphoid Tissues, 3 ed., vol. 3, Lyon: ARC Press, 2001.
- [15] A. Sharma, A. Pandey, S. Sardana, A. Sehgal and J. Sharma , "Genetic Polymorphisms of GSTM1 and GSTT1 Genes in Delhi and Comparison with other Indian and Global Populations," *Asian Pacific Journal Of Cancer Prevention*, vol. 13, no. 11, pp. 5647-5652, 2012.
- [16] N. A. Lavender, M. L. Benford, T. T. VanCleave, G. N. Brock , R. A. Kittles, J. H. Moore , D. W. Hein and . L. R. Kidd, "Examination of polymorphic glutathione S-transferase (GST) genes, tobacco smoking and prostate cancer risk among Men of African Descent: A case-control study," *BMC Cancer*, vol. 9, p. 397, 2009.
- [17] J. Li, W. Xu, F. Liu, S. Huang and M. He , "GSTM1 polymorphism contribute to colorectal cancer in Asian populations: a prospective meta-analysis," *Scientific Reports*, vol. 5, 2015.
- [18] K. Wu, X. Wang, Z. Xie, Z. Liu and Y. Lu , "Glutathione S-transferase P1 gene polymorphism and bladder cancer susceptibility: an updated analysis," *Molecular Biology Reports*, vol. 40, no. 1, pp. 687-695, 2013.
- [19] Y. Wang, M. R. Spitz, M. B. Schabath, F. Ali-Osman, H. Mata and X. Wuc, "Association between glutathione S-transferase p1 polymorphisms and lung cancer risk in Caucasians: a case-control study," *Lung Cancer*, vol. 40, no. 1, pp. 25-32, 2003.
- [20] N. Weich , M. Nuñez , G. Galimberti , G. Elena , S. Acevedo , I. Larripa and A. Fundia , "Polymorphic variants of GSTM1, GSTT1, and GSTP1 genes in childhood acute leukemias: A preliminary study in Argentina," *Hematology*, vol. 20, no. 9, pp. 511-516, 2015.
- [21] Y. Zhao , X. Deng , G. Song and Z. Liu, "The GSTM1 Null Genotype Increased Risk of Gastric Cancer: A Meta-Analysis Based on 46 Studies," *Public Library of Science One*, vol. 8, no. 11, p. e81403, 2013.
- [22] G. J. Lourenço, I. A. Néri, V. C. Sforzi, R. Kameo, I. Lorand-Metze and C. S. Lima, "Polymorphisms of glutathione S-transferase Mu 1, glutathione S-transferase theta 1 and glutathione S-transferase Pi 1 genes in Hodgkin's lymphoma susceptibility and progression," *Leukemia & Lymphoma*, vol. 50, no. 6, pp. 1005-1009, 2009.
- [23] B. A. Kilfoy, T. Zheng, Q. Lan, X. Han, Q. Qin, N. Rothman, T. Holford and Y. Zhang, "Genetic polymorphisms in glutathione S-transferases and cytochrome P450s, tobacco smoking, and risk of non-Hodgkin lymphoma," *American Journal of Hematology*, vol. 84, no. 5, p. 279-282, 2009.
- [24] L. Xu and L. Cao, "GSTT1 genetic polymorphism and susceptibility to childhood acute lymphoblastic leukemia: a meta-analysis," *Tumour Biology*, vol. 35, no. 2, pp. 1433-1437, 2015.
- [25] M. Wu , C. Shun , S. Huang , A. Cheng , L. Chen and J. Lin, "Effect of interleukin-1beta and glutathione S-transferase genotypes on the development of gastric mucosa-associated lymphoid tissue lymphoma.," *Haematologica*, vol. 89, no. 8, pp. 1015-1017, 2004.
- [26] H. Abdel Rahman , M. Khorshied , H. Elazzamy and O. Khorshid , "The link between genetic polymorphism of glutathione-S-transferases, GSTM1, and GSTT1 and diffuse large B-cell lymphoma in Egypt.," *Journal of cancer research and clinical oncology*, vol. 138, no. 8, pp. 1363-1368, 2012.
- [27] B. C.-H. Chiu, C. Kolar, S. M. Gapstur, T. Lawson, J. R. Anderson and D. D. Weisenburger , "Association of NAT and GST polymorphisms with non-Hodgkin's lymphoma: a population-based case-control study," *British Journal of Haematology*, vol. 128, p. 610-615, 2005.
- [28] H. N. Kim, N. Y. Kim, L. Yu, Y. Kim, I. Lee, D. Yang, J. Lee, M. Shin, K. Park, J. Choi and H. Kim, "Polymorphisms of drug-metabolizing genes and risk of non-Hodgkin lymphoma," *American Journal of Hematology*, vol. 84, p. 821-825, 2009.

- [29] H. Cho , H. Eom , H. Kim , I. Kim, G. W. Lee and S. Kong, "Glutathione-S-transferase genotypes influence the risk of chemotherapy-related toxicities and prognosis in Korean patients with diffuse large B-cell lymphoma.," *Cancer genetics and cytogenetics.*, vol. 198, no. 1, pp. 40-46, 2010.
- [30] S. Hohaus , G. Mansueto , G. Massini, F. D'Alo, M. Giachelia , M. Martini, L. Larocca , M. Voso and G. Leone, "Glutathione-S-transferase genotypes influence prognosis in follicular non-Hodgkin's Lymphoma.," *Leukemia & lymphoma.*, vol. 48, no. 3, pp. 564-569, 2007.
- [31] X. Han, T. Zheng, F. M. Foss, Q. Lan, T. R. Holford , N. Rothman , S. Ma and Y. Zhang , "Genetic polymorphisms in the metabolic pathway and non-Hodgkin lymphoma survival," *American Journal of Hematology*, vol. 85, no. 1, p. 51–56, 2010.
- [32] F. Al-Dayel, M. Al-Rasheed , M. Ibrahim, R. Bu , P. Bavi , J. Abubaker , N. Al-Jomah , G. Mohamed, A. Moorji , S. Uddin , A. Siraj and K. Al-Kuraya, "Polymorphisms of drug-metabolizing enzymes CYP1A1, GSTT and GSTP contribute to the development of diffuse large B-cell lymphoma risk in the Saudi Arabian population.," *Leukemia & lymphoma.*, vol. 49, no. 1, pp. 122-129, 2008.
- [33] S. Rollinson, A. P. Levene, F. K. Mensah, P. L. Roddam, J. M. Allan, T. C. Diss, E. Roman, A. Jack, k. MacLennan, M. F. Dixon and G. J. Morgan, "Gastric marginal zone lymphoma is associated with polymorphisms in genes involved in inflammatory response and antioxidative capacity," *Blood*, vol. 102, pp. 1007-1011, 2003.

FIABILITE DES METHODES SEMI-EMPIRIQUES POUR LA DETERMINATION DES PARAMETRES GEOMETRIQUES DES COMPOSES ORGANIQUES β -HIMACHALENE HALOGENES

[RELIABILITY OF SEMI-EMPIRICAL METHODS FOR THE DETERMINATION OF GEOMETRIC PARAMETERS OF ORGANIC COMPOUNDS β -HIMACHALENE HALGOGENATED]

Mohammed EL IDRISSE¹, Abdellah ZEROUAL¹, Ahmed BENHARREF², and Abdeslam ELHAJBI¹

¹Laboratoire de Chimie Physique, Département de Chimie, Faculté des Sciences Université Chouaib Doukkali, BP 20, 24000 EL
Jadida, Maroc

²Laboratoire de Chimie Biomoléculaire, des Substances Naturelles et Réactivité, URAC 16, Faculté des Sciences Semlalia,
Université Cadi Ayyad, BP. 2390, 40000 Marrakech, Maroc

Copyright © 2017 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: Single-crystal X-ray diffraction analysis is the most direct and definitive technique for determining (or confirming) the geometric structure of chemical compound. In this paper, we describe the capacity of semi-empirical methods such as AM1, PM3, PM6 and NODCs for determining interatomic distances and bond angles for three compounds P1 ((1S, 3R,8R)-2,2-dichloro-3,7,7,10-tetramethyl-tricyclo [6,4,0,01,3] dodec-9-ene), P2 (1S,3R,8R,9S,11R)-2,2,10,10-tetrachloro-3,7,7,11 tetramethyltetracyclo [6,5,0,01.2,09.116] tridecane) and P3 (1S,3R,8R,9S,11R)-2,2,10,10-tetrabromo-3,7,7,11 tetramethyltetracyclo [6,5,0,01.2,09.116] tridecane) including experimental data interatomic distances and bond angles are available. The results obtained show a good agreement with experimental reference values, a few exceptions, for semi-empirical methods AM1 and PM6 appear more reliable than PM3 and NODC.

KEYWORDS: Halogenated organic compounds, geometrical parameters, X-ray diffraction, semi-empirical methods.

RESUME: Les principales méthodes qui permettent de déterminer la géométrie d'un produit chimique sont les méthodes de la diffraction des rayons X et les méthodes spectroscopiques. Dans ce travail, nous avons testé capacité des méthodes semi-empiriques AM1, PM3, PM6 et CNDO à déterminer les distances interatomiques et les angles de liaisons des composés chimiques P₁ ((1S, 3R,8R)-2,2-dichloro-3,7,7,10-tétraméthyl-tricyclo[6,4,0,0^{1,3}]dodec-9-ène), P₂ (1S,3R,8R,9S,11R)-2,2,10,10-tétrachloro-3,7,7,11-tétramethyltetracyclo[6,5,0,01.2,0^{9.116}]tridecane) et P₃ (1S,3R,8R,9S,11R)-2,2,10,10-tétrabromo-3,7,7,11-tétramethyltetracyclo[6,5,0,01.2,0^{9.116}]tridecane), dont les données expérimentales des distances interatomiques et les angles de liaisons sont disponibles. Les résultats obtenus par les méthodes semi-empiriques sont en bon accord avec les valeurs expérimentales. A quelques exception près, les méthodes AM1 et PM6 apparaissent plus fiables que les méthodes PM3 et CNDO.

MOTS-CLEFS: Composés organiques halogénés, Paramètres géométriques, Diffraction des Rayons X, les méthodes semi-empiriques.

1 INTRODUCTION

Le β -Himachalène est un produit secquiterpénique isolé d'huile essentielle de Cèdre de l'Atlas [1]. Sa structure contient deux doubles liaisons, l'une en position 2,3- tri-substitué et l'autre en position 6,7 tétra-substitué. Le traitement du β -Himachalène par les dihalo-carbènes (dichlorocarbène et le dibromocarbène) générés in situ de la réaction catalysée par transfert de phase liquide-solide [2] conduit aux produits **P₁**, **P₂** et **P₃** (Figure 1). Les structures de ces produits sont déterminées à partir des données spectrales RMN ¹³C et ¹H [3] la stéréochimie a été confirmée par la diffraction des rayons X [4]. Une étude théorique montre que ces réactions sont hautement régio et stéréo- spécifiques [5,6].

Les méthodes quantiques semi-empiriques et ab initio permettent de déterminer les propriétés chimico-physiques des atomes, des ions, des molécules, des radicaux, des clusters... etc.

Dans ce travail nous nous sommes intéressés à utiliser les méthodes semi-empiriques AM1, PM3, PM6 et CNDO pour reproduire les valeurs des distances interatomiques et les angles de liaisons des produits P1 ((1*S*, 3*R*,8*R*)-2,2-dichloro-3,7,7,10-tétraméthyl-tricyclo [6,4,0,0^{1,3}] dodec-9-ène), P2 (1*S*,3*R*,8*R*,9*S*,11*R*)-2,2,10,10-tétrachloro-3,7,7,11-tétraméthyltetracyclo [6,5,0,01.2,0^{9,11}6] tridecane) et P3 (1*S*,3*R*,8*R*,9*S*,11*R*)-2,2,10,10-tétrabromo-3,7,7,11-tétraméthyltetracyclo [6,5,0,01.2,0^{9,11}6] tridecane).

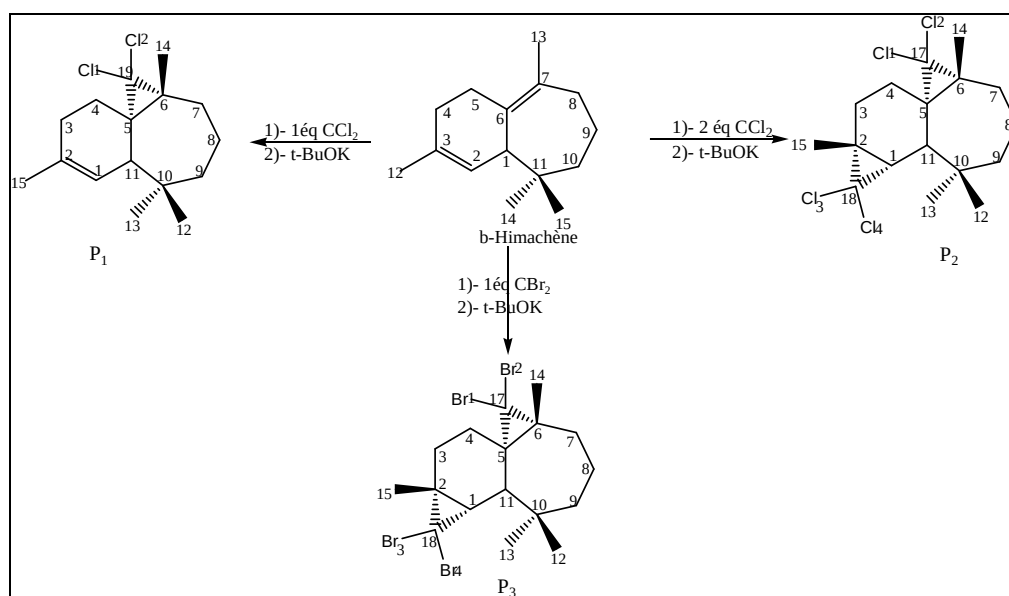


Fig. 1. Réaction de β -Himachalène

Les distances de liaisons et les angles de liaisons des trois produits calculés par les méthodes semi-empiriques sont comparés avec les distances et les angles de liaisons obtenus par la diffraction des rayons X [4].

2 METHODE DE CALCUL

Tous les calculs ont été effectués à l'aide des méthodes semi-empiriques CNDO, AM1, PM6 et PM3. Implantés dans le programme gaussien [7]. Après l'optimisation de la géométrie de chaque système moléculaire, nous avons déterminé les distances inter atomiques et les angles de liaisons des produits organiques halogénés **P₁**, **P₂** et **P₃**.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 DISTANCES INTERATOMIQUES DES **P₁**, **P₂** ET **P₃**

Les distances interatomiques des produits **P₁**, **P₂** et **P₃** calculés par les méthodes semi-empiriques (AM1, PM3, PM6 et CNDO) et mesurés par la diffraction des rayons X sont rassemblées respectivement dans les tableaux 1a, 1b et 1c.

Tableau 1a. Distances interatomiques du P_1 obtenues par les méthodes semi-empirique et D.R.X

Les longueurs de liaisons	Méthode semi-empiriques				
	AM1	PM6	PM3	CNDO	<u>D.R.X</u>
R(5,6)	1.5239	1.5497	1.5318	1.5319	1.530
R(5,11)	1.519	1.534	1.5264	1.5119	1.525
R(5,4)	1.5082	1.5227	1.5194	1.4851	1.518
R (5,19)	1.5308	1.5378	1.5207	1.4887	1.499
R(6,7)	1.5069	1.5181	1.5142	1.4964	1.506
R(6,14)	1.4998	1.5124	1.5093	1.473	1.507
R(6,19)	1.5201	1.5296	1.5086	1.48	1.510
R(10,11)	1.5484	1.5731	1.5594	1.5191	1.575
R(1,11)	1.4941	1.5097	1.4974	1.474	1.500
R(10,9)	1.5342	1.5555	1.5442	1.5124	1.551
R(10,12)	1.5185	1.5343	1.525	1.483	1.552
R(10,13)	1.5335	1.5492	1.5353	1.4827	1.489
R(7,8)	1.5132	1.5331	1.5196	1.4882	1.521
R(8,9)	1.5106	1.5302	1.519	1.4941	1.511
R(1,2)	1.34	1.3401	1.3372	1.3467	1.318
R(3,4)	1.5162	1.5325	1.5221	1.4747	1.511
R(2,3)	1.4863	1.5038	1.488	1.466	1.486
R(2,15)	1.4826	1.4978	1.4841	1.4563	1.493
R(19, Cl1)	1.7379	1.7407	1.7299	1.6958	1.762
R (19,Cl2)	1.7351	1.7317	1.7297	2.2776	1.756

Tableau 1b. Distances interatomiques du P_2 obtenues par les méthodes semi-empiriques et D.R.X

Les longueurs de liaison	Méthode semi-empiriques				
	AM1	PM6	PM3	CNDO	<u>D.R.X</u>
R(5,6)	1.5313	1.5573	1.5372	1.5205	1.555
R(5,11)	1.524	1.5381	1.5238	1.5264	1.542
R(5,4)	1.5124	1.5261	1.5216	1.4657	1.533
R (5,17)	1.5337	1.5407	1.5241	1.7385	1.467
R(6,7)	1.5047	1.5165	1.5153	1.4784	1.509
R(6,14)	1.5028	1.5144	1.5096	1.5173	1.531
R(6,17)	1.5163	1.5255	1.5056	1.5309	1.524
R(10,11)	1.5569	1.5787	1.5694	1.5041	1.568
R(1,11)	1.5152	1.5304	1.5128	1.5294	1.515
R(10,9)	1.5349	1.5525	1.5448	1.4934	1.505
R(10,12)	1.5186	1.5342	1.5271	1.4809	1.540
R(10,13)	1.5399	1.553	1.5382	1.4848	1.532
R(7,8)	1.5098	1.5292	1.517	1.4747	1.544
R(8,9)	1.5079	1.5273	1.5184	1.4767	1.509
R(1,2)	1.5152	1.5407	1.5062	1.5115	1.522
R(3,4)	1.5158	1.5324	1.523	1.4808	1.506
R(2,3)	1.5002	1.5147	1.5073	1.4857	1.536
R(2,18)	1.5234	1.5331	1.5095	1.4861	1.522
R(17,Cl1)	1.7364	1.731	1.7291	3.1295	1.752
R (17,Cl2)	1.7371	1.7419	1.7306	1.8584	1.766
R (18,Cl3)	1.7183	1.7186	1.7404	1.7023	1.748
R (18,Cl4)	1.7418	1.7441	1.7087	1.8125	1.777

Tableau 1c. Distances interatomiques du P_3 obtenues par les méthodes semi-empiriques et D.R.X

Les longueurs de liaisons	Méthode semi-empiriques			
	AM1	PM6	PM3	D.R.X
Br3 C18	1.891	1.9066	1.8624	1.899
Br2 C17	1.9117	1.9319	1.8838	1.912
Br1 C17	1.916	1.93	1.8738	1.927
Br4 C18	1.915	1.9328	1.871	1.945
C2 C1	1.5083	1.5346	1.5145	1.51
C2 C3	1.5006	1.5149	1.507	1.51
C2 C15	1.4974	1.5092	1.5051	1.51
C2 C18	1.5243	1.5378	1.4854	1.51
C6 C5	1.526	1.5559	1.5451	1.560
C6 C16	1.5037	1.5163	1.5072	1.52
C6 C17	1.5161	1.5279	1.4777	1.52
C6 C7	1.5052	1.5178	1.5159	1.51
C5 C4	1.5132	1.5287	1.5206	1.53
C5 C11	1.5253	1.5396	1.5282	1.540
C1 C11	1.5163	1.5327	1.5136	1.540
C1 C18	1.518	1.5208	1.4783	1.48
C4 C3	1.5149	1.53	1.5235	1.54
C11 C10	1.5579	1.5796	1.5638	1.57
C9 C10	1.5346	1.5513	1.5455	1.54
C9 C8	1.5077	1.5271	1.519	1.52
C13 C10	1.5186	1.5345	1.5266	1.53
C7 C8	1.5092	1.5286	1.5189	1.53
C10 C12	1.5407	1.5538	1.537	1.52

D'après ces résultats nous constatons que l'écart entre la distance de la double liaison du produit 1 calculée est d'ordre $2,2 \cdot 10^{-2} \text{Å}$, mais l'écart entre les liaisons des carbone-chlore est d'ordre: 0.02, 0.03, 0.24, 0.032 et 0.06, respectivement PM6, AM1, PM3 et CNDO.

Pour le produit 2 l'écart entre la longueur des liaisons carbone- chlore calculé et mesuré est d'ordre 0.035, 0.032, 0,068 et 0,96, AM1, PM6, PM3 et CNDO respectivement. D'autre part l'écart entre les longueurs de liaisons brome-carbone trouvé et les longueurs expérimentales des rayons X est d'ordre 0.01, 0.003 et 0.03, AM1, PM6 et PM3.

Nous avons représenté les distances interatomiques calculées par les méthodes semi-empiriques en fonction des distances interatomiques expérimentales dans la figure 1. Le résultat obtenu est une droite de la forme $Y = a.X + b$, les paramètres a, b et R^2 (facteur de correction) sont rassemblés dans les tableaux (2a, 2b, 2c).

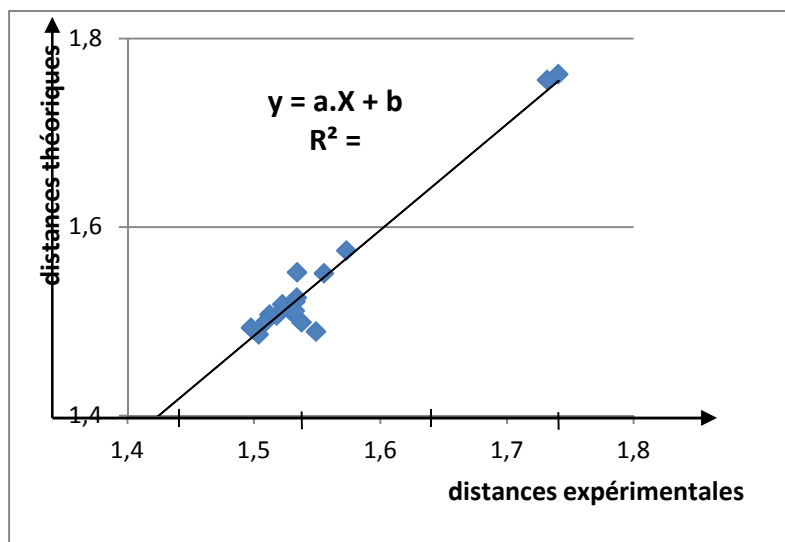


Fig. 1. Les distances interatomiques théoriques en fonction des distances expérimentales

Tableau 2a. Les paramètres a , b et R^2 de l'équation du produit 1

Coefficients Méthode	a	b	R^2
AM 1	1,095	- 0,142	0,964
PM 6	1,123	-0,200	0,974
PM 3	1,125	-0,192	0,967
CNDO	0,398	+0,92	0,64

Tableau 2b. Les paramètres a , b et R^2 de l'équation du produit 2

Coefficients Méthode	a	b	R^2
PM 6	0,984	0,031	0,992
PM 3	0,897	0,148	0,99
AM 1	0,979	0,023	0,989

Tableau 2c. Les paramètres a , b et R^2 de l'équation du produit 3

Coefficients Méthode	a	b	R^2
AM 1	0,869	0,194	0,942
PM 6	0,835	0,294	0,945
PM 3	0,835	0,249	0,937
CNDO	2,369	-2,094	0,401

La comparaison de distances interatomiques expérimentales et théoriques montre que la méthode PM6 est la plus fiable car elle possède un facteur de correction R^2 le plus grand.

3.2 ANGLES DE LIAISONS DES PRODUITS P_1 , P_2 ET P_3

Les angles de liaisons des produits P_1 , P_2 et P_3 calculés par les méthodes semi-empiriques et mesurés par la diffraction des rayons X sont regroupés dans les tableaux (3a, 3b, 3c).

Tableau 3a. Les angles de liaison du P_1 obtenus par les méthodes semi-empiriques et mesurés par la diffraction des rayons X

Les angles	Méthode semi-empiriques				
	AM 1	PM 6	PM 3	CNDO	D.R.X
C10 C9 C8	116.7219	116.191	114.9059	121.6046	117.3
C9 C10 C13	105.7769	105.8229	106.7878	100.636	110.7
C9 C10 C12	-----	-----	-----	-----	103.0
C9 C10 C11	111.015	110.4795	110.2946	126.5382	111.9
C13 C10 C12	108.4056	107.9005	108.1042	111.1698	108.7
C13 C10 C11	108.7332	109.2727	108.525	111.7274	109.8
C12 C10 C11	113.8641	112.9918	114.1911	100.6714	112.4
C2 C1 C11	125.222	125.3606	122.5061	128.5267	125.6
C1 C2 C15	122.2955	122.136	122.6677	124.2445	122.2
C1 C2 C3	122.3916	122.686	120.3029	117.3928	121.4
C15 C2 C3	115.2946	115.1591	117.0136	118.3626	116.4
C10 C11 C1	111.5799	112.1869	112.6344	104.7436	114.3
C10 C11 C5	116.1142	115.1284	116.1259	122.1618	114.8
C1 C11 C5	110.3264	109.8447	108.9995	112.9996	109.4
C5 C4 C3	111.7394	110.4105	116.6202	117.4391	109.8
C11 C5 C4	113.0321	113.0231	115.6701	113.2919	111.9
C11 C5 C19	118.6393	118.5474	117.6228	118.1935	118.2
C11 C5 C6	119.7447	120.6178	119.4341	128.4174	118.4
C4 C5 C19	116.321	115.9046	116.6097	116.3148	117.1
C4 C5 C6	119.4599	119.165	116.5655	111.4014	122.2
C19 C5 C6	-----	-----	-----	-----	59.8
Cl1 C19 Cl2	108.8958	108.4954	107.5308	49.754	107.6
Cl1 C19 C5	120.7007	121.6028	120.9468	64.9312	121.7
Cl1 C19 C6	119.506	118.1562	120.4865	63.169	121.3
Cl2 C19 C5	120.8086	121.787	121.1142	106.4727	120.3
Cl2 C19 C6	119.962	119.5323	120.0754	105.951	118.9
C5 C19 C6	-----	-----	-----	-----	61.1
C5 C6 C19	-----	-----	-----	-----	59.1
C5 C6 C7	119.7031	119.6084	120.3227	128.094	116.0
C5 C6 C14	119.378	119.5968	117.7221	117.6298	121.2
C19 C6 C7	118.0653	119.2405	118.5756	127.4768	118.3
C19 C6 C14	119.7465	116.7999	119.3131	112.0671	119.4
C7 C6 C14	111.2119	112.3439	111.9559	106.0878	112.9
C6 C7 C8	112.6219	111.3268	111.6963	120.1143	111.6
C9 C8 C7	112.9703	112.8995	112.9386	128.8405	115.5
C2 C3 C4	112.5733	111.575	113.6227	111.8778	114.8

Tableau 3b. Les angles de liaison du P_2 obtenus par les méthodes semi-empiriques et mesurés par la diffraction des rayons X

Les angles	Méthode semi-empiriques				
	AM1	PM6	PM3	CNDO	D.R.X
C1 C2 C3	117.4397	117.2498	116.5025	117.943	117.8
C1 C2 C15	118.7103	118.8659	119.0907	119.7377	118.2
C1 C2 C18	119.0774	-----	-----		58.8
C3 C2 C15	112.7743	113.7599	112.0851	112.9245	113.4
C3 C2 C18	119.0774	119.261	121.6216	123.689	119.1
C15 C2 C18	119.2648	117.993	118.8834	113.4252	119.0
C5 C6 C16	118.1623	119.4212	118.9421	120.3345	117.8
C5 C6 C17	-----	-----	-----		118.3
C5 C6 C7	121.7723	122.1663	120.2057	122.162	118.2
C16 C6 C17	-----	-----	-----		57.7
C16 C6 C7	110.6065	110.2435	112.1405	100.6257	116.1
C17 C6 C7	117.3414	119.083	118.3133	122.0635	114.8
C6 C5 C4	115.6174	115.6207	118.2115	136.233	113.4
C6 C5 C11	122.9003	123.3984	117.7173	100.5576	116.0
C4 C5 C11	112.8125	112.5339	116.2494	123.1904	106.2
C2 C1 C11	124.8482	124.6444	119.7206	116.0981	120.9
C2 C1 C18	-----	-----	-----		60.5
C11 C1 C18	125.3325	123.9801	122.6	129.1718	122.9
C5 C4 C3	113.3727	112.8314	117.7897	113.0661	114.5
C2 C3 C4	110.3517	109.4211	116.6658	120.9772	116.0
C5 C11 C1	111.6251	111.6493	110.9342	114.3474	112.4
C5 C11 C10	115.8271	115.5351	114.8385	122.059	119.1
C1 C11 C10	109.3776	108.9415	112.6648	104.7697	112.3
C10 C9 C8	117.9996	116.659	114.9437	118.7384	115.6
C6 C16 C17	-----	-----	-----		61.0
C6 C17 C16	-----	-----	-----		61.2
C6 C7 C8	111.666	111.1795	112.2732	114.9993	114.7
C11 C10 C9	113.1201	112.8157	109.172	113.7979	114.3
C11 C10 C13	109.6845	109.329	109.9831	112.1352	109.4
C11 C10 C12	111.9766	111.362	114.3933	111.4518	107.6
C9 C10 C13	103.6888	103.8315	106.9369	112.1352	110.5
C9 C10 C12	110.1481	110.6458	108.7225	107.9175	107.4
C13 C10 C12	107.7739	108.5071	107.3612	106.5461	107.2
C2 C18 C1	-----	-----	-----		60.7
C9 C8 C7	111.5017	111.0513	113.3766	114.5303	114.2

Tableau 3c. Les angles de liaison du P_3 obtenus par les méthodes semi-empiriques et mesurés par la diffraction des rayons X

Les angles	Méthode semi-empiriques			
	AM 1	PM 6	PM 3	D.R.X
C1 C2 C3	117.4397	117.3526	116.6135	116.4
C1 C2 C15	118.7103	118.5299	119.1602	119.5
C1 C2 C18	119.0774	-----	-----	119.1
C3 C2 C15	112.7743	114.2029	112.1247	113.9
C3 C2 C18	119.0774	119.4837	120.2261	119.1
C15 C2 C18	119.2648	117.3912	119.5442	118.6
C5 C6 C16	118.1623	119.181	117.9617	118.3
C5 C6 C17	-----	-----	-----	57.4
C5 C6 C7	121.7723	121.6282	121.1373	118.9
C16 C6 C17	-----	-----	-----	61.5
C16 C6 C7	110.6065	111.3712	111.7889	115.5
C17 C6 C7	117.3414	118.6565	117.5835	114.4
C6 C5 C4	115.6174	117.1519	117.0954	113.4
C6 C5 C11	122.9003	122.1783	118.665	116.5
C4 C5 C11	112.8125	113.0789	116.0635	106.4
C2 C1 C11	124.8482	124.2081	119.9509	122.0
C2 C1 C18	-----	-----	-----	61.4
C11 C1 C18	125.3325	122.699	126.4478	123.6
C5 C4 C3	113.3727	111.2467	118.8126	114.3
C2 C3 C4	110.3517	109.302	116.8656	116.2
C5 C11 C1	111.6251	111.245	111.6897	111.9
C5 C11 C10	115.8271	115.1812	114.6132	118.5
C1 C11 C10	109.3776	109.8148	111.261	112.8
C10 C9 C8	117.9996	116.6798	114.965	117.1
C6 C16 C17	-----	-----	-----	
C17 C6C16	-----	-----	-----	
C6 C7 C8	111.666	111.2717	112.2093	114.5
C11 C10 C9	113.1201	112.374	109.842	115.4
C11 C10 C13	109.6845	109.5983	110.223	108.8
C11 C10 C12	111.9766	111.4693	114.2029	106.5
C9 C10 C13	103.6888	103.9691	106.5006	109.6
C9 C10 C12	110.1481	110.637	108.569	108.5
C13 C10 C12	107.7739	108.4617	107.1874	107.8
C2 C18 C1	-----	-----	-----	61.4
C9 C8 C7	111.5017	111.423	112.7011	115.4

D'après ces résultats nous constatons que:

- Les angles de liaisons des produits P_1 , P_2 et P_3 qui sont supérieurs à 120 calculés par les méthodes semi-empiriques et obtenus par la diffraction des rayons X possèdent un écart moyen entre les valeurs des angles d'ordre 0.9°, 1°, 1.2° et 26°, AM1, PM6, PM3 et CNDO respectivement.
- Les angles de liaisons des produits P_1 , P_2 et P_3 qui sont inférieurs à 120 calculés par les méthodes semi-empiriques et obtenus par la diffraction des rayons X possèdent un écart moyen entre les valeurs des angles d'ordre 2.2, 1.07, 1.16 et 1.07 au CNDO, PM3, PM6 et AM1 respectivement.

Nous avons représentés dans la figure 2 les valeurs des angles calculés par les méthodes semi-empiriques en fonction des angles expérimentales, le résultat obtenu donne une droite de la forme $Y = a.X + b$.

Les paramètres a , b et R^2 de l'équation sont rassemblés dans les tableaux (4a, 4b, 4c). D'après ces tableaux on remarque que la méthode AM1 qui possède un facteur R^2 le plus grand, alors la méthode AM1 la plus précise pour calculer les angles de liaisons.

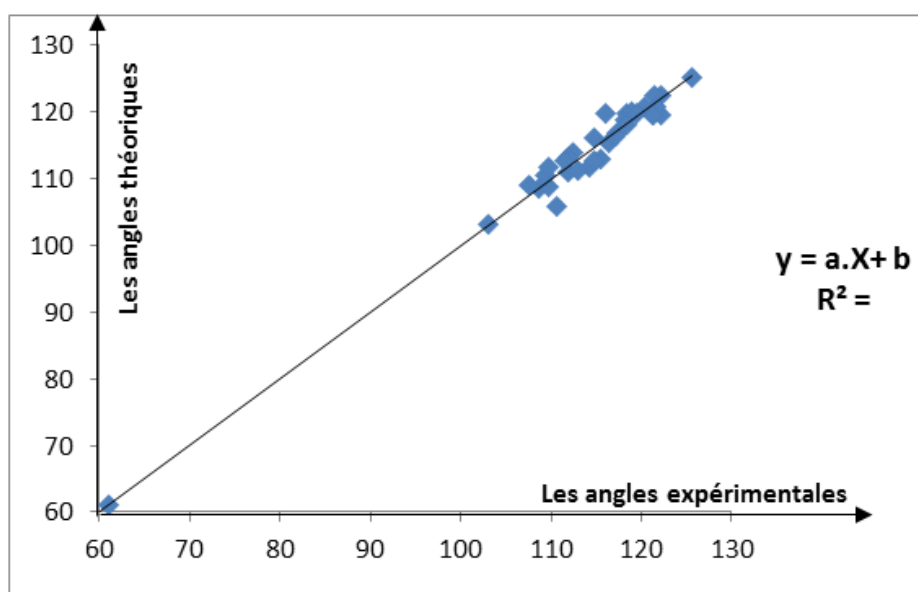


Fig. 2. Les angles théoriques en fonction des angles expérimentales

Tableau 4a. Les paramètres de l'équation et le facteur de correction R^2 du produit 1.

Méthode	Coefficients	a	b	R^2
AM 1		0,992	0,576	0,99
PM 6		0,99	0,57	0,989
PM 3		0,99	0,57	0,989
CNDO		0,873	9,55	0,394

Tableau 4b. Les paramètres de l'équation et le facteur de correction R^2 du produit 2

Méthode	Coefficients	a	b	R^2
AM 1		0,996	0,392	0,973
PM 6		0,989	1,037	0,971
PM 3		0,993	0,968	0,972
CNDO		0,998	0,888	0,87

Tableau 4c. Les paramètres de l'équation et le facteur de correction R^2 du produit 3

Méthode	Coefficients	a	b	R^2
PM 6		0,998	0,237	0,977
PM 3		0,998	0,511	0,981
AM 1		0,987	0,763	0,982

4 ESTIMATION D'ERREUR

L'estimation d'erreur des distances et les angles pour les différents produits calculés par la relation :

$$\% \text{ Erreur} = \frac{\text{grandeur Exp} - \text{grandeur Cal}}{\text{grandeur Exp}} \times 100$$

Les valeurs d'estimation d'erreur des distances et les angles pour les différents produits P_1 , P_2 et P_3 , sont reportées dans les tableaux 4a, 4b, 4c, 5a, 5b et 5c.

Tableau 4a. Le pourcentage d'erreur des longueurs de liaison du P_1

Les liaisons	Méthodes Semi-empirique			
	AM1	PM6	PM3	CNDO
R(5,6)	0,39%	1.24%	0,11%	0,06%
R(5,11)	0,39%	0,59%	0,09%	0,85%
R(5,4)	0,59%	0,26%	0,092%	2,09%
R (5,19)	2,06%	2,5%	1,4%	0,66%
R(6,7)	0,05%	0,79%	0,53%	0,59%
R(6,14)	0,46%	0,33%	0,15%	2,1%
R(6,19)	0,66%	1,25%	0,09%	1,98%
R(10,11)	1,65%	0,06%	0,95%	3,49%
R(1,11)	0,33%	0,6%	0,16%	1,73%
R(10,9)	1,03%	0,25%	0,43%	2,45%
R(10,12)	2,12%	1,09%	1,73%	4,44%
R(10,13)	2,95%	4,03%	3,76%	0,4%
R(7,8)	0,46%	0,78%	0,08%	2,1%
R(8,9)	0,019%	1,25%	0,52%	1,05%
R(1,2)	1,66%	1,66%	1,44%	2,12%
R(3,4)	0,33%	1,38%	0,72%	2,4%
R(2,3)	0,013%	1,14%	0,13%	1,34%
R(2,15)	0,66%	0,26%	0,59%	2,41%
R(19, Cl1)	1,36%	1,19%	1,82%	3,74%
R (19,Cl2)	1,13%	1,36%	1,49%	29,61%
La moyenne du pourcentage d'erreur	0,9156%	1,6855%	0,8141%	3,2805%

Tableau 4b. Le pourcentage d'erreur des longueurs de liaison du P_2

Les liaisons	Méthodes Semi-empirique			
	AM1	PM6	PM3	CNDO
R(5,6)	1,47%	0,12%	1,09%	2,18%
R(5,11)	1,16%	0,19%	1,16%	0,97%
R(5,4)	1,30%	0,39%	0,71%	4,37%
R (5,19)	4,49%	4,97%	3,88%	18,40%
R(6,7)	0,26%	0,46%	0,39%	1,98%
R(6,14)	1,82%	1,04%	1,37%	0,84%
R(6,19)	0,45%	0,06%	1,18%	0,39%
R(10,11)	0,70%	0,63%	0,06%	4,01%
R(1,11)	0,01%	0,99%	0,13%	0,92%
R(10,9)	1,92%	3,12%	2,59%	0,73%
R(10,12)	1,36%	0,32%	0,77%	3,83%
R(10,13)	0,45%	1,30%	0,39%	3,06%
R(7,8)	2,20%	0,90%	1,74%	4,46%
R(8,9)	0,06%	1,19%	0,59%	2,12%
R(1,2)	0,39%	1,18%	0,98%	0,65%
R(3,4)	0,59%	1,72%	1,06%	1,66%
R(2,3)	2,27%	1,36%	1,82%	3,25%
R(2,15)	0,06%	0,72%	0,78%	2,29%
R(19, Cl1)	0,85%	1,14%	1,25%	78,19%
R (19,Cl2)	1,58%	1,35%	1,98%	5,20%
La moyenne du pourcentage d'erreur	1,23365%	1,21387%	1,28369%	6,55221%

Tableau 4c. Le pourcentage d'erreur des longueurs de liaison du P_3

Les liaisons	Méthodes Semi-empirique		
	AM1	PM6	PM3
R(5,6)	0,421 %	0,368 %	1,927 %
R(5,11)	0,015 %	1,040 %	1,474 %
R(5,4)	0,570 %	0,150 %	2,750 %
R (5,19)	1,542 %	0,627 %	3,804 %
R(6,7)	0,112 %	1,629 %	0,291 %
R(6,14)	0,622 %	0,317 %	0,198 %
R(6,19)	0,794 %	0,052 %	0,317 %
R(10,11)	0,794 %	1,841 %	1,629 %
R(1,11)	0,897 %	0,256 %	0,955 %
R(10,9)	2,236 %	0,243 %	0,835 %
R(10,12)	1,072 %	0,519 %	2,782 %
R(10,13)	0,311 %	0,516 %	0,390 %
R(7,8)	1,045 %	0,084 %	0,614 %
R(8,9)	0,909 %	0,019 %	0,766 %
R(1,2)	1,538 %	0,474 %	1,714 %
R(3,4)	2,567 %	2,702 %	0,114 %
R(2,3)	1,623 %	0,649 %	1,071 %
R(2,15)	0,770 %	0,605 %	0,388 %
R(19, Br1)	0,324 %	0,714 %	0,357 %
R (19,Br2)	0,809 %	0,460 %	0,065 %
La moyenne du pourcentage d'erreur	0,9717%	0,6902%	1,0656%

Tableau 5a. Le pourcentage d'erreur des angles de liaison P_1

Les angles	Méthodes Semi-empirique			
	AM1	PM6	PM3	CNDO
C10 C9 C8	0,05%	0,944%3	2,04%	3,66 %
C9 C10 C13	4,46%	4,40%	3,53%	9,09%
C9 C10 C12	0%	0%	0%	0%
C9 C10 C11	0,7%9	1,269%	1,43%	13,08%
C13 C10 C12	0,27%	0,735%	0,54%	2,27%
C13 C10 C11	0,98%	0,479%	1,16%	1,75%
C12 C10 C11	1,3%	0,525%	1,59%	10,43%
C2 C1 C11	0,3%	0,19%	2,46%	2,32%
C1 C2 C15	0,78%	0,052%	0,38%	1,67%
C1 C2 C3	0,81%	1,059%	0,90%	3,30%
C15 C2 C3	0,94%	1,065%	0,52%	1,68%
C10 C11 C1	2,37%	1,848%	1,45%	8,36%
C10 C11 C5	1,14%	0,285%	1,14%	6,41%
C1 C11 C5	0,84%	0,406%	0,36%	3,28%
C5 C4 C3	1,76%	0,556%	6,21%	6,95%
C11 C5 C4	1,01%	1,003%	3,36%	1,24%
C11 C5 C19	0,37%	0,293%	0,48%	0,005%
C11 C5 C6	1,13%	1,872%	0,87%	8,45%
C4 C5 C19	0,66%	1,02%	0,41%	0,67%
C4 C5 C6	2,24%	2,483%	4,61%	8,82%
C19 C5 C6	0%	0%	0%	0%
Cl1 C19 Cl2	1,2%	0,831%	0,06%	53,75%
Cl1 C19 C5	0,82%	0,079%	0,61%	46,63%
Cl1 C19 C6	1,47%	2,591%	0,67%	47,92%
Cl2 C19 C5	0,42%	1,236%	0,67%	11,48%
Cl2 C19 C6	0,89%	0,531%	0,98%	10,88%
C5 C19 C6	0%	0%	0%	0%
C5 C6 C19	0%	0%	0%	0%
C5 C6 C7	3,1%9	3,110%	3,72%	10,42%
C5 C6 C14	1,51%	1,322%	2,86%	2,94%
C19 C6 C7	0,19%	0,795%	0,23%	7,75%
C19 C6 C14	0,29%	2,177%	0,07%	6,14%
C7 C6 C14	1,49%	0,492%	0,83%	6,03%
C6 C7 C8	0,91%	0,244%	0,08%	7,62%
C9 C8 C7	2,19%	2,251%	2,21%	11,54%
C2 C3 C4	1,93%	2,808%	1,02%	2,54%
La moyenne du pourcentage d'erreur	1,0897%	1,08253%	1,32245%	8,86717%

Tableau 5b. Le pourcentage d'erreur des angles de liaison P_2

Les angles	Méthodes Semi-empirique			
	AM 1	PM 6	PM 3	CNDO
C10 C9 C8	0,448%	0,409%	0,183%	1,325%
C9 C10 C13	0,329%	0,405%	0,284%	0,198%
C9 C10 C12	0%	0%	0%	0%
C9 C10 C11	0,493%	0,132%	1,558%	0,856%
C13 C10 C12	0,009%	0,161%	0,945%	3,853%
C13 C10 C11	0,278%	0,509%	0,796%	4,363%
C12 C10 C11	0,059%	0,372%	0,285%	1,719%
C2 C1 C11	0%	0%	0%	0%
C1 C2 C15	1,202%	1,147%	1,881%	2,743%
C1 C2 C3	0%	0%	0%	0%
C15 C2 C3	2,112%	1,787%	3,213%	12,878%
C10 C11 C1	1,284%	1,860%	2,782%	6,698%
C10 C11 C5	0,970%	1,654%	3,258%	20,134%
C1 C11 C5	2,746%	2,437%	1,858%	13,684%
C5 C4 C3	3,007%	3,138%	9,082%	15,78%
C11 C5 C4	1,163%	0,904%	1,679%	4,837%
C11 C5 C19	0%	0%	0%	0%
C11 C5 C6	0,695%	0,364%	2,304%	4,507%
C4 C5 C19	0,402%	1,335%	3,948%	1,079%
C4 C5 C6	2,512%	2,968%	0,572%	4,111%
C19 C5 C6	0,116%	0,292%	0,187%	2,187%
C1 C19 C12	1,122%	1,400%	3,28%	3,003%
C1 C19 C5	1,515%	1,323%	1,364%	7,119%
C1 C19 C6	0,375%	0,179%	1,823%	1,399%
C12 C19 C5	1,231%	1,409%	2%	0,436%
C12 C19 C6	0,979%	1,311%	4,816%	1,388%
C5 C19 C6	0,404%	0,366%	1,307%	3,065%
C5 C6 C19	2,563%	2,333%	7,232%	4,649%
C5 C6 C7	2,691%	2,568%	2,827%	4,661%
C5 C6 C14	0,755%	0,984%	0,063%	0,536%
C19 C6 C7	0,009%	0,306%	0,713%	1,163%
C19 C6 C14	0%	0%	0%	0%
C7 C6 C14	1,681%	1,723%	2,338%	0,753%
C6 C7 C8	0,445%	0,409%	0,183%	1,325%
C9 C8 C7	0,329%	0,405%	0,284%	0,198%
C2 C3 C4	0%	0%	0%	0%
La moyenne du pourcentage d'erreur	0,9442%	1,0239%	1,8963%	3,9128%

Tableau 5c. Le pourcentage d'erreur des angles de liaison P_3

Les angles	Méthodes Semi-empirique		
	AM 1	PM 6	PM 3
C10 C9 C8	0,3 %	0,46%	1,101%
C9 C10 C13	0,43%	0,563%	0,753%
C9 C10 C12	0%	0%	0%
C9 C10 C11	0,55%	0,317%	1,159%
C13 C10 C12	0,01%	0,135%	2,117%
C13 C10 C11	0,22%	0,846%	0,097%
C12 C10 C11	0,3%	1,37%	0,969%
C2 C1 C11	0%	0%	0%
C1 C2 C15	3,02%	3,355%	1,696%
C1 C2 C3	0%	0%	0%
C15 C2 C3	4,73%	5,044%	3,41%
C10 C11 C1	2,21%	3,73%	3,06%
C10 C11 C5	1,95%	1,95%	4,24%
C1 C11 C5	5,94%	6,377%	1,48%
C5 C4 C3	6,22%	5,96%	9,46%
C11 C5 C4	3,26%	3,09%	0,97%
C11 C5 C19	0%	0%	0%
C11 C5 C6	1,97%	0,87%	0,244%
C4 C5 C19	0,98%	1,45%	2,873%
C4 C5 C6	4,86%	5,67%	0,57%
C19 C5 C6	0,68%	0,66%	1,304%
C1 C19 C12	2,74%	2,99%	3,57%
C1 C19 C5	2,6%	2,99%	0,324%
C1 C19 C6	2,07%	0,91%	0,567%
C12 C19 C5	0%	0%	0%
C12 C19 C6	0%	0%	0%
C5 C19 C6	2,64%	3,06%	2,115%
C5 C6 C19	1,03%	1,29%	4,48%
C5 C6 C7	0,26%	0,06%	0,53%
C5 C6 C14	4,06%	3,49%	6,31%
C19 C6 C7	6,16%	6,03%	3,22%
C19 C6 C14	2,55%	3,02%	1,23%
C7 C6 C14	0,53%	1,21%	0,15%
C6 C7 C8	0%	0%	0%
C9 C8 C7	2,36%	2,75%	0,72%
C2 C3 C4	0,3%	0,46%	1,101%
La moyenne du pourcentage d'erreur	1,8465%	1,9899%	1,6776%

5 CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons étudié les performances des méthodes semi-empiriques AM1, PM3, PM6 et CNDO à reproduire les distances inter-atomiques et angles de liaisons des composés **P1** ((1*S*, 3*R*,8*R*)-2,2-dichloro-3,7,7,10-tétraméthyl-tricyclo[6,4,0,0^{1,3}]dodec-9-ène), **P2** (1*S*,3*R*,8*R*,9*S*,11*R*)-2,2,10,10-tétrachloro-3,7,7,11-tétraméthyltetracyclo[6,5,0,01.2,0^{9,11}6]tridecane) et **P3** (1*S*,3*R*,8*R*,9*S*,11*R*)-2,2,10,10-tétrabromo-3,7,7,11-tétraméthyltetracyclo[6,5,0,01.2,0^{9,11}6]tridecane) les résultats calculés sont en bon accord avec les données expérimentales.

La méthode PM6 qui possède un facteur très grand alors cette méthode la plus précise pour calculés les longueurs de liaisons, par contre la méthode la plus précise pour optimiser les angles de liaisons c'est la méthode AM1 car elle possède un facteur de correction le plus grand.

REFERENCES

- [1] M. Plattier, P. Teisseire, *Recherches*, 1974, 19, 131
- [2] E. Lassaba, H. Eljamili, A. Chekroun, A. Benharref, A. Chiaroni, C. Riche et J-P. Lavergne Synthetic communications, (1998), 28(4), 2641-2651.
- [3] H. Eljamili, A. Auhmani, M. Dakir, E. Lassaba, A. Be,harref, M. Pierrot, A. Chiaroni, C. Riche, Tetrahedron Letters 2002 43 6645-6648
- [4] A.Auhmani, E.Kossareva, E; Lassaba, M. Réglier, M. Pierrot et A. Benharref, Acta Crystallographica Section C, (1999), (55), 0114.
- [5] A. Chekron, A. jarid, A. Benharref et A. Boutalib, J. Org. Chem., (2000), 65, 4431-4434.
- [6] A. Chekroun, A. jarid, A. Benharref et A. Boutalib, Journal of Molecular structure (Techoem), (2002), 588, 201-210.
- [7] M. J. Frisch, G. W. Trucks, H. B. Schlegel, G. E. Scuseria, M. A. Robb, J. R. Cheeseman, G. Scalmani, V. Barone, B. Mennucci, G. A. Petersson, H. Nakatsuji, M. Caricato, X. Li, H. P. Hratchian, A. F. Izmaylov, J. Bloino, G. Zheng, J. L. Sonnenberg, M. Hada, M. Ehara, K. Toyota, R. Fukuda, J. Hasegawa, M. Ishida, T. Nakajima, Y. Honda, O. Kitao, H. Nakai, T. Vreven, J. A. Montgomery, Jr., J. E. Peralta, F. Ogliaro, M. Bearpark, J. J. Heyd, E. Brothers, K. N. Kudin, V. N. Staroverov, R. Kobayashi, J. Normand, K. Raghavachari, A. Rendell, J. C. Burant, S. S. Iyengar, J. Tomasi, M. Cossi, N. Rega, J. M. Millam, M. Klene, J. E. Knox, J. B. Cross, V. Bakken, C. Adamo, J. Jaramillo, R. Gomperts, R. E. Stratmann, O. Yazyev, A. J. Austin, R. Cammi, C. Pomelli, J. W. Ochterski, R. L. Martin, K. Morokuma, V. G. Zakrzewski, G. A. Voth, P. Salvador, J. J. Dannenberg, S. Dapprich, A. D. Daniels, O. Farkas, J. B. Foresman, J. V. Ortiz, J. Cioslowski, and D. J. Fox, Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2009.

THE ROLE OF LEARNING MANAGEMENT OF ISLAMIC BOARDING SCHOOL (PESANTREN) IN IMPROVEMENT OF THEIR STUDENTS RELIGIOUS TOLERANCE IN WEST JAVA - INDONESIA

M.M. Eliana Sari

State University of Jakarta, Indonesia

Copyright © 2017 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 trend of escalation religious intolerance in many countries to be a potential trigger proliferation of disputes and conflicts, in which it will have an impact on security and stability threats, deterioration of economic aspects, social-cultural and even may affect on the destruction of civilization of a country. Indonesia, the country with the largest degree of heterogeneity in the world that has diverse ethnicities, cultures, customs, language, religions, must continue to build and develop an attitude of tolerance, particularly religious tolerance. Islamic Boarding School as an Islamic educational institution, a place of propaganda and dissemination of religious teachings of Islam, are expected to build and develop an attitude of religious tolerance to their students more optimally. An enhancement of religious tolerance attitude of students conducted through a learning management by implementing a variety of learning theory and comprehensively via methods of sorogan, bandongan, fathul kutub, muhawarah, mudzakaroh and memorization which is based on ukhrawi. While the effectiveness of classroom management carried out by making the students as learning subjects so it motivate students in the development of their cognitive, affective and psychomotor. Pupils that have a tolerance are expected to uphold the attitude of respect, appreciate, recognize and simplify to preaching in public.

KEYWORDS: Dispute, Tolerance, the learning management, Pupils, Islamic Boarding School in Indonesia.

1 INTRODUCTION

Tolerance should arise naturally in themselves as a human being, considering it is one human nature as social beings that need each other. The fact is though interdependent, does not automatically make a human being can always live harmoniously side by side. Tolerance is an accommodation form that occurs without consent in which has a formal feature (Soeroso, 2008). There are many differences in humans, either individually or group that can be a trigger of conflict and dissension. Some facts show that the conflict in Indonesia generally caused by lack of tolerance among groups that have differences, where they generally feel themselves and their group truer and better than other groups. Even in some cases of conflict later developed into clashes and riots that claimed many victims both morally and materially.

Violence against the Ahmadiyya Community that occurred in Cikeusik, Banten on Sunday, February 6, 2011 resulted in a total of three (3) people were killed and five (5) injured due attacked by thousands of the Cikeusik residents (m.tempo.co, 2011). Vigilante actions also occurred in Ambon posed by intolerance, in which a group of actors who are Christians commit a bombing raid against Muslim villages to thwart the plan of holding Musabaqoh Tilawatil Qur'an in Ambon (voa Islam, 2011). This shows that the majority of Indonesian people have not been able to tolerate different groups. The results of the survey from the Pew Research Center also found that a third of the 198 countries they studied experienced a high religious conflict or even extreme ones, which amounted 20% in 2010 and increased to 29% in 2011 (dw-com, 2014). These facts above, show that intolerance is still considerably occurs in various parts of the world on the contrary the intensity tends to be higher.

Indonesia as a country with a population of hardly 250 million people (SOURCE), with the diversity of race, culture, religion, language, customs, and other, is potentially prone to conflict and disputes if there is no effort to build a massive

tolerance attitude. In a country that is heterogeneous, diversity should not be positioned as a threat, but rather an opportunity to synergize positively (Yasir, 2014). Indonesia as a country that acknowledges many religions and guarantee its adherents to practice her faith, it would require a comprehensive strategy to build religious tolerance. Efforts to internalize the values of religious tolerance actually can be done through education. The institution of formal educations is the proper arena to develop tolerance attitude and address the growing problem of religious intolerance in Indonesia (Lyn Parker, 2014). Tolerance in religion is a mental attitude in appreciating, respecting, recognizing different religions, beliefs, views as well as habits and attitudes simplify to preach in public. Religious tolerance is the tolerance regarding beliefs related faith that is the attitude to willingly allow adherents other than Islam to worship according to religious requirements which they believed (Nisyilah, 2013).

Islamic Boarding School as a formal educational institutions based on Islam belief becomes a very strategic place to build tolerance attitude to their students. Islamic Boarding School is the oldest educational system today compared with an educational institution that ever appeared in Indonesia and has long been regarded as Indonesian cultural products with a distinctive character. In Indonesia, islamic boarding schools not only serves as an educational institution that promotes the various books of classical Islamic in the field of fiqh (jurisprudence), aqiqah (faith), tasawuf (mysticism), but also serves as a center of propaganda and proselytism of Islam. As Islamic educational institutions, boarding schools have many advantages compared to other formal educational institutions. The advantages of boarding schools are lie in its ability to create an equitable universal life attitude, followed by all students, making it more self-sufficient and not rely on anyone or any public institution, progress and advantages of islamic boarding schools closely related to the development of their management systems (Sure, 2014). The existence of islamic boarding schools as propaganda places and proselytism of Islam makes islamic boarding schools into educational institutions that most suitable and conducive to build and develop an attitude of religious tolerance in Indonesia.

The development of Islam in Indonesia was due to attitude of religious tolerance, because previously most of the Indonesian people have embraced Hinduism, Buddhism and Christianity who exist first in Indonesia. Islamic religion was brought to Indonesia via, among other things, the Wali Songo through propaganda with the socio-cultural approach. Through Wali Songo propaganda, in a relatively short time and practically without using weapon force, Islam has replaced two major religions that have been embraced by the Java community for centuries, namely Hinduism and Buddhism (Ashadi, 2013). Sunan Gresik emphasizes tolerance in preaching, so he is able to anticipate the society conditions he faces by applying appropriate methods of propaganda to attract public sympathy towards Islam. As well as Sunan Ampel and Sunan Giri who established the first Islamic boarding school in East Java, where one of its aims to get closer to the community. Sunan Drajat also uses the media of art in preaching, which he created the Javanese songs (tembang pangkur) which is still popular until now. The culture creations that promoted by Wali Songo always appreciate the local culture, which is done to respect the local culture without eliminating the need to internalize the teachings of Islam (Suparjo, 2008).

Islam is a religion that upholds tolerance, whether tolerance of differences that occur among adherents of Islam or tolerance towards people of other religions. Islam as a religion that Rahmatan Lil Alamin, emphasizes stance to build a harmony and peace for all mankind on earth and to avoid conflict and destruction. Tolerance in religion is the most important values because we could interacts with others as well as other groups amicably limited to the realm of social and not theology (Fathurrohman, 2012). Intolerance will easily develop in diverse communities circumstances, thus demanding presence of understanding attitude and patience to to build a harmony. It takes effort to develop values of tolerance for different events and environments, given the many different interests in it (Endang, 2009). In certain circumstances, the tolerance can placed human beings on equality, despite the differences between them. Tolerance in form of recognition can strengthen equality and elimination of differences. Tolerance embodied in respect and recognition to other diverse groups, can produce harmony in society, even in certain conditions the public can actively participate and contribute to each other (Raihani, 2014).

2 METHODOLOGY

This research is sequential explanatory (order evidentiary), namely the combination of research that combines quantitative and qualitative methods sequentially, where in the first stage of research conducted by using quantitative methods and in the second stage using qualitative methods (Sugiyono, 2014). The object of the research is the management of learning in the institutions of islamic boarding school and religious tolerance, while the subject is the students boarding at the islamic boarding school located in West Java Province, Indonesia. The variables used in this study consisted of the dependent variable and independent variables, where the management of learning in educational institutions of islamic boarding school as independent variables and religious tolerance of students in islamic boarding school as the dependent variable. Variables of learning management in educational institutions boarding schools is the process of managing learning

for students by implementing the theories of learning in islamic boarding schools. Variable of the student religious tolerance is the mental attitude of students in respect, honor, recognizes the religious differences, belief, views as well as habits and attitudes that make it easier to preach in public. Measurement management of learning variables in educational institutions of Islamic boarding school, done using a 20 item questions covering two dimensions, namely the implementation of learning theory and classroom management. Measurement of religious tolerance variables students performed using a 22 item questions covering four dimensions, namely appreciate, respect, acknowledges and simplify attitude.

Variable measurement techniques in this study using a Likert scale, a measure of agreement or disagreement with someone against a series of statements with regard to beliefs or behaviors regarding a particular object (Herman, 2005). Data collected by distributing questionnaires to students to receive a response in writing (Waluya, 2006), and perform in-depth interviews (in-depth interviews) to obtain information and understanding about the main focus (Biber, 2011) to several sources (key informants) originating from the elements of leadership in Islamic boarding school (religious scholars, religious teacher), students, alumni, community leaders around the boarding school and the elements of regional governments (local headman and village heads). The sampling technique is done by using purposive sampling method or judgment sampling, sampling technique that choose sample among the population as preferred research (Nursalam, 2008). The used subjects research criteria are the students who have more than one year of study and stay in the boarding schools, also have sufficient knowledge to answer the questionnaire research, and the number of samples used in this study were 300 respondents students.

Data analysis technique used in this study include the classic assumption test, research instruments test, regression analysis and hypothesis testing. Classic assumption test conducted by the normality test, using result of data multification Kolmogorov-Smirnov test, multicollinearity test seen from SPSS output in the column VIF and Tolerance and autocorrelation test, to test whether the linear regression correlation between errors bully in period t with errors in the previous period (t-1). While testing research instruments is done through validity test, to calculate the accuracy of the scale for measuring instruments used and the reliability test, to measure the internal consistency of the indicators of a dimension by using Alpha Cronbach (Zeller, 1980), regression analysis on the data collected do by using statistical tools that multiple regression analysis (multiple regression analysis). Furthermore, hypothesis testing was done by calculating the coefficient of determination (R²) to measure how far the ability of the model to explain variations in the dependent variable, test Significance Simultaneous (Test Statistic F) to test whether the regression model used fit, and test individual parameter significance (statistical test t) to show how far the influence of the independent variables in explaining the variation of the dependent variable, so that if the independent variables individually have no effect then the hypothesis is rejected, while the effect on the dependent variable if the hypothesis is accepted.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 DESCRIPTIVE ANALYSIS OF VARIABLES

The results of research by distributing questionnaires to 300 respondents of boarding students in educational institutions of Islamic boarding schools located in West Java briefly shown in Table 1 below:

Table 1. Average Score Against Students Perceptions of Learning Management in Educational Institutions of Islamic boarding schools and Religious Tolerance

Variable	Dimensions	The Average Score	Specification
Learning Management In Islamic Boarding School Educational Institutions	Implementation of Learning Theory	3,6	Good
	Class Management	3,6	Good
Religious Tolerance of Islamic Boarding School Students	Appreciate	4,3	Very Good
	Respect	4,5	Very Good
	Acknowledges	4,5	Very Good
	Simplify	4,5	Very Good

Source: Data processed

Based on the results in Table 1, the two-dimensional measurement of learning management in education institutions of Islamic boarding schools, which is, the implementation of learning theory and classroom management, shows the average perception of students in their educational institutions in West Java respectively by 3.6.

The average score of the implementation of learning theories perceptions at 3.6 is a perception scores that were categorized as good, meaning the implementation of learning theories which include the application of sorogan, bandongan / halaqah / wetonan, muqorinah, fathul kutub, muharawah / hiwar, bathul masa'il / mudzakaroh and memorization / deposit methods, and with the ukhrawi basis, it has been done properly by the manager of Islamic boarding schools in West Java. Student perceptions of the implementation of learning theories with a good average score (3.6) also shows that the students can properly follow learning method in schools. All learning methods applied in the boarding schools provide the opportunity for students to learn directly from the clerics or religious teacher, so that social interaction between students with clerics and religious teacher proceed quite intensive. Intensive learning process allows clerics and religious teacher to guide, direct, and improve the capacity and quality of the students. The implementation of learning theory with applying a variety of appropriate learning methods are expected to provide an understanding of the comprehensive religious theory, so it can develop a sense of religious tolerance within students more wisely.

The average score of 3.6 in the classroom management perception is categorized as good. It means that class management which covers students as subjects, motivating students, the development of cognitive, affective and psychomotor aspects of students was done properly by the manager of the boarding school in West Java. The student perceptions on the class management with a good average score (3.6) shows that students can receive classroom management systems that exist in the schools, especially classroom management system that puts students as subjects in the learning process. An Islamic boarding school has a unique typical system to manage the learning process that quite different from education instituted in general. An Islamic boarding school learning process generally can be more intensive and comprehensive because students are required to spend the night (settled) at the school for 24 hours. The learning process in class is also done by applying a unique class management pattern, where the pattern of classroom management done by combining traditional and modern design pattern. Traditional patterns conducted by giving priority to local knowledge, strengthening the value system compliance to clerics, and high disciplinary in order to shape the noble attitude personality of students based on religion guidance. Meanwhile, the modern classroom management pattern conducted by making the class as part of the process to establish more intensive social interaction through the harmony approach between clerics and religious teacher with the students. The classroom management is humanist, so that the classroom is not seen as an authoritarian discipline educational center space in shaping the personality of students only.

Overall, it can be concluded that the implementation process of learning theory and classroom management conducted by education institution managements of Islamic boarding school in West Java are correct and appropriate, thus bring forth a good attitude of religious tolerance in student selves. The good religious tolerance attitude shown by the average score of the students perceptions by 4.3 for appreciate term, 4.5 for respect, 4.5 for recognize, and 4.5 for simplify. Therefore, the process of providing material about the students understanding of religious tolerance that has been done by the management of the Islamic boarding school institution in West Java is already underway in line with what is expected to produce students namely noble attitude, polite and empathetic toward others.

3.2 INFLUENCE ANALYSIS BETWEEN VARIABLES

THE INFLUENCE OF LEARNING MANAGEMENT IN ISLAMIC BOARDING SCHOOL INSTITUTION TOWARDS APPRECIATE ATTITUDE

The respondent data processing that has met the criteria of classical assumption, i.e. test for normality, autocorrelation and multicollinearity, where the test results of learning management influence in Islamic boarding school institution towards religious tolerance with respect dimension can be seen in table 2 below:

Table 2. Test Results of Learning Management Influence in Islamic Boarding School Institution towards Religious Tolerance with Respect Dimension

Dimensions of Learning Management Variable in Islamic Boarding School Institution Variable (Independent)	Variable Not Free (Dependent Variable)		
	Religious Tolerance Dimensions : Appreciate (Y11)		
	Unstandardized Coefficients (β)	P-Value	F-Value
Implementation of learning theory	0,231	0,033	0,013
Class Management	0,337	0,005	

Source: Appendix 1, the processed SPSS 21

Based on the test results in Table 2, show that the implementations of learning theories have a positive and significant influence toward the attitude of appreciate as a dimension of religious tolerance. This is supported by the p-value of 0.033

and is smaller than an alpha value of 0.05 so that it can be concluded there is positive and significant correlation between the implementation of learning theories with appreciate. The process provides an understanding of religious tolerance in students affected by the effectiveness of the implementation of learning theory given by the management of schools, which means that the effective implementation of learning theory will be able to increase the knowledge and awareness of religious tolerance of the Islamic boarding school students in West Java. Implementation of learning theory focusing on teaching methods that vary widely, proven effective enough to deepen the knowledge of students about religious tolerance. For example, the application of sorogan method, it is emphasis on developing the ability of individuals (students) under the guidance of a clerics or religious teacher to be taught to appreciate/value any differences that occur (Joseph, 2014). An Islamic boarding school institutions motivate the students to continue to foster a sense of religious tolerance with appreciate attitude.

The second dimensions of learning management in Islamic boarding school institutions is classroom management, it has a positive and significant impact towards appreciate attitude as a dimension of religious tolerance. It can be shown from the test results in Table 2, the p-value of 0.005 and is smaller than the value alpha 0.05 which meaning that H_a accepted. The amount of the coefficient is 0.337 and positive means that the management of class has a positive and significant impact towards appreciate attitude as a dimension of religious tolerance. Classroom management which is conducted by Islamic boarding school institution management make the students as subjects in learning, so the involvement of students in classroom management is maximized. Strengthening the role of students as subjects in classroom management is most evident in the application of bandongan methods and muqaranah methods. Bandongan method is a method of learning that involves the students to play an active role in the learning process, starting with teacher leads a class discussion, then encourages students who have a better understanding of the material to discuss with the students who do not understand (Rinarningsih, 2014). Bandongan method divides the students into groups to listening the clerics deliver the subject matter, in which students engage in reading, translating, and often to review the Islamic books along with clerics, so students can be a friend and a discussion partners for clerics. While with the muqaranah method, students are guided to understand the hadith by comparing the opinions of various scholars who have a similar understanding to examine more deeply about religious tolerance with appreciate attitude. Muqaranah method is a method that focuses on the activities of comparison, both the material, understand (mahzab) as well as book ratio that is applied to senior students class (Alwi, 2013). The application of these two methods is very effective to establish critical thinking skills, analytical sharpness, solidarity and sharing knowledge among students.

THE EFFECT OF LEARNING MANAGEMENT IN ISLAMIC BOARDING SCHOOL INSTITUTION TOWARD ATTITUDE OF RESPECT

The test results of learning management influence in Islamic boarding school institutions towards religious tolerance with the dimensions of an attitude of respect can be seen in Table 3 below:

Table 3. The test results of learning management influence in Islamic boarding school institutions towards an attitude of respect with the dimensions of religious tolerance

Dimensions of Learning Management Variable in Islamic Boarding School Institution Variable (Independent)	Variable Not Free (Dependent Variable)		
	Religious Tolerance Dimensions : Appreciate (Y12)		
	Unstandardized Coefficients (β)	P-Value	F-Value
Implementation of learning theory	0,477	0,000	0,001
Class Management	0,235	0,078	

Source: Appendix 1, the processed SPSS 21

Based on the test results in Table 3 indicate that the implementation of learning theory has a positive influence on the attitude of respect as a dimension of religious tolerance. This is supported by the p-value of 0.000 and is smaller than an alpha value of 0.05 so that it can be concluded not accept H_0 or a positive influence between the implementation of learning theories with respect. In the process to provides students an understanding of religious tolerance in schools in West Java influenced by whether or not the implementation of learning theory given by the management of schools. Meaning that the more valid implementation of learning theory given by the management of schools towards students, it can enhance the understanding of students about religious tolerance which is realized through an attitude of respect for the students at the school in West Java and vice versa.

Implementation of learning theory by applying some learning methods is very effective to further deepen the knowledge of students. One of them is the application of fathul kutub methods, the method is assigned to the students to find various references from a wide range of topics to be discussed include the topic of religious tolerance, variety of different reference would broaden the students about the thoughts, attitudes and different solutions against the a problems that discussed. These differences become important for the students to be addressed by a wise and prudent manner that respects the different thoughts and attitudes. Fathul kutub methods followed by the application of hiwar methods, where among students with the clerics and religious teacher talk to each other to solve a problem. Solving a problem is always guided by deliberation and consensus, built on mutual respect despite the differences.

The second dimension of learning management in Islamic boarding school is the management of the class has a positive and significant impact on the attitudes of respect as a dimension of religious tolerance. It can be shown the test results in Table 3, the p-value of 0.078 and is smaller than the value alpha 0.10, which means it accept H_a . The value of coefficient is 0.235 and positive means that the management of the class has a positive and significant impact on the attitudes of respect as a dimension of religious tolerance. The learning process conducted by clerics to make students as subjects in the study, not only to make students as a student but as a friend of discussion, praised and friends argue. So, the activity of the students can be seen. Pupils become friends discuss, research partner of clerics. In this case the students are taught to have respect to any differences that occur. It can bring a sense of understanding and tolerance on worship and practices. It also motivated students to continue to foster religious tolerance. Routines in boarding schools conducted for nearly 24 hours reflect the totality of education in the development of cognitive, affective, and psychomotor where these three aspects able to foster religious tolerance with respect. In the process of the development of affective learning reflected in the quality of faith, piety, noble attitudes including the character and superior personality and aesthetic ability. Cognitive reflected in the capacity of thought and the power of intellect to explore and develop and mastering in science and technology, and psychomotor reflected in the ability of develop technical skills, practical skills, and kinesthetic competencies (Fauzan, 2015).

THE EFFECT OF LEARNING MANAGEMENT IN ISLAMIC BOARDING SCHOOL INSTITUTION TOWARD ATTITUDE OF RECOGNIZE

The test results of learning management influence in Islamic boarding school institutions towards religious tolerance with the dimensions of an attitude of recognize can be seen in Table 4 below:

Table 4. The test results of learning management influence in Islamic boarding school institutions towards an attitude of recognize with the dimensions of religious tolerance

Dimensions of Learning Management Variable in Islamic Boarding School Institution Variable (Independent)	Variable Not Free (Dependent Variable)		
	Religious Tolerance Dimensions : Appreciate (Y13)		
	Unstandardized Coefficients (β)	P-Value	F-Value
Implementation of learning theory	0,460	0,000	0,001
Class Management	0,231	0,081	

Source: Appendix 1, the processed SPSS 21

Based on the test results in Table 4 indicate that the implementation of learning theory has a positive influence on the attitude of recognize as a dimension of religious tolerance. This is supported by the p-value of 0.000 and is smaller than an alpha value of 0.05 so that it can be concluded it accept H_a or there is a positive influence between the implementation of learning theories with recognize attitude. In the process to provides students an understanding of religious tolerance in schools in West Java influenced by whether or not the implementation of learning theory given by the management of schools. The value of coefficient is 0.460 and positive means that the management of the class has a positive and significant impact on the attitudes of recognize as a dimension of religious tolerance.

The implementation of learning theory such as mudzakarah method where Kyai and students discuss the related diniyah problems or religion issues, in general makes the students have a tolerance of recognize attitude. (Mansur, 2012) Mudzakarah is a scientific meeting that specifically addresses diniyah issue such as religious and aqidah and matters of religion in general. In this case the learning process by mudzakarah method is generally done by appointing clerics or students to be the spokesperson to discuss the issues discussed. Mudzakarah method aims to train the students to solve the problem by referring to books that are available. In the learning process it also discussed religious tolerance related to the students of in accordance with Islamic law contained in the Quran and Hadith that teach the students to have an attitude of respect for their fellow human beings in spite of different beliefs.

The second dimension of learning management in Islamic boarding school is the management of the class has a positive and significant impact on the attitudes of recognize as a dimension of religious tolerance. It can be shown the test results in Table 4, the p-value of 0.081 and is smaller than the value alpha 0.10, which means it accept Ha. The value of coefficient is 0.231 and positive means that the management of the class has a positive and significant impact on the attitudes of recognize as a dimension of religious tolerance. Classroom management as part of the learning management in schools is done by applying a variety of learning methods, including the hiwar learning method or deliberation. Hiwar learning method similar to the method of discussion that is generally done in the learning process, the difference in this methods was conducted in the framework of deepening or enrichment of material that has been previously studied by students. The distinctive feature of this hiwar method is students and teachers are usually involved in a debate forum to solve the problems that exist in the books that are being studied by students (Fatah, Rohadi et al, 2005). Hiwar method carried out by involving the students as learning subject, that expected to make students as individuals who must always put deliberation in any decision making process. The schools management inculcate to the students that the difference of opinion is a fact that can happen anywhere, especially in societies who have heterogeneous characteristics such as in Indonesia, so the attitude that should be put forward in the face of adversity is a way of tolerance.

THE EFFECT OF LEARNING MANAGEMENT IN ISLAMIC BOARDING SCHOOL INSTITUTION TOWARD ATTITUDE OF SIMPLIFY

The test results of learning management influence in Islamic boarding school institutions towards religious tolerance with the dimensions of an attitude of simplify can be seen in Table 4 below:

Table 4. The test results of learning management influence in Islamic boarding school institutions towards an attitude of simplify with the dimensions of religious tolerance

Dimensions of Learning Management Variable in Islamic Boarding School Institution Variable (Independent)	Variable Not Free (Dependent Variable)		
	Religious Tolerance Dimensions : Appreciate (Y14)		
	Unstandardized Coefficients (β)	P-Value	F-Value
Implementation of learning theory	0,418	0,000	0,002
Class Management	0,232	0,076	

Source: Appendix 1, the processed SPSS 21

Based on the test results in Table 4 indicate that the implementation of learning theory has a positive influence on the attitude of simplify as a dimension of religious tolerance. This is supported by the p-value of 0.000 and is smaller than an alpha value of 0.05 so that it can be concluded it accept Ha or there is a positive influence between the implementation of learning theories with simplify attitude. In the process to provides students an understanding of religious tolerance in schools in West Java influenced by whether or not the implementation of learning theory given by the management of schools. The value of coefficient is 0.418 and positive means that the management of the class has a positive and significant impact on the attitudes of simplify as a dimension of religious tolerance. The implementation of learning theory carried out by optimizing a variety of approaches, methods and learning techniques are varied and complementary. The use of the bathul Masa'il method for example, was done so that students can have respect and tolerance for differences, especially differences over the habits to execute different religious laws. Bathul Masa'il method (mudzakaroh) is a method that addresses the issue of worship, beliefs or matters of religion such as respect for the religious tolerance that is done in the form of attitude that simplify interaction even sometimes not reluctant to provide assistance if needed (Baharuddin, 2014). Masa'il bathul method is usually done in a scientific meeting in the room were quite spacious (hall) and sometimes involving the elements of public figures around. Masa'il bathul methods provide information and insight to the thought of students about the facts and phenomena that occur in societies that lasts extremely complex and dynamic as well as how to handle it appropriately. This method educates students to be open-minded, tolerant and wise for any differences that occur in the community by prioritizing mutual respect, moral support, assist even cooperate if it is still in the corridor are prescribed in religion. These results prove the implementation of learning theories in schools conducted by a variety of learning methods is able to deepen students understanding of religious tolerance and to improve the ability of students to interact in societies, especially more emphasis on tolerance in religion and attitudes to simplify the activities of preaching.

The second dimension of learning management in Islamic boarding school is the management of the class has a positive and significant impact on the attitudes of simplify as a dimension of religious tolerance. It can be shown in Table 5, the p-

value of 0.076 and is smaller than the value alpha 0.10, which means it accept H_a . The value of coefficient is 0.232 and positive means that the management of the class has a positive and significant impact on the attitudes of simplify as a dimension of religious tolerance. Learning management at the school that focuses on classroom management is done through the efforts to make the students as a core element in the learning process. Pupils positioned as a subject in the learning process, meaning that most of the learning process (the methods and learning techniques) always involve students actively, both starting from the planning process of learning, the implementation of learning even in the process of learning evaluation. Clerics guide students to become a person who loves religious, practice the science as well as other righteous traits, including full respect for the religious and social tolerance. Clerics assured the students that tolerance in inter-religious relationships stem from an appreciation and practice of the teachings of their respective religions, for the sake of maintaining religious harmony, tolerance needs to be developed in order to avoid conflict. The learning process to build a sense of honesty (sidiq) and responsibility as well as obedience or in the teachings of the Prophet called trustworthy (amanah), carried out intensively in a boarding school environment, because it is in the morale core of learning in schools (Suharjono, 2013). All of the approaches, methods, and learning techniques that focus on students as subjects proven to effectively motivate students in each of the learning process, making it easier to achieve learning targets. The involvement of the students in the dominant and the application of various learning methods optimally turn out has a significant impact on the development of cognitive, affective and psychomotor of students (Infallible, 2011).

4 CONCLUSION

The student attitude of religious tolerance in the region of West Java province will be further improved through optimization of the learning management in Islamic boarding school organization's in Indonesia. Results of linear regression calculations show that the learning management in the organizations has a positive and significant effect on the improvement of student religious tolerance attitude in Indonesia. The role of the learning management in Islamic boarding school organization's that focus on the implementation of learning theory and classroom management, proved to be quite effective at increasing student religious tolerance who practiced in the form of appreciate, respecting, recognize and simplify attitude. The learning process in Islamic boarding school institutions conducted with dormitories system, highly conducive to build and further develop the tolerance attitude to the students. Application of the method of fathul kutub, sorogan, hiwar, bendongan, mudzakaroh, etc. proved to be very effective to equip students with a range of knowledge, deep understanding and awareness to practice all the knowledge that has been taught in Islamic boarding school. Classroom management by focusing on students as learning subjects also proved highly effective in motivating students to be more serious in studying, so the development of cognitive, affective and psychomotor can advance more optimally. Learning theory implementation undertaken by the application of various learning methods that are varied and thorough further strengthen Islamic boarding school as educational institutions appropriate to establish and develop an attitude of religious tolerance.

An enhancement student religious tolerance that carried out into the attitude of respect, appreciate, recognize and simplify to preaching, to be an indicator of the success of the process of learning management at schools as an educational institution that managed to build and develop an attitude of tolerance, beside as the appropriate and effective propaganda and the proselytism of Islam. Learning management in Islamic boarding school is also done by constantly developing the material or subject that is always actual in society and is needed, such as religious tolerance, ethnokultural and religious differences, the danger of discrimination, conflict resolution and mediation, human rights, democracy and plurality, universal humanity and other relevant subject (Ma'arif, 2012). Learning management conducted both in the form of curriculum development or organizing an open discussion forum to involve all stakeholders of Islamic boarding schools organization. Appropriate and innovative learning management in Islamic boarding schools is believed to improve the attitude of its student religious tolerance in Indonesia.

REFERENCES

- [1] Soeroso, A, *Sosiologi*. Jakarta: Yudhistira, 2008.
- [2] Ulum, Wa Si'ul, *Kronologi Penyerangan Jamaah Ahmadiyah di Cikeusik*, 2011. [Online] Available: <https://m.tempo.co/read/news/2011/02/06/179311441/> (February 6, 2011)
- [3] *Ambon Bergejolak Lagi, Perusuh Kristen Serang Kampung Muslim dengan Bom*, 2011. [Online] Available: <http://www.voa-islam.com/read/indonesiana/2011/12/14/17020/perusuh-salibis-serang-kampung-muslim-untuk-gagalkan-mtq-nasional-di-ambon/> (December 14, 2011)
- [4] *Kebencian Antar Agama di Dunia Meningkat*, 2014. [Online] Available: <http://www.dw.com/id/kebencian-antar-agama-di-dunia-meningkat/a-17362419> (January 15, 2014)

- [5] Proyeksi Penduduk Indonesia, 2010. [Online] Available: www.bappenas.go.id/.../Proyeksi_Penduduk_Indonesia_2010-2035 (January 20, 2010)
- [6] Yasir, M, "Makna Toleransi dalam Al-Qur'an", *Jurnal Ushuluddin*, 22(2), 170-180, 2014.
- [7] Lyn Parker, "Religious education for peaceful coexistence in Indonesia?", *South East Asia Research*, 22, 4, pp 487-504 doi: 10.5367/sear.2014.0231, p.3, 2014.
- [8] Nisyilyah, L, "Toleransi Antarumat Beragama Dalam Memperkokoh Persatuan Dan Kesatuan Bangsa (Studi Kasus Umat Islam Dan Kristen Dusun Segaran Kecamatan Dlanggu Kabupaten Mojokerto)". *Kajian Moral Dan Kewarganegaraan*, 2(1). 382-396, 2013.
- [9] Yakin, "Studi Kasus Pola Manajemen Pondok Pesantren Al-Raisiyah di Kota Mataram", *Ulumuna Jurnal Studi Keislaman*, Volume 18 Nomor 1 (Juni) 2014, p.2, 2014.
- [10] Ashadi, "Dakwah Wali Songo Pengaruhnya Terhadap Perkembangan Perubahan Bentuk Arsitektur Mesjid di Jawa", *Jurnal Arsitektur NALARs* Volume 12 No 2 Juli 2013, p.1, 2013.
- [11] Suparjo, "Islam dan Budaya: Strategi Kultural Walisongo dalam Membangun Masyarakat Muslim Indonesia", *Jurnal Komunika*, ISSN: 1978-126 Vol.2 No.2 Jul-Des 2008 p.185, 2008.
- [12] Fathurrohman, "Aswaja NU dan Toleransi Umat Beragama", *Jurnal Review Politik*, 2(1), p. 34-45, 2012.
- [13] Endang, B, "Mengembangkan sikap toleransi dan kebersamaan di kalangan siswa" *Jurnal Visi Ilmu Pendidikan*, 6(3), 531-547, 2009.
- [14] Raihani, "Creating a culture of religious tolerance in an Indonesian school", *South East Asia Research*, 22, 4, pp 541-560 doi: 10.5367/sear.2014.0234, p.3, 2014.
- [15] Sugiyono, *Metode Penelitian Manajemen: Kuantitatif, Kualitatif, Mixed Methods, Action Research*, Evaluasi Bandung: Alfabeta, 2014.
- [16] Hermawan, A, *Penelitian Bisnis Paradigma Kuantitatif*. Jakarta: PT Grasindo, 2005.
- [17] Waluya, B, *Sosiologi: Menyelami Fenomena Sosial Di Masyarakat Untuk Kelas XII SMA/MA Program Ilmu Pengetahuan Sosial*. Bandung: PT Setia Purna Inves, 2006.
- [18] Biber, S. N. H., Leavy, P, *The Practice of Qualitative Research*. California: Sage Publications, 2010.
- [19] Nursalam, *Konsep dan Penerapan Metodologi Penelitian Ilmu Keperawatan*. Jakarta: Salemba Medika, 2008.
- [20] Zeller, R. A., Carminies, E. G, *Measurment in the Social Sciences*. London: Cambridge University Press, 1980.
- [21] Yusuf, A, "Upaya Peningkatan Kemahiran membaca Kitab Kuning Siswa Pasca Metode Amtsilati Pondok Pesantren Ngalah Sengonagung Periode 2006-2007", *Jurnal Pendidikan Bahasa Arab*, 5(2), 25-34, 2014.
- [22] Rahmawati, M. Satria, "Implementasi Toleransi Beragama di Pondok Pesantren Darut Taqwa Pasuruan", *Jurnal Syariah dan Hukum*, Volume 6 Nomor 1, Juni 2014, hlm. 95-106, . 2014.
- [23] Eko Wahyu Jamaluddin, Suprayogi, Aris Munandar, "Pembinaan Nilai Toleransi Beragama di Pondok Pesantren Annuriyyah Soko Tunggal Semarang", *Unnes Civic Education Journal 1 (1) (2012)*, p.17, 2012.
- [24] Fatah, Rohadi Abdul, dkk, *Rekonstruksi Pesantren Masa Depan*. Jakarta: PT. Listafaka Putra, 2005.
- [25] Baharuddin, Ismail, "Pesantren dan Bahasa Arab", *Jurnal Thariqah Ilmiah* Vol. 01, No. 01 Januari 2014 , p.7, 2014.
- [26] Suharjono, Muhammad, "Pesantren: Model Pendidikan Bernuansa Imtaq, Iptek dan Karakter", *Jurnal Pelopor Pendidikan*, Volume 4, Nomor 1, Januari 2013, hal.9, 2013.
- [27] Maksum, Ali, *Pluralisme dan Multikulturalisme: Paradigma Baru Pendidikan Agama Islam di Indonesia*, Malang: Aditya Media, 2011.
- [28] Syamsul Ma'arif, "Transformative Learning Dalam Membangun Pesantren Berbasis Multikultural" , *Jurnal Pembangunan Pendidikan: Fondasi dan Aplikasi*, Volume 1, Nomor 1, Juni, 2012, p.13, 2012.

الخدمات التعليمية في الانترنت

[EDUCATIONAL SERVICES OF THE INTERNET]

Chahrazed Houari and Sidi Mohammed TORCHI

Département : Lettre et langues arabes,
University: Abou Bakr Belkaied,
Tlemcen, Algeria

Copyright © 2017 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 the technology greatly affect the users in all fields, and perhaps the most notable educational field and this article aims to identify the role of the internet in education and disclosure of the most important educational services provided by the information and research sources and efficient manner.

KEYWORDS: internet, education, the role of the internet in education, educational services.

ملخص: لا شك في أن التكنولوجيا تؤثر بشكل كبير على مستخدميها في كافة المجالات ولعل أبرزها المجال التعليمي؛ ولهذا إلى التعرف على دور الانترنت في التعليم والكشف عن أهم الخدمات التعليمية التي يوفرها من معلومات وبحوث ومصادر بطريقة فعالة.

كلمات دلالية: التكنولوجيا – الانترنت-التعليم-دور الانترنت في التعليم-الخدمات التعليمية.

تقديم

عرف العالم تطورات هائلة في تقنية الاتصالات؛ فعد العصر الحالي عصر التكنولوجيا التي شهدت ثورة غير مسبوق في مجال المعلومات وخاصة شبكة الانترنت التي أصبحت أكثر الأدوات استعمالا وانتشارا بعد اقتحامها العديد من المجالات والميادين.

وقد ساهم هذا الانتشار في استخدامها في مجالات شتى من الحياة ، وقد كان للجوانب التعليمية نصيب كبير من أجل تحسين العملية التعليمية وتنويع مصادر المعرفة وتجديد دماء التربية .

فالتعليم عبر هذه التقنية يتكون من مقدمات أساسية يتقدم بها التعليم لأنها سوف تساعده على توفير العديد من الخدمات للطلاب والباحثين والمعلمين ورفع قدراتهم جميعا.

1- مفهوم الانترنت

لعله لا يوجد شخص على قدر معقول من الدراسة لم يسمع بكلمة انترنت التي أصبحت أكثر التعابير العلمية استخداما

في الآونة الأخيرة . وقد جاءت كلمة انترنت اختصارا لـ international network أي : الشبكة العالمية ، فهي شبكة ضخمة من أجهزة الحاسب الآلي المرتبطة ببعضها البعض و المنتشرة حول العالم ، حيث تعد البنية التحتية لكل الشبكات فهي تجمع كل أقطار العالم بوجود حاسوب يمكنه التواصل مع غيره من الحواسيب طالما كلاهما لهما قدرة الولوج إلى الانترنت حيث تتصل بمئات الملايين من الأشخاص للتواصل مع بعضهم البعض و الإطلاع على المعلومات وتبادل البيانات و البرامج فتكون بذلك خط المعلومات السريع على حد تعبير (عبد الله بن عبد العزيز الموسى) .

وعليه فالانترنت ماهي إلا شبكة ربطت أنحاء العالم ومختلف الأفراد من شتى المناطق ووفرت لهم سبل الاتصال و التواصل بالاعتماد على الحاسوب.

2-تاريخ الانترنت

كانت بداية الانترنت عبارة عن عدد من أجهزة الكمبيوتر لا تتجاوز 10 حاسبات مضيئة أو خادمة في عدة جهات داخل أمريكا وفي عام 1950 وفي أوج الحرب الباردة ساور القلق وزارة الدفاع الأمريكية حول ما سيحدث لأنظمة الاتصالات القومية عند حدوث حرب نووية ؛ ولقد كان واضحا إن نظام الاتصالات سوف يكون حيويا في حالة حدوث حرب غير أنه كان من المؤكد أن الصراع النووي سيقضي عمليا على نظام الاتصالات الموجودة .

وفي عام 1962 وصف بول باران وهو باحث يعمل لحساب الحكومة حلا للمشكلة في مقال بعنوان (حول شبكات الاتصالات الموزعة) لقد اقترح نظاما من الحواسيب المتصلة ببعضها البعض وتشمل كافة الولايات المتحدة الأمريكية وذلك باستخدام شبكة لا مركزية بحيث تؤلف بقية العقد اتصالاتها ديناميكيا إذا دمرت العقد .

وكانت المرحلة الأولى للانترنت سنة 1969 عندما أنشأت وزارة الدفاع الأمريكية وكالة مشاريع لأبحاث متقدمة ARAB/NET وكان الهدف هو ربط المواقع الحكومية والعسكرية مع بعضها البعض. وفي سنة 1982 كانت المرحلة الثانية عندما أصبحت tcp/id هي اللغة الرسمية للانترنت.

أما المرحلة الثالثة فقد بدأت عام 1989 عندما تم تأسيس مركز البحوث في الانترنت وتأسيس وحدة مهندسي الانترنت ولكن الثورة الحقيقية لهذه الشبكة بدأت في المرحلة الرابعة عام 1993 والتي تم فيها اختراع الشبكة العنكبوتية.

وبذلك انتشرت الانترنت فتجاوزت الحدود الجغرافية وجمعت العالم على أرض واحدة وذاعت وزاد انتشارها مع الوصول المجاني للمعلومات و الزيادة المستمرة في عدد المشتركين و بالتالي زيادة المعلومات.

3-أسباب استخدام الانترنت في التعليم

انتشرت الانترنت في العالم أجمع و ساهم هذا الانتشار في استخدامها في مجالات شتى من الحياة و كان للجوانب التعليمية دور كبير في استخدامات الانترنت و لعل من أهم الأسباب التي جعلها نستخدم الانترنت أنها:

- 1- مثال واقعي للقدرة على الحصول على المعلومات من مختلف أنحاء العالم .
- 2- يساعد على التعلم التعاوني الجماعي نظرا لكثرة المعلومات المتوفرة عبر الانترنت فإنه يصعب على المتعلم الواحد البحث في كل القوائم لذا يمكن استخدام العمل الجماعي من المتعلمين.
- 3- يساعد على الاتصال بالعالم بأقل وقت وتكلفة.
- 4 - يساعد على توفير أكثر من طريقة في التدريس ذلك أن الانترنت هي بمثابة مكتبة كبرى تتوفر فيها جميع الكتب سواء كانت سهلة ام صعبة كما انه يوجد فيه بعض البرامج التعليمية باختلاف المستويات .
- 5- يحسن مهارات التلاميذ.
- 6- توفر تنوعا في مجالات التعلم المختلفة .
- 7- أداة مناسبة لجميع فئات الطلاب .
- 8- تنمية تفكير المتعلمين.

و عليه فان استخدام الانترنت في التعليم يلعب دورا كبيرا في تغيير الطريقة التعليمية و بالتالي توفير العديد من الفرص للمتعلمين و الطلاب على حد سواء بطريقة ممتعة.

4. دور الانترنت في التعليم

لأنترنت أدوار تربوية عديدة في مجال التعليم بحيث تمس جوانب مختلفة من العملية التعليمية ومنها :

4.1 بالنسبة للمتعلمين

- تحقيق الاتصال بأقرانهم محليا و دوليا بما يجعلهم يتجاوزون عزلتهم الجغرافية و الاجتماعية .
- توسيع دائرة مصادر التعلم بخلق زوايا متعددة واتجاهات مختلفة في موضوعاتهم الدراسية بما يجعلهم يستثمرون أوقاتهم بشكل أكثر ايجابية .
- يحسن المهارات التكنولوجية الضرورية للبحث عن المعلومات وحل المسائل والاتصال مع الآخرين وكذلك المهارات المعرفية في مطالعة المواد العلمية و الأدبية ومتابعتها.
- تيسير عملية الحوار بين المتعلمين و الخبراء وإدارة المدرسة والاختصاصيين الاجتماعيين والمسؤولين في المؤسسات التعليمية بما يساهم في حل مشكلات الاجتماعية او العلمية أو البحثية أو الشخصية .
- توفير ساحة للعب الالكتروني التعليمي الكمبيوتر الهادف .
- الاستمتاع المشترك لتبادل الخبرات و الأفكار و التعرف على حضارات مختلفة و التشاور في إنجاز مشاريع مشتركة .
- تسهيل الحصول على التقارير و الشهادات بمعلومات عن الطالب ونتائج الامتحانات و درجاته بشكل كبير .
- توفير جو تعليمي يفتح آفاق التعليم و التعلم بغير حدود زمانية أو مكانية ويزود المتعلم بالتحفيز و التحدي و التشويق و الإثارة .
- توفير بيئة تعلم ملائمة للمتعلمين ذوي الاحتياجات الخاصة يتم فيها تقويم الإسهامات على أساس مضمونها .

2.4 بالنسبة للمعلمين

- تحقيق التواصل مع أقرانهم محليا و عالميا على مستوى المادة وكسر حاجز العزلة المهنية و العلمية والتربوية .
- تبادل المعلومات بين ذوي الاختصاصات المتشابهة مع زملائهم .
- تحديث معلوماتهم العلمية والتربوية وتبادل الخبرات والاستراتيجيات و أساليب التدريس وطرائقه .

- إكسابهم مهارات معرفية وتكنولوجية كمبيوترية واتصالية تسهم في تسهيل حصولهم على المعلومات والمعارف والمهارات المختلفة.
- تسهيل عملية الاتصال مع الخبراء والموجهين والمستشارين لتبادل الأفكار والخبرات.
- تفعيل الحوار مع المتعلمين والرد على استفساراتهم والتعرف عن قرب على مستوياتهم.
- تيسير الحصول على التقارير والمعاملات الإدارية .
- الاشتراك في الدورات والمجلات الإلكترونية في عدة مجالات تخصصية.

4.3. بالنسبة للمؤسسات التعليمية

- توفير وسط فاعل وحل مناسب لتداول وتدقيق المعلومات الإلكترونية بين مختلف الإدارات والدوائر التعليمية والمدارس بشك إلكتروني سريع ومضمون.
- تيسير طرح البرامج المختلفة سواء في مجال التعليمات والتعالم الإدارية والفنية .
- توفير الوقت والجهد والمال عن طريق عقد المؤتمرات والاجتماعات عن بعد.
- الإعلان عن الأنشطة المختلفة للوزارة ومرافقها وكذلك الاجتماعات والدورات والمؤتمرات.
- تيسير تقديم الخدمات التعليمية والتربوية من خلال إعلان الجداول والخطط الدراسية وربط المكتبة والمختبرات.
- تيسير طرح البرامج المختلفة سواء في مجال التعليمات والتعالم الإدارية أو الفنية .
- تصميم صفحات خاصة ومواقع على شبكة الانترنت لتقديم الخدمات لكافة الإدارات والوحدات والمؤسسات التعليمية لمختلف مراحلها والتعريف بها.

4.4 بالنسبة لأولياء الأمور ومؤسسات المجتمع

- تعميق الصلة بين أولياء الأمور والمؤسسات التعليمية والعاملين بها.
- ضمان إطلاع أولياء الأمور بأنفسهم على نتائج أبنائهم وتبادل الآراء إلكترونيا مع المعلمين.
- تعريف كافة قطاعات المجتمع وخاصة المهنيين بأمور التربية بما يحدث في المؤسسات التعليمية من أنشطة وفعاليات حتى يقف المجتمع بمختلف قطاعاته عليها ويعرف احتياجاتها ويقدم خبرته ومشورته ودعمه.
- ونخلص مما سبق أن الانترنت في التعليم أدى إلى تطور مذهل وسريع في العملية التعليمية والمتعلم وإنجازاتها في الغرف الدراسية وداخل المؤسسات التعليمية.

5-الخدمات التعليمية في الانترنت

مع التقدم التكنولوجي لمعلوماتي وتطوير استخدام خدمات الانترنت بفاعلية في التعليم،ظهرت العديد من الدراسات التي أوضحت نتائجها فاعلية استخدام الانترنت في التعليم وبذلك أصبحت استخدام هذه الخدمات أمرا شائعا بل وميسرا للجميع. وبالتالي قدمت الانترنت خدمات واسعة للعملية التعليمية بعد إن وفرت له جميع الاحتياجات الأساسية للنظام التعليمي مع توفير أيضا متطلبات تعليمية أساسية تؤدي إلى رفع كفاءة أبنائنا الطلاب و زيادة خبرات معلمينا و لذلك فمن أبرز ما توفره الانترنت من خدمات متنوعة هي :

5.1/المتعلم

- وسيلة اتصال لكل ما يحمل ذلك من خدمات كخدمة البريد الإلكتروني.
- وضع المادة العلمية عبر الانترنت.
- مصدر من مصادر المعلومات فهي توفر لنا كتل هائلة من المعلومات العلمية والبحوث والدراسات في جميع المجالات.
- إمكانية عقد الدورات العلمية عبر الانترنت .
- تعتبر من وسائل الاتصالات الحديثة المستخدمة في التدريس .
- أخذ الطلاب لعدد من الاختبارات والمواد التعليمية بها .
- احتواءها على برامج تعليمية وبالتالي إمكانية عرض تلك الصفحات في المواد الدراسية المختلفة واستخدامها.
- توفر الانترنت رصيدا هائلا من المصادر والمراجع الحديثة للمعرفة والبيانات البيولوجرافية .
- المساعدة في إعداد أبحاث وموضوعات بطريقة فعالة .
- الحصول على معلومات حديثة في جميع المجالات .
- وإضافة إلى كل هذا فإن شبكة الانترنت أيضا توفر خدمات للمعلمين

5.2 المعلم

- تبادل المعلومات والخبرات بين المعلمين ذوي الاهتمامات المتشابهة.
- تأسيس جمعيات معلمين عبر شبكة الانترنت و هي تعرض كل ما يهم المعلمين.
- احتواءها على برامج إلكترونية موجهة للمعلمين.
- وبهذا فالانترنت هو فضيلة إضافية سواء للمعلمين أو للمتعلمين لكونه يتيح لهم الحصول على المزيد من المعلومات حول المواضيع التي ينوون التوسع في دراستها كما يمكنهم من التواصل مع بعضهم البعض.

6. الخاتمة

ونخلص مما سبق أن الانترنت قدمت خدمات جليلة على عدة أصعدة ومنها قطاع التعليم حيث كان لها دورا أساسيا في العملية التعليمية من خلال ما وفرته من توسيع في مصادر المعرفة وكونها أيضا وسيلة لتبادل المعلومات والحصول على الأفلام والملخصات والأبحاث العلمية . وبهذا تكون الانترنت عنصرا فعالا ومطورا لمجال التعليم عامة والمعلمين والمتعلمين خاصة بفضل ما تقدمه من خدمات تستغل لأغراض تعليمية.

المراجع العربية

- أحمد محمد محمود الريان , (2001) ,خدمات أالانترنت مجمع الثقافي , أبو ظبي.
- بيل جيتس , (1987) ,المعلوماتية بعد الانترنت,ترجمة :عبد السلام رضوان, عالم المعرفة , الكويت.
- عبد الرحمن محجوب , (د/ت)، مقدمة في شبكة الانترنت منشورات السودان , السودان .
- عبد العزيز بن سالم إسلام , (د/ت)، الانترنت في التعليم، المكتبة الالكترونية الخليج.
- عبد الله بن عبد العزيز الموسى , (2010) , مقدمة في الحاسب والإنترنت فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية للنشر , الرياض.
- عبد المنعم حسن حسابين(2010) , إشكالية التعليم في العالم العربي والإسلامي دار ناشري للنشر الإلكتروني , أسبوط , مصر.
- عصام سرحان ذياب , (2010), الانترنت فوائده واستخدامه, دار النشر للعراق, العراق.
- عوض حسين التودري, (2009)، تكنولوجيا التعليم : مستحدثاتها وتطبيقاتها، سلسلة الند ، د/ب.
- ماهر سليمان حسام عابد/ إياد خدام , (2001)، أساسيات الأنترنت , دار الرضا للنشر , د/ب.
- مضر عدنان زهران/ عمر عدنان زهران , (د/ت)، التعليم عن طريق الأنترنت , زهران للنشر , بوسطن.

REFERENCES

- [1] Michael chertoff & toby Simon, dark web on internet covernance and cyber security, chathom house; 2015.

Tridimensional analysis of a Turbulent Flow through an Eccentric Short Labyrinth Seal

Mohamed KAMOUNI

PERE Laboratory, Sidi Mohamed ben Abdellah University, Fez, Morocco

Copyright © 2017 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: Labyrinth seals are widely used to limit leakage flow between rotating and stationary parts of turbo machines. However, these elements often generate driving forces that may increase the unstable vibration of the rotor. Thus, an accurate prediction of the static and dynamic behavior of labyrinth seals is more required to improve turbomachines performance and design. In this paper, a numerical model based on CFD computation has been developed to predict the flow characteristics through an eccentric short labyrinth seal with four teeth fixed on the rotor. The realizable $k-\epsilon$ and $k-\omega$ SST turbulent models have been separately used in this computational model to compare predictions to experiments for the complex turbulent flow field within the seal. The pressure distribution around the seal is calculated in each cavity and the obtained results show that the $k-\omega$ SST turbulent model predictions are better than those of the realizable $k-\epsilon$ model. The Pressure contours and its distribution along the seal are also presented. Additionally, a parametric study of the circumferential velocity distribution assessed the use of bi-dimensional models to predict rotor dynamic characteristics of this kind of seals. Furthermore, influences of pressure ratio and inlet swirl on the leakage flow through the seal have been studied in this paper.

KEYWORDS: Labyrinth seal, Rotor dynamic, leakage, CFD, eccentricity, inlet swirl, whirl frequency.

1 INTRODUCTION

Labyrinth seals are mechanical devices generally integrated in rotor-stator clearances to minimize secondary flows in turbomachines including gas turbines, turbo pumps and compressors. Figure 1 illustrates three different sites of labyrinth seals (shaft seal, eye seal and balance drum seal) in a centrifugal compressor. The complex working flow passing through labyrinth seals has been the subject of many worldwide studies in the last three decades, but it needs additional investigations to be more understood and accurately modelled.

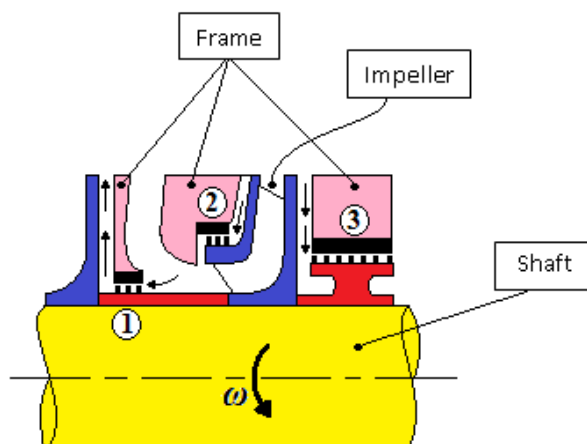


Fig. 1. Labyrinth seal sites in a compressor

The current trend in turbo machinery design requires high power and more compact machines with higher efficiencies to satisfy accentuated demand for higher rotor speeds, higher pressures and tighter clearances. This goal can't be achieved without more accurate determination of internal leakage flow and rotor dynamic forces for this kind of machines. These characteristics are generally predicted using two known approaches to solve the Navier-Stokes equations in these seals. The first way is developed codes based on the bulk flow theory and the second way is methods using computational fluid dynamics "CFD" [1, 2].

The bulk flow models were developed in the early 1980s, and these models continue to be used in the industry [3]. Several authors have developed bulk-flow approaches to predict dynamic characteristics of labyrinth seals including Iwatsubo [4], Childs and Scharrer [5, 6] and Kirk [7]. Due to the complex geometry of labyrinth seals, the bulk-flow method needs to simplify the physical problem models and governing equations as well to obtain approximate and quick results. Therefore, this approach yields good results for plain annular seals but poor predictions when recirculation is present in the flow field [8]. To improve the bulk flow model, multiple control volume techniques have been used that divide the geometry of the seal [9]. These techniques associated dominant flow behavior into different control volumes which are then linked by appropriate boundary conditions. However, a priori knowledge of the flow required parameters is not always known and the interface conditions change for different seal operating conditions. Furthermore, these models require some empirical relationships such as Hirs and Moody friction factor relationships to quantify shear stress in a developed turbulent pipe flow [10, 11]. These empirical coefficients have been the subject of many investigations [12, 13] to formulate an accurate model for these coefficients. However, it is difficult to capture the full nature of the friction factor through bulk flow models without an experimental measurement for each seal [14].

Unlike bulk flow method, computational fluid dynamic "CFD" does not rely on empirical wall and interface constants that may change for varying applications and geometry. In addition to this, the exact geometry of the seal may be modelled allowing optimization of the teeth profile. However, the obvious drawback of CFD compared to bulk-flow is increased computational requirement. The present research attempts to calculate the leakage flow and rotor dynamic forces through an eccentric short labyrinth gas seal based on three-dimensional CFD techniques solving the general Reynolds Averaged Navier-Stokes equations along with appropriate turbulence model.

2 GEOMETRY AND CFD MODEL OF THE SEAL

2.1 SEAL GEOMETRY

The labyrinth seal object of this study is supposed to be not axisymmetric. The eccentricity ratio denoted ϵ is defined as the ratio of the seal eccentricity (distance between rotor and stator centers) to the seal radial clearance. The seal has four teeth fixed on the rotor lateral surface. These teeth are represented by cavities in the computational domain. The seal working fluid is air. The 2-D seal geometry is shown in figure 2 and a cut section of the 3-D fluid computational domain is shown in figure 3.

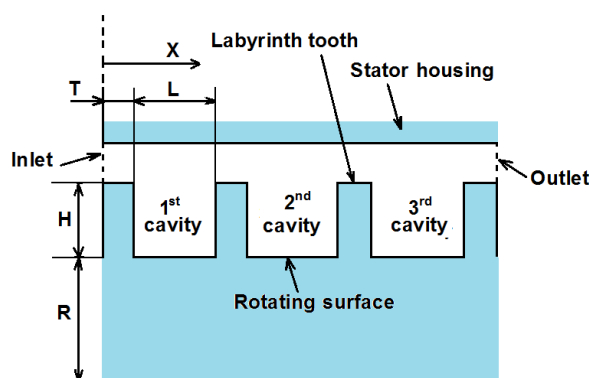


Fig. 2. Labyrinth seal geometry

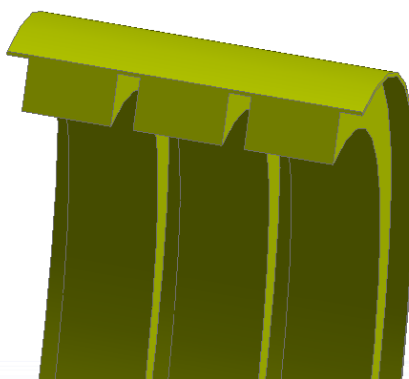


Fig. 3. A cut section of the 3-D short labyrinth seal model

The geometrical dimensions and operating conditions of the seal are shown in table 1. The negative signs of the rotating speed and the inlet swirl velocity indicate that the rotor turns in the clockwise direction as per the angle sign convention shown in figure 4. A positive radial force is a centering force while a negative radial force is a decentering one. A positive tangential force is a forward whirl force while a negative tangential force is a backward whirl force.

Table 1. Calculated conditions of the seal

Number of labyrinth cavities	3
Tooth width, L	12.7 mm
Tooth thickness, T	3.18 mm
Tooth height, H	7.94 mm
Mean clearance width, C	0.949 mm
Eccentricity ratio, ϵ	43 %
Rotor radius, R	93.66 mm
Rotating speed, ω	-2025 rpm
Inlet pressure, P_{in}	1.1077 MPa
Outlet pressure, P_{out}	1.033 MPa
Inlet swirl velocity, W_{in}	-49.8 m/s

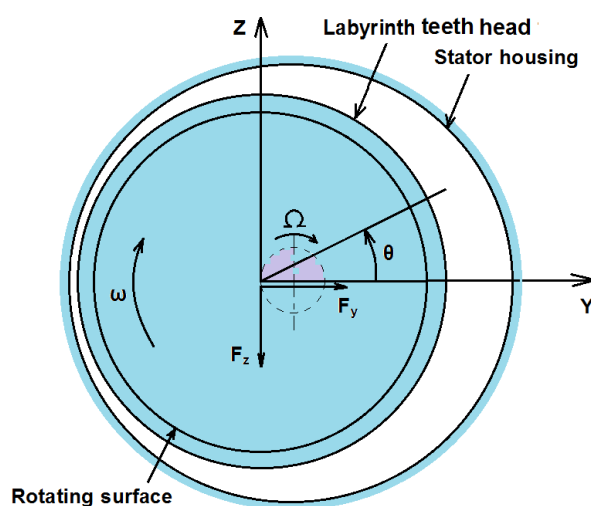


Fig. 4. Peripheral angle and fluid forces sign convention in the seal

2.2 MESHING

For the given seal geometry, an appropriate mesh is required to describe correctly the flow within the seal. Hexahedral mesh elements were used to create three dimensional structured meshes in the entire domain. An adequate mesh refinement is allowed to the clearance area and boundary layers to accurately calculate pressure distribution along and around the seal and viscous fluid forces at the wall surfaces. Fig. 5 shows a cut section of generated computational grids in the 3-D computational domain.

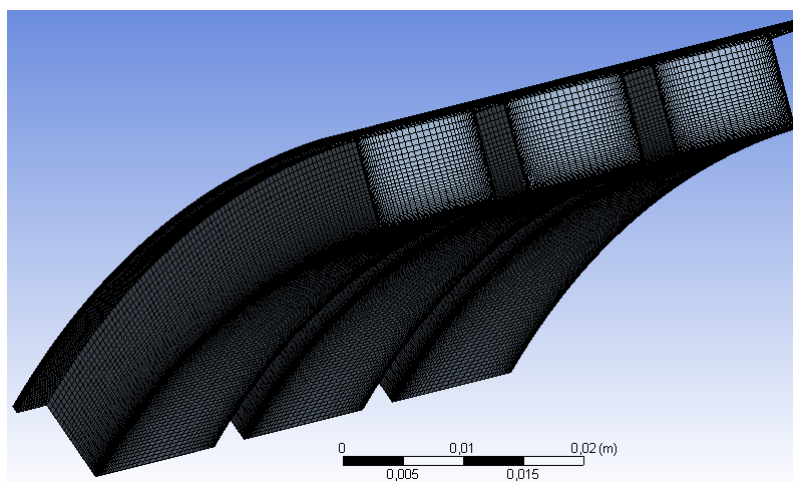


Fig. 5. A cut section of the 3-D Mesh used for the fluid labyrinth seal domain

2.3 FRAME MOTION TRANSFER

Observing the motion of rotor-seal system from a stationary frame, the rotor is spinning at the speed ω while also whirling at the speed Ω at the same time, which means that the location of rotor and thus the shape of mesh are changing all the time. So it is actually a transient problem involved with mesh moving. To avoid a transient analysis and moving mesh, a rotating frame with the speed Ω was applied as shown in figure 6. In the rotating frame, the rotor itself spins at the speed $(\omega - \Omega)$, while the stator spins at the speed Ω in the opposite direction to the frame. Thus it becomes a steady state problem and there is no mesh moving. Viewing the same motions from the stationary frame, the rotor is actually spinning at the speed ω and whirling at the speed Ω , while the stator is at rest. The rotor surface moves with, against, or not at all relative to the whirling journal, depending on the whirl frequency ratio (WFR) defined as the ratio of rotor whirl to rotor spin. A WFR equal to unity is termed synchronous whirl where the rotor is whirling at the same frequency it rotates. A WFR of zero indicates a static displacement of the rotor which then simply spins.

The fluid driving forces exerted on the rotor can be obtained at by integration of pressure along and around the seal rotor surface. These driving forces act on the normal and transverse directions to the eccentric displacement as illustrated in figure 6. Rotor dynamic instability occurs when the forward driving forces exceed the resisting dissipation forces, which leads to self-excitation of the first whirling mode of the rotor [15].

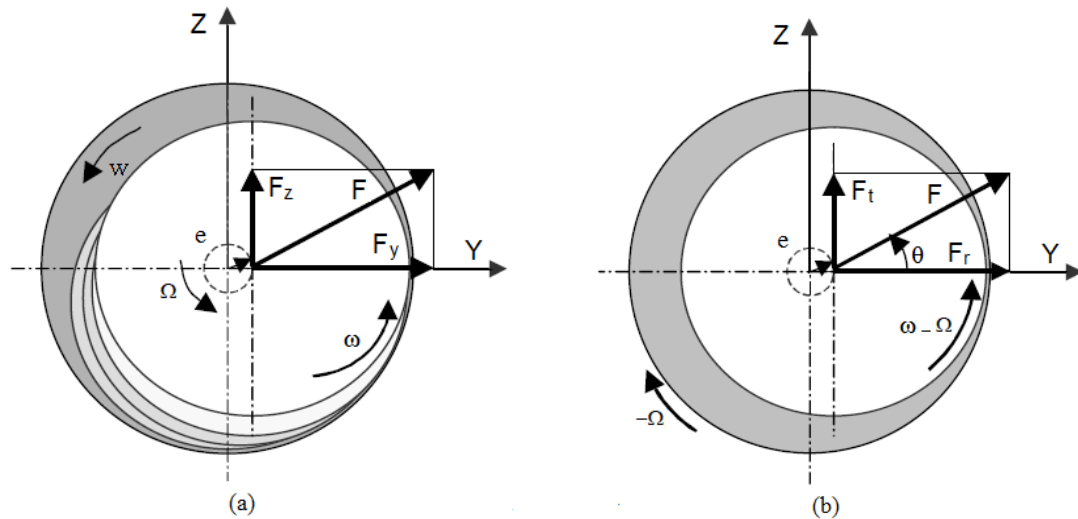


Fig. 6. Frame motion transfer from stationary (a) to rotating (b)

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

The developed model has been solved in the given eccentric short labyrinth seal respecting the boundary conditions summarized in table 1. Two turbulent models have been used for comparison. The realizable $k-\epsilon$ model and the $k-\omega$ SST turbulent model both considered more efficient than the standard $k-\epsilon$ model because of their generally reasonable results. This comparison will allow choosing the more appropriate model providing more accurate results. The pressure has been locally calculated in each cavity of the seal. Figure 7 shows theoretical and experimental static pressure distribution in the circumferential direction of the seal. Both of the two model predictions have been compared to experimental results of Rajakumar and Sisto [16]. Generally, it can be easily seen that pressure predictions are in good agreement with measurements in the seal cavities. Additionally, it is shown that the $k-\omega$ SST turbulent model provides overall better pressure prediction than the realizable $k-\epsilon$ model.

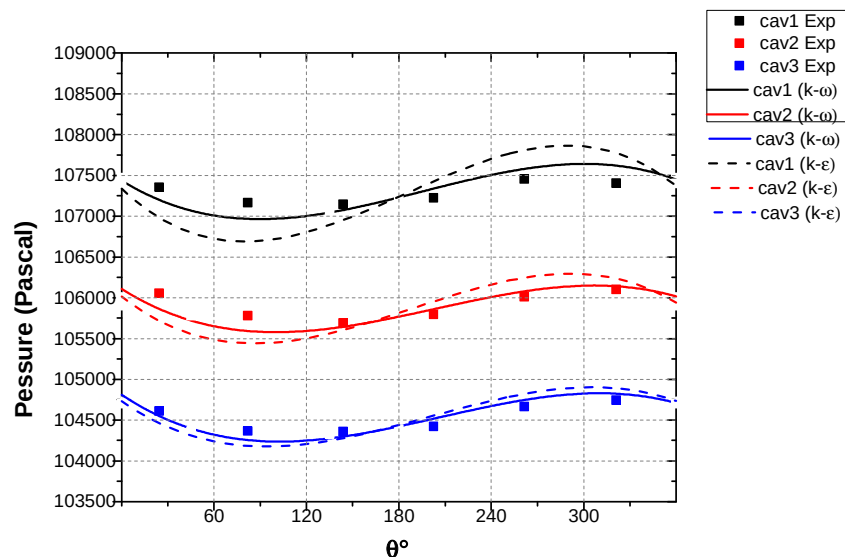


Fig. 7. Pressure distribution in the circumferential direction at the three cavities of the seal

Figure 8 shows a comparison of experiments and CFD predictions using $k-\omega$ SST turbulent model for static pressure distribution along the axial position of the seal. One can easily see that predictions are in good agreement with

Rajakumar and Sisto measurements [16]. Also, this figure shows that the pressure drop occurs from the inlet pressure at left to the outlet pressure at right, and the pressure is almost equal in the same tooth cavity interior.

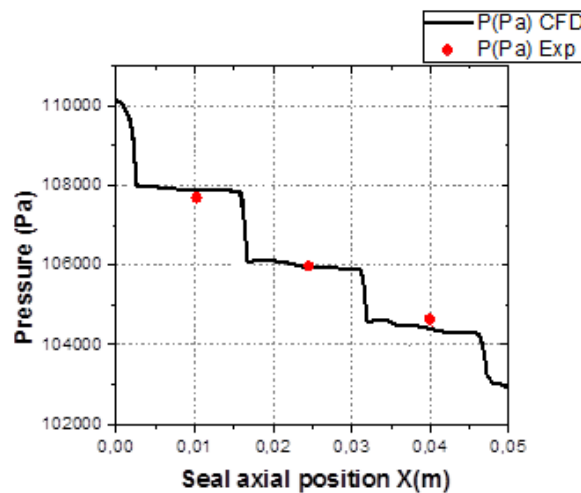


Fig. 8. Pressure distribution in the axial direction of the seal

Figure 9 shows contours of the static pressure in an axial plane of the seal. The pressure drop starts at the seal inlet and continues at each tooth throttling to reach the outlet pressure at the seal exit. The quasi same color in each cavity interior confirms that pressure is quasi constant in each cavity interior. Furthermore, this pressure distribution shows that pressure drop mainly occurs in the left zone of each cavity at the labyrinth tooth throttling. So, accurate pressure calculation at the tooth throttling is very important to achieve accurate results of the seal characteristics.



Fig. 9. Pressure contours in the XY plane of the seal

Figure 10 shows the velocity vectors in an axial plane of the seal. The high pressure drop occurs in the first cavity where a strong flow jet is generated making the flow more turbulent in this cavity. We note the presence of recirculation zones in the seal cavities. These vortices act as brakes to stop the axial velocity of the flow through the seal and therefore to reduce the leakage flow.

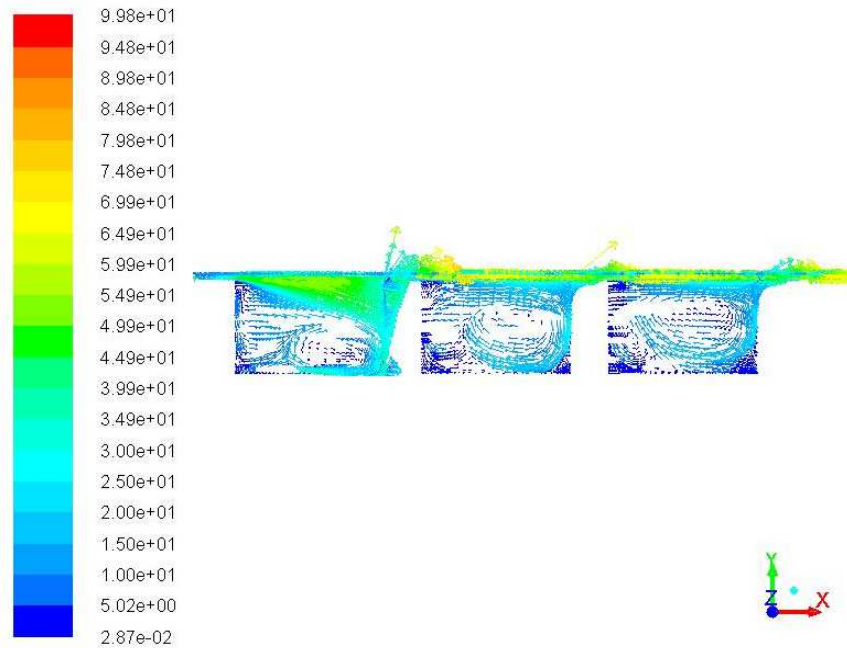


Fig. 10. Velocity vectors in the XY plane of the seal

Figure 11 shows the circumferential velocity distribution in a radial plane at mid-cavity with the inlet swirl as a parameter. It is shown that the circumferential velocity decreases, in the radial direction of the seal, from the shaft speed ($W/\omega = 1$) at the lateral surface of the rotor to zero at the lateral inner surface of the frame. For the non-inlet swirl case ($W_{in}/R\omega = 0$), it can be easily seen that a very slight variation of the circumferential velocity is noted in the radial position at the center of the cavity and this velocity can be considered uniform in the mid-cavity. Furthermore, its mean value is about 60% of the shaft speed. However, this variation becomes important for high inlet swirls. It can be stated that when the inlet swirl exceeds 50% of the shaft speed, the circumferential velocity can't be considered uniform at the mid-cavity, especially when bi-dimensional computational models are used to predict rotordynamic characteristics for this kind of seals. This result confirms previous obtained results [17] when a tridimensional axisymmetric code based on Lagrangian-Eulerian method has been used to simulate an incompressible flow through a straight labyrinth seal with teeth fixed on the rotor.

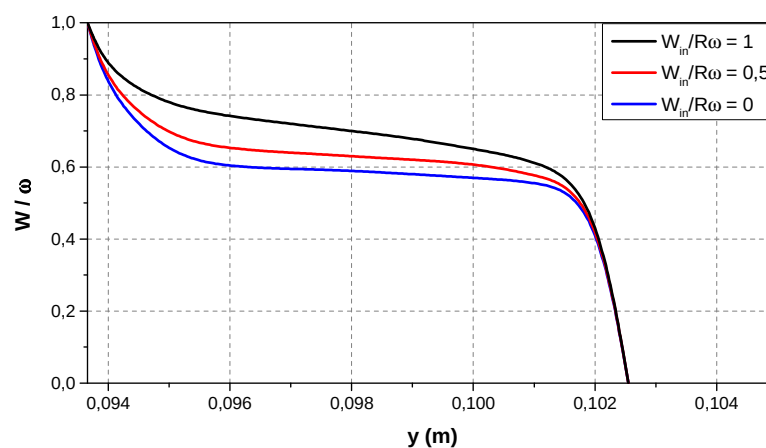


Fig. 11. Circumferential velocity profile in a radial plane at mid-cavity with the non-dimensional inlet swirl as a parameter

Figure 12 represents leakage flow versus the pressure ratio with the inlet swirl as a parameter. This figure shows that the leakage decreases with increasing pressure ratio. Additionally, it is shown that leakage flow decreases very

lightly with increasing inlet swirl to the point that we can consider that the leakage through the seal is practically not influenced by the inlet swirl.

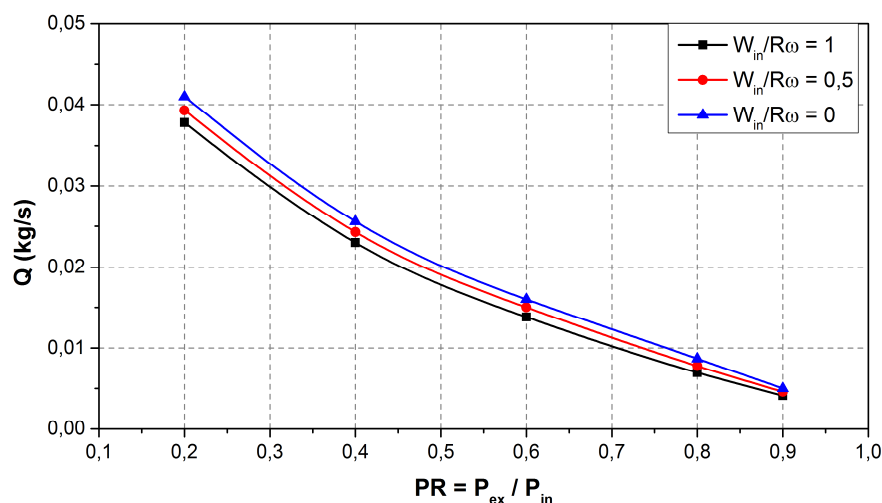


Fig. 12. Leakage flow versus pressure ratio with the non-dimensional inlet swirl as a parameter

4 CONCLUSION

A model to predict and analyze leakage and rotor dynamic characteristics of a turbulent flow through an eccentric short labyrinth seal has been developed based on CFD calculation. Two turbulent models have been used and compared. The k- ω SST model provides more accurate predictions than the realizable k- ϵ model for this kind of seals. Predictions of the pressure distribution along and around the seal are in good agreement with measurements. The pressure is almost quasi equal in the same tooth cavity interior and pressure drop mainly occurs in the left zone of each cavity at the labyrinth tooth throttling. Recirculation zones are shown in the center of each cavity and they act to reduce the leakage flow in the seal. when the inlet swirl exceeds 50% of the shaft speed, the circumferential velocity can't be considered uniform at the mid-cavity of the seal and bi-dimensional computational models can't be used to predict correctly and accurately rotor dynamic characteristics for this kind of seals. The leakage flow through the seal decreases with increasing pressure ratio but inlet swirl has practically no important influence on the seal leakage.

REFERENCES

- [1] Y. Hsu, and C. E. Brennen, "Fluid Flow Equations for Rotordynamic Flows in Seals and Leakage Paths," ASME J. Fluids Eng., 124(1), 2002, pp. 176–181.
- [2] A. Untaroiu, P. Migliorini, H. G. Wood, P. E. Allaire and J. A. Kocur, "Hole-Pattern Seals: A Three Dimensional CFD Approach for Computing Rotordynamic Coefficient and Leakage Characteristics," ASME Conf. Proc. IMECE2009, Mechanical Systems and Control, Parts A and B, Vol. 10, ASME Paper No. IMECE2009-11558, 2009, pp. 981–990.
- [3] M. Arghir and J. Frêne, "A Bulk-Flow Analysis of Static and Dynamic Characteristics of Eccentric Circumferentially-Grooved Liquid Annular Seals," ASME J. Tribol., 126(2), 2004, pp. 316–325.
- [4] T. Iwatsubo, "Evaluation of Instability Forces of Labyrinth Seals in Turbines or Compressors," In Proc. Rotordynamic Instability Problems in High Performance Turbomachinery, " NASA CP-2133, Texas A&M University, 1980, pp 139-167.
- [5] D. W. Childs and J. K. Scharrer, "An Iwatsubo Based Solution for Labyrinth Seals: A Comparison to Experimental Results," ASME J. Eng. Gas Turbines Power, 108, 1986, pp. 325–331.
- [6] D. W. Childs and J. K. Scharrer, "Theory Versus Experiment for the Rotordynamic Coefficients of Labyrinth Gas Seals: Part II— A comparison to Experiment," Journal of Vibration, Acoustics, Stress, and Reliability in Design, 110(3), 1988, pp 281-287.
- [7] R. G. Kirk, "A Method for Calculating Labyrinth Seal Inlet Swirl Velocity," Journal of Vibration and Acoustics, Trans. ASME, 112(3), 1990, pp 380- 383.

- [8] J. J. Moore and A. B. Palazzolo "CFD Comparison to Three- Dimensional Laser Anemometer and Rotordynamic Force Measurements for Grooved Liquid Annular Seals," presented at the ASME/STLE International Tribology Conference, Oct. 1998, pp. 25–29, Toronto, Ontario, Canada.
- [9] J. K. Scharrer, "Theory versus experiment for the rotordynamic coefficient of labyrinth gas seals: Part a two control volume model, " *Journal of Vibration, Acoustics, Stress, and Reliability in Design*, Trans. ASME, 110, 1988, pp. 270-280.
- [10] G. G. Hirs, "A Bulk Flow Theory for Turbulent in Lubricant Films", *Journal of Lubrication Technology*, 1973, pp.137-146.
- [11] L. Moody, "Friction Factors for Pipe Flow, " *Transactions of the ASME*, Vol. 66, 1944, pp. 671.
- [12] A. M. Al-Qutub, D. Elrod, and H. W. Coleman, "A New Friction Factor Model and Entrance Loss Coefficient for Honeycomb Annular Gas Seals," *ASME J. Tribology*, 122(3), 2000, pp. 622–627.
- [13] M. Arghir, F. Billy, G. Pineau, J. Friene, and A. Texier, "Theoretical Analysis of Textured "Damper" Annular Seals," *ASME J. Tribology*, 129(3), 2007, pp. 669–678.
- [14] R. J. D'Souza and D.W. Childs, "A Comparison of Rotordynamic- Coefficient Predictions for Annular Honeycomb Gas Seals Using Three Different Friction-Factor Models," *ASME J. Tribology*, 124(3), 2002, pp.524–529.
- [15] J. Jeffrey Moore, s. Walter Stephan and J. Kuzdzal Mark " Rotor dynamic stability measurement during full load, full-pressure testing of a 6000 PSI reinjection centrifugal compressor," *Proceeding of the 31st turbomachinery symposium* , 2002, Turbomachinery laboratory, Texas A&M University, College Station, Texas, pp. 29–38.
- [16] Rajakumar and F. Sisto, "Experimental Investigations of Rotor Whirl Excitation Forces Induced by Labyrinth Seal Flow," *ASME Journal of Vibration and Acoustics*, vol. 112, 1990, pp. 515–522.
- [17] M. SRITI, L. BOUKRIM, M. CHERKAoui and M. KAMOUNI." Numerical Simulation in Labyrinth Seals with Lagrangian-Eulerian Method for Incompressible Flow", *AMSE Journal, Modelling B*, Vol. 75, N°5, pp. 53-62, 2006.

MATHEMATICAL AND SENSITIVITY ANALYSIS OF THE DYNAMICAL SPREAD OF CHOLERA

S. O. Adewale¹, G. A. Adeniran¹, I. A. Olopade², S.O. Ajao¹, and I. T. Mohammed³

¹Department of Pure and Applied Mathematics, P.M.B. 4000, Ladoke Akintola University of Technology (LAUTECH), Ogbomoso, Oyo State, Nigeria

²Department of Mathematics and Computer Science, P.M.B. 002, Elizade University, Ilara-Mokin, Ondo State, Nigeria

³Department of Statistics, Osun State Polytechnic, P.M.B. 301, Iree, Osun State, Nigeria

Copyright © 2017 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: Sensitivity analysis was performed on the mathematical model of Cholera to determine the influence and importance of each parameter on the basic reproduction number (R_0) in the dynamical spread of Cholera. Basic Reproduction Number (R_0) was obtained using next generation matrix method (NGM). The disease free equilibrium was analyzed for stability and the analysis shows that the disease free equilibrium point is globally asymptotically stable whenever the basic reproduction number is less than unity i.e ($R_0 < 1$). Also, there exist endemic equilibrium points of the model whenever $R_0 > 1$. The relative sensitivity indices of the model with respect to each parameter in the basic reproduction number is calculated in order to find the most sensitive parameter which the medical practitioners and policy health makers should work on in order to reduce the spread of cholera in the society. The result shows that effective contact rate and fraction of individuals with low immunity are the most sensitive parameters in the reproduction number. Numerical simulation was carried out by MAPLE 17 software using Runge-kutta method of order four to show the effects of contact rate and fraction of individuals with low immunity in the dynamical spread of Cholera. This work will allow the health policy makers to know the best control measure to be adopted in order to have disease free environment.

KEYWORDS: Cholera, Reproduction Number, Critical Point, Sensitivity analysis, Stability.

1 INTRODUCTION

Cholera is a deadly disease that is majorly caused by the bacterium called *Vibrio Cholera*. It belongs to a class of water-borne disease which occurs as a result poor sanitation and dirty water. The cholera bacteria release a toxin which makes it difficult for the body system to absorb liquids and makes an infected person to become dehydrated. This dehydration can lead to loss of life within two or three hours if not given medical attention on time [10]. An estimate of 1.4 to 4.3 million cases occurs each year with the total death of 28000 to 142000 worldwide [14].

The bacteria transmission involve two stages which are human and environmental stages which means that cholera transmission could be from environment to human and person to person transmission. Its transmission is common in an area where is no good environmental sanitation and lack of food/personal hygiene which creates avenue for cholera spread. Majorly there are two means of cholera transmission which are water and sea foods that are contaminated by the bacteria [9, 2, 5].

The time frame from the point of exposure to the time of appearance of cholera symptoms (incubation period) ranges between the hours of two to five days. The infected person develops the following symptoms after infection which includes: watery diarrhea, vomiting, loss of skin elasticity, thirst and muscle cramps [3, 14, 15].

Cholera can be treated through the use of antibiotics and fluid replacement therapy as this will reduce the spread and the death due to cholera infection in the environment [15].

Mathematical modeling has been an important tool in understanding the disease transmission dynamics and also in making decision as regards the intervention mechanisms for the control of disease. Sani et al. [12] worked on a deterministic mathematical model on cholera dynamics and some control strategies. In their study, a system of four differential equations with two control measures which are therapeutic treatment and sanitary measures were considered. Stephen and Nkuba [13] also worked on mathematical model for the dynamics of cholera with control measures. They formulated a mathematical model that captures some essential dynamics of cholera transmission with public health education campaigns, vaccination, sanitation and treatment as control strategies in limiting cholera disease. Madubueze et al. [8] also considered the bifurcation and stability analysis of the dynamics of cholera model with controls. The existence of backward bifurcation is investigated in their work and the numerical simulation performed revealed that combine control measures will help to reduce the spread of cholera in the human population. Pransanjit Das and Debasis Mukherjee [11] worked on the qualitative analysis of a cholera bacteriophage model. In their work, they concluded that by using phage as a biological control agent in endemic areas, one may also influence the temporal dynamics of cholera epidemic while reducing the excessive use of chemicals. Adewale et al. [1] worked on the mathematical analysis of the effect of growth rate of vibrio-cholera in the dynamical spread of cholera. In their work, they developed a mathematical model that incorporated phage virus which serves as a biological control of cholera bacteria in the population; they concluded that phage virus plays a vital role in reducing the spread of cholera in the population. Jing et al. [6] worked on the mathematical analysis of a cholera model with vaccination. In their work, they performed sensitivity analysis of the basic reproduction number on the parameters involved in order to determine the relative importance to disease transmission and showed that an imperfect vaccine is always beneficial in reducing disease spread within the community.

In this paper, we formulated a new five compartmental model for the spread of cholera in order to perform sensitivity analysis as to detect the parameters that influence the increase in basic reproduction number, since R_0 is the average number of secondary infection generated by a single infected individual in his or her infectious period in the population of susceptible.

2 MATHEMATICAL MODEL FORMULATION

The population size at time t denoted by $N(t)$ is sub-divided into five (5) compartments of Susceptible individual $S(t)$, Exposed individual $E(t)$, Infected individual $I(t)$, Recovered individual $R(t)$ and Bacteria population $B(t)$ so that

$$N(t) = S(t) + E(t) + I(t) + R(t) \quad (1)$$

The susceptible population is increased by the recruitment of people (either by birth or immigration) into the population, all recruited individuals are assumed to be susceptible at a rate π , the population of Susceptible is further increased by the population of individual that are recovered at the rate (ω). Finally, the susceptible population decreases by infection which can be acquired following effective contact with infectious individuals only at a rate λ given by

$$\lambda = \frac{\beta(E + \eta_1 I + \eta_2 B)}{N} \quad (2)$$

and also by natural death at the rate (μ). Hence,

$$\frac{dS}{dt} = \pi - \lambda S - \mu S + \omega R \quad (3)$$

A fraction ε_1 of newly infected individuals with low immunity move to the exposed class E , while the remaining fraction $(1 - \varepsilon_1)$ move to the infected class I . The population of exposed class is reduced by the natural death rate (μ) and the progression rate (κ). Hence,

$$\frac{dE}{dt} = \varepsilon_1 \lambda - (\kappa + \mu)E \quad (4)$$

The population of Infected Cholera individual is increased by the remaining fraction of low immunity individual at the rate $(1 - \varepsilon_1)$ and the progression of exposed cholera individual at the rate (κ). The population is decreased by the treatment of cholera infected individuals at the rate (τ_1), natural death of cholera infected individual at the rate (μ) and the disease induced death at the rate (δ). Hence,

$$\frac{dI}{dt} = (1 - \varepsilon_1)\lambda S + \kappa E - (\tau_1 + \mu + \delta)I \quad (5)$$

The population of Recovered Cholera individual is increased by the number of infected individuals that are treated and recovered at the rate (τ_1). The population is decreased by the loss of immunity of an individual after being recovered from cholera at the rate (ω) and the natural death of recovered individual at the rate (μ). Hence,

$$\frac{dR}{dt} = \tau_1 I - (\omega + \mu)R \quad (6)$$

The population of cholera bacteria is increased by the growth of *Vibrio- cholera* at the rate g and the contribution of each infected individual with the cholera bacteria into *Vibrio- cholera* environment. The population is further reduced by the natural death of the bacteria at the rate (μ_b). Hence,

$$\frac{dB}{dt} = gB + \alpha I - \mu_b B \quad (7)$$

Thus in summary, the dynamics transmission model is given by the following system of non-linear differential equations.

$$\left. \begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= \pi - \lambda S - \mu S + \omega R \\ \frac{dE}{dt} &= \varepsilon_1 \lambda S - (\kappa + \mu)E \\ \frac{dI}{dt} &= (1 - \varepsilon_1)\lambda S - (\tau_1 + \mu + \delta)I + \kappa E \\ \frac{dR}{dt} &= \tau_1 I - (\omega + \mu)R \\ \frac{dB}{dt} &= gB + \alpha I - \mu_b B \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Table 1: Variables and Descriptions

Variables	Descriptions
S	Susceptible individuals
E	Exposed Individuals
I	Infected Individuals
R	Recovered Individuals
B	Bacteria Population

Table 2: Parameters and Descriptions

Parameters	Descriptions
π	Recruitment rate into Susceptible
ω	Recovery rate
ε_1	Fraction of individual with Low immunity
κ	Progression rate
τ_1	Treatment rate
δ	Disease induced death rate
G	Growth rate of bacteria
α	Contribution of each infected in aquatic environment
μ_b	Bacteria death rate
β	Effective contact rate
μ	Natural death rate
η_1	Modification parameter of Infected Individuals
η_2	Modification parameter of the Bacteria

3 ANALYSIS OF THE MODEL

Lemma1: The closed set $D = \{(S, E, I, R, B) \in R_+^5 : N \leq \frac{\pi}{\mu}\}$ is positively-invariant and attracting with respect to model (8) above.

Proof: Consider the biologically-feasible region $D = \{(S, E, I, R, B) \in R_+^5 : N \leq \frac{\pi}{\mu}\}$. We shall show that D is positive invariance (i.e all solutions in D for all time $t > 0$). The rate of change of the total population obtained by adding all the equations D in model (8), is given

$$\frac{dN}{dt} = \pi - \mu N - \delta I \quad (9)$$

Therefore, $\frac{dN}{dt} < 0$, whenever the sub total population $N > \frac{\pi}{\mu}$. Note that $\frac{dN}{dt}$ is bounded by $\pi - \mu N$ and a standard comparison theorem [7] can be used to show that $N(t) \leq N(0)e^{-\mu t} + \frac{\pi}{\mu}(1 - e^{-\mu t})$ in particular, $N(t) \leq \frac{\pi}{\mu}$ if, $N(0) \leq \frac{\pi}{\mu}$. Therefore, all solution of the model with initial conditions in D remains there for $t > 0$ (i.e the ω -limits sets of the system (8) are contained in D). This implies that D is positively-invariant and attracting. In this region, the model can be considered as been epidemiologically and mathematically well- posed.

3.1 DISEASE FREE EQUILIBRIUM (DFE)

The DFE of the modeled equation (8) can be obtained by setting the right hand of the model to zero.

$$\varepsilon_0 = (S_0, E_0, I_0, R_0, B_0) = \left(\frac{\pi_h}{\mu_h}, 0, 0, 0, 0 \right) \quad (10)$$

3.2 BASIC REPRODUCTION NUMBER (R_0)

The basic reproduction number R_0 measures the average number of secondary infected individual generated in his/her infectious period in the population of susceptible. It is an important tool that determines whether the disease will dies out or persists and become endemic. When $R_0 < 1$, the disease dies out and whenever $R_0 > 1$, the disease persists and become endemic. It is obtained by taking the largest dominant eigenvalue of

$$R_0 = \left(\frac{\partial F(E_0)}{\partial x_j} \right) \left(\frac{\partial V(E_0)}{\partial x_j} \right)^{-1} \quad (11)$$

It is given by $R_0 = \rho(FV^{-1})$ where F is the new infection transfer terms; V is the non-singular matrix of the remaining transfer terms and ρ is the spectral radius.

The basic reproduction number R_0 of the model (8) is calculated using next generation matrix [3]. Then,

$$F = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \beta & \varepsilon_1 \eta_1 \beta & 0 & \varepsilon_1 \eta_2 \beta \\ (1 - \varepsilon_1) \beta & (1 - \varepsilon_1) \eta_1 \beta & 0 & (1 - \varepsilon_1) \eta_2 \beta \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (12)$$

$$V = \begin{pmatrix} k_1 & 0 & 0 & 0 \\ -\kappa & k_2 & 0 & 0 \\ 0 & -\tau_3 & k_3 & 0 \\ 0 & -\alpha & 0 & k_4 \end{pmatrix} \quad (13)$$

Where $k_1 = \kappa + \mu$, $k_2 = \tau_3 + \mu + \delta$, $k_3 = \omega + \mu$ and $k_4 = \mu_b - g$

The eigenvalue of FV^{-1} are

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{\beta(\alpha\eta_2\varepsilon_1\kappa - \alpha\eta_2k_1\varepsilon_1 + \eta_1k_4\kappa\varepsilon_1 - \eta_1k_1k_4\varepsilon_1 + \alpha\eta_2k_1 + \eta_1k_1k_4 + k_2k_4\varepsilon_1)}{k_1k_2k_4} \end{pmatrix} \quad (14)$$

Hence the basic reproduction number R_0 for the normalized model (8) is given by

$$R_0 = \frac{\beta(\alpha\eta_2\varepsilon_1\kappa - \alpha\eta_2k_1\varepsilon_1 + \eta_1k_4\kappa\varepsilon_1 - \eta_1k_1k_4\varepsilon_1 + \alpha\eta_2k_1 + \eta_1k_1k_4 + k_2k_4\varepsilon_1)}{k_1k_2k_4} \quad (15)$$

3.3 GLOBAL STABILITY OF THE MODEL

Here, the global asymptotic stability (GAS) property of the DFE of the Cholera model (8) will be explored.

Theorem 1: The disease free of the system (8) is globally stable whenever the $R_0 < 1$ and unstable if $R_0 > 1$.

Proof: it follows that $S = N^* - E - I - R$ at the steady state. The proof is based on using the comparison theorem [7] to prove the global stability.

Using comparison method, we have,

$$\begin{pmatrix} \frac{dE}{dt} \\ \frac{dI}{dt} \end{pmatrix} = (F - V) \begin{pmatrix} E \\ I \end{pmatrix} - F_i \begin{pmatrix} E \\ I \end{pmatrix}$$

Then,

$$\begin{pmatrix} \frac{dE}{dt} \\ \frac{dI}{dt} \end{pmatrix} = (F - V) \begin{pmatrix} E \\ I \end{pmatrix}$$

According to Driessche and Watmough [4], all the eigen values of the matrix $F - V$ have negative real parts. It follows that the linearized differential inequality system above is stable whenever $R_0 < 1$. Consequently, by comparison theorem [7]. We have that $E = I = R = B = 0$, $\rightarrow (0,0,0,0)$ as $t \rightarrow \infty$. Substituting $E = I = R = B = 0$, into (8), we have that $S(t) \rightarrow S(0)$ as $t \rightarrow \infty$. Hence, we have a positive invariant region. It follows that disease free equilibrium is globally asymptotically stable whenever $R_0 < 1$.

3.4 ENDEMIC EQUILIBRIUM

In this section, the possible existence of endemic (positive equilibria of the modeled equation (8) where at least one of the components of the model is non-zero) will be considered.

Let $\varepsilon_1^{**} = (S^{**}, E^{**}, I^{**}, R^{**}, B^{**})$ represents any arbitrary endemic equilibrium of the model equation.

Solving the equations of the system at steady-state gives

$$E^{**} = \frac{\varepsilon_1 \lambda^{**} S_h^{**}}{k_1} = P_1 \lambda^{**} S_h^{**} \quad (16)$$

$$I^{**} = \frac{(1-\varepsilon_1)\lambda^{**}S^{**}}{k_2} + \frac{\kappa\varepsilon_1\lambda^{**}S_h^{**}}{k_1k_2} = P_2\lambda^{**}S_h^{**} \quad (17)$$

$$R^{**} = \frac{\tau_1}{k_3} \left\{ \frac{(1-\varepsilon_1)}{k_2} + \frac{\kappa\varepsilon_2}{k_1k_2} \right\} \lambda^{**}S^{**} = P_3\lambda^{**}S^{**} \quad (18)$$

$$B^{**} = \frac{\alpha}{k_4} \left\{ \frac{(1-\varepsilon_1)}{k_2} + \frac{\kappa\varepsilon_1}{k_1k_2} \right\} \lambda^{**}S^{**} = P_4\lambda^{**}S^{**} \quad (19)$$

$$\text{Where } \lambda^{**} = \frac{\beta_C(E^{**} + \eta_1 I^{**} + \eta_2 B^{**})}{N^{**}} \quad (20)$$

$$N^{**} = S^{**} + E^{**} + I^{**} + R^{**} + B^{**}$$

Where

$$P_1 = \frac{\varepsilon_1}{k_1}$$

$$P_2 = \frac{1-\varepsilon_1}{k_2} + \frac{\kappa\varepsilon_1}{k_1k_2}$$

$$P_3 = \frac{\tau_1}{k_3} \left\{ \frac{(1-\varepsilon_1)}{k_2} + \frac{\kappa\varepsilon_1}{k_1k_2} \right\}$$

$$P_4 = \frac{\alpha}{k_4} \left\{ \frac{(1-\varepsilon_1)}{k_2} + \frac{\kappa\varepsilon_1}{k_1k_2} \right\}$$

Substituting the expression in (16-19) into (20), we have

$$\lambda^{**} [S^{**} + P_1\lambda^{**}S^{**} + P_2\lambda^{**}S^{**} + P_3\lambda^{**}S^{**} + P_4\lambda^{**}S^{**}] = \beta_C [P_1\lambda^{**}S^{**} + \eta_1 P_2\lambda^{**}S^{**} + \eta_2 P_4\lambda^{**}S^{**}] \quad (21)$$

Dividing each term in (21) by $\lambda^{**}S^{**}$

$$\text{we have } 1 + P_1\lambda^{**} + P_2\lambda^{**} + P_3\lambda^{**} + P_4\lambda^{**} = \beta_C [P_1 + \eta_1 P_2 + \eta_2 P_4]$$

$$1 + P_5\lambda^{**} = \beta_C [P_1 + \eta_1 P_2 + \eta_2 P_4]$$

Where $P_5 = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \geq 0$

$$1 + P_5\lambda^{**} = \beta_C \left[\frac{\varepsilon_1}{k_1} + \frac{\eta_1 \tau_1}{k_2} \left\{ \frac{(1-\varepsilon_1)}{k_2} + \frac{\kappa\varepsilon_1}{k_1k_2} \right\} + \frac{\eta_2 \alpha}{k_4} \left\{ \frac{(1-\varepsilon_1)}{k_2} + \frac{\kappa\varepsilon_1}{k_1k_2} \right\} \right] = R_0$$

Where,

$$\text{Therefore, } 1 + P_5\lambda^{**} = R_0$$

$$\lambda^{**} = \frac{R_0 - 1}{P_5} > 0, \text{ Whenever } R_0 > 1.$$

Therefore, there exists an endemic equilibrium Whenever $R_0 > 1$.

3.5 CHOLERA SENSITIVITY ANALYSIS

It is necessary to determine how sensitive the threshold quantity basic reproduction number is with respect to its parameters, this will help to understand which of the parameters causes reduction in R_0 and parameters that increases R_0 and these parameters must give attention in order to have most effective control of the disease. This analysis will help to know how important each parameter is to disease transmission. We compute the normalized forward sensitivity index of the reproduction number with respect to its parameters.

Definition: If a variable 'c' depends differentially on parameter 'w', then, the normalized forward sensitivity index of 'c' with respect to 'w' is denoted by $X_C = \frac{c}{w} \frac{\partial w}{\partial c}$

As we have explicit formula for R_0 as

$$X_C = \frac{dR_0}{dw} \times \frac{w}{R_0} \quad (22)$$

Sensitivity analysis of each parameter involved in R_0 is therefore calculated and show in the table below.

Table 3: Values of Numerical Sensitivity of Cholera

Parameters	Sensitivity Values
μ	-0.038733
ω	0.000000
ε_1	0.993541
κ	0.955328
τ_1	-0.001980
δ	-0.003959
G	-0.007821
α	0.000000
μ_b	0.007821
β	0.999910
η_1	0.006335
η_2	0.007038

4 NUMERICAL SIMULATION

In order to verify the effect of contact rate and low Immunity rate in the dynamical spread of Cholera, the following set of parameters were used $\pi=2000$, $\beta_C=0.2$, $\varepsilon_1=0.5$, $\mu_h=0.02$, $\kappa=0.5$, $\delta_C=0.02$, $\tau_1=0.1$, $\eta_1=0.02$, $\eta_2=0.02$, $\mu_b=0.001$, $g=0.01$, $\omega=0.15$, $\alpha=0.0001$.

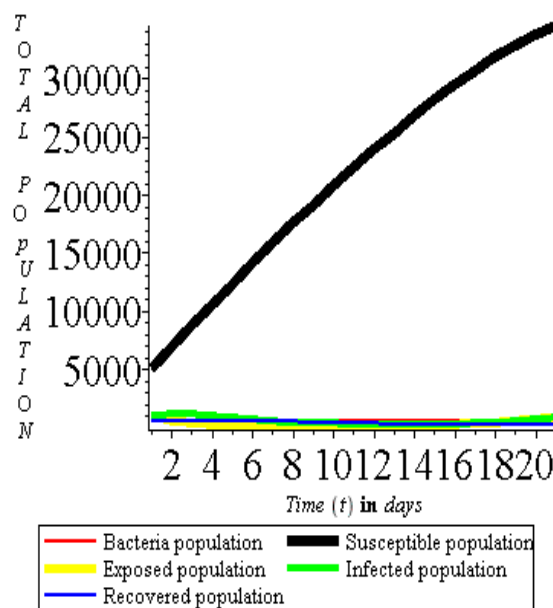


Figure 1: For the value of $\beta = 0.20$

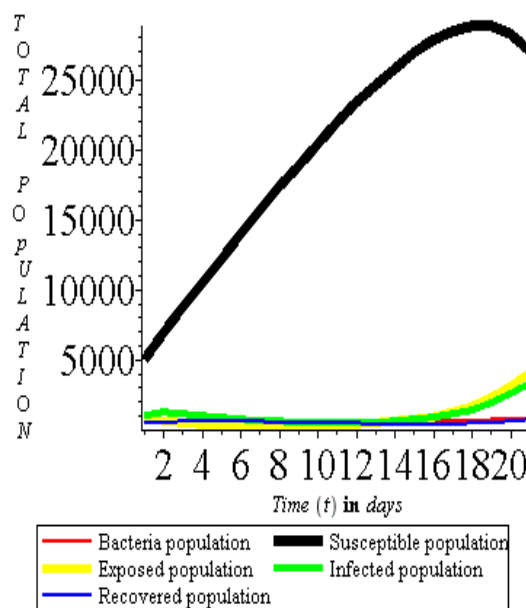


Figure 2: For the value of $\beta = 0.25$

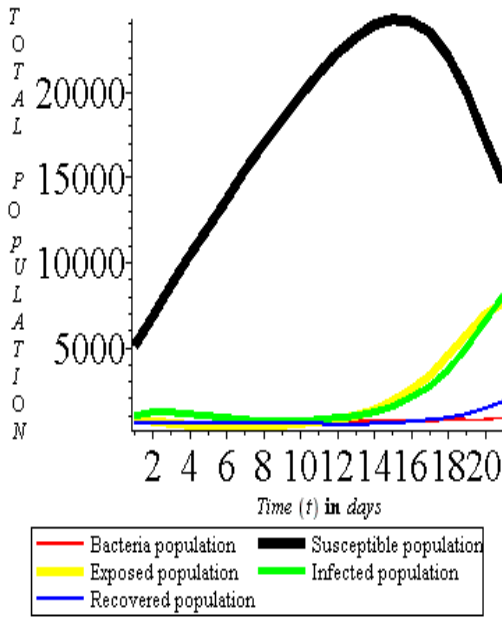


Figure 3: For the value of $\beta = 0.30$

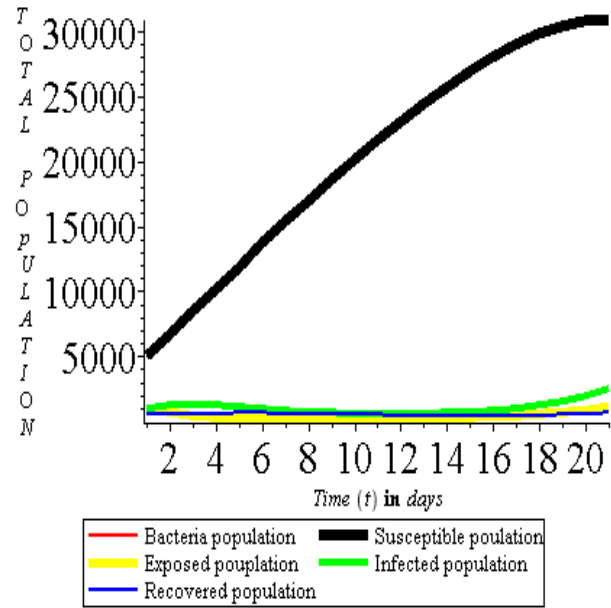


Figure 4: For the value of $\epsilon_1 = 0.50$

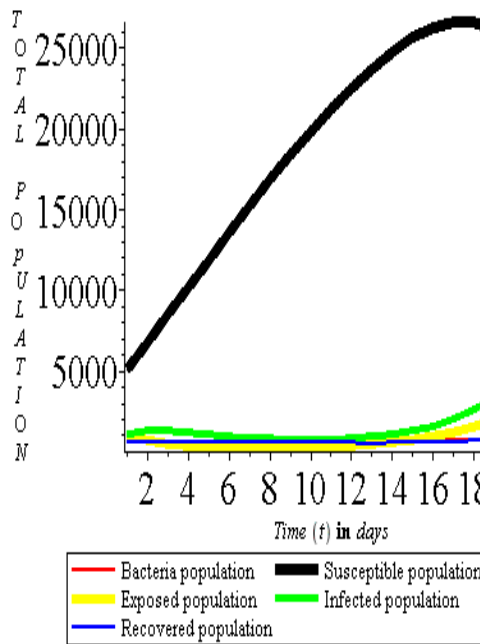


Figure 5: For the value of $\epsilon_1 = 0.60$

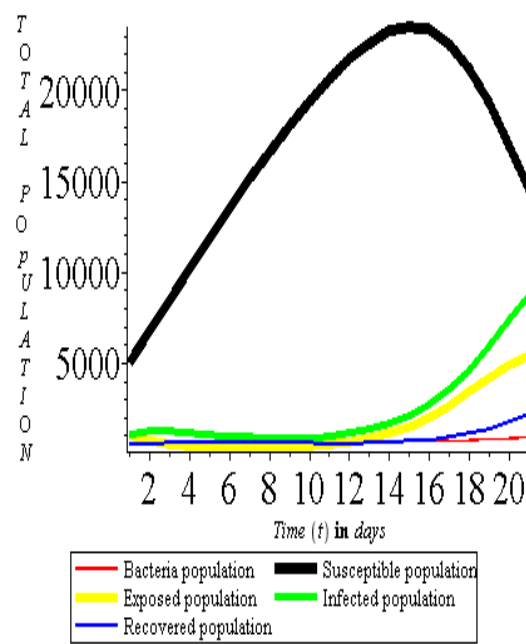


Figure 6: For the value of $\epsilon_1 = 0.70$

5 DISCUSSION AND CONCLUSION

In this work, five (5) non-linear compartmental models was presented and analyzed to gain insight on the parameters that influence the outbreak of cholera in the community. Sensitivity analysis and numerical simulations of the model were carried out to determine the effects of parameters on the outbreak of Cholera disease. In figures 1-3 above, the effect of contact rate in the human population is considered and it was observed that as the contact rate increases in the human population, the susceptible population decreases while the exposed and infected population increases. Also figures 4-6 shows the effect of low immunity rate in an individual which reduces the susceptible population. As the immunity in an individual decreases, it makes the infected individual in the population to increase.

From our result, it was observed that the effective contact rate and the low immunity rate were the key parameters that influenced the dynamical spread of Cholera in the community. In conclusion, efforts should be put in place by health policy makers to reduce the rate at which an individual come in contact with the cholera bacteria (*Vibrio Cholera*) and also work on the immunity of an individual in order to have disease free environment.

REFERENCES

- [1] Adewale S.O., Adeniran G.A., Olopade I.A and Mohammed I.T. (2015): Mathematical analysis of the effect of growth rate of vibrio-cholera in the dynamical spread of cholera. Research journal's Journal of Mathematics volume 2, No. 3 page 1-18.
- [2] Colwell R.R. and Hug A. (1994): Environmental Reservoir of *Vibrio cholera* the causative agent of cholera. Ann. N.Y Acad. Sci., 740, 44-53.
- [3] CDC 2014: Cholera: General information. Available at www.cdc.gov/cholera/general/ accessed on 30/09/2016.
- [4] Driessche P, and Watmough J. (2002): Reproduction numbers and sub-threshold endemic equilibrium for compartmental models of disease transmission, Mathematical Biosciences 180, 29-48.
- [5] Hartley D.M., Morris, Jr J.G. and Smith D.L. (2006): Hyper infectivity a critical element in the ability of *Vibrio cholera* to cause epidemic. PLoS Med., 3(1), 63-69.
- [6] Jing an C., Zhanmin W. and Xueyong Z. (2014): Mathematical analysis of a cholera model with vaccination. Journal of Applied Mathematics Volume 2014, Article ID 324767, 16 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/324767>.
- [7] Lakshmikanthan V., Leela S. and Martynut A.A. (1989): Stability analysis of Non-Linear System. Marcel Dekker, Inc., New York and Basel.
- [8] Madubueze C.E., Madubueze S.C. and Ajama S. (2015): Bifurcation and Stability Analysis of the Dynamics of cholera model with controls. International Journal of Mathematical, Computational, Physical, Electrical and Computer Engineering Vol 9, No 11, 2015.
- [9] Nelson E.J., Chowdhury A., Flynn J., Schild S., Bourassa L. et al. (2008): Transmission of *Vibrio Cholera* antagonized by lytic phage and entry into the aquatic environment. PLoS pathogens 4(10), 1-15.
- [10] Ochoche J.M. (2013): A mathematical model for the transmission dynamics of cholera with control strategy. International Journal of Science and Technology Volume 2, No. 11, November 2013.
- [11] Prasenjit Das and Debasis Mukherjee (2012): ISRN Biomathematics Volume 2012(2012). Article ID 621939, 13 pages. <http://dx.doi.org/10.5402/2012621939>.
- [12] Sani A.F., Ibrahim M.O. and Danbaba A. (2013): Deterministic Mathematics model of cholera predicting chances of its outbreak. International Journal of Scientific and Technology Research volume 2, Issue 4.
- [13] Stephen E. and Nkuba N. (2015): A mathematical model for the dynamics of cholera with control measures. Applied and computational Mathematics. Vol, 4 No. 2, 2015, pp. 53-63. Doi: 10.11648/j.acm.20150402.14
- [14] World Health Organization (2015), Cholera media Centre, Fact Sheets available on www.who.int/mediacentre/factsheets/fs107/en/ (Accessed on 30/09/2016)
- [15] Zukerman J.N., Rombo L. and Fish A. (2007): The burden risk of cholera: Implications for prevention and control. Lancet infect. Dis., 7(8), 521-530.

Contribution à une étude des groupements à *Tetraclinis articulata* dans le littoral de la région de Honaine, Wilaya de Tlemcen (Algérie occidentale)

[Contribution to a study of *Tetraclinis articulata* in the coastal region of Honaine, province of Tlemcen (Western Algeria)]

Ismahene Cherif¹, Okkacha Hasnaoui¹⁻², Naima Brahimi¹, Ikram Benmehdi¹, and Mohamed Bouazza¹⁻³

¹Laboratoire d'écologie et Gestion des Ecosystème Naturels, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, Algeria

²Faculté des Sciences et de Technologie, Université Dr. Tahar Moulay, Saïda, Algeria

³Département de Biologie, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, Algeria

Copyright © 2017 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 area, on which our search is driven, is situated in the north west of Algeria, it an integral part of Traras Mountains. The present study focuses on *Tetraclinis articulata* groups in the coastal region of Honaine, province of Tlemcen (Western Algeria).

To identify the biological potentials of *Tetraclinis articulata* groups, our study has been based on two methodological approaches:

- The method of Braun-Blanquet which relies on abundance and dominance realized on the three search areas (Sidi Driss, Ouled Youcef and Ziatene).
- The method of Durietz based on relative frequencies.

The results achieved show the different species which accompany *Tetraclinis articulata*. The analysis of different inventories have allowed us to find out 80 vegetal species, the main of which are *Tetraclinis articulata*, *Pistacia lentiscus*, *Globularia alypum*, *Cistus monspeliensis*, *Calycotome intermedia*, *Chamaerops humilis*, *Erica multiflora*, *Pistacia lentiscus*, *Echium vulgare*...

The second approach has allowed us to find out four classes from which we identify the species related to each class as concern: *Lavandula dentata*, *Calycotome intermedia*, *Pistacia lentiscus*, *Globularia alypum*, *Cistus monspeliensis*, *Ulex europeus*, *Urginea maritima*, *Asteriscus maritimus*, *Schismus barbatus*, *Chamaerops humilis*, *Phillyrea angustifolia*, *Ampelodesma mauritanicum*, *Helianthemum pilosum* et *Vicia villosa*.

KEYWORDS: *Tetraclinis articulate*, groups, faithful species, coastline, western Algeria.

RESUME: La zone sur laquelle porte notre contribution est localisée dans la partie occidentale du Nord-Ouest Algérien, elle fait partie intégrante des monts des Traras. Cette étude est axée sur les groupements à *Tetraclinis articulata* du littoral de la région de Honaine (Wilaya de Tlemcen – Algérie occidentale).

Pour cerner les potentialités biologiques des groupements à *Tetraclinis articulata*, nous nous sommes basés sur deux approches méthodologiques :

- La méthode de Braun-Blanquet qui repose sur l'abondance-dominance réalisé dans trois stations d'étude (Sidi driss, Ouled youcef et Ziatène) ;
- La méthode de Durietz basée sur les fréquences relatives.

Les résultats obtenus montrent les différentes espèces qui accompagnent le *Tetraclinis articulata*. Les analyses des différents inventaires nous ont permis de dégager 80 espèces végétales dont les principales sont : *Tetraclinis articulata*, *Pistacia*

lentiscus, Globularia alypum, Cistus monspeliensis, Calycotome intermedia, Chamaerops humilis, Erica multiflora, Pistacia lentiscus, Echium vulgare...

La deuxième approche nous a permis de dégager quatre classes (I, II, III, IV) dans lesquelles on déchiffre les espèces de chaque classe il s'agit de : *Lavandula dentata, Calycotome intermedia, Pistacia lentiscus, Globularia alypum, Cistus monspeliensis, Ulex europaeus, Urginea maritima, Asteriscus maritimus, Schismus barbatus, Chamaerops humilis, Phillyrea angustifolia, Ampelodesma mauritanicum, Helianthemum pilosum* et *Vicia villosa*.

MOTS-CLEFS: *Tetraclinis articulata*, groupements, espèces fidèles, littoral, Algérie occidentale.

1 INTRODUCTION

La couverture végétale constitue une des composantes principales des milieux naturels, elle est le résultat de l'intégration des facteurs floristiques, climatiques, géologiques, et géographiques [1]. Selon Quézel et Médail [2], la flore du bassin méditerranéen est unanimement considérée comme étant d'une exceptionnelle diversité, et mérite à ce titre, une considération particulière pour sa conservation. La région circumméditerranéenne apparaît comme un centre majeur de différenciation des espèces végétales. Les écosystèmes des pays méditerranéens sont considérés par de nombreux chercheurs comme riches en biodiversité végétale et les différents taxons occupent une place non négligeable sur le plan écologique, économique, forestier. De nombreuses espèces entrent dans la structuration des forêts, matorrals ou autres.

Les travaux menés par certains chercheurs [3-6], portent sur les valeurs écologiques et forestières du *Tetraclinis articulata* qui structurent les différents écosystèmes de l'ouest Algérien.

Dans ce contexte Quézel et Médail [7] notent à propos de l'intérêt du thuya : « En effet, longtemps considérée comme une essence forestière sans grand intérêt, les écologues et les forestiers insistent actuellement sur la place éminente qu'elle joue dans la structuration des paysages végétaux du Maghreb, mais aussi sur sa valeur forestière et économique ».

En 2014, Ainad Tabet [8] a mis l'accent sur l'écologie du *Tetraclinis articulata* de la partie Ouest Algérienne d'une part et a adressé une carte de la répartition du *Tetraclinis* dans cette partie de l'Algérie d'autre part.

D'autres travaux complémentaires ont été réalisés par Barka [9] dans l'objectif est de comprendre l'histométrie et la dendrométrie du taxon.

A travers la réalisation de cette étude, on voudrait contribuer à la mise en place d'une approche intégrée à la connaissance et à la protection des écosystèmes naturels en mettant l'accent sur une espèce caractéristique des matorrals de la région de Honaine (Wilaya de Tlemcen) en occurrence *Tetraclinis articulata* (Vahl).

L'objectif de ce travail vise à analyser la diversité floristique des groupements à *Tetraclinis articulata*, du point de vue type biologique et biogéographique et dégager les espèces fidèles à ce taxon. Les résultats permettront de mieux comprendre la biodiversité des Tetraclinaies et saisir les conditions de leurs répartitions spatiales.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET CHOIX DES STATIONS

La zone sur laquelle porte notre étude fait partie intégrante des monts des Traras orientaux. Elle se situe au Nord- Ouest de la Wilaya de Tlemcen et caractérisée par un relief assez accidenté. Géographiquement elle se localise entre 1°59' et 1°70' de longitude Ouest et 35°06' et 35°19' de latitude Nord, elle s'étend sur une superficie d'environ 131 km².

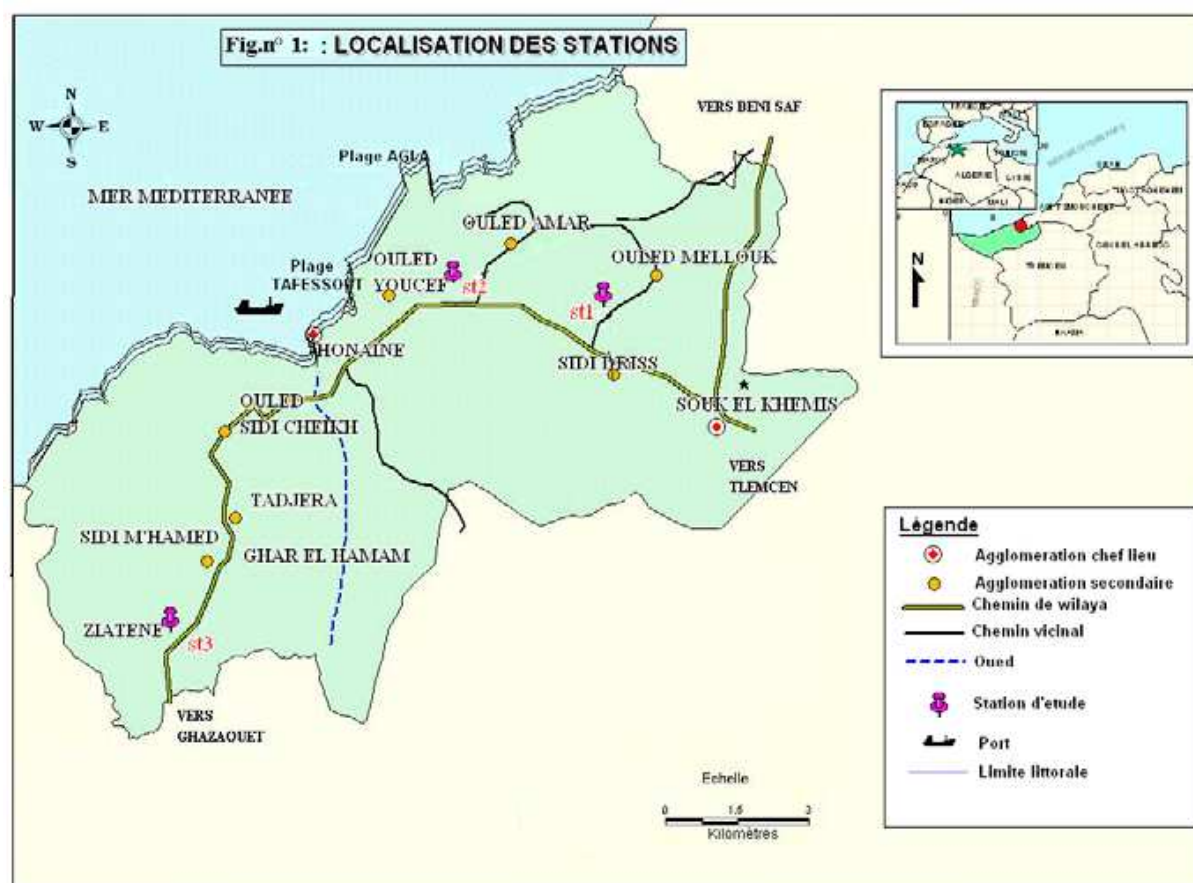


Figure 01 : Localisation des stations

Lors de la prospection des Monts des Traras, notre attention a été attirée par des peuplements à *Tetraclinis articulata*, dans cette zone le choix a été guidé par la présence de ces peuplements dans cette partie du littoral Ouest Algérien et particulièrement la région de Honaine.

Le choix des stations a été réalisé selon nos attentes. Ainsi nous avons retenu 03 stations d'études : Sidi driss, Ouled youcef et Ziatène. (Tableau 01).

Tableau 01 : Données géographiques des stations d'étude

STATIONS		Latitude	Longitude	Altitude
St1	Sidi driss	35°19'N	1°59'W	105m
St2	Ouled youcef	35°19'N	1°61'W	70m
St3	Ziatène	35°06'N	1°71'W	450m

2.2 CADRE CLIMATIQUE

Le climat régional est défini à l'aide des données climatiques enregistrées par les trois stations météorologiques installées dans la région d'étude: Zenata, Beni Saf et Ghazaouet, et cela durant la période (1985-2010). Ces données ont été fournies par l'O.N.M (l'office national de la météorologie).

L'analyse des données climatiques classe les stations dans l'étage semi-aride et les précipitations oscillent entre 315 mm et 349 mm. Les températures moyennes maximales sont comprises entre 29,4°C et 33,8°C, quant aux minimales elles se situent entre 4,7°C et 9,7°C. La zone d'étude se classe dans l'étage thermo-méditerranéen. Selon Quézel [10] le thermo méditerranéen est le domaine des conifères, près forêts et forêt près steppiques à conifères essentiellement.

2.3 MÉTHODE D'ANALYSE FLORISTIQUE

Pour atteindre les objectifs de l'étude, deux approches méthodologiques ont été utilisées :

- a) Nous avons utilisé la méthode de relevé dite phytosociologique ou sigmatiste de l'aire minimale adoptée par Braun Blanquet [11]. Il est admis maintenant qu'en région méditerranéenne, la surface du relevé varie de 100 à 400 m² en forêt, et de 50 à 100 m² dans les matorrals [12]. Hadjadj Aoual [6] a limité à 100 m² l'aire minimale pour les matorrals à Thuya de l'Oranie. Ainsi la surface de 100 m² paraît suffisamment représentative de l'aire minimale dans notre zone d'étude. Au sein de chaque station, nous avons réalisé **50** relevés floristiques, ces derniers ont été effectués en période de végétation optimale de Mars à Juin au cours de l'année 2010 et 2011.

Les espèces végétales rencontrées ont été identifiées en utilisant les clés de détermination de Quézel et Santa [13] et la flore de France Gaston Bonnier [14]. Ces espèces ont fait l'objet d'une analyse biologique et biogéographique, La détermination des types biologiques a été réalisée selon la méthode de Raunkiaer [15].

- b) L'analyse de la végétation basée sur les fréquences relatives de chaque espèce inventoriée semble être le caractère analytique le plus approprié pour ce type de recherche.

La fréquence de chaque espèce traduit la régularité de sa distribution dans une communauté végétale. Dans notre cas nous avons calculé la fréquence relative de chaque espèce dans les trois stations. Elle est exprimée par la formule suivante :

$$F(\%) = 100 \times \frac{n}{N}$$

n : Le nombre de relevés où l'espèce existe.

N : Le nombre total de relevés effectués.

En 1920, Durietz [16] a proposé 5 classes :

- Classe 1 : espèces très rares ; 0 < F < 20 %
- Classe 2 : espèces rares ; 20 < F < 40 %
- Classe 3 : espèces fréquentes ; 40 < F < 60 %
- Classe 4 : espèces abondantes ; 60 < F < 80 %
- Classe 5 : espèces très constantes ; 80 < F < 100 %

3 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

3.1 RICHESSE FLORISTIQUE

De l'analyse des 150 relevés floristiques nous avons inventorié 80 espèces végétales réparties en 64 genres et 32 familles.

Tableau 02 : Inventaire exhaustif des espèces rencontrées dans la zone d'étude

Taxon	Familles	TB	TBG
<i>Pistacia lentiscus</i>	Anacardiacees	Ph	Méd
<i>Daucus carota</i>	Apiacees	Th	Méd
<i>Eryngium tricuspidatum</i>	Apiacees	He	W-Méd
<i>Aristolochia altissima</i>	Aristolochiacees	Ge	E-Méd
<i>Phagnalon saxatile</i>	Asteracees	Th	W-Méd
<i>Asteriscus maritimus</i>	Asteracees	Ch	Canaries-Eur-Mérid-A.N
<i>Senecio vulgare</i>	Asteracees	Ch	Sub-Cosmp
<i>Pulicaria undulata</i>	Asteracees	Ch	Sah-Sind
<i>Chrysanthemum grandiflorum</i>	Asteracees	Th	End
<i>Tragopogon porrifolium</i>	Asteracees	He	W-Méd
<i>Carduus balancea</i>	Asteracees	Th	End
<i>Centaurea pullata</i>	Asteracees	Th	Méd
<i>Atractylis cancelata</i>	Asteracees	Th	Circum-Méd
<i>Echium vilgare</i>	Borraginacees	He	Méd

<i>Echium italicum</i>	Borraginacées	Th	Méd
<i>Echium austral</i>	Borraginacées	Th	W-Méd
<i>Paronichia argentea</i>	Caryophyllacées	Th	Méd
<i>Ceratonia siliqua</i>	Cesalpinées	Ph	Méd
<i>Cistus heterophyllus</i>	Cistacées	Ch	Ibero-Maur
<i>Cistus monspeliensis</i>	Cistacées	Ch	Méd
<i>Cistus salvifolius</i>	Cistacées	Ch	Méd
<i>Cistus villosus</i>	Cistacées	Ch	Méd
<i>Cistus albidus</i>	Cistacées	Ch	Méd
<i>Helianthemum pilosum</i>	Cistacées	Ch	Méd
<i>Helianthemum apertum</i>	Cistacées	Ch	End-N.A
<i>Fumana thymifolia</i>	Cistacées	Th	Euras-Afr-Sept
<i>Convolvulus altaoides</i>	Convolvulacées	Th	Macar-Méd
<i>Tetraclinis articulata</i>	Cupressacées	Ph	Ibéro-Maur-Méd
<i>Juniperus phonicea</i>	Cupressacées	Ph	Circum-Méd
<i>Erica arborea</i>	Ericacées	Ch	Méd
<i>Erica multiflora</i>	Ericacées	Ch	Méd
<i>Trifolium angustifolium</i>	Fabacées	Th	Méd
<i>Trifolium stelatum</i>	Fabacées	Th	Méd
<i>Lotus ornithopodioides</i>	Fabacées	Th	Méd
<i>Calycotome intermedia</i>	Fabacées	Ch	Méd
<i>Ulex europeus</i>	Fabacées	Ch	Eur
<i>Vicia villosa</i>	Fabacées	Th	Eur-Méd
<i>Anthyllis tetraphylla</i>	Fabacées	Th	Méd
<i>Anthyllis vulneraria</i>	Fabacées	Th	Eur-Méd
<i>Quercus ilex</i>	Fagacées	Ph	W-Méd
<i>Fumaria capreolata</i>	Fumariacées	Th	Méd
<i>Blakstonia perfolia</i>	Gentianacées	Th	Méd
<i>Globularia alypum</i>	Globulariacées	Ch	Méd
<i>Iris xyphium</i>	Iridacées	Ge	End-Mar
<i>Lavandula dentata</i>	Lamiacées	Ch	W-Méd
<i>Lavandula multifida</i>	Lamiacées	Ch	Méd
<i>Lavandula stoechas</i>	Lamiacées	Ch	Méd
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Lamiacées	Ch	Méd
<i>Teucrium polium</i>	Lamiacées	Th	Eur-Méd
<i>Thymus ciliatus</i>	Lamiacées	Ch	End-N.A
<i>Ajuga iva</i>	Lamiacées	Th	Méd
<i>Micromeria inodora</i>	Lamiacées	He	Ibéro-Maur
<i>Urginea maritima</i>	Liliacées	Ge	Ethio-Ind
<i>Linum strictum</i>	Linacées	Th	Méd
<i>Linum sufruticosum</i>	Linacées	Th	W-Méd
<i>Olea europea</i>	Oleacées	Ph	Méd
<i>Phyllirea angustifolia</i>	Oleacées	Ph	Méd
<i>Orobancha purpurea</i>	Orobanchacées	Th	Euras
<i>Oxalis pescaprae</i>	Oxalidacées	Ge	Méd
<i>Chamaerops humilis</i>	Palmacées	Ch	Méd
<i>Pinus halepensis</i>	Pinacées	Ph	Méd
<i>Plantago lagopus</i>	Plantaginacées	He	Méd
<i>Plantago psyllium</i>	Plantaginacées	Th	Sub-Méd
<i>Ampelodesma mauritanicum</i>	Poacées	Ch	W-Méd
<i>Schysmus barbatus</i>	Poacées	Th	Paléo-Temp
<i>Andropogon hirtus</i>	Poacées	Ch	Paléo-Trop
<i>Bromus lanceolatus</i>	Poacées	Th	Paléo-Temp
<i>Hordeum murinum</i>	Poacées	Th	Circumbor

<i>Dactylis glomerata</i>	Poacées	Th	Paléo-Temp
<i>Lamarchia aurea</i>	Poacées	Th	Macar-Méd-Ethiopie
<i>Stipa tenassica</i>	Poacées	Ge	Ibéro-Maur
<i>Avena sterilis</i>	Poacées	Th	Macar-Méd-Irano-Tour
<i>Stipa tortilis</i>	Poacées	Th	Circumbor-Méd
<i>Lagurus ovatus</i>	Poacées	Th	Macar-Méd
<i>Melica ciliata</i>	Poacées	Ch	Mac-Euras
<i>Anagalis arvensis sub sp monelli</i>	Primulacées	Th	Sub-Cosmop
<i>Rhamnus lycioides</i>	Rhamnacees	Ph	W-Méd
<i>Sanguisorba minor</i>	Rosacées	Th	Euras
<i>Antirrhinum siculum</i>	Scrofulariacées	Th	Méd
<i>Solanum nigrum</i>	Solanacées	Th	Cosmop

La légende :

TB : types biologiques Ph :phanérophytes

Ch : chamaephytes

He : hémicryptophytes

Ge : géophytes

Th : thérophytes

TBG : types biogéographiques

3.2 COMPOSITION FLORISTIQUE PAR FAMILLE DE LA ZONE D'ETUDE

La répartition des familles dans la zone d'étude n'est pas homogène, les familles les mieux représentées sur le plan générique et spécifique sont : les poacées (15%), Asteracées (11,25%), Fabacées, Lamiacées et Cistacées (10%) (Figure 02).

L'importance des familles qui détiennent les premières places s'explique par la contribution globale au sein de la flore algérienne, par leur aire de répartition méditerranéenne et par leur capacité d'adaptation aux différents biotopes.

3.3 ANALYSE DES TYPES BIOLOGIQUES

Comme les types biologiques sont conditionnés par les facteurs du milieu, c'est la dominance de l'un ou de l'autre qui permet de donner le nom de la formation végétale. Celle-ci est donc l'expression physionomique et elle reflète les conditions de milieu.

Dans notre cas les Thérophytes (Th) présentent le taux le plus élevé avec (46,25%) et les espèces les plus abondantes sont: *Schismus barbatus*, *Fumana thymifolia*, *Hordeum murinum*, *Linum strictum*. Ces taxons attestent la dégradation des formations en place. Malgré l'importance des Thérophytes, les Chamaephytes (Ch) gardent une place particulièrement importante avec (30%), représentées principalement par *Chamaerops humilis*, *Calycotome intermedia*, *Rosmarinus officinalis*, *Cistus monspeliensis*, *Globularia alypum*.

Les Phanérophytes (Ph) deviennent particulièrement abondants dans notre zone d'étude avec (11,25%), ce qui témoigne l'existence d'une formation forestière et / ou pré-forestière, on peut citer *Tetraclinis articulata*, *Phillyrea angustifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Olea europea*, *Erica arborea* (Figure 03).

Les Géophytes (Ge), et les Hémicryptophytes (He) sont aussi présents avec un pourcentage de (6,25%), Elles sont représentées par *Urginea maritima*, *Iris xyphium*, *Micromeria inodora*, *Eryngium tricuspidatum*. D'après les résultats obtenus l'organisation de la structure végétale de notre zone d'étude est représentée schématiquement comme suit: Th > Ch > Ph > Ge=He.

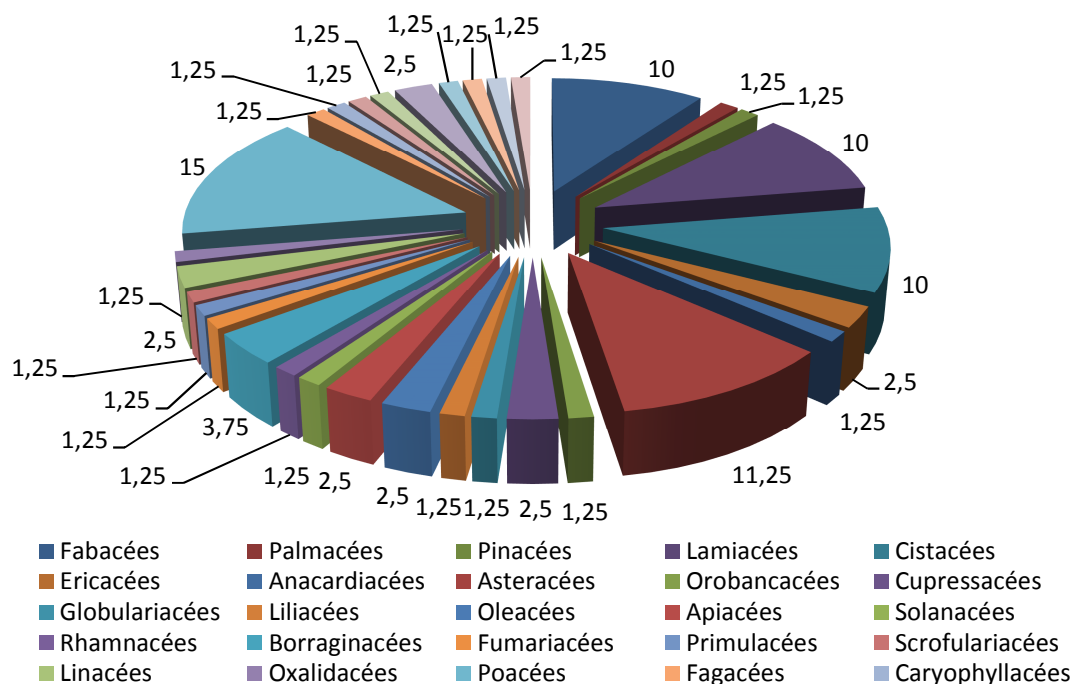


Figure 02: Pourcentage des familles de la zone d'étude

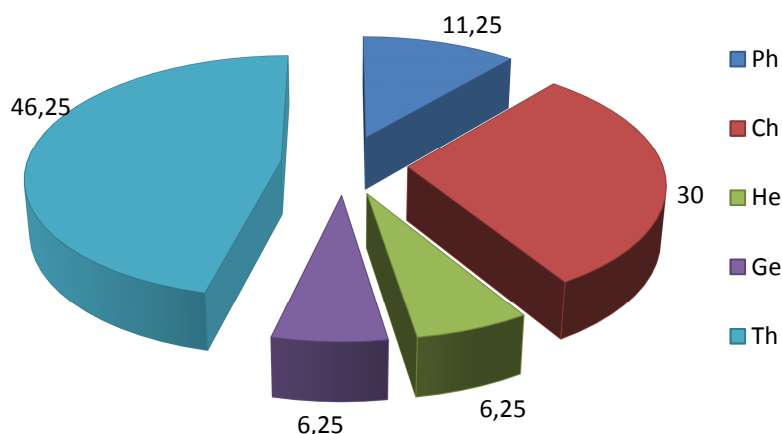


Figure 03: Pourcentage des types biologiques de la zone d'étude

3.4 ANALYSE DES TYPES BIOGÉOGRAPHIQUES

L'analyse des pourcentages et du nombre d'espèce des différents types biogéographiques montrent que les éléments méditerranéens (Méd) sont les plus abondants avec (42,5%), on peut citer : *Erica arborea*, *Calycotome intermedia*, *Blakstonia perifolia*, *Lavandula stoechas*, *Olea europea*, suivies des éléments ouest méditerranéen (W. Méd) avec (11,25%), les espèces les plus importants de ce groupe sont: *Eryngium tricuspidatum*, *Phagnalon saxatile*, *Ampelodesma mauritanicum*, *Rhamnus lycioides*. Les éléments, Européen-Méditerranéen, Ibéro-Mauritanien, Paléo-Tempéré sont représenté par un pourcentage de (3,75%). Le reste des éléments biogéographiques représente une faible participation, mais contribue à la diversité et la richesse du potentiel phytogénétique de la région (Figure 04).

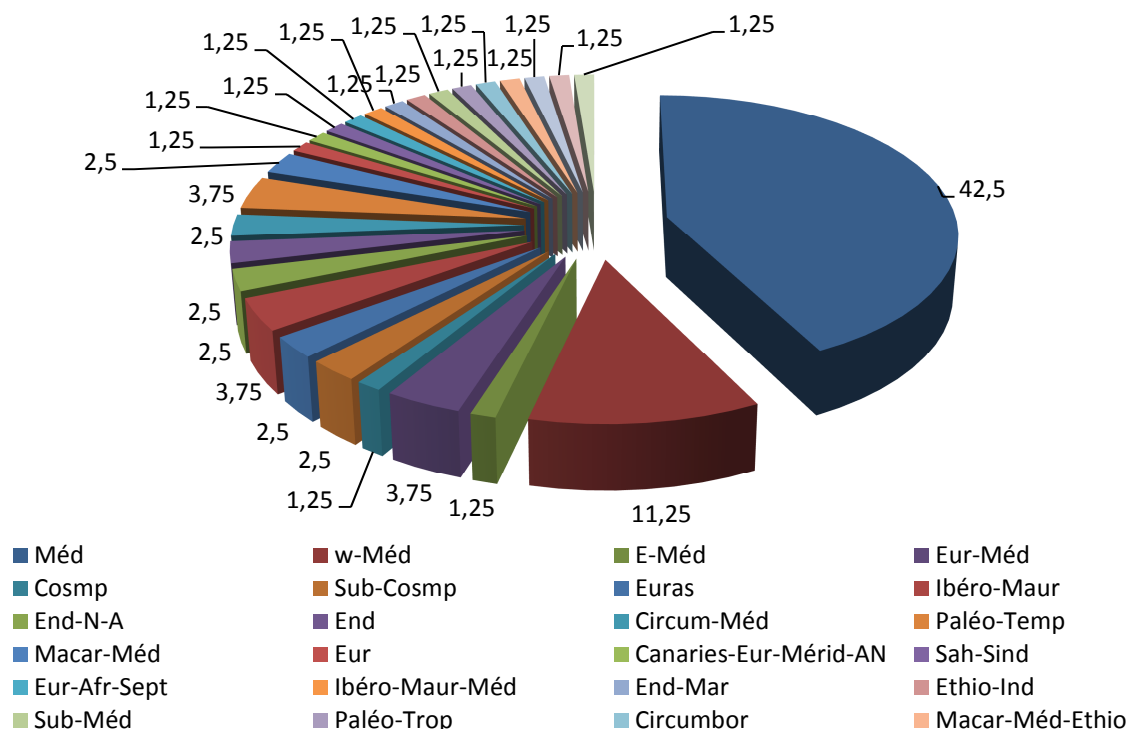


Figure 04 : Pourcentage des types biogéographiques de la zone d'étude

3.5 LES ESPECES FIDELES A *TETRACLINIS ARTICULATA*

Par comparaison de toutes les listes synthétiques d'un territoire donné, on peut juger de la « fidélité » de chaque espèce pour l'association envisagée [17]. Le critère de fidélité a la même forme que le critère traditionnel ; c'est une fréquence relative [18]. Une espèce constante est définie par un haut niveau de fréquence relative, elle est présente dans plus de 60 % de l'ensemble des relevés [19].

Dans cette étude notre but est de faire une sélection des espèces inventoriées, pour en sortir une liste des espèces fidèles à *Tetraclinis articulata* ou encore les espèces végétales qui constituent les groupements à Thuya.

Tableau 03: Liste des espèces fidèles à *Tetraclinis articulata* dans la zone d'étude

Taxon	Famille	TB	F%	Classe	
<i>Lavandula dentata</i>	Lamiacées	Ch	60	IV	Espèce abondante
<i>Calycotome intermedia</i>	Fabacées	Ch	58	III	
<i>Tetraclinis articulata</i>	Cupressacées	Ph	57	III	Fréquente
<i>Pistacia lentiscus</i>	Anacardiées	Ph	50	III	
<i>Globularia alypum</i>	Globulariacées	Ch	44	III	Espèces rares
<i>Cistus monspeliensis</i>	Cistacées	Ch	44	III	
<i>Ulex europeus</i>	Fabacées	Ch	38	II	Espèces très rares
<i>Urginea maritima</i>	Liliacées	Ge	36	II	
<i>Asteriscus maritimus</i>	Asteracées	Ch	36	II	
<i>Schismus barbatus</i>	Poacées	Th	35	II	
<i>Chamaerops humilis</i>	Palmacées	Ch	32	II	
<i>Phillyrea angustifolia</i>	Oleacées	Ph	28	II	
<i>Ampelodesma mauritanicum</i>	Poacées	Ch	26	II	
<i>Helianthemum pilosum</i>	Cistacées	Ch	22	II	
<i>Vicia villosa</i>	Fabacées	Th	6	I	

Légende

TB : Type biologique

F% : La fréquence relative en % de chaque espèce dans la zone d'étude

Dans ce contexte nous avons pu dégager les espèces les plus fréquentes qui rentrent dans la structuration des Tetracinaies du littoral de la région de Honaine. Nous avons pu dégager des espèces avec des fréquences qui oscillent entre 6% et 60%, ce sont des espèces largement répandues dans la région Ouest Algérienne [20-23]. Parmi les espèces de la classe IV et III on note la présence de : *Lavandula dentata* (60%), *Calycotome intermedia* (58%), *Pistacia lentiscus* (50%), *Globularia alypum* (44%), *Cistus monspeliensis* (44%), ce sont les espèces les plus caractéristiques des formations pré-forestières et des matorrals arborés de la région de Honaine. D'après nos observations sur le terrain, *Cistus monspeliensis* contribue à donner un aspect de matorral fermé. Son degré de présence indique l'impact des incendies dans ces formations végétales. La présence du *Calycotome*, espèce épineuse, dans cet ensemble floristique montre un début de dégradation de l'écosystème.

D'autres espèces de la classe II participent fortement dans la physionomie des tetracinaies, il s'agit de : *Ulex europeus* (38%), *Urginea maritima* (36%), *Asteriscus maritimus* (36%), *Schismus barbatus* (35%), *Chamaerops humilis* (32%), *Phillyrea angustifolia* (28%), *Ampelodesma mauritanicum* (26%), *Helianthemum pilosum* (22%), ce sont des taxons non palatables, généralement épineux et/ou toxiques ce qui témoigne l'impact anthropique dans la région. Il faut noter que les genres *Chamaerops* et *Ampelodesma* couvrent une grande superficie et s'intègrent même dans les formations forestières. Hasnaoui [20] constate que *Chamaerops humilis* forme des chamaeropaies tantôt pures tantôt en mosaïque. Cette espèce joue un rôle phare dans les écosystèmes de la partie ouest algérienne. C'est une espèce thermophile et héliophile ; elle partage l'espace avec les taxons suivants : *Pistacia lentiscus*, *Tetraclinis articulata*, *Lavandula dentata*, *Calycotome intermedia*, *Cistus monspeliensis*, *Globularia alypum*. Elle est habituellement retenue parmi les espèces caractéristiques de l'ordre des Pistacio-Rhamnetalia alaterni, selon Rivas-Martinez [24] la présence des espèces suscitées à côté du *Tetraclinis articulata* façonne les Tetracinaies du littoral de Honaine.

4 CONCLUSION

Les groupements à *Tetraclinis articulata* sont largement répandus dans le littoral de Honaine, et présentent une physionomie assez dégradée et perturbée dans leur ensemble.

L'analyse des relevés floristiques nous a permis de dégager les espèces fidèles aux *Tetraclinis articulata*. Certaines ont une forte contribution (classe IV et III), c'est le cas de *Lavandula dentata*, *Calycotome intermedia*, *Pistacia lentiscus*, *Globularia alypum*, *Cistus monspeliensis*, et d'autres sont classées dans la catégorie II telle que *Ulex europeus*, *Urginea maritima*, *Asteriscus maritimus*, *Schismus barbatus*, *Chamaerops humilis*, *Phillyrea angustifolia*, *Ampelodesma mauritanicum*, *Helianthemum pilosum*, et enfin la classe I représentée par *Vicia villosa*. On note dans l'ensemble que ces espèces sont toxiques et/ou épineuses et cela témoigne du degré de dégradation de ces formations. Une évolution régressive est engagée d'où la nécessité d'une protection de ces ressources naturelles.

REFERENCES

- [1] R. Loisel; « Phytosociologie et phytogéographie, signification phytogéographique du Sud-Est méditerranéen continental Français ». V Doc. Phytosociologique, N.S. Vol. II. Lille pp : 302-314, 1978.
- [2] P. Quézel & F. Médail ; « La région Circumméditerranéenne. Centre Mondial Majeur de Biodiversité Végétale ». Inst. Médit. d'Ecologie et de la Paléoécologie, C.N.R.S. U.R.A. 1152, Laboratoire de Botanique et d'Ecologie Méditerranéenne. Fac.Sci. Marseille St-Jérôme, Marseille. France. p : 152 -155, 1995.
- [3] S. Hadjadj Aoual ; « Analyse phytoécologique du Thuya de Berbérie en Oranie ». Thèse. Mag. Univ. Oran. 150p.1988.
- [4] S. Hadjadj Aoual ; « Les peuplements de *Tetraclinis articulata* sur le littoral d'Oran (Algérie) ». *Écol. médit.*, XVII, 63-78, 1991.
- [5] S. Hadjadj Aoual ; « Flore et végétation des gorges de la chiffa (Alger) ». Rôle et place de *Tetraclinis articulata* Vahl. Masters Bull.Soc.Linn.Provence,44: 89-97, 1993.
- [6] S. Hadjadj Aoual ; « Les peuplements du thuya de berbérie en Algérie: phytoécologie syntaxonomie, potentialité sylvoles ». Thèse Doct .Es .Sci .Univ .Aix – Marseille. 159p + annexes, 1995.
- [7] P. Quézel & F. Médail ; « Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen ». Elsevier. Collection Environnement. Paris. 573 p, 2003.
- [8] M. Ainad Tabet ; « Contribution à l'étude des groupements à Thuya (*Tetraclinis articulata* Vahl.) dans la partie Nord occidentale de l'Algérie : Aspect écologique et cartographie » ; Thèse Doctorat– Univ. Abou Bakr Belkaid Tlemcen. 194 p, 2014.
- [9] F. Barka ; « Etude des groupements à matorral dans le littoral de la région de Tlemcen. Aspects phytoécologiques, syntaxonomiques et cartographie » Thèse Doctorat– Univ. Abou Bakr Belkaid Tlemcen. 350 p + annexes, 2016.
- [10] P. Quézel ; « Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen ». Ed. Ibis. Press. Paris. Pp: 13-117, 2000.

- [11] J. Braun-Blanquet. « Les groupements végétaux de la France méditerranéenne ». *C.N.R.S. Paris*, 297 p, 1951.
- [12] A. Benabid ; « Etude phytoécologique des peuplements forestiers et pré forestiers du Rif centro-occidental (Maroc) », *Trav. Inst. Sc., Sb. bot. N°34*, Rabat, 64 p, 1984.
- [13] P. Quézel, S. Santa ; « Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales », vol. 1-2. C.N.R.S., Paris; 1170 p, 1962-1963.
- [14] G. Bonnier, R. Doui ; « La grande flore en couleurs de Gaston Bonnier France, Suisse, Belgique et pays voisins » (tomes 3 et 4), Editions Belin, Paris, 1400 p, 1990.
- [15] C. Raunkiaer ; « Types biologiques pour la géographie botanique ». KLG. Danske Videnskabenes Selskabs. *Farrhandl.* pp. 347-437, 1905.
- [16] E. Durietz ; « Zur methodologisschen grundlarge der modern pfl au genziologie ». *Upsala*. 252p, 1920.
- [17] J. Braun-Blanquet, N. Roussine & R. Negre ; « Les groupements végétaux de la France méditerranéenne ». *Dir. Carte Group. Vég. Afr. Nord*, CNRS, 292 p, 1952.
- [18] H. Brisse, P. De Ruffray , G. Grandjouan. et M. Hoff ; « European vegetation survey ». La banque de données phytosociologiques «Sophy ». *Annali di Botanica*, LII. Pp : 191-223, 1995.
- [19] F. Gillet ; « La Phytosociologie synusiale intégrée ». Guide méthodologique. Université de Neuchâtel, Institut de Botanique. *Doc. Labo. Ecol. Vég.*, 1, 68 p, 2000.
- [20] O. Hasnaoui ; « Contribution à l'étude de la chamaeropaie de la région de Tlemcen (Algérie occidentale) : Aspects phytoécologiques et cartographie » ; Thèse Doctorat– Univ. Abou Bakr Belkaid Tlemcen. 204 p + annexes, 2008.
- [21] N. Hachemi ; « Contribution à l'étude de la Thérophytisation des matorrals des Monts de Tlemcen: Aspects Ecologiques et Cartographie (Tlemcen- Algérie occidentale) » ; Thèse Doctorat– Univ. Abou Bakr Belkaid Tlemcen. 142 p + annexes, 2015.
- [22] N. Medjati ; « Contribution à l'étude biologique et phytoécologique du *Chamaerops humilis* L., dans la partie occidentale de l'Algérie ». Thèse Doctorat– Univ. Abou Bakr Belkaid Tlemcen. 143 p + annexes, 2014.
- [23] I. Benmehdi ; « Contribution à une étude phyto-écologique des groupements à *Pistacia lentiscus* du littoral de Honaine (Tlemcen, Algérie occidentale) ». *Mém Mag. Univ. Abou Bakr Belkaid Tlemcen*. 159 p + annexes, 2012.
- [24] S. Rivas–Martinez ; « La végétation de la classe Quercetea ilicis en Espana y Portugal ». *Annales Instituto Botanico cavanilles*, 31 (2). Pp : 1495-1554. 1974.

ESSAI DE TRAITEMENT DES EAUX USEES HOSPITALIERES DES CLINIQUES UNIVERSITAIRES DE KINSHASA PAR LE PROCEDE DE STABILISATION COUPLE A LA BIOFILTRATION

[TEST PROCESSING WASTEWATER HOSPITAL UNIVERSITY CLINICS OF KINSHASA BY THE PROCESS OF STABILIZATION COUPLED TO BIOFILTRATION]

A. KITAMBALA KABOKA¹, E. BIEY MAKALY¹, and Z. KASUKU WANDUMA²

¹Faculté des Sciences, Département de l'Environnement, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

²Faculté des Sciences, Unité de Sciences de L'Environnement, Université Libre de Bruxelles, Campus de la Plaine, CP 201/01,
Boulevard du triomphe, 50, 1050 Bruxelles, Belgium

Copyright © 2017 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 juice that percolates through the hospital sewage and that loads of pollutants must be eliminated. Our study contributes to the establishment of a purification system of hospital wastewater was expensive and effective. The process (stabilization coupled to bio filtration) involves aquatic plants such as Azolla and sand filtration. It thus improves the drainage conditions of the hospital effluents by dramatically reducing the pollution load. This technique decreases and lowers the organic filler according to the conditions imposed. The bio filtration has a specific behavior with respect to the leachate and increases the purification performance of wastewater. So by applying this technique, our study shows a reduction of 77.4% of the chemical oxygen demand (COD), 68.6% of turbidity, 94% of nitrates and phosphates 95% for a residence time of 8 am in the lagoon. This technics following the filter coupling shows a reduction of pathogenic microorganisms. The lagoon level the concentration of organic matter (OM), nitrogen and phosphorus decreased. This study is an important step in the design of a wastewater treatment plant wastewater university clinics in Kinshasa, DRC.

KEYWORDS: wastewater, leachate, pollution load, bio filtration, University Hospital, Kinshasa.

RESUME: Le jus qui percole aux travers les eaux usées hospitalières et qui se charge des polluants doivent être éliminés. Notre étude contribue à la mise en place d'un système d'épuration des eaux usées hospitalières, eu couteux et efficace. Le procédé (stabilisation couplé à la bio filtration) fait intervenir les plantes aquatiques comme l'Azolla et la filtration sur le sable. Il permet ainsi d'améliorer les conditions d'évacuation des effluents hospitaliers en diminuant considérablement la charge polluante. Cette technique diminue et abaisse la charge organique en fonction des conditions imposées. La bio filtration possède un comportement spécifique par rapport au lixiviat et augmente la performance d'épuration des eaux usées. Ainsi en appliquant cette technique, notre étude montre une réduction de 77,4% de la demande chimique en oxygène(DCO), 68,6% de la turbidité, 94% des nitrates et 95% de phosphates pour un temps de séjour de 8h dans le bassin de stabilisation. Cette technique suite au couplage de filtre, montre une réduction des micro-organismes pathogènes. Au niveau de bassin de stabilisation la concentration en matières organiques(MO), l'azote et le phosphore diminue. Cette étude constitue une étape importante dans le dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées des cliniques universitaires de Kinshasa en RDC.

MOTS-CLEFS: Eaux usées, lixiviat, charge polluante, bio filtration, Cliniques Universitaires, Kinshasa.

1 INTRODUCTION

L'enfouissement des déchets ou les rejets des eaux hospitaliers dans les égouts ou ailleurs reste un moyen important de traitement ou d'élimination des déchets tant ménagers qu'hospitaliers dans les pays en développement. Cela permet semble-t-il la gestion efficace des déchets mais alors le traitement après récupération des effluents comme les lixiviats. Ceux-ci en percolant à travers les déchets apportent plusieurs polluants avant de devenir des eaux usées ou jus de décharge [1]. La qualité physico-chimique se prête à la variation d'un site à un autre et dans l'espace en fonction de temps. Et au cours du temps les lixiviats se stabilisent et les traitements connus d'épuration ne suffisent plus à respecter les conditions de rejet [2].

Ainsi, nous proposons dans notre étude une technique de traitement des eaux usées par le procédé de stabilisation couplé à la bio filtration que nous n'allons pas comparer aux techniques de traitement des eaux potables ou résiduaires (les procédés membranaires, l'osmose inverse, la nano filtration...).

L'objectif de notre étude est de contribuer à la mise en place d'un système d'épuration des eaux usées hospitalières peu coûteux et efficace qui fait intervenir les plantes aquatiques et la filtration par le sable. Nous allons ainsi améliorer les conditions d'évacuation des effluents hospitaliers en faisant intervenir la phyto épuration et un traitement tertiaire sachant que le jus de décharge ou lixiviat ou eau de percolation encore eaux usées se chargent de polluants et doivent être traités.

1.1 PRESENTATION DES CLINIQUES UNIVERSITAIRES DE KINSHASA (CUK)

C'est un hôpital qui dépend de l'université de Kinshasa sous la supervision du ministère de l'enseignement universitaire et celui de la santé supervisé par ses bureaux de la santé publique. Sa capacité est de 547 lits avec 315 médecins, 548 paramédicaux et environ 141 ouvriers et 630 administratifs. Le comité de gestion est dirigé par un bureau composé d'un médecin directeur et son adjoint. Ils sont secondés par le responsable du personnel, de nursing et de service d'entretien et les responsables des plusieurs départements. La figure 1, montre le bâtiment des CUK et à droite la un lieu de rejet des déchets solides hospitaliers et la sortie d'égout.

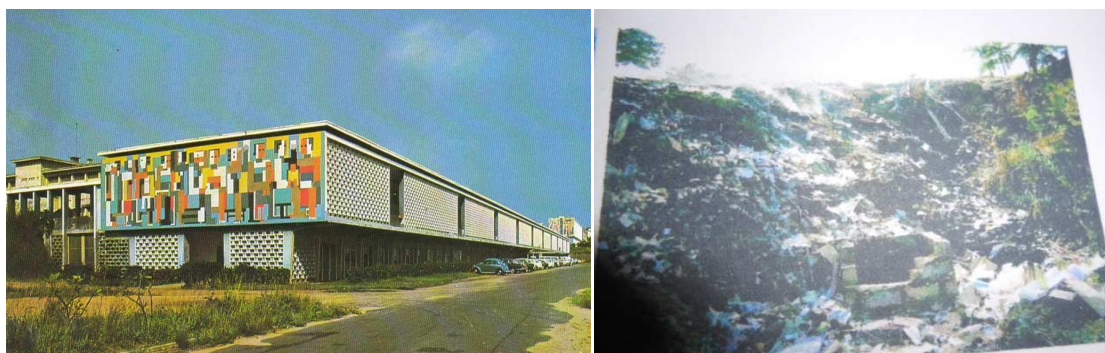


Fig1. A gauche la photo des CUK et à droite un lieu de rejet des déchets des soins et la sortie de l'égout

A gauche un autre site de rejet des déchets solides provenant de CUK en arrière du bâtiment. Il y a plus de 200 kg de poids /jour dans l'ensemble du milieu hospitalier, comme le montre la figure 2.



Fig 2. A gauche une décharge à ciel ouvert derrière et à droite devant les CUK

Il y a plus de 120 agents qui se chargent de l'évacuation des déchets hospitaliers. Ils sont un mélange des déchets assimilés aux déchets ménagers et des déchets assimilés aux déchets des soins infectieux. C'est une définition que nous donnons aux déchets que nous retrouvons dans le dépotoir sauvage car il y jonche des feuilles, des boîtes des médicaments périmés, des déchets anatomiques, des films radiographiques, des organes, des placentas, des seringues, des spatules, de proches de sang, de reste des aliments, des bouteilles en plastiques, des morceaux de verre, des planches de bois, des métaux, des produits sortant de service dentaire.

Nous constatons que les déchets solides hospitaliers ne sont pas triés lors de la collecte et sont transportés au lieu d'élimination finale ou traitement dans des bacs en plastique, de carton d'une manière mécanique par des agents sans matériel de protection. Ils sont du côté de lieu de grades sur le versant est et devant les cliniques sous les arbres de part et d'autres de l'enclos et d'autres derrière les cliniques proche de la morgue ou dans d'autres foyers disséminés à l'intérieur de l'hôpital.

De fois il y a des trous creusés à même le sol pour y enterrer les déchets de façon que les animaux, chiens... le déterrent et les transportent en surface vers les milieux situés en aval des CUK. Il n'y a pas un lieu de traitement définitif ni une station d'épuration en vue de traiter les déchets solides et les effluents hospitaliers.

1.2 SYSTEME D'EVACUATION DES EAUX USEES DES CUK

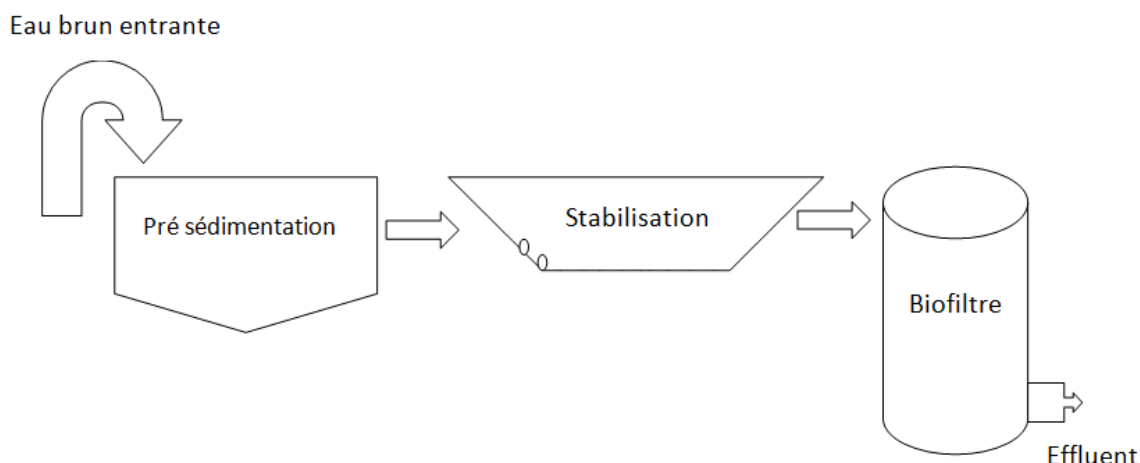
Le système est constitué d'un ensemble des blocs qui sont couverts des bacs triondales avec des canaux qui conduisent dans chaque gaine les eaux des pluies. Les colonnes en bétons emprisonnent les gaines pour recevoir toutes les eaux de pluie et des rejets d'eau provenant des différents départements ou services dans une tuyauterie en PVC. Celle-ci fait la jonction entre les gaines et les chambres de visite. Elles sont en équidistance et étroitement liées avec les colonnes en béton. De la chambre de visite un réseau d'égouts vers deux points de rejet : la rivière KEMI dans le versant méridional et la rivière FUNA du côté septentrional. D'autres gaines évacuent toutes les eaux des vannes vers des fosses d'infiltration via des chambres de visites appropriées. La société REGIDESO est la seule qui fournit de l'eau potable aux CUK.

2 METHODES ET TECHNIQUES

2.1 DESCRIPTION DU PROCEDE

Le but du procédé consiste à décomposer la pollution organique des eaux usées, à augmenter si possible la capacité d'épaississement et à produire un liquide surnageant, faiblement chargé

Le système mis en place pour le traitement des eaux usées comprend un bassin de pré sédimentation, un bassin de stabilisation et un bio filtre constitué de sable. Ce système fonctionne sous forme de la stabilisation biologique aérobie ou on travaille en présence d'oxygène. On obtient dans un premier temps des boues aérobies et dans le second cas des boues digérées. Ce traitement réduit la teneur de boues en matières fermentescibles. Pour la dégradation de la pollution organique et l'élimination de l'azote, au niveau de laboratoire au lieu de considérer 12 jours [3], nous avons considéré un temps de séjour de 5 heures dans le bassin de stabilisation.



Dans cette technique, le degré et la vitesse de décomposition augmentent considérablement ; ce qui entraîne une durée du traitement efficace. Lors de l'aération il se forme une mousse qui représente une isolation thermique naturelle et on limite ainsi les pertes de chaleur dans le procédé. L'aération effectuée le brassage, le mélange et l'aération de fine bulle des boues d'épurations et des graisses en maîtrisant la formation de mousse à une épaisseur maximum.

2.2 LE PROCEDE DE STABILISATION COUPLE A LA BIO FILTRATION, MONTAGE ET TECHNIQUE

Les eaux usées sont les eaux qui à la suite de leur utilisation domestique comme l'eau qui sort du milieu hospitalier, sont de nature à polluer les milieux dans lesquelles elles sont déversées [4]. Ainsi dans le souci de protéger les milieux récepteurs, des traitements sont réalisés sur les effluents collectés au sein de CUK. L'objectif de traitement est d'éliminer des eaux usées sur l'environnement. Ces eaux traitées peuvent parfois être recyclées [5]. Comme l'on doit éliminer les impuretés qui se trouvent dans l'eau, cela a pour but d'être réutilisées, nous supprimerons alors 60% des matières en suspension (responsable de sables, limons, débris organiques et autres) 30% de DBO, 30% de DCO. Cette part de DBO était réduite par les matières en suspension pour alléger la charge organique. Les matières colloïdales et les matières dissoutes sont responsables de la turbidité, et les sels et les gaz sont responsables de la couleur, de la salinité [6].

La bio filtration est un procédé biologique de traitement des eaux usées. Elle a pour objectif l'adaptation pour le traitement d'effluents plus chargés [7]. Avec cette technique, nous visons l'élimination de la charge organique par voie aérobie, la réduction de la charge azotée car l'azote passe à l'état moléculaire, la réduction des pathogènes et des odeurs ou la pollution olfactive. Cette technique recourt aux principes suivants pour éliminer la charge de l'effluent liquide :

- la filtration retient mécaniquement les matières particulaires en suspension quand elles traversent le lit
- l'adsorption retient les éléments plus fins sur la surface du matériau filtrant par l'action de forces électriques entre molécules
- le bio film qui se forme à la surface du matériau filtrant des microorganismes qui participent à l'élimination des éléments solubles de l'effluent ainsi qu'à la dégradation des matières particulaires qui se sont déposées à la surface du matériau par filtration.
- L'élimination de l'azote se fait par nitrification-dénitrification.

Avec le bassin de stabilisation, nous avons fait un traitement biologique aérobie des eaux usées. C'est une réaction en présence d'oxygène qui s'instaure spontanément dans les eaux aérées. Elle sert à dégrader la matière organique en CO_2 , H_2O et biomasse ou nitrifier l'azote de NH_4^+ en NO_3^- .

Le montage est constitué d'une cellule de bio filtration et d'un bassin de stabilisation sous forme de cône tronqué garni d'un matériau filtrant, immergé complètement et aéré selon notre réacteur. L'alimentation en eau est réalisée par le haut sous forme de flux descendant ou sous forme de flux ascendant (vers le bas). L'injection de l'air peut se faire dans le bio filtre. L'alimentation est alors co-courante lorsque les flux d'eau et d'air sont dirigés dans le même sens [8].

Comme montre la photo I de notre étude, le bassin de stabilisation était en forme de cône net constitué dans notre étude un bassin de pré sédimentation. Le schéma ainsi indiqué illustre le déroulement de l'épuration des eaux usées des CUK à partir du réservoir jusqu'à la bio filtration. La boue primaire était recueillie dans le robinet fixé à la base du bassin et les

effluents traités étaient pris au seuil de la colonne de bio filtration. 5 heures sont le temps de séjour pour la bassin de stabilisation qui était équipé d caillasses et la plante Azolla qui y était cultivée.

La plante Azolla est une fougère aquatique flottante qui pousse en colonie dans les étangs. Elle est tolérante en ce qui concerne le pH du milieu et survie dans le pH variant de 3,5 à 10. Les besoins de cette plante sont satisfaits par le métabolisme de la cyanobactérie symbiotique capable de réduire l'azote. Le facteur limitant de sa croissance est constitué de phosphore. A la carence minérale ou la température excessive cette plante forme un tapis rouge intense. Cette plante est utilisée comme engrais suite à son action symbiotique avec les microorganismes pour la clarification des eaux troubles [9]

Notre équipe a installé le filtre biologique constitué d'une colonne de PVC à l'entrée, les grains de sable blanc de 0,25mm servent à une filtration en profondeur. La colonne était remplie de sable fin afin de faire passer les micelles qui seraient entraînés par la vitesse en rapport avec leur faible masse de stabilisation au filtre où se trouvent les microphages autochtones prédateurs des microbes étrangers du milieu.

La photo à gauche montre l'aperçu du bassin de stabilisation qui contient des graviers au fond avec un tapis d'*Azolla cristata* et celle de droite montre une vue de cylindre de bio filtration sur sable en dernière phase qui est aussi le système complet d'épuration



Fig3. A gauche le bassin de stabilisation et à droite une vue de cylindre de bio filtration.

2.3 L'ANALYSE PHYSICOCHIMIQUE ET MICROBIOLOGIQUE DES EAUX USEES DES CUK

LE PRELEVEMENT AU SEIN DES EAUX USEES

L'analyse physicochimique consiste à la détermination des paramètres de pollution comme DCO, DBO₅, MES, NO₃⁻, O₂ dissous. Le protocole est mis au point par Rodier [10]

Les prélèvements ont été effectués sur trois sites et 50 litres prélevés sont mis dans un fût et ont été transporté afin de procéder aux analyses. Nous avons suivi tour à tour le débit, les solides totaux en suspension(TSS), la matière organique volatile (TSS ou MOV), les cendres, l'index de volume de boue(SVI), l'alcalinité(TAC), la demande chimique en oxygène(DCO) et la demande biologique en oxygène.

Dans le cadre de contrôle de la pollution de l'environnement, cette analyse permet d'apprécier l'importance de la pollution microbienne déversée dans le milieu naturel. L'analyse des eaux usées est un moyen simple de faire une surveillance épidémiologique. On peut en dresser la liste des germes entériques pathogènes en circulation dans la population hospitalière. La charge pathogène des eaux usées reflète l'état de santé de la population de la région [11].

L'analyse bactériologique vise la recherche et le comptage (dénombrement) des germes totaux, coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux. L'identification et le dénombrement des germes pathogènes des eaux usées sont réalisés suivant la méthode de Rodier [10].

En ce qui concerne le dénombrement des micro-organismes, nous avons étudié une analyse préliminaire du point de vue bactériologique des eaux usées de CUK au niveau de l'égout principal (à l'intérieur) et au niveau de l'exutoire (à l'extérieur). Les milieux d'isolement suivant ont été utilisés l'éosine bleu de méthyle (EMB) pour les coliformes totaux pour des coliformes totaux ; le milieu Kligler pour les entérobactéries à partir des colonies des coliformes fécaux.

LES TECHNIQUES MISES AU POINT

Débit : les eaux usées des CUK ont un débit irrégulier et dépendent de changement des saisons. De la saison sèche à la saison pluvieuse, les débits varient de 0,34l/s à 0,44 l/s et l'eau de pluie augmente certains paramètres. Pour estimer le débit nous partons de la consommation d'eau au niveau de l'hôpital dans les 24 h à la plus forte consommation journalière de l'année. On le calcul à partir des volumes d'eau produit au sein de l'établissement où l'on déduit les pertes et les volumes d'eau destinés aux travaux au sein de CUK. Les eaux usées produites ne correspondent pas à la production totale à cause des pertes existant sous diverses formes. La détermination des débits et des caractéristiques des eaux usées constituent un facteur de base dans le projet de traitement des eaux [12] [13]. Le principe de base nous dit que les débits des eaux usées varient d'une installation à l'autre et dans le temps pour un établissement donné comme les CUK. Le système de traitement sera fonction des charges polluantes présentes dans les eaux usées. C'est la volumétrie qui est la technique que nous allons utiliser.

La couleur : la présence de certains composés comme le fer, le manganèse peut être à la base de la couleur des eaux usées ainsi que certains micro-organismes, les algues, les produits de décomposition des plantes. La couleur apparente des eaux usées est la mesure de la valeur du contenu qui a des matières en suspensions et des fractions colloïdales des substances chimiques [14]. La technique utilisée se réfère aux études électro phorétiques [15].

La turbidité : représente la transparence d'une eau qui peut être affectée par les particules en suspension, les micro-organismes, les argiles, les limons. L'unité de mesure est l'unité de turbidité néphélométrique (NTU). C'est un paramètre important pour la réutilisation pour évaluer l'opportunité d'un traitement.

Les solides totaux en suspensions(TSS) : ce paramètre correspond à la matière en suspension(MES) qui est une particule solide très fine et généralement observable à l'œil. Ni solubilisés, ni à l'état colloïdaux, elle est à la base de la turbidité du milieu. Les matières en suspensions représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées [16]. Elle est à la base de la diminution de la teneur en oxygène dissous et détruit nos écosystèmes [17]. Les solides totaux en suspension sont fonctions de la turbidité, donnent l'indication sur la matière colloïdale minérale qui sont retenus pas filtration mais tous ne sont pas décantables ou organiques [18]. Les matières solides en suspension sont des paramètres qui indiquent la qualité et la pollution d'une eau, elles véhiculent aussi des contaminants comme des métaux lourds [19] (<http://www.futura-sciences.com/>). Pour évaluer les solides totaux nous le faisons en une mesure de la teneur combinée de tous les minéraux et les substances organiques contenues dans les eaux usées ou dans le liquide en biologie moléculaire, ionisée ou micro-granulaire en suspension. Les solides ainsi cités sont des matrices capable d'absorber divers polluants qui sont transporté par les eaux dans les égouts et atteindre les réseaux trophiques et arrivent dans les estuaires [20]. Les solides en suspension, et ceux volatils et non décantables sont étudiés par gravimétrie en filtrant l'échantillon ou une partie au travers un filtre Whatman type 934 préalablement pesée. A la fin, on pèse le résidu séché entre 103-105°C et la différence de poids est le poids de solides en suspension avec comme technique fait alors appel à la séparation par filtration directe ou centrifugation si la durée de filtration dépasse 1 heure [7] [21].

La quantité de matière organique volatil(VSS) est obtenue par soustraction entre les matières solides en suspensions totales et les cendres issues de TSS.

Les cendres : les cendres contiennent des éléments dits macroéléments comme le Ca, K, Mg, Na, S, P, Chlore. Ces éléments interviennent dans le transfert des enzymes, d'hormone et de cellules sanguines mais aussi dans la défense immunitaire. Comme mode opératoire pour obtenir ce paramètre, il faut incinérer le creuset contenant le poids p_2 au four à plus de 600°C pendant 3 heures. Puis on le refroidit dans le dessiccateur pendant 30 minutes et on mesure la masse p_3 . On soustrait le poids p_3 par le poids de creuset vide pour obtenir les cendres en gr/l qu'on multiplie par mille sur le volume centrifugé.

Index de volume de boue(SVI). Est un indice de décantation de boue et il définit en millilitre le volume de boue décanté en 30 minutes par rapport à la masse de résidu sec de cette boue(en gramme de matières) [22]. Dans le cadre des eaux usées, l'épuration biologique des boues activées est un des procédés qui comprennent un décanteur permettant de concentrer les solides biologiques pour leur circulation au sommet du réacteur. Un mauvais fonctionnement se traduit par une augmentation de la concentration des matières en suspension et une baisse des performances du procédé. Si une concentration élevée alors on mesure l'indice de volume des boues(SVI). Si l'indice est faible, la mauvaise efficacité du décanteur est d'ordre physique et indentifiable facilement. Il y a dans ce cas une baisse de la qualité des effluents [23]. Si l'indice est élevé, la mauvaise décantation est liée à une croissance d'organismes filamenteux [24]

Alcalinité(TAC) : définit la capacité de l'eau à neutraliser un acide. Elle est liée principalement aux carbonates, aux bicarbonates et aux hydroxydes. Les borates, les silicates et certaines formes de matière organique contribuent légèrement à

son alcalinité d'où son application dans les eaux usées [25]. Nous utilisons la technique de neutralisation par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré. Normalement, la configuration de l'appareil permet le titrage d'échantillons jusqu'à une alcalinité d'environ 370 mg/l de CaCO_3 en effectuant les dilutions appropriées [25]. L'alcalinité est alors due à la présence des ions carbonates, hydroxydes ou des bicarbonates.

La demande chimique en oxygène (DCO) : est une détermination de la matière organique dans l'eau basée sur son oxydabilité par le bicarbonate. Dans le cadre des eaux usées hospitalières, les matières organiques sont considérées comme indicatrices de pollution lorsqu'on procède à un examen physicochimique du milieu [26]. C'est un paramètre utile dans le contrôle de la pollution organique des effluents hospitaliers et sont important dans le règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées [27]. Nous utiliserons la technique d'oxydation en présence de chromate de potassium dans un digesteur du type HACH et le titrage se fait par le sel de Mohr en présence de l'indicateur féroïne.

Demande biologique en oxygène (DBO₅) : utilisée dans la dégradation biologique des eaux usées, elle mesure la quantité de matière organique biodégradable contenue dans une eau. Cette matière organique est évaluée par l'intermédiaire de l'oxygène consommé par les micro-organismes impliqués dans les mécanismes d'épuration. Elle est exprimée en mg/l d'oxygène dans les cinq jours pour dégrader la matière organique contenue dans un litre d'eau [19] (www.futura-sciences.com). Ainsi cette demande effectuée dans le cadre des eaux usées est la quantité en oxygène consommée durant la dégradation des matières organiques par un procédé biochimique [28]. Le poste de mesure de DBO consiste en un flacon d'échantillon et une sonde de DBO dans un système fermé. Au-dessus du volume de l'échantillon dans le flacon, se trouve un volume de gaz qui a une quantité d'air définie. Lorsqu'on détermine le DBO, les bactéries présentes dans l'eau usée diluée consomment l'oxygène dissous dans l'échantillon. Le dioxyde de carbone qui se forme est combiné à l'oxyde de potassium qui se trouve dans le joint de caoutchouc du flacon. Ainsi la pression diminue dans le système et la sonde enregistre la DBO mesurée en mg/l O_2 qu'on enregistre [27].

Pour l'aspect microbiologique, les analyses débutent par les examens macroscopiques après les examens microscopiques. Nous avons effectué l'examen à frais, sur la culture en boîtes de pétri ou en tubes. Les protistes sont des êtres unicellulaires et les organismes multicellulaires de différenciation tissulaire dont les cellules végétatives sont individualisées, soient confondus dans une structure coenocytique [28] [29]. Suivant le mode opératoire, on prépare 3 solutions de 10 ml à partir de l'eau brute, eau du bassin (EB), de stabilisation (ES) et l'eau de filtration (EF) qui sont les échantillons de notre étude. Dans 15 tubes à essai stérile, nous préparons 9 ml de l'eau distillée, 9 ml de l'eau peptonnée. Prélever 1 ml de chaque solution mère et mélanger avec 9 ml dans les tubes de l'eau brute, 5 tubes de l'eau de bassin et 5 tubes de l'eau de filtration. On a ainsi des solutions de 10^{-1} à 10^{-5} de pollution à l'œil nu.

L'examen à l'œil nu a été effectué au point de vue macroscopique, nous avons observé les indicateurs à l'œil nu. On entreprend avec les tests bactériologiques un examen frais. On y observe les micro organismes à l'état frais, la densité, la forme et la mobilité des composés qui caractérisent les eaux usées. Sur une lame porte objet en effet, on dépose une goutte d'eau à analyser à côté de l'eau physiologique. On le couvre et on observe au point de vue microscopique avec un objectif faible puis à 40 fois. La culture que nous avons effectuée porte sur l'eau qu'on a mise en semencement sur les boîtes de Petri contenant un milieu de culture approprié au germe incriminé. On incube à 37°C pendant 48h et 6 heures pour le vibron cholérique. Pour le genre YERSINIA, nous incubons à 30°C pendant 4 jours.

La coloration de Gram. Ce test permet de classer les bactéries en Gram+ ou en Gram- après fixation de l'échantillon sur une lame à la flamme. On colore avec le violet de gentiane pendant 45 secondes : laver et égoutter la couleur par lygol une minute, décolorer par l'alcool acétone et enfin colorer le fuschine phéniqué pendant 45 secondes, laver, sécher. Lire avec l'huile à immersion à l'objectif 100 fois.

En microbiologie des eaux résiduaires, la flore microbienne des eaux polluées subit des processus naturels d'autoépuration comme dans le cas de station d'épuration. Les types de microorganismes sont variés et en grand nombre.

Le prélèvement a été fait à trois niveaux dans les conditions d'asepsie et antisepsie les plus rigoureuses. L'eau brute pour la recherche des germes totaux, après le bassin de stabilisation pour la recherche de coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et après le filtre pour la recherche des germes pathogènes.

Les milieux suivants ont été utilisés pour l'enrichissement, l'isolement et l'identification, il s'agit de milieux non autoclavés et autoclavés :

- a. le milieu TCBS Eiken a servi à l'isolement de *Vibrio cholerae*. Il est préparé suivant la formule développée par KOBAYASHI cité lors de l'identification *V. cholerae* [29]. Le TCBS a un pH élevé entre 8,5-9,5 qui est un milieu basique qui supprime le développement de flore intestinale. La recherche se fait par un examen direct, l'enrichissement successif en eau peptonnée alcaline à 37°C pendant 6 h00. Puis le repiquage à la surface du bouillon sur le milieu sélectif thiosulfate-

citrate-bile-sucrose à pH basique [30]. Le test produit une colonie brun-jaune lorsqu'il s'agit de *V. cholerae*. Celui-ci est un agent qui cause le cholera, et est associé aux gastro-entérites et des infections intestinales. Les infections dues au *Vibrio* sont associées souvent aux eaux de mer. TCBS est produit par la société Eiken Chemical. L'intérêt d'utiliser ce milieu dans l'étude est d'identifier les bactéries et d'autres microorganismes qui polluent l'environnement [31]

- b. Le milieu **Yersinia selektivaga** pour l'isolement par de germe *Yersinia* était incubé à 30°C pendant 24h. Le mannitol et le rouge neutre présent dans le milieu ont permis une identification présomptive de *Yersinia*. Ce milieu de culture est composé de cefsulodin-Irgasan-Novobiocine pour l'inhibition de gram^- et gram^+ organismes. Il teste les entérocoques et les *E.coli* [32]. La stérilisation s'effectue par autoclavage pour 15 minutes à 121°C en prélevant 5 ml dans chaque tube stérile pour reconstituer un milieu stérile avec *Yersinia* supplémentaire.
- c. **Mac Con Key** pour la recherche des *Escherichia coli* et les entérobactéries. Ce milieu de culture est un support qui permet la culture de bactéries, de cellules, de levures afin de permettre leur étude. Les cellules se multiplient dans ce milieu en grand nombre et des éléments qui permettront de privilégier un genre bactérien. Il est possible de placer les micro-organismes dans les conditions optimales ou défavorables. Il se compose d'une base agar-agar, eau, minéraux et d'un indicateur coloré, de pH et /ou de réactions d'oxydoréductions pour permettre de formuler les hypothèses sur le germe. Les bouillons de culture sont eux liquides [33].
- d. **Gélose** au sang qui est un milieu d'isolement non sélectif a permis le repiquage des souches incriminées. La gélose est une substance nutritive qui favorise ou inhibe la prolifération et le développement des bactéries. C'est alors un milieu de culture des bactéries et sert à étudier leurs résistances vis-à-vis des produits connus et pour isoler ou cultiver des bactéries. Une gélose peut favoriser la croissance d'une bactérie aux dépens des autres, c'est le phénomène de sélectivité. Certaines géloses sont différentielles car ils déduisent de quel type de bactérie s'agit-il. La gélose au sang est une gélose rouge vif contenant des globules blancs et elle apprécie l'hémolyse qu'effectuent certaines bactéries. L'hémolyse est du type bêta lorsqu'il forme la colonie entourée d'une zone claire, visible sur la gélose rouge. L'hémolyse alpha est incomplète et la zone d'hémolyse est moins claire et verdâtre. Une hémolyse complète est visible surtout dans le cas du streptocoque. La gélose de MacConkey sert à l'isolement des *Salmonella* ainsi que des bactéries coliformes des produits biologiques, des eaux. Elle aide pour le contrôle des contaminations microbiennes. L'inhibition des microorganismes à gram^+ est due à la présence de sels biliaires et de cristal violet. Il inhibe le développement des entérocoques et des staphylocoques. Les microorganismes lactose⁻ ont des colonies incolores [34].
- e. **HEKTOEN** après 24 h à 37°C pour l'isolement de *Salmonella* et *Shigella*, cela après l'enrichissement sur bouillon sélénite. La gélose Hektoen est un milieu de culture différentiel sélectif servant à l'isolement et à la culture de microorganismes entériques à gram^- en particulier à l'isolement des espèces *Salmonella* issues d'échantillons fécaux. Pour utiliser ce milieu, on y retire du désoxycholate de sodium et la diminution de la concentration de sels biliaires [35]. On augmente ainsi la concentration en peptones pour compenser l'effet inhibiteur des sels biliaires. Les *E.coli* changent de couleur vers le jaune ou l'orange car il provoque la fermentation d'au moins un de ces composés en acide [36]. Ce milieu est l'un des supports recommandés pour isoler les *Salmonella* à partir d'échantillons fécaux d'origine humaine ou d'écouvillons rectaux [37].
- f. **Mannitol salt agar** pour la recherche des staphylocoques après 24heurs d'incubation et à 3 et 7°C. Les milieux ont été préparés avec les techniques classiques [38]. Il sert à inhiber tous les organismes sauf le staphylocoque dans le spécimen de la solution de flore. Le mannitol est ajouté pour monter la capacité de fermentation des organismes. L'acide produit est le résultat de la fermentation de ce sucre dans la formation des colonies dans la zone jaune. Ceci aide au dénombrement de staphylocoque dans les eaux usées (IFU, instructions for use).

Lors de dénombrement du micro-organisme la caractérisation est effectuée sur le milieu EMB dénote la présence 'un mélange d'entérobactéries dans les coliformes fécaux. Les eaux usées renferment de 10^2 à 10^6 microorganismes à caractères pathogènes comme les *Entérocoques*, les *Salmonella*, *Escherichia coli*. Les colonies violettes sont caractéristiques d'*E. coli*, celles qui sont bombée, d-gris sans reflet correspondent à *Klebsiella*. Les colonies grisâtres transparentes sont des *Salmonella*, *Shigella* et les colonies grisâtres punctiformes sont des *Enterococcus*. Les mêmes micro-organismes ont été identifiés aussi dans le milieu de Kligler sauf que lorsqu'on observe l'absence de gaz et non plus pas de noircissement sur la jonction de culot, il ya probablement des *Pseudomonas*. Voilà pourquoi nous confirmons dans notre étude qu'il y a un mélange d'entérobactéries dans les coliformes fécaux.

3 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

Nos résultats portent sur trois sites, A (à l'entrée de CUK), B (à l'arrêt de bus devant le CUK) et C (au niveau de la morgue, derrière le CUK). Les résultats des analyses physico-chimiques sont indiqués dans le tableau 1 sur trois mois de prélèvements des eaux résiduaires.

TABLEAU 1 : Caractérisation physicochimique des eaux résiduaires des CUK

Paramètres	A	B	C
pH	6,3	6,52	6,36
CE(μScm^{-1})	0,24	0,36	0,28
Couleur (ptCo)	780	840	860
Turbidité (FTU)	39	71	79
MES (mg/l)	84	54	97
Alcalinité(%)	76	240	250
DCO(mgO_2/l)	335	335	260
DBO ₅ (mgO_2/l)	70	80	90
DBO ₅ /DCO	0,21	0,24	0,35
T (°C)	27,6	27,5	27,2

En lisant les données de tableau 1 :

- Nous constatons que les pH sont acides dans tous les milieux et ne présentent pas une différence significative. La plupart des bactéries peuvent croître entre le pH comprise entre 5 et 9. L'activité biologique se situe entre 6.5 et 8 unités de pH. En dehors de cet intervalle, le pH influence l'autoépuration du milieu naturel.
- Au niveau de l'arrêt des CUK, la conductivité est supérieure aux autres sorties. Tous les ions des effluents se retrouvent à ce niveau. La conductivité a une valeur faible à l'intérieur comme à la sortie des cliniques universitaires.
- Quant à la turbidité à la sortie, elle est élevée par rapport aux autres sites. Ceci montre le caractère polluant des eaux usées de CUK
- A l'entrée, la couleur des effluents est basse par rapport aux autres sorties.
- La quantité des MES est élevée au niveau de la morgue que dans les autres sorties. C'est la quantité de polluant organique non dissoute dans l'eau. Les MES sont à la baisse de pénétration de la lumière dans l'eau et entraîne une chute de production des espèces marines.
- Le taux d'alcalinité fait apparaître une différence significative entre les taux des trois sites mais à l'entrée le taux des effluents est bas.
- Au niveau de la morgue, la DCO est basse et la DBO₅ est plus élevée. Par définition la demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes présents dans l'eau usée de se développer. Ce paramètre permet à évaluer la partie de la pollution organique biodégradable. Le rapport entre DBO₅/DCO des eaux usées est bas et montre une évaluation de la pollution organique biodégradable.
- Il n'y a pas une différence significative au niveau de la température. Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels. Elle agit aussi comme facteur physiologique sur la croissance des micro-organismes vivant dans les eaux usées. La température permet de déceler les conditions extrêmes préjudiciables au bon fonctionnement du processus biologique.

L'évolution temporaire des paramètres physicochimiques sur les trois sites de prélèvement après l'application de la technique de bio filtration montre les résultats indiqués dans le tableau 2. Nous avons pris les échantillons de l'eau brute(EB) des CUK, puis à la sédimentation ou pré traitement (PS), au niveau de bassin de stabilisation(BS) enfin au niveau de bio filtration(BF).

TABLEAU 2 : Résultats des analyses après mélange des échantillons sur les trois sites

Echantillons	EB	PS	BS	BF
pH	8,4	8,11	8,9	7,95
CE(μS/cm)	0,36	0,24	0,12	0,08
Couleur(PtCo)	780	588	156	36
Turbidité(FTU)	70	52	38	22
MES(mg/l)	124	103	68	37
Alcalinité(%)	208	208	202	186
DCO (mgO ₂ /l)	380	355	275	86
DBO ₅ (mgO ₂ /l)	80	60	90	70
Zn (μg/l)	800	850	700	750
Cu (μg/l)	160	120	280	187
Cd (μg/l)	40	94	11	20
Cl ⁻ (mg/l)	4000	6800	3000	5029
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	1200	1720	1800	1529
TSS(μg/l)	0,016	0,083	0,021	0,018
VSS (μg/l)	0,055	0,0485	0,011	0,003
Cendres (g/l)	0,006	0,035	0,01	0,01
SVI ml/g)	0,006	0,035	0,01	0,01
DCO/DBO ₅	4,75	5,92	3,10	1,23

Interprétation des paramètres

- Le rapport DCO/DBO₅ des eaux usées sont supérieures à 2 qui sont un rapport supérieur à ce que prévoient dans les pays en développement les effluents domestiques.
- La concentration des matières en suspension est élevée de façon qu'il y ait diminution de l'activité photosynthétique et une chute de l'évolution de l'espèce végétale.
- Les eaux usées hospitaliers ont la tendance métallique c'est pourquoi une concentration des métaux lourds a été déterminée. Une fore concentration de Zn, Cu et Cd a été observé.
- La concentration des ions chlorures et sulfates augmentent, diminuent et augmente quand il s'agit de traitement à la bio filtration.
- Les concentrations en MES ont des valeurs élevées et diminuent au niveau de bio filtration.

En ce qui concerne l'isolement des germes pathogènes.

Après dilution de nos échantillons de 0,1 à 0,00001 en concentration et mettant au point de divers milieux de culture, dans l'eau brute ou eaux usées non traitées (E1), dans l'eau distillée(ED) et dans l'eau peptonnée (EP), l'étude se poursuit dans le bassin de sédimentation(ES), à la bio filtration des eaux usées(BF). Les milieux de culture considérés sont constitué des MSA= mannitol salt Agar, MC= Mac Con Key, GS= gélose au sang et le Hectoen (HE).

TABLEAU 3 .Isolement des germes pathogènes sur les boîtes de pétris après enrichissement

Echantillons	Tubes	MC	GS	HE	MSA
E1	T ₁	+	+	+	+
	T ₂	+	+	+	+
ES	T ₁	+	+	+	+
	T ₂	-	+	-	+
BF	T ₁	-	-	-	-
	T ₂	-	-	-	-

Dans une boîte de pétri, nous avons isolé des germes pathogènes après ensemencement. Le tube T₁ contient l'eau peptonnée comme milieu de culture, T₂ contient de l'eau distillée comme milieu de culture. Trois échantillons ont été produits et les résultats sont concentrés dans le tableau 3. L'indication + dans ce tableau montre que la culture est positive et – indique que la culture est négative.

A la lecture ce tableau 3, il ressort que les staphylocoques ont poussé sur le milieu MSA, tandis que les entérobactéries ont donné des colonies caractéristiques sur le MC, le *Salmonella* et *Shigella* sur HE ont produit une coloration verte. La gélose est un milieu non sélectif, plusieurs colonies ont poussé ce qui est une caractéristique des souches des bactéries propres.

Dans le milieu de culture TCBS et *Yersinia* sélective agar nous allons identifier de *Vibrio cholerae* et le *Yersinia*. Ainsi les boîtes de Pétri ont été incubés à 30°C après purification des souches sur gélose. Le tableau 4 montre le résultat de l'ensemencement.

TABLEAU 4. Identification de *Vibrio cholera* et *Yersinia*

Echantillon	Tubes	TCBS	YERSINIA selectiva
E1	T1	-	--
	T2	-	+
ES	T1	-	+
	T2	-	-
EB	T1	-	-
	T2	-	-

La recherche de *Vibrio cholerae* passe par l'ensemencement sur le milieu de gélose deux fois de suite puis un repiquage sur le milieu TCBS. Si la culture est positive, on passe à la réaction de serotypage à partir de gélose nutritive. Les germes des vibrions cholériques ne sont pas isolés dans les effluents traités. Mais le genre *Yersinia* a été isolé dans les effluents bruts mais réduit par le processus de stabilisation dans le bassin de stabilisation puis éliminé par filtration.

Le dénombrement des micro-organismes est consigné dans le tableau 5.

TABLEAU 5. Dénombrement des micro-organismes dans les eaux usées de CUK

Micro-organismes	Dans les égouts	À l'exutoire
Coliformes totaux(CT/ml)	4.10^4 à 5.10^5	$3.1.10^3$ à $5,1.10^3$
Coliformes fécaux(CF/ml)	2.10^5 à 6.10^6	6.10^7
Streptocoques fécaux(SF/ml)	$1,3.10^3$ à 2.10^4	$1,3.10^3$ à $5,1.10^4$
Germes aérobies totaux(UFC/ml)	3.10^6 à 5.10^7	$4,1.10^4$ à $1.5.10^5$

Le tableau 5 exprime que la caractérisation sur le milieu EMB dénote la présence 'un mélange' d'entérobactéries dans les coliformes fécaux. Les eaux usées renferment de 10^2 à 10^6 à caractères pathogènes comme les *Entérocoques*, les *Salmonella*, *Escherichia coli*. Les colonies violettes sont caractéristiques d'*E. coli*, celles qui sont bombée, d-gris sans reflet correspondent à *Klebsiella*. Les colonies grisâtres transparentes sont des *Salmonella*, *Shigella* et les colonies grisâtres punctiformes sont des *Enterococcus*. Les mêmes micro-organismes ont été identifiés aussi dans le milieu de Kligler sauf que lorsqu'on observe l'absence de gaz et non plus pas de noircissement sur la jonction de culot, il ya probablement des *Pseudomonas*. Voilà pourquoi nous confirmons dans notre étude qu'il y a un mélange d'entérobactéries dans les coliformes fécaux.

En lisant les données du tableau 5, les eaux usées de CUK contiennent beaucoup des germes. La présence de coliformes et de streptocoques montrent une contamination fécale de ces eaux qu'il faut épurer afin de préserver le milieu naturel. Les coliformes fécaux sont indicateur de la contamination fécale ainsi ils appartiennent à la classe des Entérobactéries. Ils se cultivent comme dit dans l'étude à 44°C et les coliformes totaux se développent à 37°C. Ils sont dans les germes témoins de contamination fécale. La pollution d'origine fécale dans les eaux usées est attribuée aux streptocoques fécaux.

La charge en coliformes fécaux des eaux usées est de l'ordre de 10^5 à 10^7 CF/ml. Cette valeur est plus élevée et hors de la gamme des eaux usées urbains qui varie de 10^4 à 10^5 CF/ml. Les unités formant les colonies des streptocoques fécaux est medium. La présence des antiseptiques, des désinfectants diminuent les microbes dans les eaux usées.

Nous avons par la suite cherché quelques paramètres physicochimiques afin de comparer le système monté. D'une part lors de pré sédimentation, puis pendant la stabilisation et enfin à la bio filtration.

Le tableau 6 montre l'efficacité générale du traitement physicochimique de système développé. Les eaux usées déversées dans la nature véhiculent plusieurs micro-organismes qui polluent l'environnement.

TABLEAU 6. Efficacité en (%) de traitement physicochimique

Paramètres	pré sédimentation	Stabilisation	Bio filtration
DCO	6,57	27,6	77,42
Turbidité	25	45,7	68,57
MES	16,9	45,16	70,16
Couleur	24,6	80	95,4
NO ₃ ⁻	-	58,3	93,9
PO ₄ ³⁻	-	92,2	95

Quelque soit l'usage de la méthode de bio filtration ou de stabilisation, les concentrations des matières azotées sont toujours élevées dans les eaux usées. Malgré la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique, l'azote intervient dans plusieurs processus du type eutrophisation. De même que les matières phosphatées en pourcentage élevé d'efficacité sont aussi responsable du processus d'eutrophisation, il a alors obligation de sa détermination dans le milieu aquatique. En passant du pré sédimentation par stabilisation et la bio filtration, nous observons une augmentation des tous les paramètres. Nous osons croire qu'il y a moyen d'utiliser des méthodes de ce genre pour épurer les eaux usées hospitalières.

4 INTERPRETATION DES RESULTATS

Le débit déterminé par ce travail montre 0,37l/s de dépense en eau au sein de CUK, ce qui suppose que cette unité hospitalière rejette par jour 31.968 litres d'eau usée soit 12 kg en DCO de rejet par jour. La DCO correspond à une concentration de 380mg/l à l'entrée et après traitement biologique cette valeur est de 85,8 mg/l au niveau de l'exutoire (à la sortie). Le taux de rabatement est de 77,4%.

La turbidité par contre était de 70 FTU à la sortie et après traitement elle s'élève à 22 FTU avec un taux de rabatement de 68,5%.

Pour les effluents brutes, la MES est évaluée à 124mg/l au départ et après filtration, la MES est réduite à 27mg/l pour un taux de rabatement de 78,2%.

Le temps de séjour était court lors de l'étude au niveau du bassin de sédimentation. Si le temps est long, cela permet aux micro-organismes de décomposer la matière organique et diminuer par exemple la demande chimique en oxygène(DCO). La DCO était élevée dans les trois systèmes de traitement sauf au niveau de bio-filtration où elle diminue jusqu'à une valeur de 87mg/l.

Il y a une augmentation de nitrite et l'ion phosphate selon la méthode de traitement des eaux usées. Nous constatons aussi que la turbidité, la couleur ont des valeurs élevées lorsque le traitement dépasse 10 jours. Sur le bio filtre ses valeurs sont élevées que sur le bassin de stabilisation. Le taux d'efficacité est respectivement de 93,9 à 95 %. Les deux composés, l'ortho phosphates et les nitrates, sont des nutriments qui s'accumulent au fond des eaux usées et qui conduit à la dégradation de la qualité des eaux usées. Si les normes montrent une valeur de 50 mg/l pour le nitrate, les valeurs que nous avons obtenues sont de loin supérieures. Leurs présences favorisent la présence dans les égouts des algues (cyanophycées) qui sont à l'origine des odeurs ressenties aux abords des CUK. Suite à la technique de bio filtration, les concentrations de nitrites et de l'ortho phosphates sont respectivement de 34 mg/l et 10,6 mg/l, ce qui montre l'efficacité de traitement des eaux usées hospitalières. Si la concentration d'ammoniac a augmentée dans le bio filtre cela montre une transformation de l'azote en ammoniacque (30 mg/l). La conséquence de la technique de bio filtration est que son efficacité dépend des concentrations des éléments issus du bassin de stabilisation.

Au niveau de bassin de pré sédimentation, les particules étaient projetées et précipitées en suivant un mouvement rectiligne pour produire un dépôt qui est une boue primaire. Nous avons ainsi analysé la DCO, le taux de solides dissous(TSS) et les tests microbiologiques à ce niveau.

Dans le bassin de stabilisation, les racines d'*Azolla* en horizontal ont ralenties la vitesse de l'eau et c'est pour diminuer ainsi les forces de frottements. Suite à la force gravitationnelle, l'eau couvait d'une manière verticale et heurtait les graviers dans une profondeur de 15,9 cm. L'eau était épurée et clarifiée par l'action d'*Azolla-anabeana*. Nous cherchons à ce niveau de fonctionnement biologique une épuration bactérienne aérobie dans une eau à faible profondeur et grande surface.

Du point de vue microbiologique, cette technique nous a permis de supprimer les germes totaux y compris pathogènes dans les eaux usées des CUK. Le bassin de stabilisation a permis de faire disparaître les germes à l'entrée que nous n'avons plus retrouvés à la sortie après traitement. Pour des échantillons dilués à 10^{-2} sur l'eau peptonnée, la présence de germes pathogènes au niveau de laboratoire ont persisté.

Au niveau de bio filtrage, il y a une réduction des germes pathogènes comme les filtres sont colonisés par les bactéries qui les détruisent dans l'eau. Dans les sables, les bactéries se développent dans une profondeur de 0.6-0.7 mm ainsi elle provoque la destruction des bactéries, des virus entériques, des protozoaires et les helminthes. Il y a alors déplacement des produits organiques et de l'ammoniaque. Cette technique n'est pas appliquée dans les eaux usées avec désinfectants et l'application à des températures de 10°C est conseillée dans son utilisation. Il est alors conseillé les filtres au charbon actif, le processus de retrait dans le cas de macrospores et micropores et d'autres techniques de bio conversion dues aux bactéries.

5 CONCLUSION

Le système appliqué dans le traitement des eaux usées des CUK a fonctionné avec la réduction 77,4 ; 68,6 ; 95,4 ; 94 ; et 95% respectivement de la DCO, la turbidité, la couleur, les nitrates, les phosphates. Ce système sera efficace si le temps de séjour est d'environ 8 heures dans le bassin de stabilisation pour la réduction de la MO (matière organique), de l'azote et du phosphore. Le couplage de filtre dans cette technique a pour rôle de réduire les micro-organismes pathogènes.

Dans le cadre de recyclage des eaux usées et /ou de traitement futur des effluents liquides hospitaliers, cette technique serait utilisé et aiderait à éviter la dégradation de l'environnement au sein des CUK et que la population qui utiliserait cette eaux éviteraient une contamination.

Ainsi nous conseillons un traitement au lieu de production de tous déchets et les collectes préliminaires pour le respect de l'environnement ainsi l'usage de charte de développement durable et du principe de précaution au sein des hôpitaux aura un sens. Ceci sera alors figuré dans les normes et la loi des pays en développement comme la RDC.

REFERENCES

- [1] MILLOT N. 1986. Les lixiviats de décharge contrôlée. Thèse de Doctorat, INSA Lyon.
- [2] TREBOUET D., A.BERLAND, J.P. SCHUMPF, P.JAUQUEN et F.QUEMENEUR.1998. Traitement de lixiviats stabilisée de décharge par membranes de nano filtration. Revues des Sciences de l'eau, Rev. Sci. Eau 3 :365-981.
- [3] MOUNIER N, R.D. TYAGI et J.F. BLAIS. 1996. Acid treatment for stabilization of sewage sludge ? Canadian Journal of Civil Engineering, vol 23, 1 : 76-85.
- [4] CHATZIS K.2000.Contribution à l'histoire de l'assainissement et des transports urbains. Paris, Harmattan.
- [5] BOURGEOI-GAVARDIN J.1985. Contribution à l'histoire de nettoyage urbain au XVII^{ème} et XVIII^e Siècle Vol 2, Paris, EHESS.
- [6] GOUBERT, J.P.1986 . Conquête de l'eau. Paris, Laffont
- [7] ANONYME.2010. Guide des technologies de traitement de lisier des procs. Fédération des producteurs des porcs du Québec, p52.
- [8] EMMANUEL V. 2007. Etude de modélisation d'un procédé par bio filtration en nitrification tertiaire. Matériel et Méthodes, vol II, n°7, pp5-41.
- [9] VAN HOVE and al. 1983. Azolla en Afrique de l'Ouest, ONEFFE, Saint-Etienne.
- [10] RODIER J.2005. Analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires. Eau et Mer. Ed. Dunod, Paris, 1384p.
- [11] VALIRON F.1983. La réutilisation des eaux usées. Ed. Tech.Doc. 207p
- [12] HEALY, KA. and R.MAY. 1982. pollution renovation. Analysis for land treatment. Sewage Disposal System.USA. Departement of Environmental Protection.
- [13] METCALF and EDDY .2003. Wastewater Engineering : Treatment ans Reuse, 4th ed, McGram-Hill. New York., N.Y.
- [14] ABDOULAYE D., MOHAMED O., AMINATA D, et BAIDY Lo. 2010. Essai d'évaluation de la turbidité des effluents de la ville de Nouakchott. Rev.Ivoir.sci.Technol. 16 : 69-81.
- [15] BLACK A.P. et WILLEMS D.G.1961. Electrophoresis studies of coagulation for removal of organic colour. J.Am.Works.Assoc. 53 :589.

- [16] EL GOUAMRI Y. D. BELGHITI. 2006. Etude de la qualité physicochimique des eaux usées brutes rejetées dans le lac Fouarar. *Journal Africain des Sciences de l'Environnement* 1 :53-60.
- [17] HAKMI A.2006. Traitement des eaux de source d'Oran, TFE, Université des Sciences et de Technologie d'ORAN, pp72.
- [18] BERKAND J.M. 2014. Traitement des eaux résiduaires des agglomérations, concept et recyclage, calcul des débits d'eaux domestiques. *Technique de l'Ingénieur*, 12p.
- [19] www.futura-sciences.com
- [20] FOURRIER-BIDOZ V., G. LAPAGE.1994. Etude bibliographique sur les échanges entre l'eau, les matières en suspension et les sédiments de principaux radionucléides rejetés par les centrales nucléaires, Rapport IPSN, 94/075, Cadarache.
- [21] ANONYME.2015. Détermination des méthodes en suspension totaux et volatils : méthodes gravimétriques, centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. MA 115-SS-1.2, p13.
- [22] BLANCHARD B, R.DESJARDIN, F.G. BRIERE et Y. BELAND.1990. Approche pour l'identification des causes de la mauvaise décantation des solides biologiques. *Revue des Sciences de l'eau* vol 3, p241-260.
- [23] CHUDоба U., DOHANYOS M., GRAU P.1982. Control of activated sludge filamentous bulking-IV. Effet of sludge regeneration water *Sci Technol*, 14 :73-93.
- [24] JENKINS D., RICHARD M.G., DANGGER G.T.1986. Manuel on the causes and control of activated sludge bulking and foaming. Tedheline Press. Lafayette, 165p.
- [25] ANONYME. 2007. Détermination de l'alcalinité par titrage à l'acide nitrique de pH et de la conductivité de l'eau : méthode par titrage automatique. Centre d'expertise environnemental du Québec, MA 303, p3-7.
- [26] MICHELLE PIERRE. 1972. Mesure de la DCO dans l'eau de Mer, *Rev.Trav.Inst-Pêches.Marit* ; 36(3), p361-365.
- [27] ANONYME.2014.Détermination DCO, méthode électronique. Centre d'expertise environnemental du Québec, p3-11.
- [28] LARPENT J.P., GOURGAUD, LARPENT M. 1985. *Elément de Microbiologie*, Ed Harment, Paris.
- [29] KONEMAN E.W. et al.1963. *Color Atlas and text book of diagnostic Microbiology*. J.B. Lippincott Compagny, Philadelphia.
- [30] WILLIAM M., Mc CORMACK, WALLISE DE., WITT, PENRHYN E., GEORGE K., MORRIS P. and EUGENE J.1974. Evaluation of thiosulfate-citrate-Bile salts-sucrose Agar , a selective medium for the isolation of vibrio cholerae and other pathogenic vibrios. *Journal of infection diseases* 5 : 497-500
- [31] UCHIYAMA H.2015. A study on the existence of vibrio cholerae non-O1 in the river. *Environ. Health. Rev. Med.* 20 :97.
- [32] SHIEMANN D.1979. Synthesis of selective agar medium for *Yersinia enterocolitica*. *Cand.J. Microbiol.* 25 : 1298-1304
- [33] BARONS and al. 1996. *Principles of Diagnosis ; Barons Medical Microbiology*, Galveston Univ of Texas, Medical Branch, 4th edition.
- [34] MAC CONKEY. 1905. Lactose-fermenting bacteria in faeces. *J.Hyg.* 8 : 333-379
- [35] KING S., W.I. METZER.1968. A new medium for the isolation of enteric pathogens. Hektoen enteric agar. *Appl. Microbiol.* 16 : 577-578.
- [36] Mac FADDIN J.F.1985. *Media for isolation-cultivation-identification-maintenance of medical bacteria*. Vol I, Williams and Wilkins, Baltimore.
- [37] KIST M and al.2000. *Infektionen des Menschen und Qualitätsstandards in der mikrobiologisch-infektiologischen Diagnostik*.vol9, Urban und Fischer ; München. Jena.
- [38] TORTORA G. et alliés.2004. *Introduction à la microbiologie*, ERPI. Québec.

Identification des tocophérols, Stérols, alcools aliphatiques et terpéniques de l'huile de sésame (*Sesamum indicum L*) de la République du Congo

Y. OKANDZA^{1,2,3}, J.P. OSSOKO¹, J. ENZONGA YOCA¹, G.M. DZONDO¹, M. MVOULA TSIERI¹, Y. ABDENOUR², and B. TOUBATE³

¹Laboratoire de Contrôles et Qualité des Aliments, Université Marien NGOUABI de Brazzaville, Republic of the Congo

²Laboratoire biochimie alimentaire ENSA, Alger, Algeria

³Laboratoire de recherche Faculté des sciences et de pharmacie de Tours, France

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The objective of this work is the identification of certain biomolecules such as tocopherols, sterols, alcohols, aliphatic and terpene of sesame oil (*sesamum indicum L.*) from Congo Brazzaville in the Department of the bowl to the village of ONTOGO. This oil contains tocopherol which are composed of: gamma tocopherol (Wgamma): 171 mg/kg to MG, followed Delta tocopherol (W delta): 5 mg/kg. There is a content of total sterols of 543 mg/kg to MG including Beta-sitosterol (58.9%) follow-up of Campesterol (16.7%) and Delta5-Avenasterol (10.7%) and two middle peaks that will be Delta5-Avenasterol (10.7%) and Stigmaterol (7.2%). alcohols present in sesame also contains the terpene alcohols which are: the important thing is that of lupeol (9.0%) followed the cycloartenal (4.4%) and finally the α -amyirin (1.3%) , and the aliphatic alcohols are forms of traces. All of these biomolecules are important in the prevention of cardiovascular disease for some and fight some cancers for others.

KEYWORDS: Sesame, oil, identification of tocopherols, Sterols, aliphatic and terpene alcohols.

RESUME: L'objectif de ce travail est l'identification de certains biomolécules tels que tocophérols, stérols, alcools aliphatiques et terpéniques de l'huile de sésame (*sesamum indicum L.*) originaire du Congo Brazzaville dans le département de la cuvette au village d'ONTOGO. Cette huile contient des tocophérols qui sont composés de : gamma tocophérol (Wgamma) : 171 mg/kg de MG, suivi de Delta tocophérol (W delta) : 5 mg/kg. On note une teneur en stérols totaux de 543 mg/kg de MG dont le Bêta-sitostérol (58,9%) suivi de Campesterol (16,7%) et de Delta5-Avenastérol (10,7%) et deux pics moyens qui seront le Delta5-Avenastérol (10,7%) et Stigmatérol (7,2%). des alcools présents dans le sésame contient aussi les alcools terpéniques qui sont : le important est celui du lupéol (9,0%) suivi du cycloarténal (4,4%) et enfin le α -amyirin (1,3%), et les alcools aliphatiques sont sous formes de traces. Toutes ces biomolécules sont importantes dans la prévention des maladies cardiovasculaires pour les unes et combattent certains cancers pour les autres.

MOTS-CLEFS: Sésame, huile, identification des tocophérols, Stérols, alcools aliphatiques et terpéniques.

1 INTRODUCTION

Les lipides ou corps gras ou encore matière grasse communément appelé huile, sont les biomolécules nutritionnelles indispensables à l'alimentation des êtres vivants. Ces biomolécules sont composés des certains éléments participant et demeurant liés à la vie. Les huiles végétales sont de plus en plus consommées dans le monde à savoir, l'huile d'olive, d'argane, de tournesol, de soja, d'arachide, de colza, de palme, de raphia, etc. parmi elles, il y a une préférence selon sa composition chimique ou biochimique, ce qui entraîne à la connaissance un choix selon sa composition, tel est le cas de certaines huiles (olive et argane) qui ont fait l'objet de nombreuses études en aboutissant à des résultats très intéressants et

qui ont conduit à la vulgarisation de ces plantes. Le cas de l'huile de sésame ne connaît à ce jour cette vulgarisation certainement pas manque d'informations concrètes de sa composition effective en éléments nutritifs comme les tocophérols, Stérols, alcools aliphatiques et terpéniques qui joueraient un rôle dans les maladies cardiovasculaires et donc une importance pour la santé. Cette étude permettra à l'identification par des techniques scientifiques d'élucider leur présence dans cette huile où les triglycérides et d'autres biomolécules ont été identifiées.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 LE MATÉRIEL BIOLOGIQUE

LES GRAINES DE SÉSAME

La récolte de graine (*sesamum indicum L.*) a été effectuée dans le département de la cuvette à ONTOGO, en République du Congo. Elles ont été convenablement séchées, séparées des gousses qui les enveloppent, triées et débarrassées de toutes impuretés, puis broyées dans les conditions expérimentales.

L'huile

L'huile non conventionnelle de sésame a été obtenue après extraction des graines (finement broyées) à l'hexane au Soxhlet pendant 6 heures à température de 70°C. Les traces de l'hexane ont été éliminées au rotavapor. L'huile extraite a été conditionnée dans un flacon.

2.2 MÉTHODES

Pour la caractérisation physicochimique de l'huile, les indices acides par les NF en ISO 660, l'indice de peroxyde et d'iode par les NF en ISO 3961. Les acides gras ont été analysés par chromatographie liquide (HPLC) selon les NF en ISO 9936, ainsi que la composition en tocophérols, Stérols, alcools aliphatiques et terpéniques.

COMPOSITION EN TOCOPHEROLS

Les résultats de l'analyse des tocophérols de L'huile de sésame sont au tableau 1 : L'analyse de ce dernier montre que cette huile est constituée majoritairement de gamma-tocophérol (Wgamma) : 171 mg/kg de MG suivi de delta-tocophérol (Wdelta) : 5 mg/kg de MG, et est donc moins riche en tocophérols : 176mg/kg de MG comparé à l'huile d'argane (700mg/kg) [1] encore moins riche que l'huile d'olive (320mg/Kg) [1]

La figure 1 présente un chromatogramme avec un pic élevé révélant la valeur de Gamma-tocophérol (Wgamma) qui est largement supérieure (171mg/Kg MG) aux autres molécules.

Tableau 1 : composition des tocophérols de l'huile de sésame

Tocophérols ou tocotriénols	Résultats en mg/kg MG
Acétate d'alpha tocophérol (Wacétate)	<5
Alpha-tocophérol (Walpha)	<2
Beta-tocophérol (Wbeta)	<2
Gamma-tocophérol (Wgamma)	171
Delta-tocophérol (Wdelta)	5
Alpha-tocotriénol	<2
Bêta-tocotriénol	<2
Gamma-tocotriénol	<2
Delta-tocotriénol	<2
Teneur totale	176
Activité vitaminique E	1,7mg alpha TE /100g de MG

$$\text{Vit E} = (\text{Walpha} + 0,67 \text{ Wacétate} + 0,50 \text{ Wbeta} + 0,10 \text{ Wgamma} + 0,03 \text{ Wdelta})/10$$

Les tocophérols (vitamine E) et les polyphénols sont des antioxydants naturels. Ces derniers jouent un rôle essentiel dans la conservation de l'huile et aussi dans la prévention de plusieurs maladies, car ce sont des anti-radicaux libres [1].

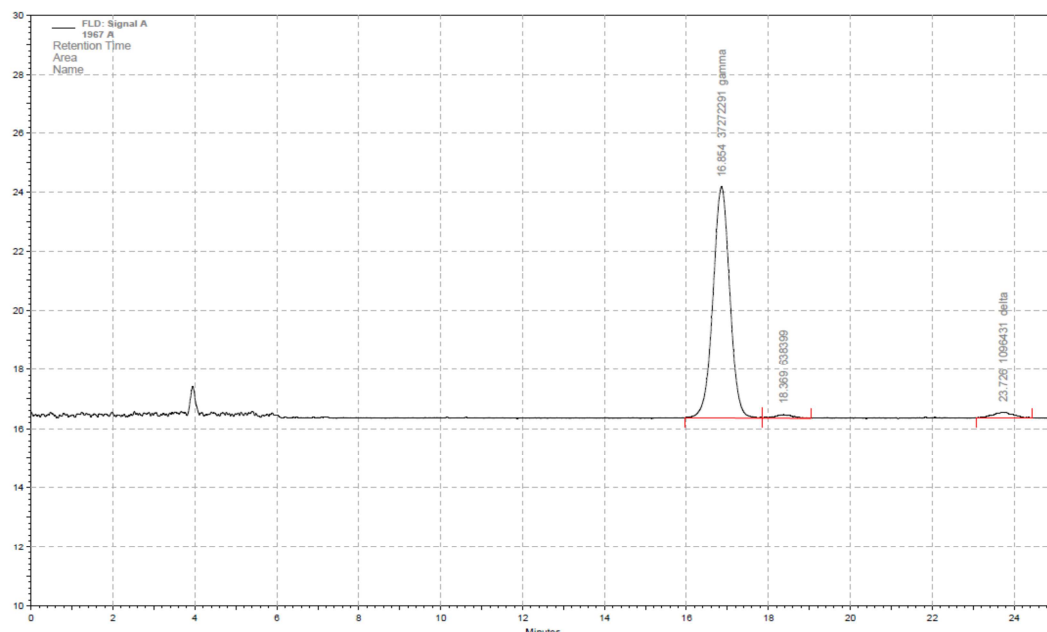


Figure 1 : Chromatogramme des tocophérols de l'huile de sésame

Dans certaines conditions, les radicaux libres (RL) sont produits en excès et ils induisent des dommages et des liaisons dans l'ADN [1], dans les protéines cellulaires essentielles et dans les lipides membranaires. Les radicaux libres (LR) peuvent initier des réactions en cascade, telle la peroxydation lipidique (d'où altération des membranes et mort cellulaire). L'hyperproduction des RL est à la base des explications physiopathologiques des grandes maladies dites neurodégénératives : Sclérose latérale amyotrophique, maladie de Parkinson et maladie d'Alzheimer. La cataracte et les problèmes articulaires sont également cités. Les tocophérols sont des antioxydants naturels, qu'on trouve dans les huiles végétales sous quatre formes, l'alphatocophérol, le gamma-tocophérol, le beta-tocophérol, et le delta-tocophérol. Si l'alpha-tocophérol (vitamine E) a la plus grande activité biologique (vitaminique), le gamma-tocophérol de l'huile de sésame qui est de 171 mg/kg MG a le pouvoir antioxydant le plus élevé. Riche en gamma-tocophérol, l'huile de sésame est un nutraceutique (nutraceutique a pour mission de vous aider à accéder à votre état optimal de santé et à vivre style de vie dont vous rêvez) de grande valeur. Le pouvoir antioxydant de sa fraction insaponifiable est plus élevé que celui de l'alpha-tocophérol (<2 mg/kg MG dans l'huile de sésame).

COMPOSITION EN STEROLS

La fraction stérolique est composée principalement de spinastérol et du schotténol [2]. Ce sont des delta7 stérols, qu'on rencontre rarement dans les huiles végétales. Ces biomolécules sont performantes aussi bien dans le domaine de la revitalisation et de la protection antiradicalaire de l'épiderme que dans le relancement de l'activité cellulaire. Le tableau 2 rassemble la composition en stérol de l'huile de sésame.

L'analyse de ce tableau 2, montre un taux élevé de Bêta-sitostérol (58,9%) suivi de Campestérol (16,7%) et de Delta5-Avenastérol (10,7%).

Le chromatogramme des stérols (figure 2) dégage trois grands pics caractérisant les trois molécules qui sont respectivement Bêta-sitostérol (58,9%) suivi de Campestérol (16,7%) et de Delta5-Avenastérol (10,7%) et deux pics moyens qui seront le Delta 5-Avenastérol (10,7%) et Stigmatérol (7,2%) et le reste sous forme de petits pics ont des petits pourcentages, comme indiquées dans le tableau 2. Ainsi, cette famille composée en majorité de bêta-sitostérol (58,9%) permet de lutter contre les maladies cardiovasculaires par la réduction de l'absorption intestinale du cholestérol [3]. Le bêta-sitostérol constitue le stérol majoritaire, il ressort que l'huile de sésame semble avoir une teneur en stérols totaux et individuels proche de celle de l'huile d'olive et d'arachide marquée par la prédominance du bêta-sitostérol (58-79,7%).

Tableau 2: composition en stérol de l'huile de sésame

Stérols	Résultats (%)
Cholestérol	0,1
Brassicastérol	<0,1
24 méthyl-cholestérol	1,9
Campestérol	16,7
Campestanol	0,2
Stigmatérol	7,2
Delta7-Campestérol	0,3
D5,23 Stigmastérol	0,1
Clérostérol	0,8
Bêta-sitostérol	58,9
Sitostanol	0,2
Delta5-Avenastérol	10,7
Delta5,24 Stigmastadiénol	1,2
Delta7-Stigmastérol	0,6
Delta7-Avenastérol	1,2
Non identifié	<0,1
Teneur en stérols totaux	543 mg/kg de matière grasse

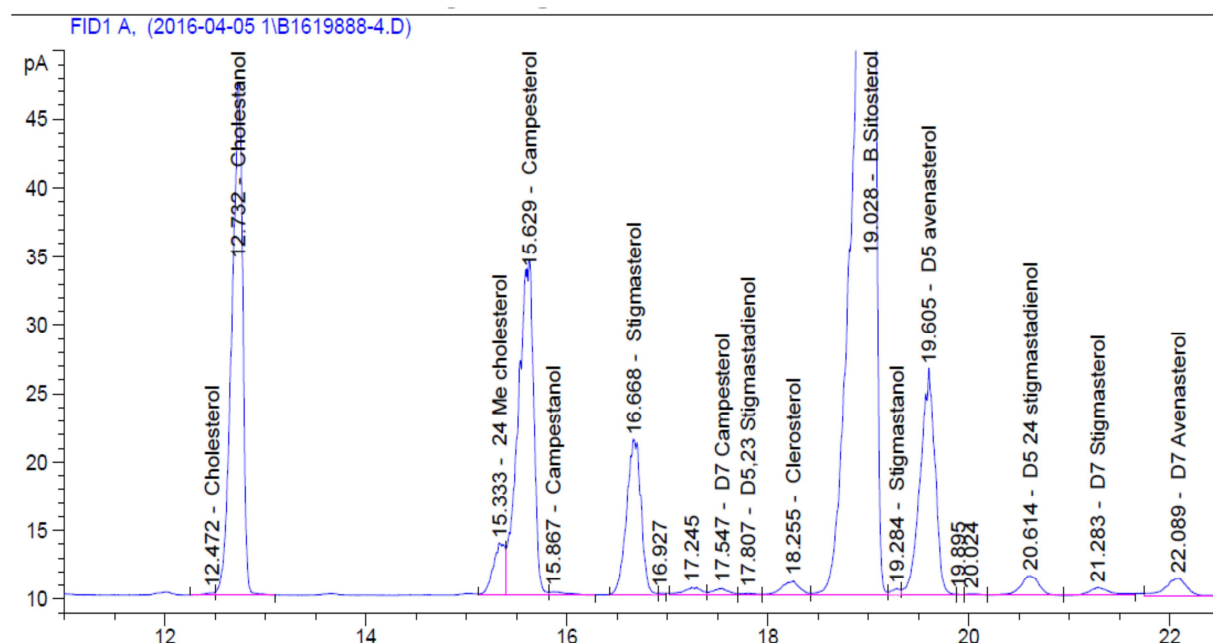


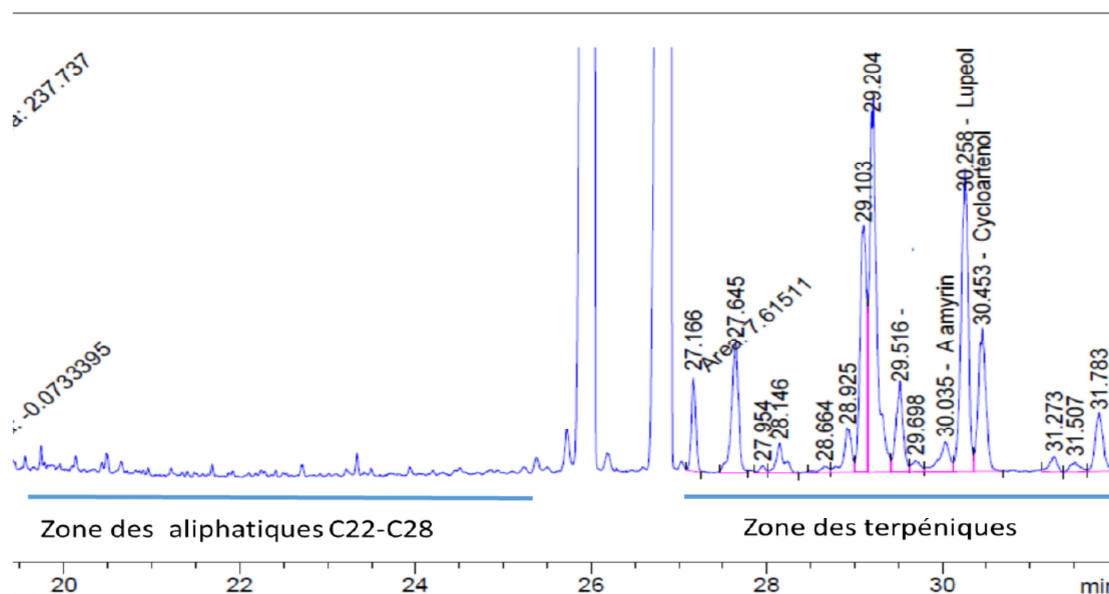
Figure 2 : Chromatogramme des stérols de l'huile de sésame

DETERMINATION DES ALCOOLS ALIPHATIQUE ET TERPENIQUES

Les résultats des alcools aliphatiques et terpéniques sont représentés au tableau 3. L'analyse de ce dernier indique la non présence des alcools aliphatiques, mais une forte présence des alcools terpéniques : 878 mg/kg, dont : 9,0% de lupéol ; 1,3% d' α -amyrin et 4,4% de cycloarténol avec 85,3% des non identifiés. La présence des terpènes dans l'huile de sésame pourrait expliquer un grand nombre d'usage en médecine traditionnelle. Selon [4] certains terpènes comme le titrullol a des propriétés cicatrisantes, le β -amyrine protège la peau, le butyrospermol protège du soleil et le lupéol qui est présent dans l'huile de sésame (9,0%) est un désinfectant. Une publication plus récente mentionne que le lupéol a des propriétés anticancéreuses et améliore la prolifération des kératinocytes (cheveux, ongles et peau).

Tableau 3: Détermination des alcools aliphatiques et terpéniques

Alcools	Résultats
Alcools Aliphatiques (C22-C28)	Non détectés
Alcools Terpéniques dont :	878 mg/kg
α-amyrin	1,3%
Lupéol	9,0%
Cycloarténol	4,4%
Non identifiés	85,3%

**Figure 3 : Chromatogramme des alcools terpéniques du sésame**

La figure 3 présente le chromatogramme des alcools présents dans le sésame, on distingue plusieurs pics dont le plus important est celui du lupéol (9,0%) suivi du cycloarténol (4,4%) et enfin le α-amyrin (1,3%). La présence de le lupéol dans les sésames lui confère un oléagineux de grande importance de par ses propriétés médicinales, c'est un composé pharmacologiquement actif qui possède diverses vertus médicinales, notamment anti-inflammatoires, mais aussi anti-protozoaires, antimicrobiennes, antitumorales, et en chimiothérapie [5] ; il agit efficacement dans les modèles de laboratoire comme inhibiteur du cancer de la prostate et du cancer de la peau[6],[7],[8].

3 CONCLUSION

Au terme de cette étude, on peut retenir que l'huile de sésame contient des biomolécules comme des tocophérols (en quantités inférieures comparées à celles de l'huile d'argane et d'olive), des Stérols, alcools terpéniques et les alcools aliphatiques n'ont pas été identifié. Ces biomolécules agiraient certainement dans la prévention des maladies cardiovasculaires et pourrait donc combattre les radicaux libres.

Les alcools aliphatiques et terpéniques ont été analysés. Les résultats ne montrent pas la présence d'alcools aliphatiques. Les alcools terpéniques ont été identifiés (878 mg/kg), avec la présence trois biomolécules suivantes : le lupéol (9,0%), le cycloarténol (4,4%) et l' α-amyrin (1,3%).

La présence du lupéol, qui est un composé pharmacologique actif et qui possède divers vertus médicinales notamment anti-inflammatoire, mais aussi anti-protozoaire, antimicrobiennes, anti tumorales et utilisables en chimiothérapie [9]. Il agirait efficacement dans les modèles de laboratoire ou expérimentale comme inhibiteur du cancer de la prostate et de la peau [10].

Il y a aussi le cycloarténol, comme tous les composés pentacycliques il joue probablement le même rôle que les stéroïdes, dans la structuration des membranes cellulaires (en interagissant avec les autres lipides, ils en assurent la fluidité)

et semblent intervenir dans la croissance et l'activité biologique de l'organisme, le cycloarténol présente des propriétés anti-inflammatoire [11].

Et enfin l' α -amyrine qui est un triterpène pentacyclique largement répandu dans la nature chez le végétal et pharmacologiquement montré un large spectre d'activité y compris les actions anti-inflammatoire, antiulcéreux, anti-hyperlipidémique et hépatoprotectrices [12].

REFERENCES

- [1] ZOUBIDA CHARROUF, 2002 Tome 9 N°87 : « L'huile d'argane, une prodigieuse vitalité née au bord du désert » Laboratoire de chimie et de synthèse organique et bioorganique Faculté des sciences Université Mohamed V-Agdal, Rabat Maroc.
- [2] FARINES M., SOULIER J., CHARROUF M., et CAVE A. 1984 : Etude de l'huile des graines d'argania Spinosa' (L.), Sapotaceae . II-Stérols, alcools, triterpéniques et méthylstérols de l'huile d'argane. Rev. Fr. Corps Graps 31ème année ; 11 :443-448.
- [3] BOUIC P., LAMPRECHT J. H., ALTER ; 1999: Med. Rev; (4) 170-177.
- [4] DUKE J.; 1992: Handbook of Biologically Active Phytochemicals and their Activities. Florida: CRS Press Inc Boca Raton.
- [5] PRASAD S, KALRA N, SINGH M, SHUKLA Y ; 2008 « Protective effects of lupeol and mango extract against androgen induced oxidative stress in Swiss albino mice », Asian J Androl, vol. 10, no 2, p. 313–8
- [6] NIGAM N, PRASAD S, SHUKLA Y ; 2007 « Preventive effects of lupeol on DMBA induced DNA alkylation damage in mouse skin », Food Chem Toxicol, vol. 45, no 11, p. 2331–5
- [7] SALEEM M, AFAQ F, ADHAMI VM, MUKHTAR H ; 2004 « Lupeol modulates NF-kappaB and PI3K/Akt pathways and inhibits skin cancer in CD-1 mice », Oncogene, vol. 23, no 30, p. 5203–14
- [8] NIGAM N, PRASAD S, SHUKLA Y ; 2007 « Preventive effects of lupeol on DMBA induced DNA alkylation damage in mouse skin », Food Chem Toxicol, vol. 45, no 11, p. 2331–5
- [9] MARGARETH B, GALLO C, MIRANDA J, SARACHINE. 2009 : « Biological activitie of lupeol», International Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences.
- [10] PRASAD S, KALRA N, SINGH M, SHUKLA Y ; 2008: « Protective effects of lupeol and mango extract against androgen induced oxidative stress in Swiss albino mice ».Asian J Androl, vol. 10 n°2 p 313-8.
- [11] CARMEN AHUMADA, TERESA SÁENZ, DOLORES GARCÍA, ROCIO DE LA PUERTA, ANGELES FERNANDEZ et EUGENIA MARTINEZ, 1997 « The Effects of a Triterpene Fraction Isolated from Crataegus monogyna Jacq. on Different Acute Inflammation Models in Rats and Mice. Leucocyte Migration and Phospholipase A2 Inhibition », Journal of Pharmacy and Pharmacology, vol. 49, no 3, p. 329-
- [12] DHARMENDRA SINGHA B; ARYAB P.V., ASHUTOSH SHARMAC., DOBHALLC., GUPTA R.S., 2015: Modulatory potential of α -amyrin against hepatic oxidative stress through antioxidant status in wistar albino rats: Journal of Ethnopharmacology; 161: 186–193.

Evaluation of natural hazard of Inaouene Watershed River in Northeast of Morocco: Application of Morphometric and Geographic Information System approaches

Brahim Benzougagh¹, Abdallah Dridri², Larbi Boudad¹, Ossama Kodad³, Driss Sdkaoui⁴, and Hmad Bouikbane⁵

¹University Moulay Ismail, Faculty of Sciences, Department of Geology, Geoscience Laboratory, Heritage and useful substances (GPSU), Meknes, Morocco

²Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Faculty of Sciences Dhar El Mahraz, Department of Geology, Natural Resource Laboratory Environments and Sustainable Developments (RNE2D), Fez, Morocco

³National School of Agriculture, Meknes, Morocco

⁴Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Faculty of Sciences and Technique Fez, Laboratory of Geo Resources and Environment (GRE), Fez, Morocco

⁵University Moulay Ismail, Faculty of Sciences, Department of Geology, Meknes, Morocco

Copyright © 2017 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 Morocco, the impact of global climates changes, mainly the climatic hazards, was observed during the last decade on the environmental, agricultural and economical area in Morocco. However, scarce are studies carried out to quantify and describe the negative effect of climatic hazards on the stability and the conservation of soil, water and bio-resources, including the principal watersheds highly exposed to erosion phenomenon. The present research aims the prioritization of the erosion risk in the basin of Inaouene, situated in the northeast of Morocco. The application of Remote Sensed Data allowed the determination and delineation of thirteen sub-watersheds. The morphometric analysis using different parameters (linear, sharp parameters and relief aspects) and ranking of each estimated parameter for each sub-basin allowed the classification of these sub-watersheds in three prioritization categories regarding the priority for conservation and management of resource. High priority was assigned to the SBV01, SBV04, SBV05, SBV06, SBV11 and SBV12, which are subject to a maximum soil erosion, medium priority for the SBV02, SBV03, SBV07, SBV08, SBV09 and SBV10, and low priority for SBV13. The group with high priority is concerned by high risk of erosion and soil degradation, stressing immediate action to prevent possible natural hazards. Special attention for the sub-watersheds SBV05 and SBV06 characterized by very low compound value (CP) are very susceptible to erosion risk. These sub-basins are of highest priority and needs urgent interventions to protect the soil. These sub-basins were integrated as data base together with morphometric parameters, into geographical information systems in order to establish different maps showing sub-watersheds with high risk of erosion.

KEYWORDS: Inaouene River; climate change; DEM; watershed; morphometric parameters; prioritization; erosion; GIS; Priority.

1 INTRODUCTION

Morocco, country situated in north of Africa, is concerned by the effect and impact of climate changing. In this new context, the frequency of the natural hazards (flooding, soil erosion, land sliding and drought) will be high and could causes a huge damages affecting the population, environment and natural resources. The evaluation of the effect of natural risks occurrence (flood, soil erosion...) on the watershed systems requires a good understanding of the hydrological, geological,

geomorphological, ecological and climate factors (land cover, slope, land use and hydrographic network) to determine those affecting the geneses of these natural risks. These indices are required to determine the prioritization of watersheds and to establish viable programs to reduce the damages caused by these natural hazards.

The management of a watershed and the study of hierarchy of sub watersheds, requires the use of novel tools and technologies (geographic information systems (GIS) and digital terrain models (DTM) type SRTM), to evaluate the slopes, drainage systems, topography, geomorphology and lithology. GIS techniques are currently used for assessing several terrain and morphometric parameters of the drainage basins or watersheds, as they provide a flexible environment and a powerful tool for the manipulation and analysis of spatial information [1]. The management of the drainage basins requires the prioritisation of the sub watershed in order to identify the most susceptible sites to the natural disasters. [1] reported that in the watershed of Romushi - Sasar Catchment, Kashmir Valley in India, the sub-watersheds have been classified into three categories high, medium and low in terms of priority for conservation and management of resources, based on morphometric analysis. The use of the Linear parameters, Relief aspects and Ariel parameters, and land use practices parameters allowed the prioritisation of sub watershed of the Dungra watershed in India into three classes (high, medium and low) depending on the natural hazards damages [2]. The results of these analyses on the prioritisation of the sub-watershed may be taken into account in the conservation measures by engineers and decision makers planning for developments and management of natural resource.

The aim the present work was the application of the morphometric analyses to the prioritisation of the sub-watershed of Inaouene River (Northeast of Morocco) to identify the most susceptible sites to the natural disasters.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY AREA

The watershed of Oued Inaouène (*Fig.01*) located between coordinates of 33° 30' & 35 ° N latitudes and 3° 30' & 5° W longitude. It is situated in the east of the Sebou basin between the last medium-Atlasic foothills and pre-Rif mountains, covering an area of 5153 km² with a perimeter of 320 km. This location bounded by the basin of the middle Moulouya river at the east, by Ouergha basin at the northwest and by Sebou river at southwest [3].

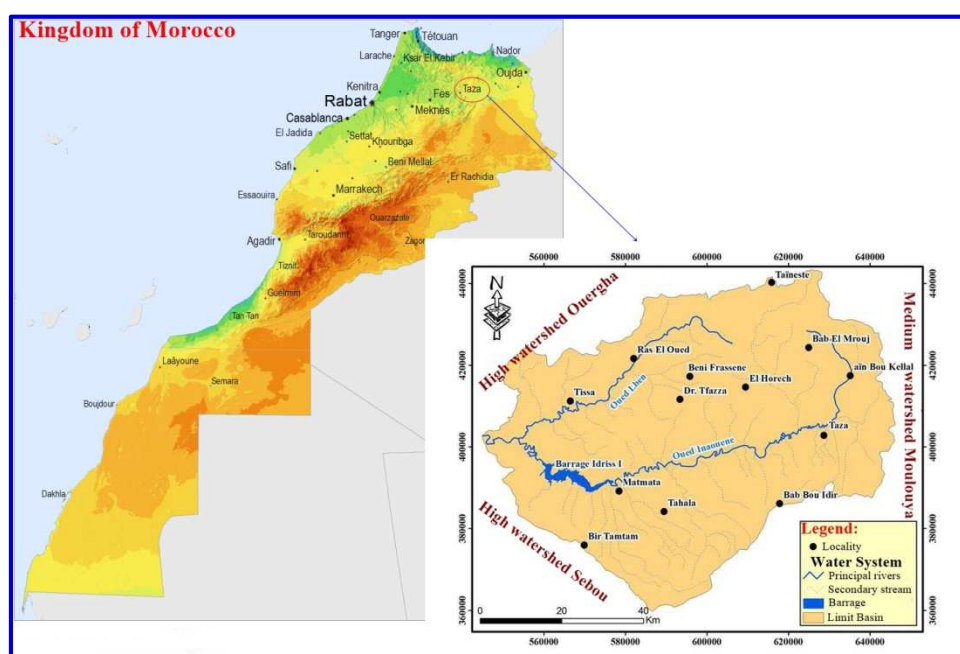


Fig. 1. Geographical situation of the Inaouene watershed in the northeast of Morocco

2.2 GEOMORPHOLOGY AND GEOLOGY OF THE TARGET AREA

The watershed concerned by the present study is characterized by a vertical drop of 200 to 2500 m. It is bordered by two mountains borders (Rif and middle atlas mountains) with the dominance of marl and clay hills soil typology. The Middle Atlas side is characterized by staggered tablelands, dominated by folded chains [4]. The watershed of Inaouene River is characterized by impermeable bedrock marl, almost armed by limestone and sandstone beds, covering approximatively 60% of the total area of the basin (Fig .02). These tender lithological formations are subjected to severe erosion, contrary to the carbonate formations of Tahla and Tazekka tablelands [5].

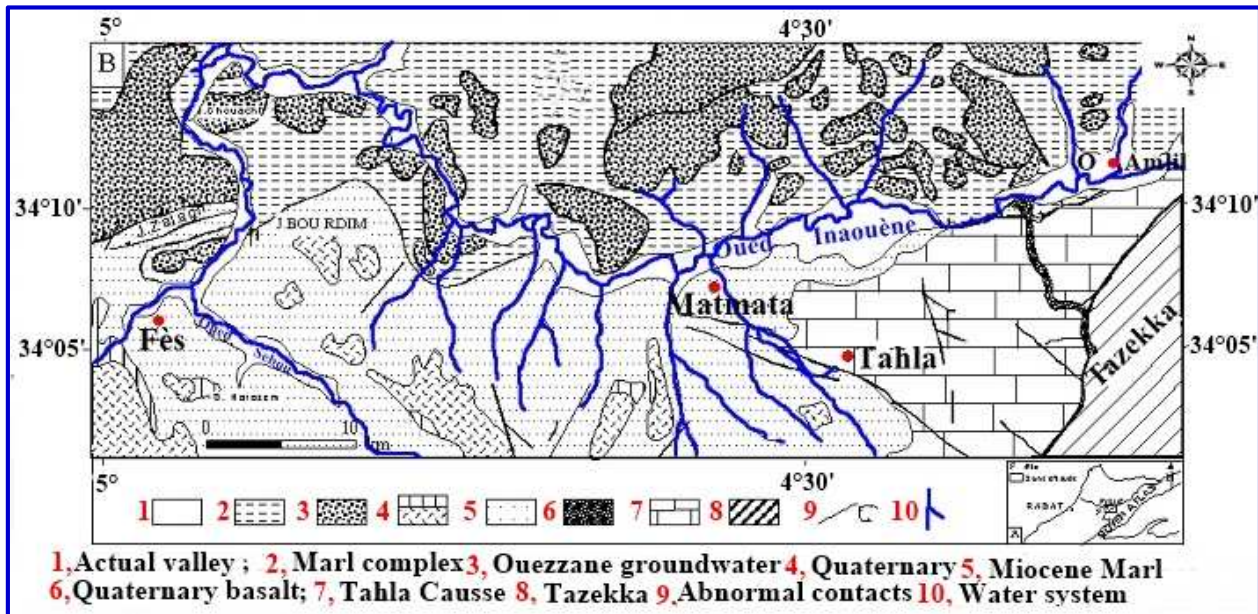


Fig. 2. Simplified geological map of the study area (source: [6])

2.3 CLIMATE OF THE STUDIED AREA

The Inaouene watershed location is considered as semi-arid Mediterranean bioclimatic area characterized by a rainy winter and hot and dry summer [7]. Climate data from four meteorological stations (Fez, Azzaba, Marzouka and Taza) situated along the corridor show that the wet season is situated between November and May, with annual rainfall average of 470 mm. Annual temperature recorded by the four stations show that the hottest months are July and August (with maximum of 35 °c), while December, January and February (with a minimum of 5°c) are the coldest ones [8].

2.4 WATER SYSTEM

The watershed of Inaouène is characterized by a dense branched river system (Fig.03), showing a continued evolution controlled by several and complicated factors (lithology, tectonic structures, climate, vegetation, human pressing, topographical and hydrological parameters) of drained soils [9]. The tributaries were organized in a homogeneous dendritic network.

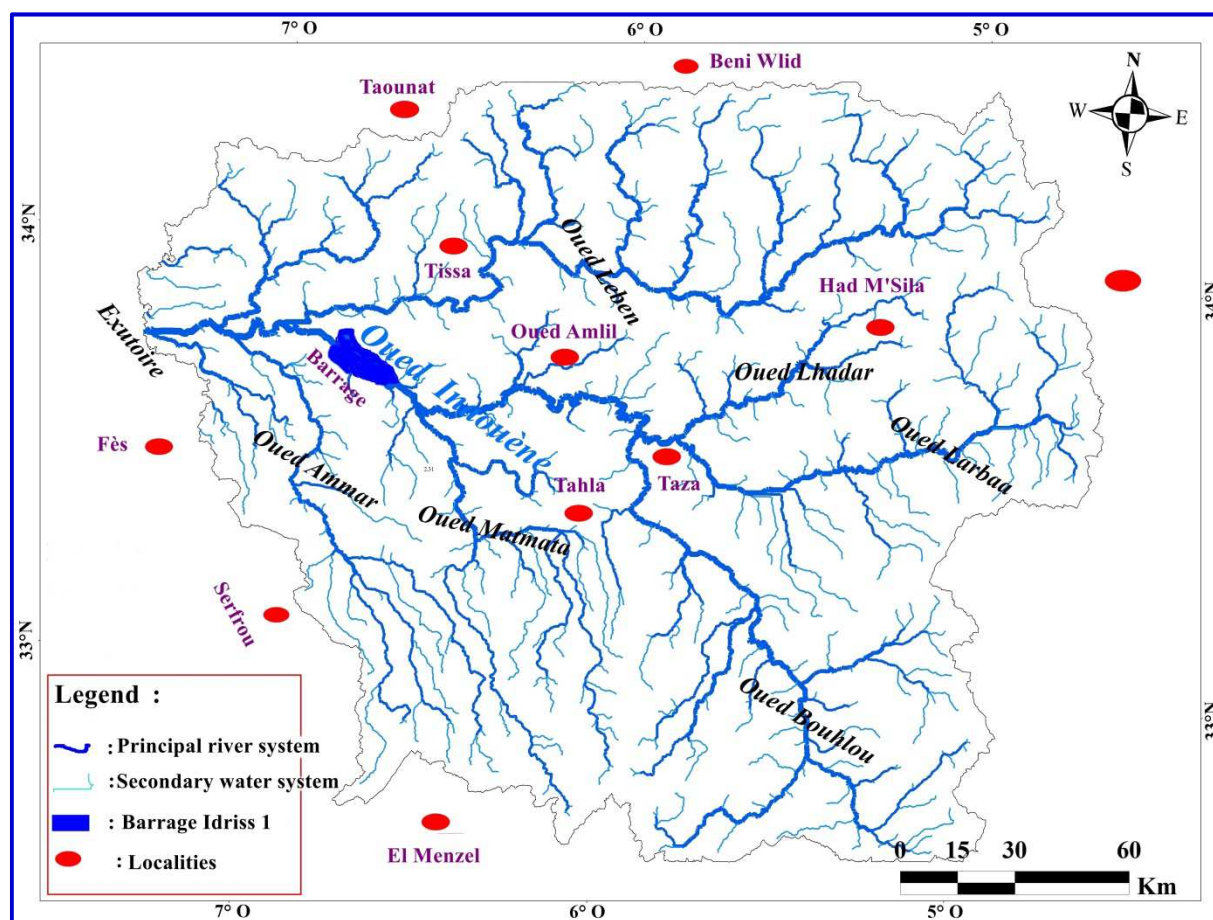


Fig. 3. River system of Inaouène watershed

The direction of the Inaouene river flows was east-west. From the right bank, the most important tributaries powered on are the rivers of Larbaa, Lahdar and Amlil. These tributaries collect runoff prerifains hills. In the left bank, this river is fueled in part by the primary massive of Tazekka tableland and limestones of the Middle Atlas Mountain. The main tributaries of the left bank are the rivers of Bou Hellou, Zireg, Matmata and Ahmar [10].

2.5 METHODOLOGY

The methodology followed in the present research is that adopted by [1]. The scale of the topographic map used in the present work is of 1/50000. This map is used to validate the hydrographic network extracted from a digital elevation model (DEM), applying the SRTM data application with a resolution of 90 m (Shuttle Radar topography Mission: refers to the topographical raster and vector files provided by two US agencies: NASA and NGA). The number and the length of streams of each order and the scope, the length and the width of the basin were derived from DEM using Open Source software Quantum GIS (QGIS). These parameters are used to calculate the drainage density, the frequency of drainage, the shape, the form factor, the circulatory ratio and the ratio of elongation (Fig.04).

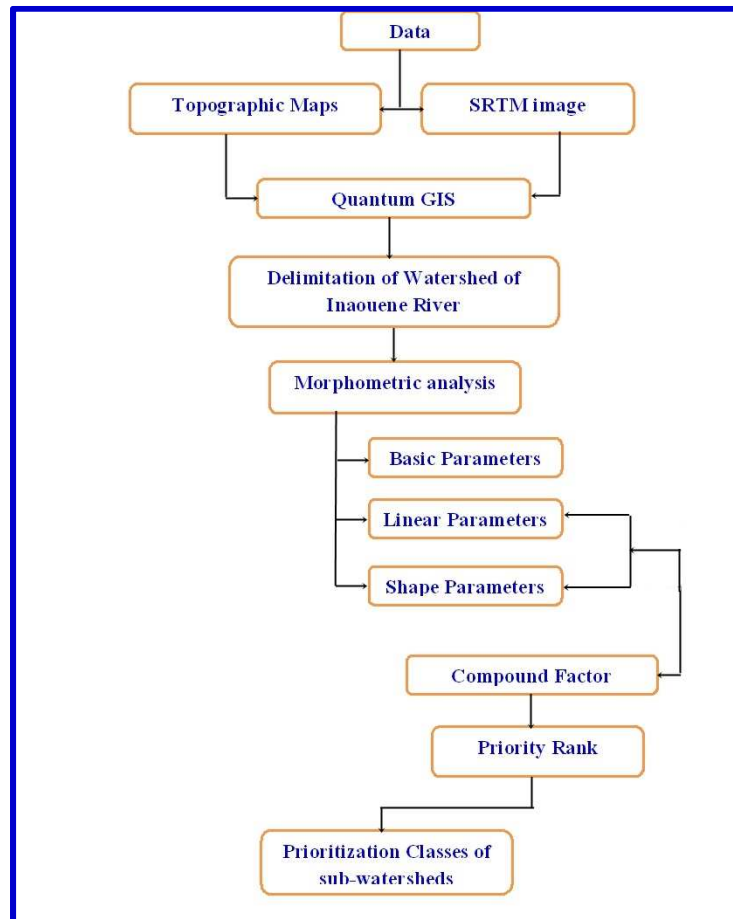


Fig. 4. Flowchart of the methodology of work

To determine the order of prioritization of sub-watersheds of the area, the morphometric parameters were divided into three classes (*Tab.01*): linear parameters, the parameters of shape and processing parameters of the appearance of the terrain sub-watershed.

Table 1. Formulae adopted for computation of morphometric parameters.

N°	Morphometric Parameters	Formula	Reference
Linear parameters	Stream length (Lu)	Length of the stream Strahler	[11]
	Mean stream length (Lsm)	$Lsm = L u / N u$	[12]
	Stream length ratio (RL)	$R L = L u / (L u + 1)$	[11]
	Bifurcation ratio (Rb)	$(Rb) = N u / N u + 1$	[13]
	Mean bifurcation ratio (Rbm)	Rbm = Average of bifurcation ratios of all orders	[12]
	Drainage density (Dd)	$Dd = L u / A$	[11]
	Drainage texture (T)	$T = Dd \times Fs$	[14]
	Stream frequency (Fs)	$Fs = N u / A$	[11]
	Length of overland flow (Lo)	$Lo = \frac{1}{2} Dd$	[11]
Shape parameters	Elongation ratio (Re)	$Re = D / L$	[13]
	Circularity ratio (Rc)	$Rc = 4 \pi A / P^2$	[12]
	Form factor (Ff)	$Ff = A / L^2$	[11]
	Compactness constant (Cc)	$Cc = 0,2821P/A^{0,5}$	[11]
Relief Aspects	Basin relief (Rb)	$Rb = H - h$	[15]
	Relief Ratio (Rr)	$Rr = R / L$	[16]
	Relative Relief (Rre)	$Rre = H \times 100/P$	[16]
	Ruggedness number (Rn)	$Rn = Rre \times Dd$	[16]

3 RESULTS AND DISCUSSION

Prioritization of the studied watershed was carried out using the software is based on the method [17]. The rivers whose upstream end is a source of order (1), the confluence of two courses of order water (n) gives an order (n + 1) and the confluence of a course water nth order with an order (n + 1) gives an order streams (n + 1). The order of the section thus arriving at the outlet is the maximum order of the basin (Fig.05).

LINEAR PARAMETER

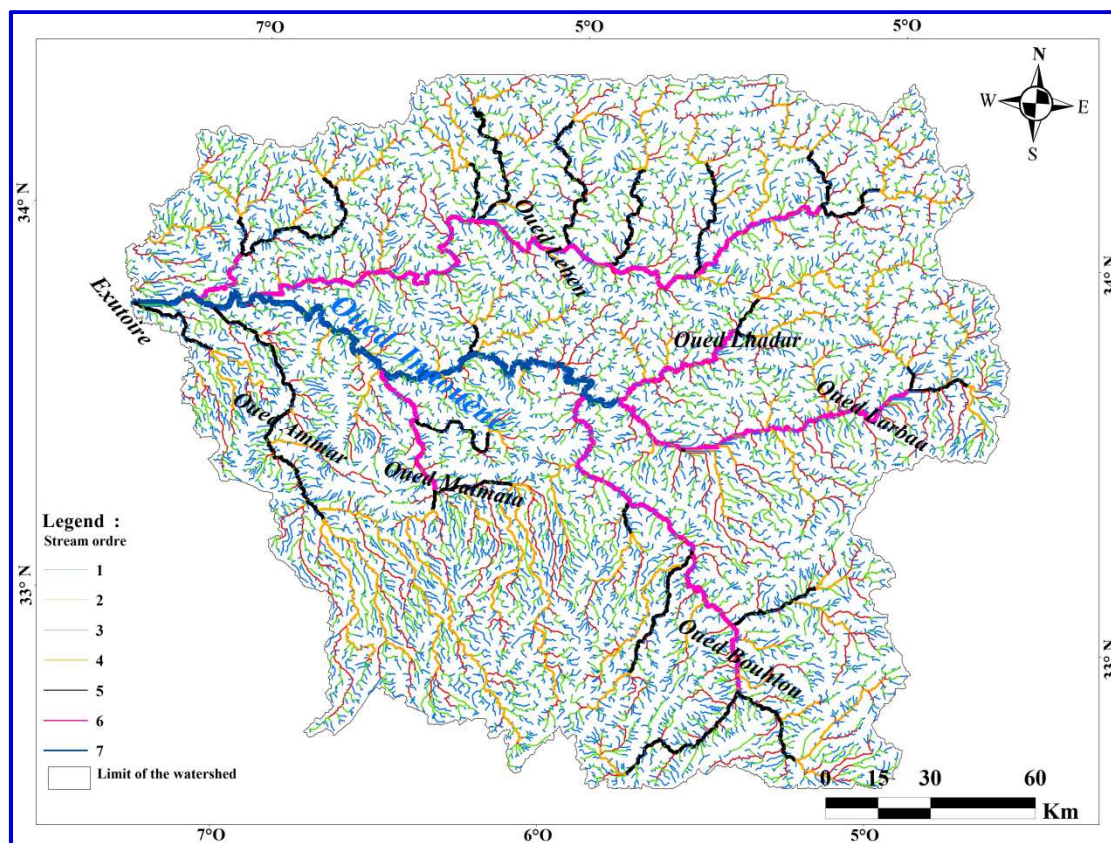


Fig. 5. Map of hierarchical water system of Inaouène watershed.

To establish the prioritisation of the basin of Inaouene river, the watershed was subdivided into three thirteen subunits, the morphometric parameters of each subunits were analyzed (linear parameters, forms and settings relief appearance settings) (Fig.06). The result of the linear parameters analysis showed that the number of streams varied between 11576 for the sub-watershed 02 (SBV02) and 165 for the sub-watershed 13 (SBV13). The variation in order and size of the sub-watersheds is largely due to physiographic and structural conditions of the region, similar to the results obtained by [1]. Is to note that x sub-watershed showed a high number of streams, indicating high indices of erosion in that sites. The stream length of different sub-watershed varied between 5994 km for SBV02 and 115 SBV13. The pattern of the evolution of the length of streams is negatively correlated to that of the number of stream (Fig.07). Highest number of streams, lowest is the length of stream. The present results coinciding with those reported by [11] and [1]. However, the streams length of the SBV3, SBV4 and SBV10 was positively correlated with the number of stream. In these cases, the lengths of streams were higher. This phenomenon could be explained by the presence of moderately and highly steep slopes in these sub-watersheds [18], resulting in the acceleration of the water flow. Moreover, in these sub-watersheds the lithology of the soil is marl, resulting in higher erosion process and the development of the badlands.

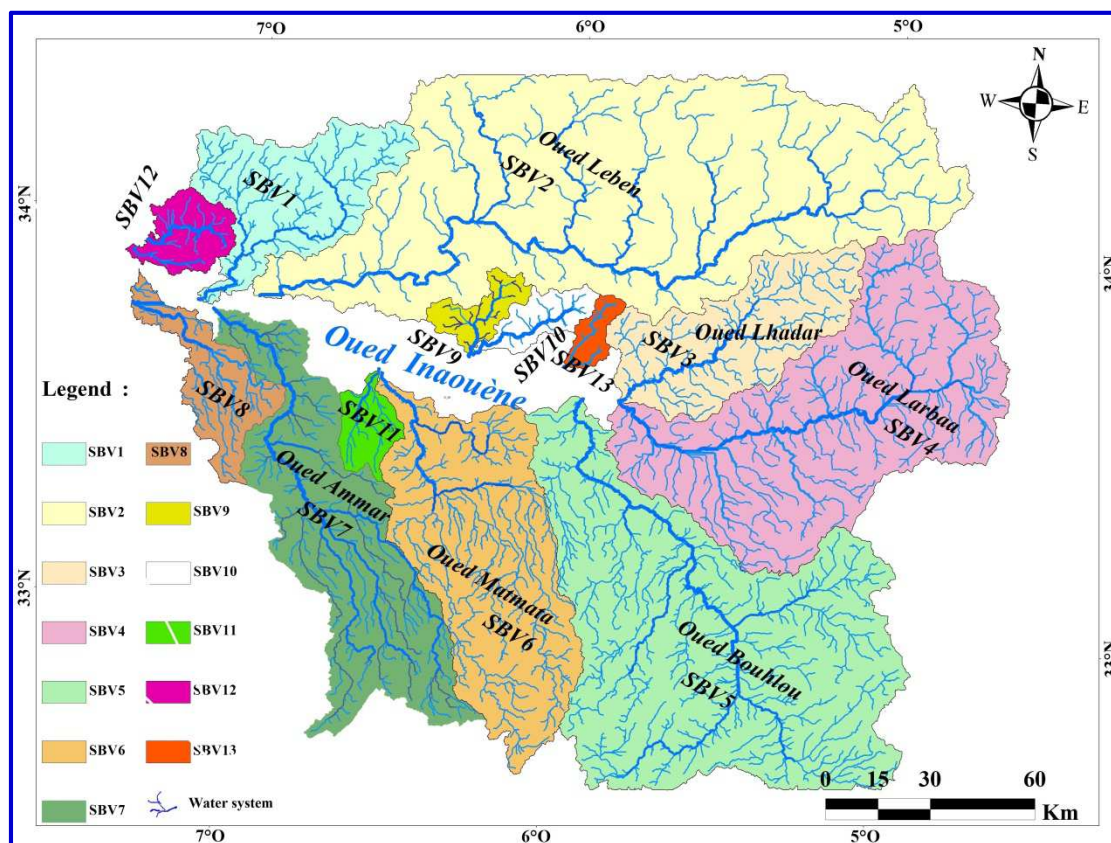


Fig. 6. Map sub-basin and the river system of Inaouène watershed

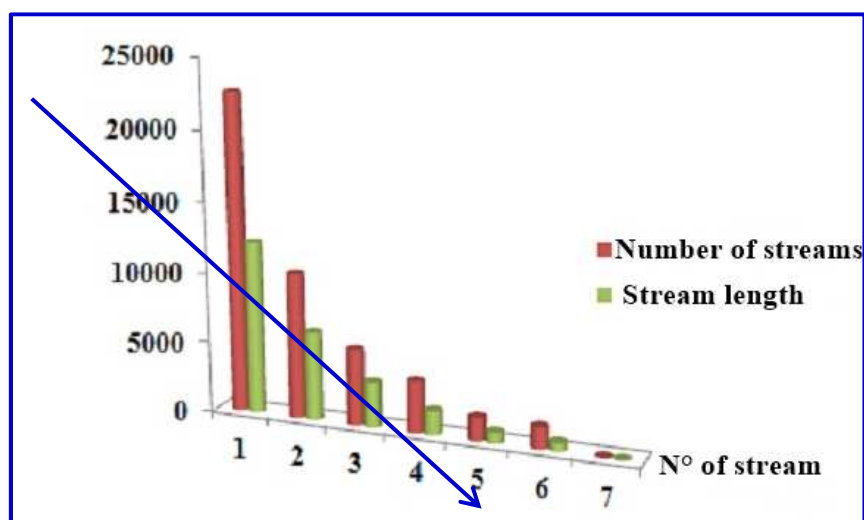


Fig. 7. Number and stream length of each order of Inaouene watershed

Concerning the frequency of the stream, this parameter is defined as the total number of stream segments of all orders per unit area [19]. The results showed that in the first 11 sub-basins of the watershed of Inaouene River, the frequency of the stream was 1.28, reaching a maximum of 2.11 in the SBV 12 and minimum value of 0.9 in SBV13. As general rules, high frequency of stream is related to an impermeable material. Higher frequency of streams produces more runoff in comparison to others [1]. In the present study the SBV12 produce more runoff and presenting limestone lithology. The low frequency variation of the flow is explained by the dominance of marl in the studied area.

River systems differ in their efficiency as agencies for collecting and conducting water. In some systems the surface waters are quickly assembled, and the discharge therefrom reflects somewhat sensitively the variations of the available

supply. In others 'the surface drainage is longer delayed and the discharge is released slowly [20]. The drainage density (Dd), expressed in km / km^2 , was introduced by [19] as the total length of the river system per unit area of a watershed. It is controlled by several factors including the geological nature of the terrain, the ability of soil infiltration and basement, climatic conditions and vegetation cover of the basin [21]. The drainage density of the established sub-basins of the Inaouène River varies from 0.62 to 5.17 km/km^2 . Low values of this density indicate that the floor and the basement are very permeable, while the high values show that the land is waterproof. In the present study, the watershed of Inaouène is largely characterized by impermeable bedrock marl. The canopy in the studied area is almost bare, with the exception of the presence of scattered trees, which promotes land erosion. Moreover, the contrast between seasons and the influence of downpour accentuate the erosion phenomenon of the marl.

The texture of the drainage is defined as the total number of stream segments of all orders by perimeter of the area [11]. This parameter depends on several natural factors (climate, rainfall, vegetation, lithology of the rocks and soil type, infiltration capacity and relief). As general rules, the drainage texture is characterized by five categories: very coarse (<2), coarse (2-4), moderate (4-6), fine (6-8) very fine (> 8) [1]. The results show that this parameter of the catchment sub-basins Inaouene River ranged from 2.19 to 17.25. According to [1], four texture types were found in the present study. The texture was very fine for drainage for SBV02 (17.25) SBV04 (14.77) SBV05 (15.33) SBV06 (14.73) and SBV07 (8.95), fine for SBV01 (7.78), and SBV03 SBV12 (7.28), moderate for SBV08 (4.04) and SBV11 (4.84) and coarse for SBV09 (3.24) SBV10 (3.80) and SBV13 (2.19).

Concerning the bifurcation ratio (Rb), parameter expresses the degree of branching of the drainage network [22]. It is defined as the ratio between the numbers of order flow segments given the number of segments of the next higher order [13], and is used as an indicator of the stage of evolution of watersheds [12]. The results show that the bifurcation ratio values of the sub-watersheds of the River Inaouène ranged from 1.66 to 7.21. The high value of Rb indicates a strong structural control on the drainage system, while the low value indicates that the sub-basin is less affected by structural disturbances. The average value of Rb of the watershed varied between 3 and 5 point out to the influence of geological structures on the drainage network is negligible [23]. Basing on these criterions, bifurcation of Inaouene basin could be classified into three classes : Low for SBV02(1,66), SBV04(2,49), SBV07 (1,74), SBV08 (1,85), SBV09 (2,76), SBV11 (1,9) and SBV12 (2,31) ($Rb < 3$) , medium for SBV10 (3,10) ($3 < Rb < 5$), and high for SBV01 (43, 24), SBV03 (24, 00), SBV05 (23, 74), SBV06 (7, 60) and SBV13 (20, 1) ($Rb > 5$).

The overland flow length (Lo) is inversely proportional to the average channel slope [24]. The length of overland runoff of the sub-catchments of Inaouene River was ranged between 0.31 and 2.58. Lowest values of this parameter, fastest is runoff process. This case was detected in the SBV02 and SBV13. However, slow trickle process was observed the SBV11, with high stream length (2.58).

The analysis of the linear parameters applied to the prioritisation of the Inaouene watershed showed direct relationship of the variable considered in the present study and soil erosion phenomenon. This relationship could be due to the presence of active and dynamic factors of erosion in the river of Inaouene. The results showed that the sub-basins SBV11, SBV12 and SBV06 are characterized by high values, indicating a high probability of soil erosion.

3.1 SHAPE PARAMETERS

The shape parameters include form factor (Ff), elongation ratio, compactness ratio and circulatory ratio. The form factor is defined as the ratio of the total area length of the watershed [19]. In the literature, it has been reported that a value less than 0.78 of this parameter is suitable for perfectly circular basin [1]. These authors sentenced that high value of form factor stating the circular shape of the basin and smaller the value of form factor more elongated will be the basin. The results herein reported show that the values of the form factor (Ff) of thirteen sub-watersheds were ranged from 0.17 to 0.28. The sub-watersheds from the SBV02 to SBV08 were more extended, while the sub-watershed SBV01, SBV09, SBV10, SBV11, SBV12 and SBV13 are less elongated. The lengthened watershed with low value of form factor found for Inaouene river point out that the basin will present a flatter peak flow for longer duration. Flood flows of such elongated basins were reported to be easier to manage than from the circular basin ([1]; [25]; [26] and [27])

The elongation ratio, factor used to describe the relief of the watershed is, the elongation ratio is defined as the ratio between the diameter of the circle of the same area as the drainage basin and the maximum length of the basin [13]. As general rules, the values of the elongation ratio (Re) of the different sub-watershed were ranged from 0.6 to 1 above wide climatic and geological factors. Values close to 1 are typical of regions of very low relief, while values varied between 0.6 and 0.8 are generally associated with high relief and steep terrain [12]. The values of the elongation ratio of the sub-basins of

Inaouene river found to be ranged from 0.52 to 0.68 (tab.05). The sub-watersheds SBV8 to SBV13 with value of elongation ratio ranged between 0.6 and 0.8 show high relief and steep terrain, the contrary of the rest sub-watersheds identified in the present study. These values can be grouped into three categories, namely circular (>0.9), oval (0.9-0.8) and elongated (<0.7) [28].

The ratio of the surface of a basin in the area of a circle having the same circumference as the perimeter of the basin, defined as circulatory ratio (R_c) (Miller 1953), is controlled by several factors such as the length, the frequency streams, the tectonics, the lithology, the climate, the slope and the vegetation cover of the basin [22]. The values of the circulatory ratio of sub-watersheds of the Inaouene River varied between 0.18 and 0.42. In the literature it has reported that this parameter is positively correlated to the age or to the basin life cycle stages ([29]; [28] and [22]). The highest values of circulatory ratio were found in the SBV11 and SBV13, indicating that these sub-watersheds have reached the terminal stage of maturity.

Finally, to evaluate the risk of erosion, the compactness coefficient (C_c) defined as the perimeter of the basin divided by the circumference of a circle with the same area of the basin [30], the compactness coefficient is independent of the size of watershed and dependent only on the slope [32] was calculated. A lower value signifies less vulnerability for risk factors, while higher values indicate great vulnerability of the site. In our study, the values of compactness coefficient ranged from 1.55 for SBV11 to 2.36 for SBV07. Thus, the sub-watersheds SBV07 and SBV08 are more exposed to risk of erosion. The risk of erosion of these sites stresses the implementation of required measures of protection and conservation of soil to attenuate the effect of erosion on the quality and stability of the soil. Basing on the results of the analysis of shape parameters, the almost sub-basin established in the present study seems to prone to erosion, mainly those located in the right side of the river of Inaouene.

3.2 RELIEF PARAMETERS

Relief aspect of the watershed plays an important role in drainage development, sub-surface and surface water flow, permeability, landform development and associated features of the terrain. Relief is the maximum vertical distance between the highest and the lowest points of a basin [33]. The relief aspect of watershed was evaluated by the determination of the basin relief (H), relative relief (R_r), relief ratio (R_h) and Ruggedness number (R_n) [28] and ground slope.

The basin Relief, is defined as the difference in altitude between the lowest point (outlet) and the highest point (divide) of a watershed [34], plays an important role in the development of landforms, of surface of drainage and the flow of groundwater [22]. The relief of sub-basins of Inaouène River varied considerably depending on the altitude of the location, the highest value was observed for SBV05 (2926 m) and the lowest for SBV12 (208 m). The SBV02 to SBV07 characterized by an important relief, indicating that these sub-basins will be exposed to a significant drainage and low value of infiltration. However, the sub-basins SBV08 to SBV13 and SBV01 showed low basin relief values.

The relief ratio measures the overall slope of a drainage basin. Additionally it has been used as an indicator of the erosion intensity processes happening in a watershed [13]. The values of this variable varied from 0.009 to 0.025. The highest value was obtained for the SBV11, while the lowest values were observed for SBV01 and SBV02 (Fig.8). High value of relief ration indicates that the sub-basins have steep slope.

The index relative relief (R_r) considered an important morphometric variables to estimate the general morphological characteristics of the land [1]. The sub-watersheds with higher relative projection have a higher potential runoff than other [1]. The values of the relative relief determined for the thirteen sub-watershed of Inaouène river varied from 0.001 for SBV12 and 0.007 for SBV11 and SBV13. The present results confirm that the SBV11 and SBV13 have a high potential for flood, taking into the account that these sub-basins are characterized high circulatory ratio. In the literature it has been reported that a sub-watershed with low values of circulatory ratio are prone to low flood hazard [35].

The ruggedness number (R_n) variable is the product of the drainage density (D_d) and basin relief (H) ([17] & [36]), used in the present study to evaluate the drainage density of the drainage respecting to the relief inclination. In this study the values of ruggedness number varies between 0,173 and 4,803. In the literature it has been reported that the minimal threshold is more than 3 ([37]; [1] & [6]). In the present study, taking account the characteristics of the watershed of Inaouene (number of streams, shape form and relief), we have considered that the minimal high value of the ruggedness to consider for the established sub-basins is 2. Thus, the highest value of this variable was observed in the SBV11 (4.803) and (SBV6) (2.077). These sub-watersheds are characterized by high relief and drainage density values, with moderate to high slope. The sub-watersheds having low relief but high drainage density are ruggedly textured as areas of higher relief having less dissection [1]. In relief aspect calculation, some of the linear (length, perimeter, etc.) and shape (drainage density) parameters are applied. Thus, the morphometric description could be considered adequate method to differentiate and describe the hydro-

topographical behaviour of the Inaouene watershed through the analysis of linear, areal and relief aspects of the sub-watersheds.

3.3 RANKING AND PRIORITIZATION OF SUB-WATERSHEDS BASED ON MORPHOMETRIC ANALYSIS

The morphometric parameters are considered to evaluate and determine the risk of erosion and natural hazards and were used to rank the sub watersheds ([39]; [40]; [41] and [42]). The linear parameters have direct and proportional relationship erodibility. Higher value of these parameters, higher is the erodibility (Tab.02).

Table 2. Classification of linear parameters of sub-watersheds of the Inaouene River

SBV	The Linear Parameters									
	(Dd)	Clas	(Fu)	Clas	(Rb)	Clas	(Td)	Clas	(Lo)	Clas
SBV01	0,71	6	1,32	4	43,24	1	7,78	7	0,35	6
SBV02	0,63	11	1,23	7	1,66	13	17,25	1	0,31	9
SBV03	0,66	10	1,20	8	24	2	8,93	6	0,33	8
SBV04	0,68	8	1,26	6	2,49	8	14,77	3	0,34	7
SBV05	0,71	6	1,18	9	23,74	3	15,33	2	0,35	6
SBV06	0,79	4	1,52	2	7,60	5	14,73	4	0,39	4
SBV07	0,77	5	1,28	5	1,74	12	8,95	5	0,38	5
SBV08	0,87	2	1,14	10	1,85	11	4,04	10	0,43	2
SBV09	0,69	7	1,26	6	2,76	7	3,24	12	0,34	7
SBV10	0,67	9	1,32	4	3,10	6	3,80	11	0,33	8
SBV11	5,17	1	1,42	3	1,9	10	4,84	9	2,58	1
SBV12	0,83	3	2,11	1	2,31	9	7,28	8	0,41	3
SBV13	0,62	12	0,90	11	20,1	4	2,19	13	0,31	9

Shape parameters have an inverse relationship with erodibility. Lower are these parameters, higher is the erodibility. Thus, the values of each linear parameter are ranked in ascending order, being the highest value with rank 1 and the lowest value with rank n depending on the classification ([43]; [44]). According to this rule, we have classified the different shape parameters as presented in the table.08. Applying the same criterion, the ordering the sub-basins was determined by assigning the highest priority ranking based on the highest value in the case of linear parameters and the lowest value in the event parameters form (Tab.03).

Table 3. Ranking of the shape parameters of the sub-watersheds of the Inaouene River

Subwatershed	Shape Parameters									
	(Ff)	Clas	(Rc)	Clas	(Ra)	Clas	(Bs)	Clas	(Cc)	Clas
SBV01	0,21	4	0,24	2	0,59	6	4,76	7	2,02	10
SBV02	0,17	1	0,26	3	0,52	1	5,98	13	1,95	9
SBV03	0,21	4	0,34	9	0,58	5	4,85	8	1,71	3
SBV04	0,18	2	0,32	7	0,54	3	5,54	11	1,77	4
SBV05	0,17	1	0,29	4	0,53	2	5,76	12	1,84	7
SBV06	0,19	3	0,32	8	0,56	4	5,26	10	1,77	4
SBV07	0,19	3	0,18	1	0,56	4	5,21	9	2,36	12
SBV08	0,19	3	0,18	1	0,61	7	4,32	6	2,34	11
SBV09	0,26	6	0,26	3	0,66	10	3,76	2	1,94	8
SBV10	0,26	6	0,30	5	0,65	9	3,81	3	1,82	6
SBV11	0,26	6	0,42	11	0,65	9	3,81	4	1,55	1
SBV12	0,25	5	0,31	6	0,64	8	3,98	5	1,79	5
SBV13	0,28	7	0,40	10	0,68	11	3,50	1	1,57	2

To establish the final classification of the thirteen sub-basins regarding the risk degree of each sub-watershed, the factor composed was calculated from these parameters. This factor will help us to make a priority ranking of each sub-basin. The highest rank was assigned to the sub-basin with the lowest factor compound and so on.

Based on the average value of these parameters, the sub-basins with the low value are considered the first priority, and the sub-watershed having the highest value factor compound is the lowest priority. The factor composed value determined in the present case varied between 4.8 and 8. According to these results, sub-watersheds were classified into three categories prioritization (high, medium and low) (Fig. 8). In agreement with to this prioritisation, the sub-watersheds SBV01, SBV04, SBV05, SBV06, SBV11 and SBV12 presents high risk of erosion. The sub-basins SBV02, SBV03, SBV07, SBV08, SBV09 and SBV10 show medium risk and finally the SBV13 present low risk. The watershed with high risk of erosion stresses the intervention to attenuate the damages that could be caused by this phenomenon on the stability of basin and the natural resources.

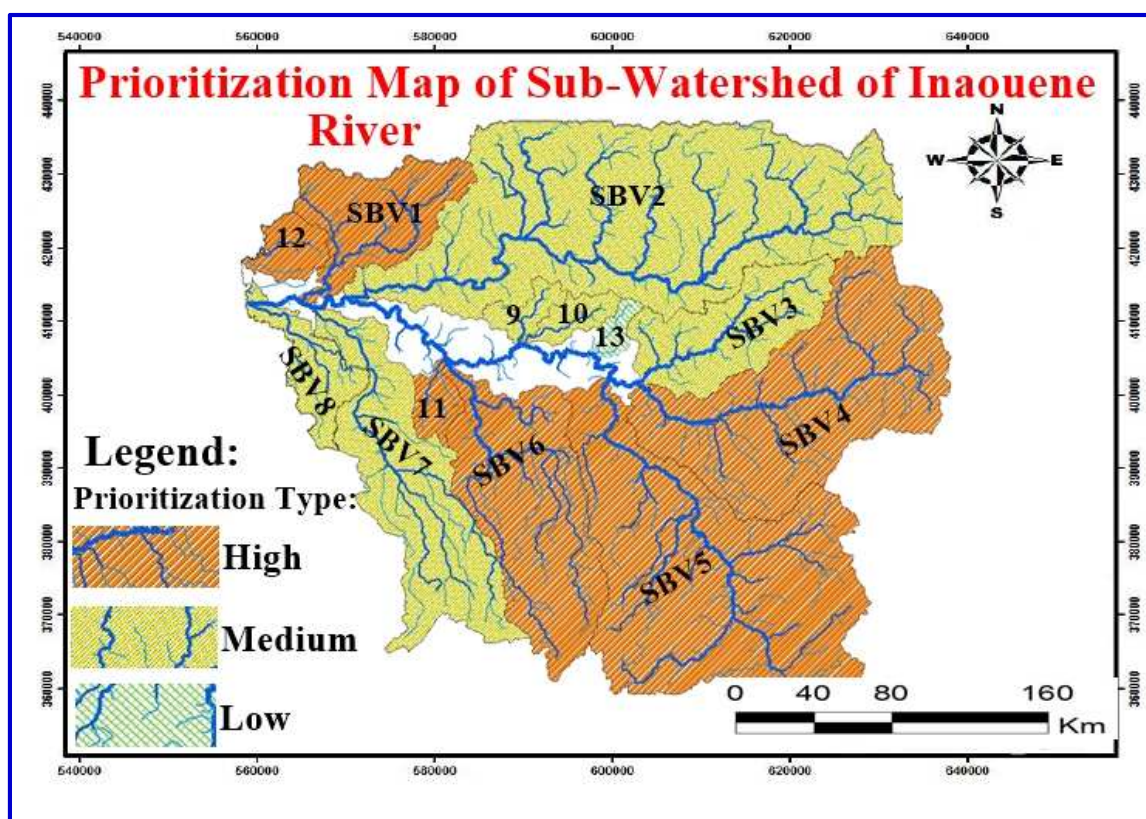


Fig. 8. Prioritization map of sub-watersheds of the Inaouene River

4 CONCLUSION

Watershed prioritization is one of the most relevant approaches in planning natural hazard management and implementation of sustainable development programs. The results of the analysis of the morphometric parameters clarified and described hydrological behavior response of the Inaouene watershed river. They allowed a hierarchy of sub-watersheds in terms of prioritization. The analysis of the number of streams using Digital Elevation Model (DEM) allowed the partition of the Inaouene sub-watershed into thirteen sub-basins. These sub-basins are characterized by different lithology, geological structure, slopes, local climatic conditions and scarce vegetation's. The watersheds SBV01, SBV04, SBV05, SBV06, SBV11 and SBV12 were classified as a high priority, and consequently are succumbed to high risk of soil erosion. The erosion phenomenon in these localities could induce the release of several natural hazards and damages. In the context of climates changes, characterized by high frequency of rainstorms, the possibility of resilient floods could take place in these breakables and susceptible sub-basins, resulting in the degradation and erosion of the soil and landslides. This situation could be accentuated by the lack of vegetation. The use of Geographical Information Systems for natural hazard mapping, in our case for soil erosion, are resulted very useful and of high interest to calculate the morphometric parameters and to establish different maps. These maps are suitable when the programs and territorial plan managements against soil erosion of the Inaouene watershed will be implemented. These results stress the immediate and special attention of decision makers of

different administrations to take measures to protect these watersheds to reduce natural hazards, in order to conserve and manage the natural resources.

REFERENCES

- [1] A. Umair and A. A. Syed, "Analysis of Drainage Morphometry and Watershed Prioritization of Romushi Sasar Catchment, Kashmir Valley, India using Remote Sensing and GIS Technology", *International Journal Advanced Research*, vol. 12, n°2, pp. 25-23, 2014.
- [2] K. Bera and J. Bandyopadhyay, "Prioritization of Watershed using Morphometric Analysis, through Geoinformatics technology: A case study of Dungra sub-watershed, West Bengal, India watershed, West Bengal, India", *International Journal of Advances in Remote Sensing and GIS*, Vol. 2, n°1, 2013
- [3] J. Naoura and L. Benaabidate, "Etude du régime hydrologique du fleuve Inaouène, Maroc septentrional", *European Scientific Journal*, vol. 35, n°10, pp. 143-153, 2014.
- [4] J. Martin, "Le moyen Atlas Central. Etude Géomorphologique", *Notes et Mémoire Service de Géologie Maroc*, pp. 258-445, 1981.
- [5] H. Sibari, S. Haidi and A. Ait Fora, "Typologie des crues et érosion mécanique dans un bassin versant de zone semi-aride : bassin versant de l'Inaouène, Maroc", *Revue Scientifique des changements planétaires et Sécheresse*, vol. 3, n°12, pp.187-93, 2013.
- [6] G. Suter, "Carte géologique du Maroc au 1/500000", *Notes et Mémoires Service Géologique du Maroc*, n°245, 1964.
- [7] A. Taoussi, "Karst et ressources en eau au moyen atlas Nordoriental", *Géomaghreb*, n°05, pp. 41-59, 2009.
- [8] M. El Haji, S. Boutaleb, R. Laamarti and L. Laarej, "Qualité des eaux de surface et souterraine de la région de Taza (Maroc)", *bilan et situation des eaux. Afrique Science*, vol. 8, n°1, pp. 67-78, 2012.
- [9] A. Dridri and A. Fadan, "Rôle du contrôle structural dans la mise en place du réseau hydrographique de Sebou et d'Inaouène entre Fès et Oued Amlil (Maroc)", *Bulletin de l'Institut Scientifique*, vol. 23, pp. 67-77, 2001.
- [10] F. El Mizani, "Contribution à l'étude des ressources en eaux dans le bassin versant d'Inaouène (Maroc, Septentrional). Thèse d'état université Sidi Mohamed Ben Abdellah Fès, faculté des sciences et Techniques Fès- Saïss, Maroc, 185p, 2006.
- [11] R.E. Horton, "Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology", *Geology Society of America, Bulletin* n°56, pp. 275-370, 1945.
- [12] Strahler, A.N., *Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks*. In: Chow, V.T (ed), *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw Hill Book Company, New York, pp. 4-11, 1964.
- [13] S. A. Schumm, "Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey", *Bulletin of Geology and Society of America*, n°67, pp. 597-646, 1956.
- [14] K. G. Smith, "Standards for grading textures of erosional topography", *American Journal of Science*, n°248, 655-668, 1950.
- [15] R. F. Hadley and S. A. Schumm, "Sediment sources and drainagebasin characteristics in upper Cheyenne River basin", *USA Geology Survey Water Supply Paper* 1531-B, 1961.
- [16] S. A. Schumm, "Geological Society of America Bulletin Sinuosity of Alluvial Rivers on the Great Plains", *Geology of Society American Bulletin*, n°74, pp. 1089-1100, 1963.
- [17] A. N. Strahler, "Quantitative analysis of watershed geomorphology", *Trans American. Geophysics Union*, n°38, pp. 913-920, 1957.
- [18] S. Singh and M. C. Singh, "Morphometric analysis of Kanhar river basin", *National Geographical Journal of India*, n°1, pp. 31- 43, 1997.
- [19] R. E. Horton, "Drainage basin characteristics. Transactions A", *Geography Union*, n°13, pp. 350-361, 1932.
- [20] Walter, W. E., Langbien, B., and others., *Topographic characteristics of drainage basins*, United states departement of the interior, Washington E-Publishing Inc: pp. 125-158, 1944.
- [21] J. Humbert, "Intérêt de la densité de drainage pour régionaliser les données hydrologiques en zone montagneuse. In : Lang, H and Mushy, A (Eds), *Hydrology in Mountainous Regions I. Hydrological Measurements, the Water Cycle*. IAHS Publ. 193, pp. 373-380, 1990.
- [22] N. S. Magesh and N. Chandrasekar, "GIS model-based morphometric evaluation of Tamiraparani subbasin, Tirunelveli district, Tamil Nadu, India", *Arabic Journal of GeoScience*, vol. 7, n°1, pp. 131-141, 2014.
- [23] H. Vestappen, *The applied geomorphology*, International Institute for Aerial Survey and Earth Science (ITC), Enschede, 1983.
- [24] S. S. Dharanirajan, "Drainage Morphometry of Flood Prone Rangat Watershed, Middle Andaman, India- A Geospatial Approach", *International Journal Innovation Techniques Exploring Engineering*, Vol. 11, n°3, pp. 15-22, 2014.

- [25] M. Rashid and R. N. Sahu, " Watershed Prioritization on the Basis of Morphometric Parameters: A Remote Sensing and GIS Based Approach ", *International Research Journal Of Sustainable Science & Engineering*, vol. 2, n°1, pp. 1-6, 2014.
- [26] R. S. Shikalgar, " Morphometric analysis and prioritization of watershed for soil resource management in Yerala basin, *Indian Streams Research Journal*, Vol. 3, n°6, 2013.
- [27] M. D. Nautiyal, "Morphometric analysis of a drainage basin using aerial photographs: a case study of khairakulli basin district Dehradun, Uttarakhand Pradesh" *Journal Indian of Society of Remote Sensing*, n°224, pp. 251- 261, 1994.
- [28] V. R. Suji, R. V. Sheeja and S. Karuppasamy, "Prioritization using morphometric analysis and land use / land cover parameter for Vazhichal watershed using remote sensing and GIS techniques", *International Journal of Innovative and Research Scientific Techniques*, vol. 1, n°2, pp. 2349-6010, 2015.
- [29] M. K. Abdel Ghany, " Quantitative Morphometric Analysis of Drainage Basins between Qusseir and Abu Dabbab Area, Red Sea Coast, Egypt using GIS and Remote Sensing Techniques", *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, vol. 4, n°1, pp. 1295-1322, 2015.
- [30] H. Gravelius : *Grundriss der gesamten Gewisserkunde. Band I: Flufkunde* (Compendium of Hydrology, vol. I. Rivers, in German). Goschen, Berlin, Germany, 1914.
- [31] B. N. Umrika, " Morphometric analysis of Andhale watershed, Taluka Mulshi, District Pune, India ", *apply water science*, vol. 6, n°20, pp. 1-13, 2016.
- [32] K. Kalaivanan, B. Gurugnanam and M. Suresh, "GIS based morphometric analysis of gadilam river basin, Tamil Nadu, India", *International Journal of Adv. Research*, vol. 7, n°2, pp. 1015- 1022, 2014.
- [33] P. Dohiphale, P. K. Sing and K. K. Yodav, "Prioritization of sub-basins in Jaismand catchment using remote sensing and geographical information system", *Imp. International Journal Research of Engineering and Techniques*, vol. 6, n°2, pp. 189-202, 2014.
- [34] B. Kartic and B. Jatisankar, " Prioritization of Watershed using Morphometric Analysis through Geoinformatics technology: A case study of Dunga subwatershed, West Bengal, India", *International Journal of Adv. Remote Sensing and GIS*, vol. 1, n°2, pp. 1-8, 2013.
- [35] S. R. Singh, "A drainage morphological approach for water resources development of the sur catchment, vidarbha region", *Journal Indian of Society of Remote Sensing*, n°341, pp. 80-88, 2006.
- [36] M. A. Melton, "Correlations structure of morphometric properties of drainage systems and their controlling agents", *Journal of Geology*, n°66, pp. 442– 460, 1958.
- [37] Y. Farhan and O. Anaba, "Watershed Prioritization Based on Morphometric Analysis and Soil Loss Modeling in Wadi Kerak (Southern Jordan) Using GIS Techniques", *International Journal of Plant & Soil Science*, vol. 10, n°6, pp. 1-18, 2016.
- [38] L. M. Mesa, "Morphometric analysis of a subtropical Andean basin Tucuman, Argentina", *Environment of Geology*, vol. 50, pp. 1235–1242, 2006.
- [39] V. Hemalatha and R. Sakthivel, "Investigation of Natural Resources and Hazards in Vashista, Swetha and Mayura Watersheds of Vellar basin, Tamil Nadu Using Geospatial Techniques Hemalatha", *International Journal of Advances in Remote Sensing and GIS*, vol. 1, n°2, pp. 133- 153, 2012.
- [40] 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, n°57, pp. 6-14, 2011.
- [41] S. Bidwas, S. Sudhakar and V.R. Desai, "Prioritization of sub-watershed based on Morphometric analysis of drainage basin, District Midnapore. West Bengal", *Journal Indian Society of Remote Sensing*, Vol. 27, n°3, pp. 155-166, 1999.
- [42] J.L. Clarke, "Morphometry from Maps. Essays in geomorphology ", *Elsevier Publications*, New York, pp. 235-274, 1996.
- [43] N. K. Ratnam, Y. K. Srivastava, V. Rao, E. Amminedu and K. S. R. Murthy, "Check dam positioning by prioritization of microwatershed using SY1 model and morphometric analysis Remote Sensing and GIS perspective", *Journal Indian of Society of Remote Sensing*, vol. 33, n°1, pp. 25-38, 2005.
- [44] J. Akram, K.M. Yousuf and A. Rizwan, " Prioritization of Subwatersheds based on Morphometric and Land Use Analysis using Remote Sensing and GIS Techniques", *Journal Indian Society of Remote Sensing*, Vol.37, pp. 261-274, 2009.

Valorisation de la pomme de cajou (*Anacardium occidentale*) et impact de la concentration sous vide à différentes températures sur la qualité du jus

[Valorization of cashew apple (*Anacardium occidentale*) and impact of vacuum evaporation at different temperatures in the juice quality]

Doudjo SORO¹, Cissé MOCTAR¹, Youssouf Kisselmina KONE¹, Emmanuel Nogbou ASSIDJO¹, Benjamin Kouassi YAO¹,
and Manuel DORNIER²

¹UMRI Sciences des Procédés Alimentaires, chimiques et Environnementaux,
Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB),
BP 1313 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

²UMR 95 Qualisud, CIRAD, Montpellier-SupAgro, TA B-95/16, 73, rue Jean François Breton,
34 398 Montpellier cedex 5, France

Copyright © 2017 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: Cashew apple, was a false fruit of cashew tree. It was not valorized because of its astringency. In the purpose of valorization of this fruit in juice, this study showed the impact of coupling of crossflow microfiltration and vacuum concentration on the juice quality. Crossflow microfiltration tests were carried out on the raw cashew apple juice followed by its concentration by vacuum concentration at different temperatures (40, 60 and 80 ° C). Different juices (clarified and concentrated) obtained were characterized and compared to the raw one. The results showed that the crossflow microfiltration eliminated tannins and therefore astringency. It was not affected the nutritional value of the juice. Concerning the vacuum evaporation, it was not influenced on titrable acidity, whatever the temperature. However, it affected the vitamin C content, color and flavor profile of the juice. This process increased losses of vitamin C depending the temperature. Regarding color, we noted that, juices concentrated has a high absorbance between 400 and 480 nm. More the temperature of vacuum evaporation was high more the absorbance was important. Finally, the flavor profile of concentrated juice obtained by vacuum evaporation was modified from the clarified juice obtained by crossflow microfiltration.

KEYWORDS: *Anacardium occidentale*, vacuum concentration, vitamin C, aromatic profile, color.

RESUME: La pomme de cajou, faux fruit de l'anacardier n'est pas valorisée à cause de son astringence. Dans le but de la valorisation de ce fruit en jus, cette étude présente l'impact du couplage de la microfiltration tangentielle et la concentration sous vide sur la qualité du jus. Des essais de microfiltration ont été réalisés sur le jus brut de pomme de cajou suivie de sa concentration sous vide à différentes températures (40, 60 et 80°C). Les différents jus (clarifié et concentrés) obtenus sont caractérisés et comparés au jus brut. Les résultats montrent que la microfiltration tangentielle permet d'éliminer les tanins et par conséquent l'astringence sans affecter la valeur nutritionnelle du jus. Concernant la concentration par évaporation sous vide, elle n'a pas d'influence sur l'acidité titrable, quelle que soit la température. Cependant, elle influe sur la teneur en vitamine C, la couleur et le profil aromatique du jus. Ce procédé induit des pertes croissantes de vitamine C en fonction de la température utilisée. Concernant la couleur, nos notons que les jus concentrés présentent une absorbance élevée entre 400 et 480 nm. Plus la température d'évaporation est élevée plus l'absorbance est importante. Enfin, le profil aromatique du jus concentré par évaporation sous vide est plus modifié par rapport au jus clarifié par microfiltration.

MOTS-CLEFS: *Anacardium occidentale*, concentration sous vide, vitamine C, profil aromatique, couleur.

1 INTRODUCTION

En 2015, la Côte d'Ivoire a produit 720 000 t de noix de cajou avec une prévision de 750 000 t en 2016 [1]. La pomme de cajou représentant 9 à 10 fois le poids de la noix, cela correspond à plus de 6 millions de tonnes de pommes de cajou. La quasi-totalité de cette production est perdue sur les lieux de récolte car elle n'est pas exploitée industriellement en Côte d'Ivoire à cause de son astringence et de certains tabous [2]. En effet, la consommation de pomme de cajou avec du lait est considérée comme incompatible dans ce pays et dans plusieurs pays africains [2]. Cette matière première présente pourtant un fort potentiel nutritionnel ([3], [4], [5], [6], [7], [8], [9]) (tableau 1) : elle est très riche en vitamine C [3], en composés polyphénoliques ([4], [5]) et présente un profil caroténoïdique très diversifié ([6],[7]). Le développement de procédés de transformation respectueux de la qualité nutritionnelle de la matière première représente un enjeu important pour valoriser ce fruit [2].

Tableau 1. Valeur nutritionnelle du jus et des tourteaux de pomme de cajou

Composition	Valeur	Références
Jus de pomme de cajou		
Extrait sec soluble (% m/v)	7,4-14,5	([3], [4])
Sucres réducteurs (% m/v)	9,04-10,4	([3], [5])
Glucose (% m/v)	3,85-4,63	([5], [6])
Fructose (% m/v)	3,90-4,52	([5], [6])
Sucrose (% m/v)	0,042-0,051	[6]
Acidité titrable (% acide malique)	0,29-1,1	[7]
Acide malique (% m/v)	0,4	[8]
Acide citrique (% m/v)	0,42-0,64	[6]
Acide Ascorbique (% m/v)	104-293,5	([3], [6])
pH	3,5-4,6	([6], [10])
Tannins totaux (mg/100 g)	0,6	[8]
Tannins condensés (mg/100 g)	0,2	[8]
Carotène (mg/100 g)	0,03-0,74	[8]
Tourteaux de pomme de cajou		
Cellulose (%)	19,21-24,3	([11], [12])
Hémicellulose (%)	12,05-12,5	([11], [12])
Lignine (%)	22,5-38,11	([11], [12])
Protéine (%)	14,2	[11]
Carbohydre non fibreux (%)	11,3	[11]

Comme pour de nombreux fruits, la principale voie de valorisation qu'il est pertinent d'envisager est la transformation en jus. Cependant, dans le cas de la pomme de cajou, cette transformation se heurte à trois principaux problèmes : l'astringence du jus liée à la présence de tannins condensés, la grande thermosensibilité du produit aussi bien en terme nutritionnel que sensoriel et la richesse en sucre réducteurs responsables des réactions de Maillard lors des traitements thermiques. Les procédés à utiliser doivent donc être développés en intégrant ces contraintes spécifiques liées au produit [2]. L'un des procédés qui permet d'éliminer l'astringence et de stabiliser les jus à basses températures est la microfiltration tangentielle.

La microfiltration tangentielle en effet, permet d'obtenir des jus clarifiés à partir des jus pulpeux. Elle est utilisée de plus en plus comme un procédé de stabilisation à froid des jus de fruits et permet de préserver les qualités nutritionnelles et organoleptiques du produit ([13], [14], [15], [16], [17], [18], [19]). Les jus clarifiés par ces procédés peuvent être utilisés comme ingrédients naturellement riches en vitamine C pour la formulation d'autres jus de fruit ou boissons rafraîchissantes sans alcool.

Concernant les opérations de concentration sous vide appelées aussi concentrations thermiques, elles revêtent une importance particulière dans les industries de jus de fruit. La saisonnalité de la production des fruits et l'éloignement fréquent des zones de production et de consommation imposent de longues périodes de stockage et de transport des produits finis. Dans le cas spécifique de la pomme de cajou, elle est disponible en Côte d'Ivoire de mi-février à fin juin ([1], [2]). L'élimination d'une partie de l'eau contenue dans les jus de fruits permet de diminuer leur volume et ainsi de limiter significativement les coûts liés au stockage et au transport. Associé à cet intérêt économique, la concentration des jus de

fruits contribue également à améliorer leur stabilité en diminuant notamment l'activité de l'eau et le pH ([20], [21], [22], [23], [24], [25]).

Vu toutes ces contraintes, cette étude a pour objectif d'éliminer l'astringence du jus de pomme de cajou par l'utilisation de la microfiltration tangentielle qui a l'avantage de se réaliser à basses températures et évaluer l'impact de la concentration sous vide à différente température sur la qualité du jus.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL BIOLOGIQUE ET PROCEDE D'OBTENTION DU JUS BRUT

Les pommes de cajou analysées proviennent de Yamoussoukro, capitale politique de la Côte d'Ivoire, région des lacs, située entre la zone forestière et la zone savanicole. Elles ont été toutes récoltées sur les arbres. Les noix ont été séparées minutieusement des pommes afin d'éviter de les blesser. Ces pommes sont constituées de pommes rouges et jaunes (figure 1).



Fig. 1. Les différentes variétés de pommes de cajou récoltées en Côte d'Ivoire

Elles sont transportées dans des bacs à l'usine école pour être transformées. Nettoyées, lavées elles sont désinfectées pendant 30 min avec 100 ppm de chlore actif. Elles sont ensuite rincées avec de l'eau avant d'être broyées. Le broyage est réalisé avec une presse à vis sans fin dont la référence est ZBK220077-88 LW74d(B) A (Chine). Cette presse a une puissance de 4,4 kW avec une vitesse de rotation de la vis de 1 440 tours.min⁻¹. Le jus pressé est stocké dans une chambre froide à -20°C pour les procédés ultérieurs et pour la caractérisation.

2.2 PRODUCTION DU JUS DE POMME DE CAJOU CONCENTRE

Pour la production du jus de pomme de cajou concentré, deux procédés ont été utilisés. D'abord la clarification par microfiltration tangentielle, qui permet d'éliminer les tannins. Ensuite la concentration sous vide à différentes température (40, 60 et 80°C) qui est un procédé de concentration thermique utilisé dans la plupart des unités de production industrielles de jus de fruit.

Concernant la clarification du jus de pomme de cajou, un pilote semi industriel de marque TIA (Techniques Industrielles Appliquées) avec une capacité de 60 L et un volume mort de 15 L a été utilisé (figure 2). Cette installation est connectée à une pompe d'alimentation qui permet la mise sous pression du circuit rétentat et une pompe de circulation qui permet la circulation tangentielle du produit. L'échangeur de chaleur inséré dans le circuit est alimenté par l'eau du réseau. Il permet de réguler la température du produit à l'intérieur de l'appareil. Le type de membrane contenue dans ce pilote est une membrane céramique à profilé multicanal de 19 canaux de diamètre 4 mm. Le diamètre de pore est de 0,2 µm et la surface filtrante est de 0,24 m². Elle est commercialisée sous la dénomination MEMBRALOX 1P19-40 (PALL-EXEKIA, Bazet, France). Pour le protocole proprement dit, il se fait en deux étapes. La concentration à volume constant où le perméat est continuellement retiré et remplacé par la même quantité de jus frais jusqu'à épuisement de celui-ci. Ensuite, la concentration à volume variable où le perméat continue d'être retiré jusqu'à la fin de l'essai. Durant tout l'essai, la vitesse et la température

tangentielles ont été fixées respectivement à 6 m.s^{-1} et 35°C . Quant à la pression transmembranaire elle a été maintenue à 1,4 bar. Le jus clarifié (JC) appelé aussi jus microfiltré est caractérisé et comparé au jus brut (JB).

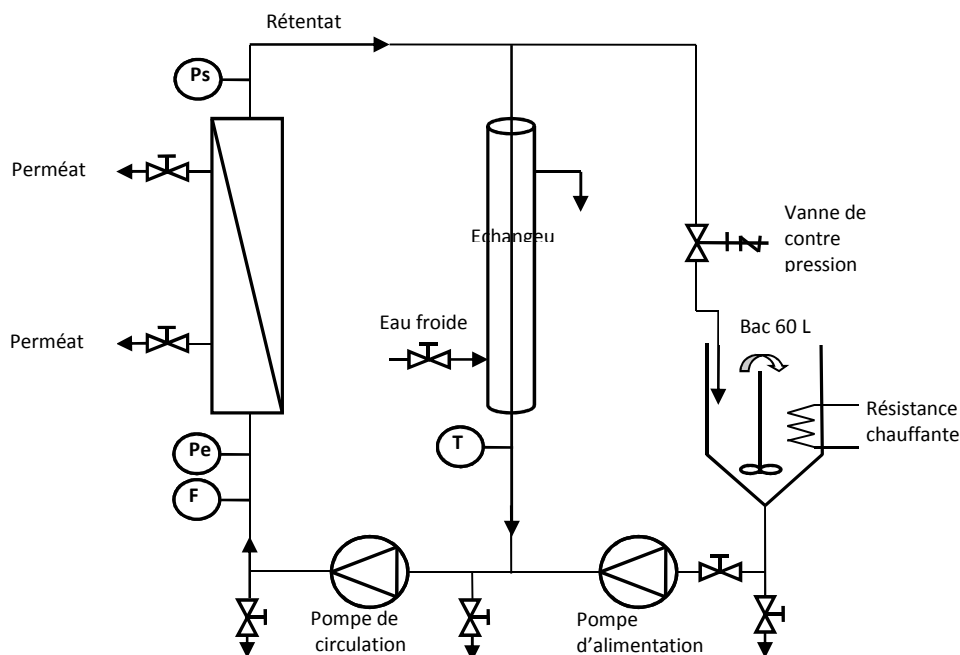


Fig. 2. Schéma du pilote semi-industriel de microfiltration tangentielle [26]

Pour l'évaporation sous vide, une boule de concentration AURIOL d'une capacité de 4 litres a été utilisée (Figure 3). Cet évaporateur est muni d'une pompe à anneau liquide qui permet de faire le vide. La température de chauffage est régulée grâce à une double enveloppe située autour de la cuve de l'évaporateur. Concernant les expériences d'évaporation sous vide, trois essais ont été réalisés à différentes températures (40 , 60 et 80°C) correspondant respectivement aux pressions de ($0,1$; $0,2$ et $0,47 \text{ bar}$) pour atteindre un extrait sec soluble (ESS) de $60 \text{ g.100}^{-1}\text{g}$. Le protocole consiste à mettre dans la cuve de l'évaporateur $2\,000 \text{ mL}$ de jus de pomme de cajou clarifié par microfiltration tangentielle. La température désirée est fixée en jouant sur la pression. L'essai est arrêté quand l'ESS souhaité est atteint. Les différents jus concentrés obtenus sont analysés et comparés au jus clarifié (JC) et au jus brut (JB).



Fig. 3. Boule de concentration sous vide de marque AURIOL

2.3 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOCHIMIQUES

Afin d'évaluer l'impact de chaque procédé sur la qualité du jus, des analyses physico-chimiques et biochimiques ont été réalisés avant et après chaque procédé. Ces analyses concernent, le pH, l'acidité titrable, les tannins totaux, la teneur en vitamine C, la couleur, l'extrait sec soluble et le profil aromatique.

2.3.1 METHODES PHYSICO-CHIMIQUES

Les méthodes des analyses physico-chimiques sont résumées dans le tableau 2.

Tableau 2. Méthodes d'analyses physico-chimiques effectuées sur le jus de pomme de cajou

Analyses	Notation	Unité	Méthode	Matériel	Précision
pH	pH	Unité pH	pH métrie	pH mètre (ORION modèle 601 A) avec correction de température	0,05 unité pH
Acidité titrable	AT	meq.L ⁻¹	Tritimétrie (NF V05-101)	NaOH 0,1N avec phénophtaléine comme indicateur coloré	
Extrait sec soluble	ESS	g.100g ⁻¹	Réfractométrie (NF V05-109)	Réfractomètre type Abbe ATAGO avec lecteur digital et correction de température	0,2 g.100g ⁻¹
Couleur	Absorbance	DO	Spectrophotométrie	Spectrophotomètre dans le visible entre 400 et 680 nm	

2.3.2 METHODES BIOCHIMIQUES

La teneur en acide ascorbique est mesurée par la méthode de titration au 2,6-dichlorophénol-indophénol (2,6-DCPIP). Cette méthode consiste en une réduction du 2,6-DCPIP et en une oxydation de l'acide ascorbique en acide déhydroascorbique. Elle permet donc une détermination de la teneur en vitamine C sous sa forme réduite (acide ascorbique). Une fois que l'oxydation de l'acide ascorbique est terminée, le 2,6-DCPIP sert d'indicateur coloré et sa présence en solution donne une couleur rose caractéristique (AOAC, 1984). Pour la préparation de la solution d'acide métaphosphorique / acide acétique, 30 g d'HPO₃ solide sont dissouts dans 80 ml d'acide acétique et 240 mL d'eau distillée. Le volume est ensuite porté à 1 000 mL par ajout d'eau distillée. Comme l'acide métaphosphorique se transforme lentement en H₃PO₄, la solution obtenue est conservée une semaine au maximum dans un réfrigérateur à 4°C. Concernant la solution de 2,6 DCPIP, 250 mg de sel de 2,6 DCPIP sodium sont dissouts dans 250 mL d'eau distillée contenant 210 mg de carbonate de sodium (NaHCO₃) puis sont mélangés vigoureusement. Le volume est ensuite porté à 1 000 mL par ajout d'eau distillée, puis filtré avant d'être conservé au réfrigérateur à 4°C. Quant à la solution standard d'acide ascorbique, 50 mg d'acide ascorbique sont pesés avec précision et dilués avec de la solution acide métaphosphorique/acide acétique dans une fiole jaugée de 50 mL protégée de la lumière. Pour le dosage, 2 mL de solution standard sont dosés avec le 2,6-DCPIP de même que 2 mL de l'échantillon.

Pour le dosage des tannins totaux, le protocole décrit par Michodjehoun-Mestres *et al.* 2009 [10] a été utilisé. Ce protocole consiste dans un premier temps à éliminer les caroténoïdes et une partie des phénols simples. Pour cela, 20 g de jus sont additionnés à 50 mL d'acétate d'éthyle puis agités pendant 15 min. Le mélange est ensuite centrifugé à 3 000 g pendant 15 min à 20°C. Le culot est récupéré dans 150 mL de mélange acétone : eau (60 :40), agité durant 60 min et centrifugé à 3 000 g pendant 15 min à 20°C. Cette opération est répétée 3 fois. Le dernier culot est récupéré dans 40 mL d'eau et additionné avec 10 mL de solution saturée de caféine. Ce mélange entraîne une floculation des tannins qui ont ensuite centrifugé à 3 000 g pendant 15 min à 20°C. Le culot est dispersé dans 20 mL de méthanol chaud additionné à 60 mL de chloroforme. Cela entraîne une floculation abondante des tannins et une décomplexation de la caféine par solubilisation dans le chloroforme. Après centrifugation à 3 000 g pendant 15 min à 20°C, et élimination du surnageant, l'opération de lavage du culot au chloroforme est répétée 4 fois. Le dernier culot (tannins bruts) est séché sur fritté n° 4 à 70°C pendant 4 heures.

Concernant la détermination du profil aromatique, la détermination des composés volatils par micro-extraction sur phase solide (SPME) a été utilisée. Elle a l'avantage de ne pas utiliser de solvant organique et ne nécessite qu'un très faible volume d'échantillon. Elle se décompose en deux étapes. La première étape, l'extraction, consiste en un équilibre de partage entre une phase solide (fibre recouverte d'un revêtement polymère) et une phase gazeuse ou liquide. Une fois les solutés adsorbés, ils sont alors désorbés thermiquement, directement dans l'injecteur du chromatographe. La deuxième étape est

l'analyse des composés d'arôme dans le chromatographe. Ce système permet une analyse à la fois qualitative et quantitative. Pour la préparation des échantillons et l'extraction, dans un tube de 10 mL, nous introduisons 4 mL de jus de pomme de cajou. Afin de réaliser une quantification des composés extraits, nous rajoutons 1 mL d'hexanol dilué à 1/1000 comme étalon interne. La fibre utilisée est une fibre SPME en polydiméthylsiloxane-divinylbenzène (PDMS-DVB, 65 µm). Avant la première utilisation, la fibre est pré-conditionnée à la température de 250°C pendant 30 min afin d'éliminer les éventuelles impuretés qui auraient pu s'y adsorber. Les différents paramètres d'analyse que sont le temps et la température d'extraction et de désorption, la vitesse d'agitation ont été préalablement optimisés. Une fois le paramétrage effectué, l'échantillon est incubé dans un four sous agitation à 250 tours.min⁻¹ pendant 30 min avant que la fibre ne vienne percer le septum et adsorber les composés présents dans l'espace de tête. Une fois l'extraction terminée, les composés sont désorbés de la fibre dans un injecteur chauffé à 250°C et analysés par GC-MS. L'analyse des composés d'arômes contenus dans les jus de pomme de cajou a été réalisée à l'aide d'un chromatographe de type Agilent 6890N en mode injection automatique sur une colonne polaire capillaire DBWAX J&W 122-7032 de 30 m de long, 0,25 mm de diamètre interne et de 0,25 µm d'épaisseur de film (Agilent Technologies, Palo Alto, USA). Le gaz vecteur utilisé est de l'hélium à un débit de 1 mL.min⁻¹. La température de l'injecteur est de 250°C. Deux µL de chaque échantillon ont été injectés avec la programmation suivante : une augmentation de la température de 3°C.min⁻¹ de 40 à 170°C suivi d'une autre augmentation de 10 °C.min⁻¹ de 170 à 240°C. Le chromatographe est couplé à un spectromètre de masse Agilent 5973 Network fonctionnant en mode impact électronique avec source d'ionisation interne de 70 eV. L'analyseur est de type quadripôle (T = 150 °C), et la température de la source est de 230 °C. L'analyse des fragments a été réalisée en mode scan de 40 à 400 uma à raison de 4,58 uma.s⁻¹ et ne débute que 5 min après l'injection de notre échantillon. Les composés ont été identifiés par comparaison avec les bases de données des spectres de composés connus Wiley275 ou NIST (version 2002). De plus, l'identité des composés a été confirmée par le calcul des indices de rétention linéaire ou indices de Kovats (IK) et leur comparaison avec ceux trouvés dans la littérature. Ces indices de rétention linéaire ont été calculés après analyse, dans les mêmes conditions de chromatographie, de la série des n-alcanes C₈-C₂₀ (Supelco, Bellefonte, USA) (équation 1).

$$IK = (100n) + 100 \frac{(Tr_i - Tr_n)}{(Tr_{n-1} - Tr_n)} \quad (\text{Équation 1})$$

avec, Tr_i, temps de rétention du composé d'arôme i, Tr_n temps de rétention de l'alcane à n carbones, et Tr_{n-1}, temps de rétention de l'alcane suivant.

Pour comparer l'effet des différents procédés (clarification, osmose inverse, évaporation osmotique et évaporation sous vide) sur les composés d'arôme extraits présents dans les jus de pomme de cajou, nous avons utilisé la méthode de l'étalon interne. En connaissant la quantité d'étalon interne rajoutée à nos échantillons et sachant l'aire que cette masse représente, il est possible à partir des aires des pics des composés, d'accéder à leur masse dans l'échantillon par l'équation 2.

$$\frac{Ci}{Ce} = \frac{Ai}{Ae} * \frac{Ki}{Ke} \quad (\text{Équation 2})$$

Avec, mi et me correspondant respectivement aux masses du constituant i et de l'étalon interne, Ai et Ae les aires de pic du constituant i et de l'étalon interne et Ki et Ke les coefficients de réponse du composé d'arôme i et de l'étalon interne. Dans notre cas pour simplifier les calculs, nous avons considéré que Ki = Ke.

Pour mieux évaluer l'effet du processus de concentration sur le produit initial, nous avons déterminé la distance aromatique (DA) entre le produit final et le produit initial dans un espace aromatique à n dimensions en utilisant l'équation 3.

$$DA = \sqrt{\sum_{i=1}^n (A_1 - A_2)^2} \quad (\text{Équation 3})$$

avec A₁ et A₂ représentant les aires du composé d'arôme i respectivement avant et après concentration.

2.4 ANALYSE STATISTIQUE

Toutes les mesures des paramètres physico-chimiques et biochimiques ont été effectuées en triple et les données ont été sujettes à une analyse de variance. Le test de Duncan a été utilisé pour classer les moyennes au cas où il existerait une différence significative. Toutes ces analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel SPSS 17.0. La signification statistique a été définie à 0,05.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats des analyses physico-chimiques sont résumés dans le tableau 3.

Tableau 3. Effet des différents procédés sur la qualité du jus de pomme de cajou

	ESS (g.kg ⁻¹)	pH	Acidité titrable (g d'acide malique.kg ESS ⁻¹)	Tanins totaux (g.kg ⁻¹)	Vitamine C (g.kg ESS ⁻¹)
Jus brut (JB)	100 (1) ^a	4,03 (0,22) ^b	20,8 (0,2) ^c	2,41 (0,07) ^d	15,00 (0,49) ^f
Jus Clarifié (JC)	100 (1) ^a	4,05 (0,12) ^b	21,1 (0,3) ^c	0 ^e	14,14 (0,49) ^f
Jus concentré par EV à 40	649 (2)	4,21 (0,22) ^b	20,7 (0,3) ^c	0 ^e	12,37 (0,24) ^g
Jus concentré par EV à 60	618 (2)	4,19 (0,13) ^b	20,5 (0,5) ^c	0 ^e	12,06 (0,32) ^{gh}
Jus concentré par EV à 80	586 (2)	4,22 (0,20) ^b	20,4 (0,3) ^c	0 ^e	11,23 (0,26) ^h

Les résultats du tableau 3 montrent que la microfiltration tangentielle permet de retenir tous les tannins. La forte rétention des tannins diminue l'astringence du jus sans affecter la valeur nutritionnelle. Concernant l'extrait sec soluble, le pH, l'acidité titrable et la teneur en vitamine C, il n'y a pas de différence significative entre ces grandeurs avant et après clarification. Cependant une perte de 5,7% de la vitamine C est observée. Cette perte pourrait être due aux conditions de réalisation de l'essai de la microfiltration tangentielle. En effet, lors de l'essai, aucune précaution particulière n'a été prise contre l'oxydation du jus. L'appareil est rempli au départ avec 60 L de jus brut, puis toutes les 10 min le bac d'alimentation est ouvert afin d'ajouter la quantité de jus correspondante au jus clarifié recueilli. De l'air est ainsi régulièrement entraîné dans le bac d'alimentation qui peut alors oxyder la vitamine C.

L'évaporation sous vide, permet de concentrer jusqu'à 6 fois le jus de pomme de cajou avec une rétention totale de l'extrait sec soluble et par conséquent de l'acidité totale. Elle n'a donc pas d'influence sur l'acidité, quelle que soit la température. Cependant, elle influe sur la teneur en vitamine C. Ce procédé induit des pertes croissantes en fonction de la température utilisée. Les pertes sont respectivement de 13 ; 15 et 21% à 40, 60 et 80°C. La qualité vitaminique du produit est donc affectée.

Concernant les résultats du profil aromatique, seuls ont été pris en compte les composés d'arôme qui ont présenté des aires de pic répétables c'est à dire avec des coefficients de variation inférieurs à 10%. A l'analyse des données du tableau 4, nous constatons que l'étape de la clarification modifie le profil aromatique du jus (distance aromatique de 121). Compte tenu de la température de traitement utilisé (35°C), une perte par volatilisation est peu probable. Certains composés d'arôme pourraient être retenus par la membrane car associés à la fraction insoluble (adsorption). Toutefois cette valeur est plus faible comparée à celles obtenues par évaporation sous vide (457 à 460 en fonction de la température). Cela nous permet de conclure que le procédé d'évaporation sous vide quelle que soit la température a une influence sur le profil aromatique. Il est altéré comparé au jus non concentré (JC).

Tableau 4. Comparaison des différentes teneurs en $\mu\text{g.L}^{-1}$ des composés d'arôme des jus de pomme de cajou obtenus par différents procédés

N°	Nom des composés d'arôme	Tr (min)	JB	JC	JEV 40	JEV 60	JEV 80
1	Ethanol	3,58	180	146	0	0	0
2	Butanoate d'éthyle	5,10	22	8	0	0	0
3	3-carène	7,35	33	1	0	0	0
4	Pentanoate de propyle	7,86	8	3	0	0	0
5	2-Buténoate d'éthyle	8,17	23	14	0	0	0
6	3-méthyl pentanoate d'éthyle	8,60	11	5	0	0	0
7	3-méthyl-1-butanol	10,04	36	40	0	0	0
8	2-méthyl-2-butenate d'éthyle	10,61	79	35	0	0	0
9	Octanal	12,49	30	10	0	0	0
10	Cis-3-hexénol	16,47	22	21	0	0	0
11	3-Octanol	17,01	8	18	21	22	22
12	3-méthyl butanoate cis-3-hexenyle	20,45	42	2	0	0	0
13	Benzaldehyde	21,28	41	41	68	101	89
14	2-hydroxy-4-methylpentaoate d'éthyle	21,47	422	512	0	0	0
15	Octanol	23,40	34	29	0	0	0
	Distance aromatique			JB-JC	JC-JEV 40	JC-JEV 60	JC-JEV 80
				121	457	460	459

Enfin, concernant la couleur, L'analyse des courbes de la figure 3 montre que le jus brut (JB) et le jus clarifié (JC) par microfiltration tangentielle, présentent des spectres très similaires. Par conséquent ils ont la même couleur. Il n'y a pas de formation de nouveaux composés colorés lors du procédé de clarification. Par contre, les jus concentrés, obtenus par évaporation sous vide à différentes températures, présentent une absorbance élevée entre 400 et 480 nm. Plus la température d'évaporation est haute plus l'absorbance est importante. Cette gamme de longueur d'ondes est caractéristique des composés issus de la réaction de Maillard. L'évaporation sous vide génère donc ces réactions de brunissement non enzymatique qui conduisent à la formation de mélanoidines, composés bruns foncés. Le jus de pommes de cajou étant riche en sucres réducteurs, ces sucres réagissent avec les acides aminés des protéines du jus lors du traitement thermique et donnent des composés colorés. Ces réactions sont nettement mises en évidence à partir de 60°C et semblent être déjà présentes à 40°C.

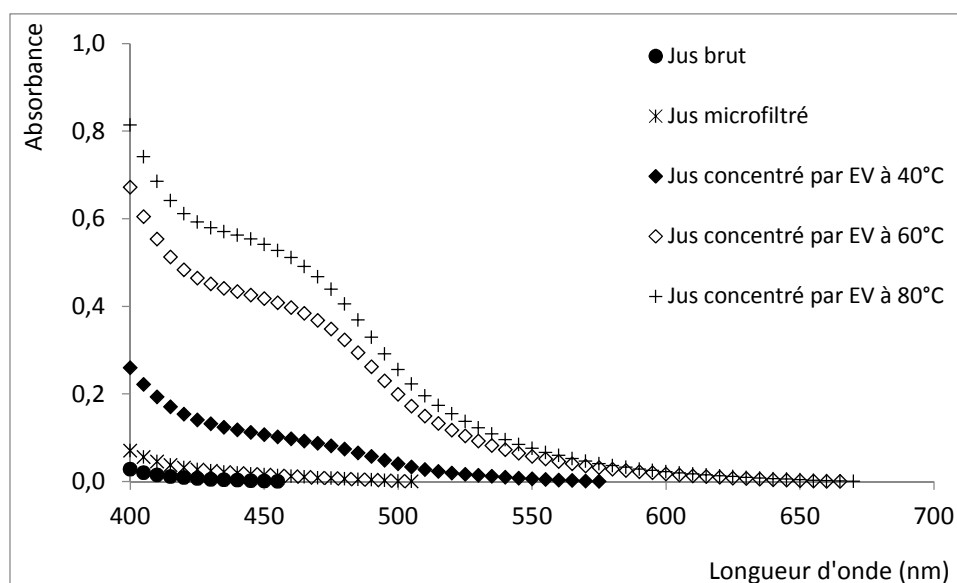


Fig. 4. Spectre d'absorption des différents jus de pommes de cajou (mesures réalisées après filtration sur membrane de 0,45 μm et après redilution au même extrait sec soluble)

4 CONCLUSION

En initiant ce travail, l'objectif était de s'assurer si la valorisation de la pomme de cajou en jus était possible malgré son astringence. Les résultats montrent qu'elle peut être valorisée valablement en jus, pourvue que les procédés utilisés tiennent compte des contraintes de la matière première. La microfiltration tangentielle permet d'éliminer les tannins totaux sans altérer la valeur nutritionnelle. Cette élimination des tannins rend le jus moins astringent et par conséquent agréable à consommer. En revanche, les essais de microfiltration tangentielle doivent se faire en fermant le bac d'alimentation du pilote car l'incorporation continue de l'air entraîne une oxydation de la vitamine C du jus. Concernant l'évaporation sous vide, elle affecte la qualité nutritionnelle et particulièrement l'arôme, la couleur et la teneur en vitamine C quelle que soit la température. L'une des voies alternatives serait d'utiliser l'évaporation osmotique qui a l'avantage de se réaliser à froid.

En effet L'évaporation osmotique est un procédé membranaire développé principalement pour la concentration des liquides thermosensibles ([16], [21], [24], [27]). Son principal avantage est sa capacité à concentrer des solutions jusqu'à des teneurs en solutés très élevées (600 à 700 g.kg⁻¹ pour les jus de fruits) à faible température et faible pression. Cela garantit un minimum de dommages thermiques ou mécaniques du produit ([24], [27], [28], [29], [30], [31]). L'évaporation osmotique est un procédé particulièrement intéressant pour compléter ou remplacer d'autres procédés de concentration à basse température comme l'osmose inverse. Les applications industrielles du procédé d'évaporation osmotique concernent la concentration des jus de fruits. Ainsi, beaucoup d'études ont été réalisées pour optimiser les conditions opératoires du procédé en vue d'applications industrielles ([16], [17], [26], [27], [32], [33], [34], [35]). Généralement, les jus sont concentrés après avoir été clarifiés par filtration

Enfin, la valorisation de la pomme de cajou en jus, contribuera à stabiliser l'exploitation des anacardiens. Elle permettra également de créer de nouvelles activités économiques créatrices d'emplois et, par conséquent lutter contre le chômage en Côte d'Ivoire en particulier et de façon général dans les pays Africains producteurs de pomme de cajou.

REFERENCES

- [1] Anonyme, « Documents internes du conseil du Coton et de l'Anacarde de Côte d'Ivoire » ; *Ministère de l'Agriculture et du développement rural de la république de Côte d'Ivoire*, Abidjan, (2016)
- [2] Soro Doudjo, abreu Fernando, Assidjo Emmanuel, Yao Benjamin and Dornier Manuel, "The cashew (*Anacardium occidentale*) industry in côte d'ivoire: analysis and prospects for development" *Fruits*,. Vol 66 n°4, pp 237-245, 2011.
- [3] Oduwale, O.O; Akinwale, T.O. and Olubamiwa, O. "Economic evaluation of a locally fabricated extraction machine for a cottage cashew juice factory", *The Journal of Food Technology in Africa, Nairobi, Kenya*. Vol 6 n°1 pp18-20, 2001.
- [4] Zepka LQ and Mercadante AZ, "Degradation compounds of carotenoids formed during heating of a simulated cashew apple juice", *Food Chemistry* vol 117, pp 28-34, 2009
- [5] Honorato, T.L., M.C. Rabelo, L.R.B. Gonçalves, G.A.S. Pinto, and S. Rodrigues, "Fermentation of cashew apple juice to produce high added value products", *World Journal of Microbiology and Biotechnology* vol 23, pp 1409-1415, 2007
- [6] Azevedo, D.C.S., and A. Rodrigues, "Obtainment of high-fructose solutions from cashew (*Anacardium occidentale*) apple juice by simulated moving-bed chromatography", *Separation Science and Technology*, vol 35, pp 2561-2581, 2000
- [7] Inyang, U.E., and U.J. Abah, "Chemical composition and organoleptic evaluation of juice from steamed cashew apple blended with orange juice", *Plant Foods for Human Nutrition*, vol 50, pp 295-300, 1997
- [8] Rocha, M.V., M.C. Souza, S.C. Benedicto, M.S. Bezerra, G.R. Macedo, G.A. Pinto, and L.R. Gonçalves, "Production of biosurfactant by *Pseudomonas aeruginosa* grown on cashew apple juice", *Applied Biochemistry and Biotechnology*, vol 136 n° 140, pp 185-194, 2007.
- [9] Assunção, R. B. and A. Z. Mercadante, "Carotenoids and ascorbic acid composition from commercial products of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.)," *Journal of Food Composition and Analysis* vol 16 n°6, pp 647-657, 2003.
- [10] Michodjehoun-Mestres, L., J.-M. Souquet, H. Fulcrand, C. Bouchut, M. Reynes and J.-M. Brillouet, "Monomeric phenols of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.)," *Food Chemistry* vol 112 n°4, pp 851-857, 2009.
- [11] Rocha, M., T. Rodrigues, G. De Macedo, and L. Gonçalves, "Enzymatic hydrolysis and fermentation of pretreated cashew apple bagasse with alkali and diluted sulfuric acid for bioethanol production", *Applied Biochemistry and Biotechnology*, vol 155, pp 104-114, 2009a.
- [12] Rodrigues, M. R. C. ; Rondina, D. ; Araujo, A. A. ; Souza, A. L. ; Nunes-Pinheiro, D. C. ; Fernandes, A. A. O. ; Ibiapina, F. L., "Reproductive and metabolic responses of ewes fed dehydrated cashew apple bagasse during the postpartum period", *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, vol 63 n°1, pp 171-179, 2011.
- [13] Abreu, F., A. M. Perez, M. Dornier and M. Reynes, "Potentialités de la microfiltration tangentielle sur membranes minérales pour la clarification du jus de pomme de cajou", *Fruits*, vol 60, pp 33-40, 2005.

- [14] Almandoz, C., C. Pagliero, A. Ochoa and J. Marchese, "Corn syrup clarification by microfiltration with ceramic membranes", *Journal of Membrane Science* vol 363 n°1 et 2, pp 87-95, 2010.
- [15] Campos, D. C. P., A. S. Santos, D. B. Wolkoff, V. M. Matta, L. M. C. Cabral and S. Couri, "Cashew apple juice stabilization by microfiltration," *Desalination* vol 148 n°1 à 3, 61-65, 2002.
- [16] Cissé, M., F. Vaillant, D. Soro, M. Reynes and M. Dornier, "Crossflow microfiltration for the cold stabilization of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract," *Journal of Food Engineering* vol 106 n°1, pp 20-27, 2011.
- [17] Vaillant, F., A. Millan, M. Dornier, M. Decloux and M. Reynes, "Strategy for economical optimisation of the clarification of pulpy fruit juices using crossflow microfiltration", *Journal of Food Engineering*, vol 48 n°1, pp 83-90, 2001.
- [18] Matta, V. M., R. H. Moretti and L. M. C. Cabral, "Microfiltration and reverse osmosis for clarification and concentration of acerola juice." *Journal of Food Engineering*, vol 61, n°3, pp 477-482, 2004.
- [19] Laorko, A., Z. Li, S. Tongchitpakdee and W. Youravong, "Effect of gas sparging on flux enhancement and phytochemical properties of clarified pineapple juice by microfiltration," *Separation and Purification Technology* vol 80 n°3, pp 445-451, 2011.
- [20] Vincze, I., E. Bányai-Stefanovits and G. Vatai, "Concentration of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) juice with membrane separation", *Separation and Purification Technology*, vol 57, pp 455–460, 2007.
- [21] Alves, V. D. and I. M. Coelho, "Orange juice concentration by osmotic evaporation and membrane distillation: A comparative study," *Journal of Food Engineering*, vol 74 n°1 pp 125-133, 2006.
- [22] Cassano, A., B. Jiao and E. Drioli, "Production of concentrated kiwifruit juice by integrated membrane process," *Food Research International* vol 37, n°2, pp 139-148, 2004.
- [23] Cassano, A. and E. Drioli, "Concentration of clarified kiwifruit juice by osmotic distillation." *Journal of Food Engineering*, vol 79, n° 4, pp 1397-1404, 2007.
- [24] Cissé, M., F. Vaillant, S. Bouquet, D. Pallet, F. Lutin, M. Reynes and M. Dornier, "Athermal concentration by osmotic evaporation of roselle extract, apple and grape juices and impact on quality," *Innovative Food Science & Emerging Technologies* vol 12 n° 3, pp 352-360, 2011.
- [25] Koroknai, B., K. Kiss, L. Gubicza and K. Belafi-Bako, "Coupled operation of membrane distillation and osmotic evaporation in fruit juice concentration," *Desalination* vol 200, n° 1 à 3, 526-527, 2006.
- [26] Soro Doudjo, "Couplage des de procédés membranaires pour la clarification et la concentration du jus de pomme de cajou: performances et impacts sur la qualité des produits", *Thèse de doctorat du centre international d'études supérieures en sciences agronomiques spécialité génie des procédés*, 156 p, soutenue à Montpellier SupAgro le 17 décembre 2012.
- [27] Vaillant, F., M. Cisse, M. Chaverri, A. Perez, M. Dornier, F. Viquez and C. Dhuique-Mayer, "Clarification and concentration of melon juice using membrane processes," *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol 6, n° 2, pp 213-220, 2005.
- [28] Vaillant Fabrice, "Clarification et concentration de jus de fruits tropicaux pulpeux associant traitements enzymatiques, microfiltration tangentielle et évaporation osmotique". *Génie des procédés*, Montpellier, Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires, Doctorat: 247 pages, 2000.
- [29] Ali, F., M. Dornier, A. Duquenoy and M. Reynes, "Evaluating transfers of aroma compounds during the concentration of sucrose solutions by osmotic distillation in a batch-type pilot plant." *Journal of Food Engineering* vol 60, n°1, pp1-8, 2003.
- [30] Cissé Mady, "Stabilisation, microfiltration tangentielle et concentration de différents jus de fruits tropicaux," *Sciences et technologie des aliments*, Dakar, Université cheick Anta Diop. Thèse de Doctorat: 209 pages, 2007.
- [31] Cissé Mady, "Couplage des procédés membranaires pour la production d'extraits anthocyaniques: application à *Hibiscus sabdariffa*," *UMR-Qualisud*, Montpellier SupAgro, Thèse de Doctorat, 201 pages. 2010.
- [32] Valdés, H., J. Romero, A. Saavedra, A. Plaza and V. Bubnovich, "Concentration of noni juice by means of osmotic distillation" *Journal of Membrane Science* vol 330 n° 1 à 2, pp 205-213, 2009.
- [33] Tomaszewska, M., M. Gryta and A. W. Morawski, "Study on the concentration of acids by membrane distillation," *Journal of Membrane Science*, vol 102, pp 113-122, 1995.
- [34] Shaw, P. E., M. Lebrun, M. Dornier, M. N. Ducamp, M. Courel and M. Reynes, "Evaluation of Concentrated Orange and Passionfruit Juices Prepared by Osmotic Evaporation," *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* vol 34 n° 2, pp 60-65, 2001.
- [35] Bánvölgyi, S., S. Horváth, E. Békássy-Molnár and G. Vatai, "Concentration of blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) juice with nanofiltration," *Desalination* vol 200 n° 1 à 3, pp 535-536, 2006.

التسويق الابتكاري ودوره في تحقيق الميزة التنافسية المستدامة لعدد من الفنادق في مدينة دهوك: دراسة استطلاعية

[Innovative Marketing and its role in achieving sustainable competitive advantage for a number of hotels in Duhok city: a prospective study]

الدكتور خيري علي اوسو¹ و أ. أفين سليم نوري²

¹استاذ مساعد- الكلية التقنية الادارية- جامعة بوليتكنيك دهوك- العراق

²مدرس- الكلية التقنية الادارية- جامعة بوليتكنيك دهوك- العراق

Khairi Ali Auso¹ and Aveen Salim Nuree²

¹Assistant Professor, Technical Collage of Administration, Duhok Polytechnic University, Iraq

²Lecturer, Technical Collage of Administration, Duhok Polytechnic University, Iraq

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The research aims to test the relationship between innovative marketing and sustainable competitive advantage at some hotels in Dohuk city. To achieve the research goal and complete the requirements, researchers proceeded to prepare a theoretical framework from the literature. Research sample consisted from (55) of the managers in these hotels. A questionnaire has been developed to collect field-side data. Through some statistical methods, results and hypotheses have been analyzed and tested. Conclusions represented the adoption of researched hotels to the concept of innovative marketing with high level of acceptance. Correspondingly, the research owned sustainable competitive advantage with high level of acceptance. The research found set of proposals represented the need of enhancing the attention of innovative marketing and sustainable competitive advantage, and the development and progress of innovation among workers in the surveyed hotels.

KEYWORDS: innovative marketing, sustainable competitive advantage.

ملخص: يهدف البحث الى اختبار العلاقة بين التسويق الابتكاري والميزة التنافسية المستدامة على مستوى عدد من الفنادق في مدينة دهوك، وتحقيقاً لهدف البحث وإكمال متطلباته باشر الباحثان بإعداد إطار نظري بالإفادة من أدبيات الموضوع، تكونت عينة البحث من (55) من المديرين في هذه الفنادق، وجرى تطوير استبانة لجمع بيانات الجانب الميداني، ومن خلال بعض الأساليب الإحصائية تم تحليل النتائج واختبار الفرضيات، تمثلت أهم الاستنتاجات بتبني الفنادق المبحوثة لمفهوم التسويق الابتكاري في العناصر المختلفة وبمستوى قبول عالي، كما تمتلك الميزة التنافسية المستدامة بجميع الابعاد وبمستوى قبول عالي، وتوصل البحث إلى مجموعة من المقترحات تمثلت أهمها بضرورة تعزيز الاهتمام بالتسويق الابتكاري والميزة التنافسية المستدامة، وكذلك تنمية وتطوير روح الابتكار لدى العاملين في الفنادق المبحوثة.

كلمات دلالية: التسويق الابتكاري، الميزة التنافسية المستدامة.

المقدمة

تسارعت التطورات الفكرية والعلمية في مختلف مجالات الحياة خلال السنوات الماضية على مستوى العالم بأسره، وربما سبق احدها الآخر، وساعد بعضها البعض الآخر في اعطائه زخماً إضافياً، وتلاقت بعض المجالات في حقول عديدة لتثري بعضها، كما طبق القسم من الناحية العملية للنهوض بها، كل ذلك بهدف تحقيق النجاح والميزة التنافسية المستدامة للمنظمة.

أسباب كثيرة دعت لهذا التسارع لعل أهمها يكمن في التحديات التي تواجه العالم كزيادة حدة التنافس بين المنظمات وانتشار تقنية المعلومات وشبكة الانترنت، والتغيير المستمر في متطلبات الزبائن، وقد انعكست هذه التحديات على عمل الفنادق في اقليم كردستان بشكل عام ومدينة دهوك بشكل خاص، وقد لاحظت هذه الفنادق الفجوة الكبيرة بينها وبين الفنادق الإقليمية والدولية، ما دفع بالعديد منها، وخاصة في مدينة دهوك تقليل تلك الفجوة من خلال تبني اساليب بهدف تقديم افضل المنتجات الى الزبائن وكسب ولائهم، ولعل من اهم تلك الاساليب التسويق الابتكاري باعتباره من الاساليب المهمة لتلبية متطلبات الزبائن وضمان استمرار وتطور المنظمة لدوره على تطوير منتجات جديدة واساليب تسويقية مبتكرة تتلاءم مع طبيعة المنتجات التي تقدمها وطبيعة الأسواق الموجهة إليها هذه المنتجات، وضمن منحى اخر ظهرت الميزة التنافسية المستدامة خلال السنوات الاخيرة من القرن الماضي كاحد الموضوعات المعاصرة في مجال الادارة، واصبحت من بين الاولويات الأساسية للمنظمات المعاصرة، اذ ان قياس نجاح المنظمة واستمرارها يقتزن بمدى قيامها بانتاج وتقديم منتجات متوافقة مع توجهات الحكومة والمجتمع والزبائن وصديقة للبيئة لا تلحق اضراراً بها.

وتعزز المعطيات السابقة من ادراكنا بان المنظمات المعاصرة تواجه تحديات كبيرة، وتحتاج الى اساليب حديثة لمواجهة، وبشكل كل من التسويق الابتكاري والميزة التنافسية المستدامة اهم هذه الاساليب، فالتسويق الابتكاري يتمثل في ايجاد افكار جديدة تساهم بشكل او اخر في التوصل الى كل ما هو جديد يضيف قيمة الى المنتجات بشكل أكبر وأسرع من المنافسين، وضمن سياق اخر اصبحت الميزة التنافسية المستدامة أحد أهم مفاهيم الادارة وأكثرها شيوعاً، اذ لا يمكن استثناء اية منظمة معاصرة لا تعطي اهمية للميزة التنافسية المستدامة، وذلك بسبب المكاسب التي يتم تحقيقها من قبل المنظمات التي تتبنى هذا المفهوم.

وتعد الفنادق من اهم المنظمات التي عرفت تطوراً سريعاً خلال السنوات السابقة في مدينة دهوك، باعتبارها سوقاً ناشئاً يتغير مع التغيير الحاصل في البيئة، ويعد مجالاً مهماً لتحقيق الابتكار، لذلك لا بد لها تبني الابتكار في عناصر المزيج التسويقي بشكل يضمن تحقيق الرضا للزبائن وتعزيز الولاء لديهم.

وبموجب ما سبق وفيما يخص البحث الحالي في موضوع المتغيرات التي تم اختيارها، والعلاقات التفاعلية بينها يمكننا الاستناد على افتراض ان الميزة التنافسية المستدامة يمكن تحقيقها باعتماد مفهوم التسويق الابتكاري شريطة توفر الوسائل المناسبة لذلك.

واتساقاً مع ما تقدم ولأهمية التسويق الابتكاري ودوره في تحقيق الميزة التنافسية المستدامة فقد وجدنا من المناسب بحث هذين الموضوعين على مستوى عدد من الفنادق في مدينة دهوك لتحديد موقفها منها وصولاً إلى استكشاف طبيعة علاقات الارتباط والتأثير والتباين بينهما، وقد اتخذ البحث مساره النظري والعملية على وفق المباحث الآتية:

المبحث الاول: الاطار المنهجي للبحث.

المبحث الثاني: الاطار النظري للبحث.

المبحث الثالث: الاطار العملي للبحث .

المبحث الاول

الاطار المنهجي للبحث

اولاً: مشكلة البحث

تعد صناعة السياحة بشكل عام والفنادق بشكل خاص من اوسع الصناعات انتشاراً وتطوراً على مستوى العالم، كما اصبحت واقعا حضارياً ونشاطاً اقتصادياً واجتماعياً يضم مرافق عديدة تخترق قطاعات مختلفة، وتعد رافداً أساسياً في التنمية الاقتصادية، ولذلك نجد ضخامة الاستثمارات فيه، اذ تعتمد العديد من الدول عليها كمصدر مهم من مصادر الدخل، واستطاعت الحصول على مدخولات سنوية كبيرة، ويعد مصدراً مهماً لدعم المستوى الاقتصادي والاجتماعي للأفراد.

وبموجب ما تقدم أعدت دراسة استطلاعية موجهة إلى المديرين في عدد من الفنادق تستثير فيهم التفكير بالتسويق الابتكاري والميزة التنافسية المستدامة كموضوعات مهمة يمكن من خلالها تحقيق النجاح التسويقي لها، لقد ركزت المجموعة الأولى من أسئلة الاستبيان على المعلومات العامة للمديرين، وركزت المجموعة الثانية من الاسئلة على استطلاع آراء المديرين بالتسويق الابتكاري، فيما استطلعت المجموعة الثالثة من الاسئلة آرائهم حول الميزة التنافسية المستدامة، وعموماً فان مشكلة البحث تكمن في الإجابة عن السؤال التالي:

كيف يمكن للتسويق الابتكاري ان يساهم في تحقيق الميزة التنافسية المستدامة من وجهة نظر المديرين في عدد من فنادق الدرجة الممتازة والاولى في مدينة دهوك؟

ويتفرع من هذا التساؤل، التساؤلات الفرعية الآتية :

- 1- ماهي اهمية التسويق الابتكاري للفنادق المبحوثة؟
- 2- هل للتسويق الابتكاري دور في تطوير الفنادق المبحوثة؟
- 3- ماهي الميزة التنافسية المستدامة، وماهي دوافع استخدامها من قبل الفنادق المبحوثة؟
- 4- كيف يمكن بناء ميزة تنافسية مستدامة للفنادق المبحوثة مقارنة بالمنافسين الآخرين ؟
- 5- ماهو دور التسويق الابتكاري في تحقيق الميزة التنافسية المستدامة في الفنادق المبحوثة؟

ثانيا : أهمية البحث

تتمثل أهمية البحث في الآتي:

- 1- **الأهمية الأكاديمية.** تتمثل أهمية البحث نظريا في تناوله لموضوعات حديثة ، لا سيما التسويق الابتكاري والميزة التنافسية المستدامة فمتغيري البحث يعدان من المتغيرات حديثة العهد نسبيا ضمن المجال الإداري، إذ يمثل الربط بينهما إضافة علمية متواضعة.
- 2- **الأهمية الميدانية.** تتمثل أهمية البحث ميدانيا في دور الفنادق كجزء أساسي في عملية التنمية الاقتصادية، واحد اهم الموارد المالية للدولة من خلال الحصول على العملات الأجنبية الصعبة ودعم الاقتصاد الوطني، وتوفير فرص العمل، وتقديم خدمات متنوعة للزبائن وتعزيز النشاط السياحي.

ثالثا: أهداف البحث

يسعى البحث الى تحقيق الاهداف الآتية:

- 1- التعرف على واقع التسويق الابتكاري والميزة التنافسية المستدامة في الفنادق المبحوثة، ودرجة الاهتمام بهما.
- 2- تقديم معلومات نهم الفنادق المبحوثة، ومدعمة بأراء المديرين الذين استطلعت آرائهم، والتي تعكس الواقع الحقيقي لها، وبما يساعد تلك الفنادق الاستفادة من تلك المعلومات حاليا ومستقبلا.
- 3- تقييم متغيري البحث والمتمثلة بالتسويق الابتكاري والميزة التنافسية المستدامة في ضوء تحليل استجابات المديرين لفقرات الاستبانة، والذي يعكس واقع المتغيرين في الفنادق المبحوثة، والتي من الممكن تعميم نتائجها على باقي الفنادق الاخرى.
- 4- إلقاء الضوء على طبيعة علاقات الارتباط والتأثير والتباين بين متغيري البحث، وذلك على مستوى الفنادق المبحوثة.
- 5- محاولة الوصول الى أستنتاجات وتوصيات للفنادق المبحوثة قد تساعد في ايجاد حلول للمشكلات التي تعاني منها وتعزيز نقاط القوة التي تمتلكها.

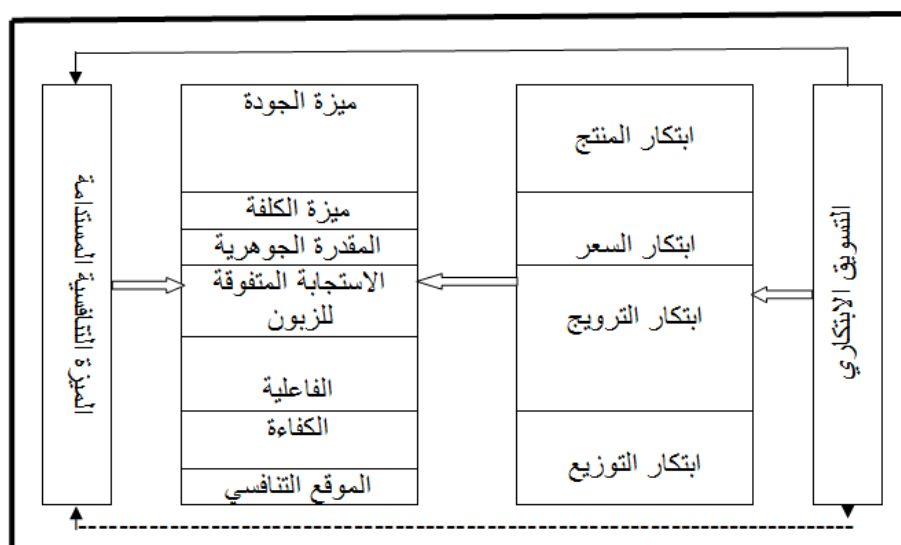
رابعا: نموذج البحث

يتضمن البحث الحالي المتغيرات الآتية: الشكل (1)

- 1- المتغير المستقل. يتمثل في التسويق الابتكاري وعناصره كالابتكار في المنتج والسعر والترويج والتوزيع.
- 2- المتغير المعتمد. يتمثل في الميزة التنافسية المستدامة وأبعادها كميزّة الجودة وميزة الكلفة والمقدرة الجوهرية والاستجابة للزبون والفاعلية والكفاءة والموقع التنافسي.

خامسا : فرضيات البحث

- الفرضية الرئيسة الاولى. توجد علاقة ارتباط معنوية موجبة بين عناصر التسويق الابتكاري وأبعاد الميزة التنافسية المستدامة.
- الفرضية الرئيسة الثانية. يوجد تأثير معنوي موجب لعناصر التسويق الابتكاري مجتمعة في أبعاد الميزة التنافسية المستدامة مجتمعة .
- الفرضية الرئيسة الثالثة. يوجد تأثير معنوي موجب لعناصر التسويق الابتكاري منفردة في أبعاد الميزة التنافسية المستدامة مجتمعة.
- الفرضية الرئيسة الرابعة. تتباين الفنادق المبحوثة في تحقيق الميزة التنافسية المستدامة بسبب تباين الاعتماد على عناصر التسويق الابتكاري.



الشكل (1)

نموذج البحث الفرضي

المبحث الثاني

الاطار النظري للبحث

أولاً: التسويق الالكتروني

1- مفهوم التسويق الابتكاري

يشهد العالم اليوم تحديات واسعة النطاق في جميع مجالات الحياة كزيادة حدة التنافس بين المنظمات وظهور العولمة وانتشار تقنية المعلومات وشبكة الانترنت وسرعة تقادم المنتجات وتنوع الاستراتيجيات والأساليب، فضلاً عن تنامي دور الزبون وصعوبة فرض المنتجات عليه، كل ذلك أدى بالمنظمات إلى البحث عن أساليب جديدة للتعامل مع تلك التحديات، فكان التسويق الابتكاري أحد أهم السبل لمواجهة تلك التحديات وتحقيق الميزة التنافسية المستدامة.

وفي هذا السياق وردت في الأدبيات التي اهتمت بالموضوع العديد من التعريفات التي تحدد أطر التسويق الابتكاري من حيث المفهوم والعناصر. وفيما يخص المفهوم يرى (مربعي، 2012: 1) أن المنظمة التي ترغب في تحقيق الابتكار في أنشطتها، فإن التسويق يعد من المجالات المهمة لقيادة عملية التغيير فيها، وبما يضمن لها التفوق والتميز والتكيف مع التغييرات في البيئة المحيطة، وبذلك أصبح التسويق الابتكاري ضرورة ملحة تسعى إلى بلوغها العديد من المنظمات المعاصرة، ويأتي هذا المفهوم من حقيقة مفادها أن الزبائن أصبحوا سادة في السوق، لأنهم هم الذين يحددون الاستراتيجيات والنشاطات التسويقية، وفي ضوء متطلباتهم ترسم الأهداف التسويقية التي أصبح الابتكار عاملاً مهماً من أجل ضمان واستمرار الميزة التنافسية، وبهذا فقد أصبح التسويق الابتكاري مدخلاً مهماً لكسب الزبائن والمحافظة عليهم عن طريق خلق القيمة في المنتجات المقدمة لهم.

وفي هذا الصدد لابد من الإشارة إلى المفهوم الذي أورده (Kanagal, 2015: 1) ونص فيه على أن الابتكار في مجال التسويق يؤدي إلى عملية التغيير في المنظمات والعروض في السوق، وهو سلاح مهم يستخدمه الاستراتيجيون التسويقيون لكسب المزيد من الزبائن والأسواق من خلال تحقيق القيمة في المنتجات المقدمة، وتحقيق الميزة التنافسية المستدامة، ومن ثم تحقيق قيمة للمنظمة.

وضمن منحى آخر يركز (النعيمي وعذيب ، 2016: 8) في مفهومهما للتسويق الابتكاري على فلسفة التسويق الابتكاري ويشيران بأن التسويق الابتكاري عبارة عن فلسفة تنظيمية توجه نشاطاتها نحو الزبائن وتقديم المنتجات المناسبة لهم، وقد ساهمت التغييرات الاقتصادية والثورة التكنولوجية من ازدياد شدة المنافسة بين المنظمات، كما أن تغير ثقافة المجتمعات وزيادة وعي الزبائن أدى بالمنظمات إلى الاهتمام بالتسويق بمفهومه الحديث.

وبموجب ما سبق يتبين وجود تباين واختلاف في وجهات نظر الباحثين في عرض مفهوم التسويق الابتكاري، إذ أن كل واحد منهم يركز على جانب معين، ورغم ذلك فإن هناك قواسم مشتركة بينهم، وعليه يعرف التسويق الابتكاري بكونه الاستغلال الأمثل للأفكار الجديدة واستخدامها في مجال الأنشطة التسويقية، بحيث تجعل المنظمة متفردة عن المنافسين، وخاصة في مجال تحقيق الابتكار في عناصر المزيج التسويقي كالمنتج والسعر والترويج والتوزيع لضمان النمو والاستمرار واستباق التغيير، وعدم البقاء على نفس الحالة لفترة زمنية طويلة لتحقيق الأهداف الاستراتيجية للمنظمة وكسب المزيد من الزبائن والمحافظة عليهم.

2- عناصر التسويق الابتكاري

أ- ابتكار المنتجات

يقصد بابتكار المنتجات وصول المنظمة إلى تقديم منتجات جديدة، أو تحسين المنتجات الحالية سواء على مستوى الشكل أو اللون أو الحجم أو على مستوى استخداماتها لإشباع حاجات الزبائن وورغباتهم المتجددة، أو باستخدام الوسائل الحديثة كتكنولوجيا المعلومات (الطاهر وفارس ، 2014: 10).

وأشار (عباس ، 2010: 121) بأن هناك نوعين من الابتكار، يشير الأول إلى تقديم منتجات جديدة ومختلفة عن المنتجات التي تقوم المنظمة بتسويقها، ويشير الثاني إلى تحسين المنتجات القائمة، وهي التي أجريت عليها التعديل أو التطوير ليتناسب وحاجات الزبائن وورغباتهم.

وركز (السمان والجرجري، 2012: 18) في مفهومهما لابتكار المنتج على عنصر التنافسية، وأشارا بأن ابتكار المنتج يمكن أن يكون مصدراً لتحقيق الميزة التنافسية من خلال زيادة الحصة السوقية، والنمو الصناعي ونجاحه في تحقيق الأرباح وتقديم منتجات جديدة تلبي متطلبات الزبائن، وبذلك فابتكار المنتج الجديد هو الذي يحقق الأرباح للمنظمة ويجعل أصحابها رواد الصناعة، ويزيد من درجة التمييز.

يظهر مما تقدم بأن ابتكار المنتج يعني الوصول إلى منتجات جديدة تماماً بالنسبة للسوق الذي تعمل فيه المنظمة أو تطوير وتحسين المنتجات الحالية بهدف الوصول إلى موقع متميز في السوق من خلال الاستجابة السريعة لحاجات الزبائن وورغباتهم المتغيرة مقارنة بالمنافسين، لذلك فإن ابتكار المنتجات هي واحدة من الوسائل الأساسية للنمو وتزويد من قدرة المنظمة الدخول إلى الأسواق الجديدة وتزويد من حصتها السوقية، وتوفر للمنظمة الميزة التنافسية المستدامة.

ب- ابتكار السعر

يلعب السعر دوراً أساسياً في نجاح المنظمة في تسويق منتجاتها، ولهذا تعد عملية تحديد أسعار المنتجات من القرارات الاستراتيجية الصعبة نظراً لتعلقها بأهداف المنظمة وجودة المنتج وتكلفتها من جهة ودخل الزبائن من جهة أخرى، إذ تكون ردود أفعال الزبائن تجاه الأسعار سريعة وواضحة.

يعد الابتكار في مجال السعر من المداخل الأساسية لتحقيق التميز التسويقي، وإيجاد ميزة تنافسية للمنشأة بدرجة أو بأخرى، ومع ذلك فإن مثل هذا الابتكار لم يلق الاهتمام الذي يستحقه من الممارسين والكتاب والباحثين في التسويق، وذلك بمقارنة الابتكار في مجالات أخرى كإنتاج المنتج والإعلان والترويج، ويمكن تحقيق الابتكار من خلال قيام المستهلك بوضع السعر بنفسه على المنتجات المشتراة، أو وضع سعر على المنتجات قريبة أو مماثلة لسعر الجملة (أبو جمعة ، 2003 ، 157-179).

ويستعمل السعر الابتكاري عندما يظهر تركيب سعري جديد في السوق كبيع مادة معينة بشكل أقساط من دون فوائد أو غرامات تأخيرية متراكمة أو عرض وتقديم أسعار منخفضة للألبسة التي تباع في غير موسمها (الصرن، 2001، 977).

ت- ابتكار الترويج

يعد الترويج بكونه مجموعة من الأنشطة للتواصل مع الزبائن الحاليين والمحتملين والموزعين باستخدام وسائل مختلفة لتحقيق التميز في الترويج (Tanveer and Riaz,2012:45).

وفي نفس السياق ورد بكونه تعزيز عملية التواصل بين المنظمة والزبون بهدف خلق موقف ايجابي للمنتجات، مما يؤدي إلى تفضيل في عملية الشراء في السوق (Jelena,2012:34)

وعليه يعد الترويج شكلاً من أشكال الاتصال بالزبائن الحاليين والمترقبين بصورة مباشرة أو غير مباشرة والتأثير فيهم وتحفيزهم لشراء المنتج والتذكير بمنافعه. ويشير كل من (الطاهر وفارس، 2014: 16) بأن الابتكار في مجال الترويج يعد أحد أهم المجالات التي وإن تمكنت المنظمة من التحكم والتميز فيها بصورة جيدة أن تكسب العديد من المزايا التنافسية الحالية والمستقبلية التي تنتج لها فرصة مواجهة المنافسين وتعظيم مستويات حصصها السوقية بفضل تنمية القدرات البيعية لها، وما ينجم عنها من تزايد مضطرد في مستويات الأرباح المحققة.

ويشير كل من (Hosseini, navaie,2011:100) بأن عناصر المزيج الترويجي التي يمكن تحقيق الابتكار فيها يتكون من ترويج المبيعات والإعلان والبيع الشخصي والتسويق المباشر.

وفي نفس السياق يشير (ابو جمعة، 2003: 190) بأن الترويج بعناصره المختلفة وبصفة خاصة عنصر الاعلان يمثل مجالاً خصباً للابتكار وربما يلي عنصر المنتج من حيث تبني الابتكار فيه، وبالرغم من أهمية ضرورة الابتكار في مجال الترويج، وما يحققه من فوائد للمنظمة المبتكرة، إلا أنه يجب الحذر عند استخدام، لأنه قد يفشل، ولا يحقق الهدف منه، بل قد يحدث رد فعل سلبي يؤثر على الأداء الترويجي وعلى الأداء التسويقي عموماً للمنظمة التي تتبناه وتطبقه.

ث- ابتكار التوزيع

يقصد به عملية إيصال المنتجات من المنتج إلى الزبائن لضمان توفير المنتجات لهم، وللتوزيع تأثير كبير على ربحية المنظمة، لذلك لابد ان يوضع له خطة متميزة لإدارة سلسلة التوريد لتحقيق الاهداف المطلوب انجازها من قبل المنظمة (Singh,2012:42).

وقد تنوعت مجالات الابتكار في مجال التوزيع فقد يكون على شكل طريقة جديدة، أو تصميم جديد، وقد يكون الابتكار في التصميم الداخلي لمنفذ التوزيع، أو قد يكون في الجو المحيط لعملية التوزيع والذي يؤثر على الزبائن بدرجة أو بأخرى وغير ذلك من الأنشطة والمجالات الأخرى (ابو جمعة، 2003، 229).

ثانياً: الميزة التنافسية المستدامة

1- مفهوم الميزة التنافسية المستدامة

تعد صناعة الفنادق من الصناعات الحيوية على المستوى الوطني، وهي مكملّة لصناعة السياحة، ويعتمد نجاحها في قدرتها على التكيف مع التغييرات والتحديات البيئية، وخاصة التغييرات والتحديات التي يشهدها العام في مختلف مجالات الحياة كالتغييرات الاقتصادية والاجتماعية والسياسية والتكنولوجية والانفتاح الكبير نحو الاسواق العالمية وازدياد حدة التنافس بين المنظمات، فضلاً عن سرعة تقادم المنتجات وتنامي دور الزبون وصعوبة فرض المنتجات عليه وتنوع الاستراتيجيات والاساليب التي تتبعها المنظمات.

وفي ظل كل تلك التغييرات والتحديات، فإن الفنادق في مدينة دهوك تواجه معوقات وتحديات كبيرة، ومن أجل تحقيق التفوق والتميز والبقاء والاستمرار والنمو في مجال الأعمال، وضمان مكانة متميزة عليها البحث عن مزايا تنافسية تمنحها نوعاً من الحصانة في صراعها مع التغييرات والتحديات المحيطة، لذا عليها البحث عن مصادر تدعم تلك المزايا، وإن الأمر لا ينتهي هنا، بل السعي المستمر إلى تميزها والحفاظ عليها إلى أن تصل إلى ما يسمى بالميزة التنافسية المستدامة لتحقيق القيمة وتعزيز مكانتها في مجال العمل الذي تمارسه.

ظهرت فكرة الميزة التنافسية المستدامة عندما اقترح (Day) مجموعة من الاستراتيجيات يمكن أن تساعد المنظمة في الحفاظ على الميزة تنافسية، ولكن الظهور الحقيقي للمصطلح جاء في عام 1985 عندما ناقش (Porter) أنواع من الاستراتيجيات التنافسية كاستراتيجية الكلفة المنخفضة واستراتيجية التمايز، وأشار بأن المنظمة التي تستطيع تطبيق هذين الاستراتيجيتين أو أحدهما يمكن أن تحقق الميزة التنافسية المستدامة، وقدم (Barney) مفهوماً للميزة التنافسية المستدامة أشار فيه بأن المنظمة يمكن أن تحقق هذا النوع من الميزة عندما يتم تنفيذ استراتيجية خلق القيمة وليس بامكان المنافسين في السوق تقليدها أو الاستفادة من مزاياها (Asli,2011:52).

وأشار كل من (Fass & Knudse) بأن مصطلح الميزة التنافسية المستدامة تعني الاداء المتفوق على المصادر او الموارد والتي لا يمكن تقليدها من قبل المنافسين الحاليين او المحتملين دخولهم الى نفس الصناعة (البكري وحمدان، 2013 : 6).

وبموجب ما تقدم يعد موضوع الميزة التنافسية المستدامة من الموضوعات المهمة والتي يمتد ظهورها الى بداية الثمانينات من القرن الماضي، وتشير الى قدرة المنظمة على صياغة استراتيجيات تجعلها في مركز افضل مقارنة مع المنافسين الآخرين في واحد او اكثر من الاستراتيجيات التنافسية، وبما يحقق لها العمل بكفاءة وفاعلية وتحقيق النجاح في السوق، ومن أجل الحفاظ على تلك المزايا لابد من اتباع استراتيجيات واساليب مبتكرة لا يستطيع المنافسون تقليدها على المدى البعيد، كاستخدام تكنولوجيا حديثة وتحسين طرق الانتاج واساليب التسويق، وتقديم منتجات متنوعة وذات كلفة منخفضة وصديقة للبيئة، لذا أصبحت الميزة التنافسية المستدامة هي الأكثر حداثة وتوافقاً مع توجهات المنظمات والحكومة والمجتمع على حد سواء.

2- ابعاد الميزة التنافسية المستدامة

أ- ميزة الجودة

يعد تحقيق النجاح والتميز من أهم التحديات التي تواجه المنظمات على اختلاف أنواعها في ظل بيئة تزداد فيها حدة التنافس والانفتاح الاقتصادي والعولمة وتطور تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، والتي أصبحت واقعاً لا يمكن تجاهله من قبل المنظمات المعاصرة.

وتعد الجودة تميزاً وسلاحاً تنافسياً قوياً تسعى جميع المنظمات إلى امتلاكها، وقد شهد السوق تنافساً حراً ومفوحاً، وأصبح التهديد من الداخلين الجدد والمحتملين خطيراً، كون الزبائن لديهم الآن بدائل أكثر للاختيار لما يناسبهم وينظروا إلى جودة المنتجات في مثل هذه السوق التنافسية وبعدها يقرروا الاختيار، مما فرض على

المنظمات فهم احتياجات الزبائن بهدف تحقيق رضاهم والعمل على كسب ولائهم ، والذي يعد عاملا مهما لمواجهة المنافسة نتيجة التوجهات الحديثة التي تركز على الزبائن بدل التركيز على المنتج (Sattisri,2008:12) .

وقد ازداد إدراك المنظمات ، ومنها الفنادق لأهمية ودور الجودة في تحقيق التميز، فقد أصبحت الجودة الموضوع الأكثر استحوذا واهتماما من قبل المنظمات خلال العقد الأخي، كما أصبح الزبائن أكثر إدراكا واهتماما بالجودة ومن ثم ظهرت منظمات تعنى وتهتم بمراقبة الجودة (الضمور ، 2005 : 435) .

وبموجب ما سبق يتطلب من المنظمات ومنها الفنادق البحث عن استراتيجيات للارتقاء بمستوى المنتجات التي تقدمها، ومن أهم تلك الاستراتيجيات الاهتمام بجودة المنتجات كاستخدام تكنولوجيا متطورة وسرعة الانجاز وتوفير الامان والتعامل الايجابي من قبل العاملين مع الزبون والالتزام بالموصفات القياسية، فعندما يشعر الزبون بان اداء المنتج يساوى او اكثر مما كان متوقعا منه كان هناك رضا، ولكن اذا كان اداء المنتج اقل من توقعات الزبون فان النتيجة هي عدم الرضا، ويظهر الرضا من عدمه بالاعتماد على خبرة الزبون المتراكمة في التعامل مع المنظمات التي تعمل في نفس مجال الصناعة، لذا أصبحت الجودة وتحقيق رضا الزبون الهاجس الحقيقي للمنظمة من اجل الاستمرار والنمو في ظل المنافس الحادة في الاسواق.

ب- ميزة الكلفة

تعد ميزة الكلفة من الاستراتيجيات الاساسية، وتتركز على مبدأ الكفاءة من خلال انتاج كميات كبير من منتجات موحدة والاستفادة من اقتصاديات الحجم ومنحنى الخبرة ، واتاحة المنتجات بأسعار منخفضة للزبائن، وللحفاظ على هذه الاستراتيجية وتحقيق النجاح ينبغي البحث المستمر عن تخفيض التكاليف في مختلف مجالات الاعمال كالنموذج والترويج، والحصول على الايرادات والحصة السوقية الكبيرة والوصول الى المواد الخام والعمل (Tanwar,2013:12).

ويشير كل من (Valipour , Birjandi & Honarbakhsh,2012:15) بان الغرض من ميزة الكلفة هي تقديم منتجات منخفضة التكاليف في مجال الصناعة، ويتم ذلك من خلال التجربة والاستثمار في مجال الانتاج وتخفيض اجمالي تكاليف التشغيل عن طريق تخفيض حجم وادارة الجودة.

وفي نفس السياق يشير (عادل، 2013 : 47) بان الهدف من ميزة الكلفة هو تحقيق عوائد، واستثماره في مجالات البحث والتطوير للمحافظة على مكانتها كمنظمة قائدة في السوق، وهناك من يهدف من وراء ذلك ان تكون قائدة في تخفيض التكاليف ومن ثم تخفيض اسعار المنتجات، وكسب المزيد من الزبائن وبناء حصة سوقية كبيرة لها.

وبموجب ما سبق يمكن القول بان تخفيض التكاليف اصبح هاجسا لدى المنظمات لدورها في تحديد اسعار المنتجات وارتباطها بتحقيق الاهداف التي تسعى المنظمة للوصول اليها من خلال تخفيض كلفة المنتجات مقارنة بالايرادات التي تحصل عليها، وانعكاسها على تحقيق الارباح، ومن ثم الوصول الى مركز القيادة.

ت- المقدرات الجوهرية

يرى (Chen) بان المقدرات الجوهرية عبارة عن تعلم جماعي ومهارات ومعرفة وتكنولوجيا وقابليات وتجارب، وتتركز بشكل اساسي على الموارد غير الملموسة للمنظمة (البغادي والعطوي، 2014 : 58).

ويشير (Qureshi, 2010: 80) بان القدرات الجوهرية تمثل العمليات المتكاملة التي تجمع من خلالها الموارد المعتمدة على المعرفة مع الموارد المادية لخلق مخرجات ذات قيمة وتأتي هذه القدرات من خلال التكامل بين معرفة الموظفين ومهاراتهم وخبراتهم.

ويشير (الغالي وادريس) بان المنظمات المتفوقة هي التي تكون قادرة على استغلال مقدراتها الجوهرية ضمن بيئتها التنافسية، والتي تجعل القدرات التنافسية متميزة، وهنا لابد من توفر ثلاثة خصائص أساسية وهي: (الغراوي والجرجري ، 2012 : 13) .

- الإسهام في إيجاد قيمة عالية للزبائن وتحقيق منافع حقيقية لهم .

- عدم قدرة المنافسين على تقليد هذه المقدرات نظرا لارتفاع تكاليف التقليد .

- لأجل ان تكون هذه المقدرات متميزة لابد ان تسمح للمنظمة باستخدام طرق واتجاهات مختلفة ومتنوعة .

وعليه تمثل المقدرات الجوهرية بأنها تلك العمليات التكاملية المصممة لتطبيق معرفة المنظمة ومهاراتها ومواردها لاداء انشطتها وفقاً للحاجات المرتبطة بالاسواق والاعمال على أن تضيق قيمة إلى المنتجات التي تقدمها من اجل التكيف مع ظروف السوق واستغلال الفرص والتخلص من التهديدات التنافسية.

ث- الاستجابة للزبون

يقصد بها الاستجابة والانتقال لمطالبات الزبائن بأقل وقت وجهد وتكلفة (عديلة، 2014 : 82).

وفي سياق متصل تشير الاستجابة للزبون الى قدرة المنظمة على تحديد حاجات الزبائن ورغباتهم من المنتجات، وتلبيتها وتقديم منافع لهم بشكل افضل من المنافسين من خلال تحقيق التميز، وسرعة الاستجابة وتطوير منتجات جديدة وتحسين جودة المنتجات الحالية وتحقيق الابتكار فيها، وتقديم منتجات فريدة وحسب الطلب والاستجابة السريعة لهم، كما ان وتقديم خدمات ما بعد البيع من العوامل المهمة للاستجابة للزبون، ومن خلالها تستطيع المنظمة بناء الولاء للعلامة التجارية ، ومن ثم فرض اسعار عالية على المنتجات التي تقوم بانتاجها (Hill & Jones,2010:89).

ج- الفاعلية

اختلف الكتاب والباحثون فيما بينهم بخصوص تعريف الفاعلية لكونها معيار يحدد نجاح المنظمة او فشلها الا انه مع ذلك تم تقسيم التعريف الى ثلاث مجموعات رئيسية، تقليدية ، نظامية ومعاصرة، فقد ركزت التعريفات التقليدية على الاهداف كمقياس لتحقيق الفاعلية ولكن دون تحديد طبيعة الاهداف، وركزت التعريفات النظامية على عملية ربط بالتصور النظامي المبني على التفاعل بين مدخلات النظام ومخرجاته واعتمادا على التغذية العكسية، اما التعريفات الحديثة فقد ركزت على تحقيق الاهداف خضوعا لمكونات بيئية متنوعة وتهدف المنظمة الى تحقيق نوع من التوازن الديناميكي (أحمد ، 2011 : 107).

ويقصد بالفاعلية قدرة المنظمة على الاستغلال الافضل للموارد، وأيجاد نوع من التوازن بين المتغيرات الداخلية والتأثيرات الخارجية لها، والتكيف مع هذه المتغيرات يحقق الاهداف المطلوبة (المحمدي ، 2011 : 116).

ح- الكفاءة

تشير الكفاءة الى عملية تحويل المدخلات الى مخرجات ، وتضم المدخلات عوامل الانتاج الاساسية كالعمل ورأس المال والادارة والمعرفة التكنولوجية ، فيما تمثل المخرجات المنتجات التي يقدمها المنتجين ، لذا فالكفاءة تعني نسبة المدخلات الى المخرجات ، فكما حققت المنظمة مخرجات كبيرة مقابل مدخلات قليلة تكون المنظمة ذات كفاءة عالية، وبعد انتاجية العاملين المقياس الاكثر شيوعا لمعرفة كفاءة المنظمة ، ويتمثل بانتاجية كل عامل على حدة (Hill & Jones,2010:86).

ويرى السامرائي بأنه يمكن تحقيق الكفاءة من خلال الاستفادة من عناصر التكاليف والسرعة في انجاز العمليات وزيادة الانتاج وبما يؤدي الى تخفيض كلفة الوحدة المنتجة ، ولكن دون المساس بجودتها ووظائفها (العبيدي والمعموري والخفاجي، 2010 : 3).

خ- الموقع التنافسي

ظهرت المنافسة بين المنظمات بسبب التطورات الكبيرة التي شهدتها العالم خلال السنوات الماضية في الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والسياسية والثقافية والتكنولوجية والتقدم السريع للمنتجات وزيادة وعي الزبائن وتنوع الفرص امامهم، كل ذلك فرض على المنظمات بذل المزيد من الجهد لتحقيق الابداع والابتكار في الأنشطة التي تمارسها لمواجهة المنافسة واكتساب المزايا التنافسية والحصول على الموقع التنافسي المنشود.

ويشير (Thompson & Stric) بان الموقع التنافسي يمثل الطريقة التي يدرك بها الزبائن مزايا ومنافع المنتجات التي تقدمها المنظمة مقارنة بمنتجات المنظمات المنافسة في السوق، ويهدف الموقع التنافسي الى تكوين صورة ذهنية جيدة لدى الزبون عن المنتجات التي تقدمها المنظمة بحيث يختار هذه المنتجات بدلا من التوجه نحو المنظمات الاخرى (شرنخي ، 2014 : 114).

المبحث الثالث

الاطار العملي للبحث

أولاً: مجتمع البحث وعينته

يتمثل مجتمع البحث بعدد من الفنادق في مدينة دهوك، فيما تمثلت العينة بالمديرين في هذه الفنادق، إذ قام الباحثان بتوزيع الاستمارة على الأفراد المبحوثين بلغ عددها (65) استمارة، وبلغ عدد الاستمارات الصالحة للتحليل الإحصائي (55) استمارة وبمعدل الاستجابة الكلية (84,62 %) ، الجدول (1).

يتبين من الجدول (1) أن متغير الجنس قد أظهر تفوق معدل الذكور على معدل الإناث بفارق كبير ، إذ يشكل معدل الذكور (72,73%) ، في حين بلغ معدل الإناث (27,27%)، ويعزى الباحث ذلك إلى العادات والتقاليد الشعبية للمنطقة، إذ لا يسمح للإناث بالعمل في الفنادق، ومن الممكن أن يتلاشى ذلك بمرور الزمن، كما يتبين أن متغير العمر قد أفصح عن معلومات مهمة تدل على النضج الفكري والدراية في العمل، إذ إن (45,45%) من الأفراد المبحوثين أعمارهم (أقل من 30) سنة، ويشير ذلك ان الفنادق المبحوثة تركز على استقطاب الشباب للعمل في الفندق، إذ انهم يعدون الرافد الاساسي للفنادق وبما يساهم في دعم وتطوير هذه الصناعة، ويشير الجدول إلى ارتفاع معدل الحاصلين على شهادة البكالوريوس والدبلوم العالي والشهادة العليا، إذ جاء جميعهم بمعدل (65,45%)، وهذا يعد مؤشرا جيدا يدل على اعتماد الفنادق على إناطة المسؤوليات الإدارية إلى حاملي الشهادات، مما يشكل ملامح ايجابية لتطويرها وتقديم أفضل الخدمات واتخاذ القرارات الصائبة وأسلوب التعامل مع الزبائن، كما يشير إلى أن (65,45%) من الأفراد المبحوثين تتراوح خدماتهم في مجال العمل الفندقي بين (1- أقل من 6) سنوات، يليهم الذين لديهم خدمة (6- أقل من 10) سنوات وبمعدل (23,64%)، ثم الذين لديهم خدمة (10- أقل من 16) بمعدل (5,45%)، وأخيرا الذين لديهم خدمة أكثر من (16) سنة بلغ (5,45%) مما يعطي مؤشرا ايجابيا لدور الخدمة الطويلة في اكتساب الخبرات والمهارات وزيادة القدرة في التعامل الأمثل مع الزبائن وخدمة الفندق على نحو أحسن.

الجدول (1)

المعلومات العامة لأفراد عينة البحث

الجنس							
ذكور				إناث			
العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%
40	72,73	15				27,27	
الفئات العمرية							
أقل من 30 سنة		30 إلى أقل من 40		40 إلى أقل من 50		50 فأكثر	
العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%
25	45,45	15	27,27	8	14,55	7	12,73
التحصيل العلمي							
دبلوم فني		بكالوريوس		دبلوم عالي		شهادة عليا	
العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%
19	34,55	24	43,64	10	18,18	2	3,63
عدد سنوات الخدمة							
1-أقل من 6		6-أقل من 10		10-أقل من 16		16 فأكثر	
العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%
36	65,45	13	23,64	3	5,45	3	5,45

المصدر : من إعداد الباحثان في ضوء نتائج الحاسبة الإلكترونية .

ثانياً: أسلوب جمع البيانات

اعتمد الباحثان في بناء الإطار النظري للبحث على الأدبيات المتوفرة كالكتب والدراسات، وكذلك شبكة الانترنت، فيما اعتمد الباحثان في الجانب الميداني على استمارة الاستبيان بوصفها مصدرا أساسيا لجمع البيانات وروعي في تصميم الاستمارة أن تكون منسجمة مع واقع الفنادق المبحوثة.

تضمنت الاستمارة ثلاثة أجزاء أساسية، احتوى الجزء الأول على الخصائص العامة كالجنس والعمر والتحصيل العلمي وعدد سنوات الخدمة، والثاني المقاييس الخاصة بعناصر التسويق الالكتروني ، والثالث المقاييس الخاصة بإبعاد الميزة التنافسية المستدامة ، وأُعدت مقياس ليكرت الخماسي الذي يتراوح بين من لا اتفق بشدة

إلى اتفق بشدة وبدرجات تتراوح من (1-5) لتحديد مستوى الاستجابة نحو فقرات الاستمارة، وتم الاعتماد على عدد من الاساليب الاحصائية لتحليل النتائج واختبار الفرضيات كالوسط الحسابي والانحراف المعياري و R^2 ، T ، F .

ثالثا: صدق اداة البحث وثباتها

لتحقيق الصدق الظاهري للاستمارة تم عرضها بصيغتها الاولى على مجموعة من الأساتذة المختصين في مجال البحث للتأكد من صلاحيتها قبل القيام بعملية التوزيع، وبعد تعديل الاستبانة استنادا على اراء المختصين تم اخضاعها الى اختبار الثبات الذي يقيس درجة ثبات فقراتها عند تكرار الاختيار على مجموعة من الأفراد، وتبين أن التطابق في إجابات أفراد العينة بلغ (82%)، وهي نسبة اعلى من النسبة المقبولة احصائيا وبالغة (60%).

رابعا: تحليل نتائج البحث وتفسيرها

سيخصص المبحث لتحليل نتائج الدراسة الميدانية ، اذ تم استخدام النسب المئوية المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية وترتيب الفقرات ومستوى القبول لعناصر التسويق الابتكاري والميزة التنافسية المستدامة ، وسيكون المتوسطات الحسابية لاجابات المبحوثين وفق المقياس الاتي، الجدول (2).

الجدول (2)

الحدود الدنيا والمتوسطة والعليا للمتوسط الحسابي

الدرجة	منخفض	متوسط	عالي
المتوسط الحسابي	1- أقل من 2,5	2,5- أقل من 3,5	3,5- 5

المصدر: عديلة، احلام، نور استراتيجية المحيط الأزرق في تحقيق الميزة التنافسية المستدامة، رسالة ماجستير، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة خيضر، بسكرة، الجزائر، 2014 .

1-وصف عناصر التسويق الابتكاري

تشير معطيات الجدول(3)الى المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية وترتيب الفقرات ومستوى القبول لعناصر التسويق الابتكاري، والمتمثلة بابتكار المنتجات وابتكار السعر وابتكار الترويج وابتكار التوزيع الى الاتي:

أ- ابتكار المنتجات. جاء هذا العنصر في الترتيب الاول من حيث الاهمية من قبل الافراد المبحوثين، اذ بلغ المتوسط الحسابي العام (4,01)، وانحراف معياري(1,11)، ويقع في الفئة التي تتراوح ما بين (3,5-5) لذا فهو يأتي في مستوى قبول عالي، كما يلاحظ من اجابات الافراد المبحوثين على عبارات هذا العنصر ان جميعها حصلت على مستوى قبول عالي، اذ تراوحت المتوسطات الحسابية ما بين (3,8-4,22) ، وانحرافات معيارية تراوحت ما بين (1,06-1,15)، ويشير ذلك الى اغلب الافراد المبحوثين يعتبرون ان الفنادق المبحوثة تتبنى ابتكار المنتجات، وحصلت (X7) حول استخدام الفندق لتكنولوجيا حديثة في مجال عملها على أعلى متوسط حسابي وبلغ (4,22)، وبانحراف معياري (1,12)، وحصلت الفقرة (X8) حول امتلاك الفنادق قدرة كبيرة على الابتكار في العلامة التجارية على اقل متوسط حسابي، اذ بلغ (3,80)، وانحراف معياري (1,11).وعليه يمكن تفسير النتائج السابقة الى ان الفنادق المبحوثة تدرك ان البقاء والاستمرار امام تحديات وضغوطات السوق صعب جدا دون التخلي عن الأساليب التقليدية في انتاج وتقديم المنتجات والتحول الى المنظمات القائمة على الابتكار، وتدرك ايضا أن المنتجات القائمة على الابتكار هو المصدر الأكثر قدرة في تحقيق الميزة التنافسية المستدامة، لذا بدأت الفنادق تتجه نحو ابتكار المنتجات لتحقيق اهدافها.

ب- ابتكار السعر. جاء هذا العنصر في الترتيب الثاني من حيث الاهمية من قبل الافراد المبحوثين اذ بلغ المتوسط الحسابي العام (3,82)، وانحراف معياري(1,16) ويقع في الفئة التي تتراوح ما بين (3,5-5) لذا فهو يأتي في مستوى قبول عالي، كما يلاحظ من اجابات الافراد المبحوثين على عبارات هذا العنصر ان جميعها حصلت على مستوى قبول عالي، اذ تراوحت المتوسطات الحسابية ما بين (3,62-3,98) ، وانحرافات معيارية تراوحت ما بين (0,99-1,28)، ويشير ذلك الى اغلب الافراد المبحوثين يعتبرون ان الفنادق المبحوثة تتبنى ابتكار السعر، وحصلت الفقرة (X9) حول ان الفندق يخفض أسعار منتجاته كوسيلة لتحقيق التميز في السوق على أعلى متوسط حسابي وبلغ (3,98)، وبانحراف معياري (1,13)، وحصلت الفقرة (X10) حول سعي الفندق لطرح منتجاته بأسعار مختلفة على اقل متوسط حسابي، اذ بلغ (3,62)، وانحراف معياري (1,28)، وعليه يمكن تفسير النتائج السابقة الى ان الفنادق المبحوثة تدرك ان سعر المنتجات من العوامل الاساسية التي تؤثر في قرارات الشراء لدى الزبائن ، لذا بدأت الفنادق تتجه نحو ابتكار السعر.

الجدول (3)

المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية وترتيب الفقرات ومستوى القبول لعناصر التسويق الابتكاري

الفرق	عناصر التسويق الابتكاري	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	ترتيب الفقرة	مستوى القبول
	ابتكار المنتجات	4,01	1,11	الاولى	عالي
X5	يقدم الفندق منتجات متميزة ومتنوعة	4,15	1,06	2	عالي
X6	يقدم الفندق منتجات ذات جودة عالية	3,85	1,15	3	عالي
X7	يستخدم الفندق تكنولوجيا حديثة في مجال عملها	4,22	1,12	1	عالي
X8	يملك الفندق قدرة كبيرة على الابتكار في العلامة التجارية	3,80	1,11	4	عالي
	ابتكار السعر	3,82	1,16	الثانية	عالي
X9	يخفض الفندق أسعار منتجاته كوسيلة لتحقيق التميز في السوق	3,98	1,13	1	عالي
X10	يسعى الفندق لطرح منتجاته بأسعار مختلفة	3,62	1,28	4	عالي
X11	يأخذ الفندق بنظر الاعتبار المستوى العام للأسعار والدخل في القطاعات السوقية المختلفة	3,84	0,99	3	عالي
X12	يقوم الفندق بتغيير أسعار منتجاته حسب التغيرات الموسمية	3,85	1,25	2	عالي
	ابتكار الترويج	3,71	1,07	الرابعة	عالي
X13	يستخدم الفندق عبارات مبتكرة للترويج عن منتجاته	3,76	1,05	2	عالي
X14	يخصص الفندق موارد مالية مناسبة للقيام بالحملات الترويجية	3,40	1,21	3	متوسط
X15	هدف الابتكار الترويجي هو تمييز جودة المنتجات	3,93	0,99	1	عالي
X16	يخطط الفندق للحملات الترويجية بشكل مناسب	3,76	1,02	2	عالي
	ابتكار التوزيع	3,79	1,19	الثالثة	عالي
X17	يحرص الفندق إلى إيصال منتجاته إلى السوق بأسرع وقت ممكن	3,96	1,23	1	عالي
X18	يتخطى الفندق للأساليب التقليدية في توزيع منتجاته وبما يحقق المنفعة المكانية والزمانية	3,93	1,03	2	عالي
X19	يقوم الفندق باستقطاب الكفاءات المتميزة وتوظيفهم في مهام التوزيع	3,58	1,21	4	عالي
X20	يستخدم الفندق تكنولوجيا متقدمة لتوزيع منتجاته	3,67	1,29	3	عالي

المصدر : من اعداد الباحثان في ضوء نتائج الحاسبة الالكترونية

ت- ابتكار التوزيع. جاء هذا العنصر في الترتيب الثالث من حيث الاهمية من قبل الافراد المبحوثين اذ بلغ المتوسط الحسابي العام (3,79)، وانحراف معياري (1,19) ويقع في الفئة التي تتراوح ما بين (3,5-5) لذا فهو يأتي في مستوى قبول عالي، كما يلاحظ من اجابات الافراد المبحوثين على عبارات هذا العنصر ان جميعها حصلت على مستوى قبول عالي، اذ تراوحت المتوسطات الحسابية ما بين (3,58-3,96)، وانحرافات معيارية تراوحت ما بين (1,03-1,29)، ويشير ذلك الى اغلب الافراد المبحوثين يعتبرون ان الفنادق المبحوثة تتبنى ابتكار التوزيع، وحصلت (X17) حول ان الفندق يحرص الى ايصال منتجاته الى السوق بأسرع وقت ممكن على أعلى متوسط حسابي وبلغ (3,96)، وبانحراف معياري (1,23)، وحصلت الفقرة (X19) حول قيام الفندق باستقطاب الكفاءات المتميزة وتوظيفهم في مهام التوزيع على اقل متوسط حسابي، اذ بلغ (3,58)، وانحراف معياري (1,21). وعليه يمكن تفسير النتائج السابقة الى ان الفنادق المبحوثة تدرك اهمية توزيع المنتجات وايصالها للمنتجات الى الزبائن لتحقيق المنفعة المكانية والزمانية، وخلق الثقة والاستقرار النفسي لديهم من خلال ضمان الحصول المستمر عليها.

ث- ابتكار الترويج. جاء هذا العنصر في الترتيب الرابع من حيث الاهمية من قبل الافراد المبحوثين اذ بلغ المتوسط الحسابي العام (3,71)، وانحراف معياري (1,07) ويقع في الفئة التي تتراوح ما بين (3,5-5) لذا فهو يأتي في مستوى قبول عالي، كما يلاحظ من اجابات الافراد المبحوثين على عبارات هذا العنصر ان جميعها حصلت على مستوى قبول عالي باستثناء عبارة واحدة وهي (X14)، اذ تراوحت المتوسطات الحسابية ما بين (3,40-3,93)، وانحرافات معيارية تراوحت ما بين (0,99-1,21)، ويشير ذلك الى اغلب الافراد المبحوثين يعتبرون ان الفنادق المبحوثة تتبنى ابتكار الترويج، وحصلت الفقرة (X15) حول ان الفندق يهدف من خلال الابتكار الترويجي تمييز جودة منتجاته على أعلى متوسط حسابي وبلغ (3,93)، وانحراف معياري بلغ (0,99)، وحصلت الفقرة (X14) حول تخصيص الفندق موارد مالية مناسبة للقيام بالحملات الترويجية على اقل متوسط حسابي، اذ بلغ (3,40)، وانحراف معياري (1,21)، وعليه يمكن تفسير النتائج السابقة الى ان الفنادق المبحوثة تدرك أهمية الابتكار الترويجي، لذا استطاعت الفنادق المبحوثة تحقيق الابتكار في العديد من عناصر المزيج الترويجي لدورها الفعال في اعطاء معلومات شاملة عن المنتجات التي تقدمها، وتسعى من وراء ذلك تعريف الزبائن بمنافع هذه المنتجات واقناعهم بهذه المنافع واهميتها لهم ودفعهم وتحفيزهم على شرائها.

وبشكل عام فان المتوسط الحسابي لجميع عناصر التسويق الابتكاري قد حقق متوسطا حسابيا بلغ (3,83)، وانحراف معياري بلغ (1,13)، وهو متوسط يقع في الفئة التي تتراوح ما بين (3,5-5) لذا فهو يأتي في مستوى قبول عالي، ويشير ذلك الى ان الافراد المبحوثين يعتبرون ان الفنادق المبحوثة تتبنى عناصر التسويق الابتكاري في عملها، لذا فمن الطبيعي ان تحقق هذه الفنادق الميزة التنافسية المستدامة وتحافظ على حصتها السوقية وزيادة مبيعاتها وارباحها وتحقق لها سمعة طيبة في السوق، ومن ثم الوصول الى مركز القيادة في السوق.

2- وصف أبعاد الميزة التنافسية المستدامة

تشير معطيات الجدول (4) الى المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية وترتيب الفقرات ومستوى القبول لأبعاد الميزة التنافسية المستدامة، والمتمثلة بميزة الجودة والكلفة والمقدرات الجوهرية والاستجابة للزبون والفاعلية والكفاءة والموقع التنافسي الى الاتي:

أ- الاستجابة للزبون. جاء هذا البعد في الترتيب الاول من حيث الاهمية من قبل الافراد المبحوثين اذ بلغ المتوسط الحسابي العام (4,07)، وانحراف معياري (1,09) ويقع في الفئة التي تتراوح ما بين (3,5-5) لذا فهو يأتي في مستوى قبول عالي، كما يلاحظ من اجابات الافراد المبحوثين على عبارات هذا البعد ان جميعها حصلت على مستوى قبول عالي، اذ تراوحت المتوسطات الحسابية ما بين (3,91-4,31)، وانحرافات معيارية تراوحت ما بين (1,01-1,16)، ويشير ذلك الى اغلب الافراد المبحوثين يعتبرون ان الفنادق المبحوثة تستجيب للزبائن، وحصلت الفقرة (X33) حول ان الفندق يقوم بقاء زبائنه لمعرفة احتياجاتهم باستمرار على أعلى متوسط حسابي وبلغ (4,31)، وبانحراف معياري (1,01)، وحصلت الفقرة (X35) حول حرص الفندق على مواكبة توقعات الزبائن بهدف بناء علاقات متميزة معهم على

أقل متوسط حسابي وبلغ (3,91)، وانحراف معياري (1,16) وعليه يمكن تفسير النتائج السابقة الى ان الفنادق المبحوثة تدرك اهمية دراسة حاجات الزبائن ورغباتهم والاستجابة السريعة لهم من خلال تقديم منتجات متميزة وذات قيمة مضافة بهدف تحقيق الرضا وبناء علاقات معهم والاحتفاظ بهم.

ب- المقدرات الجوهرية. جاء هذا البعد في الترتيب الثاني من حيث الاهمية من قبل الافراد المبحوثين اذ بلغ المتوسط الحسابي العام (4,01)، وانحراف معياري (1,07) ويقع في الفئة التي تتراوح ما بين (3,5-5) لذا فهو يأتي في مستوى قبول عالي، كما يلاحظ من اجابات الافراد المبحوثين على عبارات هذا البعد ان جميعها حصلت على مستوى قبول عالي، اذ تراوحت المتوسطات الحسابية ما بين (3,89-4,24)، وانحرافات معيارية تراوحت ما بين (0,98-1,17)، ويشير ذلك الى اغلب الافراد المبحوثين يعتبرون ان الفنادق المبحوثة تمتلك مقدرات جوهرية، وحصلت الفقرة (X29) حول ان الفندق يمتلك موارد بشرية تتمتع بمستوى مناسب من الخبرة والكفاءة على أعلى متوسط حسابي وبلغ (4,24)، وانحراف معياري (1,17)، وحصلت الفقرة (X32) حول استخدام الفندق احدث الوسائل التكنولوجية في مجال عملها على أقل متوسط حسابي وبلغ (3,89)، وانحراف معياري (1,03) وعليه يمكن تفسير النتائج السابقة الى ان الفنادق المبحوثة تدرك اهمية المقدرات الجوهرية المتمثلة بالخبرات والمهارات والابداع والتي تعزز القدرات الانتاجية والتنافسية وتقديم المنتجات بطريقة مبتكرة، وتمثل نقاط القوة الداخلية للفندق.

ت- الكفاءة. جاء هذا البعد في الترتيب الثالث من حيث الاهمية من قبل الافراد المبحوثين اذ بلغ المتوسط الحسابي العام (3,92)، وانحراف معياري (1,17) ويقع في الفئة التي تتراوح ما بين (3,5-5) لذا فهو يأتي في مستوى قبول عالي، كما يلاحظ من اجابات الافراد المبحوثين على عبارات هذا البعد ان جميعها حصلت على مستوى قبول عالي، اذ تراوحت المتوسطات الحسابية ما بين (3,64-4,15)، وانحرافات معيارية تراوحت ما بين (1,11-1,25)، ويشير ذلك الى اغلب الافراد المبحوثين يعتبرون ان الفنادق المبحوثة تمتلك الكفاءة المطلوبة في اداء عملها، وحصلت الفقرة (X41) حول امتلاك الفندق كفاءة عالية في تقديم المنتجات الى الزبائن على أعلى متوسط حسابي وبلغ (4,15)، وانحراف معياري (1,13)، وحصلت الفقرة (X43) حول امتلاك الفندق وسائل لتلقي التغذية العكسية وفهم احتياجات الزبائن على أقل متوسط حسابي (3,64)، وانحراف معياري (1,25)، وعليه يمكن تفسير النتائج السابقة الى ان الفنادق المبحوثة ذات كفاءة عالية، وهي تشير الى العلاقة بين الموارد التي يمتلكها الفندق والنتائج التي تحصل عليها أي ان تحقيق مخرجات كبيرة مقابل مدخلات قليلة تكون النتيجة الكفاءة، ويتحقق ذلك من خلال القيام بالوظائف الادارية من تخطيط وتنظيم وتوجيه ورقابة.

ث- ميزة الجودة. جاء هذا البعد في الترتيب الرابع من حيث الاهمية من قبل الافراد المبحوثين اذ بلغ المتوسط الحسابي العام (3,91)، وانحراف معياري (1,12) ويقع في الفئة التي تتراوح ما بين (3,5-5) لذا فهو يأتي في مستوى قبول عالي، كما يلاحظ من اجابات الافراد المبحوثين على عبارات هذا البعد ان جميعها حصلت على مستوى قبول عالي، اذ تراوحت المتوسطات الحسابية ما بين (3,76-4,11)، وانحرافات معيارية تراوحت ما بين (1,01-1,27)، ويشير ذلك الى اغلب الافراد المبحوثين يعتبرون ان الفنادق المبحوثة تمتلك ميزة الجودة، وحصلت الفقرة (X24) حول قيام الموظفين في الفندق بتقديم منتجات فورية الى الزبائن على أعلى متوسط حسابي وبلغ (4,11)، وانحراف معياري (1,01)، وحصلت الفقرة (X22) حول سعي الفندق الى تقديم منتجاته باستخدام تقنيات حديثة على أقل متوسط حسابي وبلغ (3,76)، وانحراف معياري (1,03)، وعليه يمكن تفسير النتائج السابقة الى ان الفنادق المبحوثة تتجه نحو تحقيق الجودة في المنتجات المقدمة، وخاصة بعد تزايد حدة المنافسة والتوجه نحو الاسواق الخارجية، لذا تطلب الامر تحقيق التميز لمواجهة تحديات العصر من خلال انتاج منتجات عالية الجودة تحقق قيمة عالية لربائنها، ومن شان ذلك تعزيز سمعة الفنادق وتحسين الانتاجية وتحقيق الربحية.

ج- الموقع التنافسي. جاء هذا البعد في الترتيب الخامس من حيث الاهمية من قبل الافراد المبحوثين اذ بلغ المتوسط الحسابي العام (3,85)، وانحراف معياري (0,99) ويقع في الفئة التي تتراوح ما بين (3,5-5) لذا فهو يأتي في مستوى قبول عالي، كما يلاحظ من اجابات الافراد المبحوثين على عبارات هذا البعد ان جميعها حصلت على مستوى قبول عالي، اذ تراوحت المتوسطات الحسابية ما بين (3,76-4,05)، وانحرافات معيارية تراوحت ما بين (0,90-1,10)، ويشير ذلك الى اغلب الافراد المبحوثين يعتبرون ان الفنادق المبحوثة لها موقع تنافسي، وحصلت الفقرة (X44) حول سعي الفندق الى تلبية حاجات السوق في الوقت المحدد قبل المنافسين على أعلى متوسط حسابي وبلغ (4,05)، وانحراف معياري (0,97)، وحصلت الفقرتان (X45)، (X46) حول ان الفندق يتميز بطرح نماذج وتصاميم حديثة من المنتجات تلبي حاجات ورغبات الزبائن في السوق وتميزها عن منافسيها، فضلا عن سعيها لبناء الموقع التنافسي من خلال استراتيجيات التسويق قبل المنافسين على أقل متوسط حسابي وبلغ (3,76) لكل منهما، وانحراف معياري (0,90)، (1,10) على التوالي، وعليه يمكن تفسير النتائج السابقة الى ان الفنادق المبحوثة تمتلك منتجات ذات معدل نمو مرتفع وحصة سوقية مرتفعة، اي ان لهذه المنتجات مركزا تنافسيا قويا بسبب تميزها العالي مقارنة بمنتجات المنافسين.

الجدول (4)

المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية وترتيب الفقرات ومستوى القبول لأبعاد الميزة التنافسية المستدامة

الترتيب	أبعاد الميزة التنافسية المستدامة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	ترتيب الفقرة	مستوى القبول
	ميزة الجودة	3,91	1,12	الرابعة	عالي
X21	التكاليف التسويقية في الفندق منخفضة مقارنة بالمنافسين	3,89	1,15	2	عالي
X22	يسعى الفندق الى تقديم منتجات باستخدام تقنيات حديثة	3,76	1,03	3	عالي
X23	يهتم الفندق بمشاكل الزبائن وإيجاد الحلول المناسبة لها	3,89	1,27	2	عالي
X24	يقدم الموظفون في الفندق خدمات فورية إلى الزبائن	4,11	1,01	1	عالي
	ميزة الكلفة	3,76	1,08	السابعة	عالي
X25	التكاليف التسويقية في الفندق منخفضة مقارنة بالمنافسين	3,69	1,18	3	عالي
X26	التكاليف الادارية في الفندق منخفضة مقارنة بالمنافسين	3,62	0,99	4	عالي
X27	يحرص الفندق على اتباع طرق جديدة لتخفيض التكاليف	3,89	1,10	1	عالي
X28	سرعة الحصول على المعلومات من قبل الفندق يساهم على تقليل الوقت والجهد ومن ثم تخفيض تكاليف تقديم المنتج	3,84	1,03	2	عالي
	المقدرات الجوهرية	4,01	1,07	الثانية	عالي
X29	يملك الفندق موارد بشرية تتمتع بمستوى مناسب من الخبرة والكفاءة	4,24	1,17	1	عالي
X30	لدى الفندق أفراد يتسمون بالوعي المتنامي	3,96	0,98	2	عالي
X31	يملك الفندق القدرة على التكيف مع اصعب الظروف والمواقف	3,93	1,10	3	عالي
X32	يستخدم الفندق احدث الوسائل التكنولوجية في مجال عملها	3,89	1,03	4	عالي
	الاستجابة للزبون	4,07	1,09	الاولى	عالي
X33	يقوم الفندق ببقاء زبائنه لمعرفة احتياجاتهم باستمرار	4,31	1,01	1	عالي
X34	يستجيب الفندق للتغيرات في متطلبات الزبائن	4,02	1,08	2	عالي
X35	يحرص الفندق على مواكبة توقعات الزبائن لبناء علاقات متميزة معهم	3,91	1,16	3	عالي
X36	يحرص الفندق على تزويد الزبائن بمعلومات لمساعدتهم في تحديد توقعاتهم الحقيقية	4,02	1,11	2	عالي
	الفاعلية	3,81	1,14	السادسة	عالي
X37	يحرص الفندق في الحصول على المعلومات التسويقية لضمان فاعلية منتجاته	3,80	1,13	3	عالي
X38	يحدد الفندق الاسلوب المناسب لتحقيق هدفه عند تقديم خدماته	3,84	1,17	2	عالي
X39	يستخدم الفندق اساليب تقنية حديثة لاتخاذ القرارات التسويقية	3,69	1,15	4	عالي
X40	يحرص الفندق على اجراء تصحيحات فورية في حالة عدم رضا الزبائن عن جودة منتجاته	3,89	1,11	1	عالي
	الكفاءة	3,92	1,17	الثالثة	عالي
X41	يملك الفندق كفاءة عالية في تقديم المنتجات الى الزبائن	4,15	1,13	1	عالي
X42	يتمثل كفاءة الفندق في ايجاد قيمة لمنتجاته قبل المنافسين	3,95	1,11	2	عالي
X43	يملك الفندق وسائل لتلقي التغذية العكسية وفهم احتياجات الزبائن	3,64	1,25	3	عالي
	الموقع التنافسي	3,85	0,99	الخامسة	عالي
X44	يسعى الفندق الى تلبية حاجات السوق في الوقت المحدد قبل المنافسين.	4,05	0,97	1	عالي
X45	يتميز الفندق بطرح نماذج وتصاميم حديثة من المنتجات تلبي حاجات ورغبات الزبائن في السوق وتميزها عن منافسيها.	3,76	0,90	2	عالي
X46	يسعى الفندق لبناء الموقع التنافسي من خلال استراتيجيات التسويق قبل المنافسين.	3,76	1,10	2	عالي

المصدر : من اعداد الباحثان في ضوء نتائج الحاسبة الالكترونية

ح- الفاعلية. جاء هذا البعد في الترتيب السادس من حيث الاهمية من قبل الافراد المبحوثين اذ بلغ المتوسط الحسابي العام (3,81)، وانحراف معياري (1,14) ويقع في الفئة التي تتراوح ما بين (3,5-5) لذا فهو يأتي في مستوى قبول عالي، كما يلاحظ من اجابات الافراد المبحوثين على عبارات هذا البعد ان جميعها حصلت على مستوى قبول عالي، اذ تراوحت المتوسطات الحسابية ما بين (3,69-3,89)، وانحرافات معيارية تراوحت ما بين (1,11-1,17)، ويشير ذلك الى اغلب الافراد المبحوثين يعتبرون ان الفنادق المبحوثة تمتلك الفاعلية المطلوبة، وحصلت الفقرة (X40) حول حرص الفندق على اجراء تصحيحات فورية في حالة عدم رضا الزبائن عن جودة منتجاته على أعلى متوسط حسابي وبلغ (3,89)، وانحراف معياري (1,11)، وحصلت الفقرة (X39) حول استخدام الفندق اساليب تقنية حديثة لاتخاذ القرارات التسويقية على أقل متوسط حسابي وبلغ (3,69)، وانحراف معياري (1,15)، وعليه يمكن تفسير النتائج السابقة الى ان الفنادق المبحوثة لها القدرة على تحقيق مختلف الاهداف التي تسعى الى تحقيقها.

خ- ميزة الكلفة. جاء هذا البعد في الترتيب السابع من حيث الاهمية من قبل الافراد المبحوثين اذ بلغ المتوسط الحسابي العام (3,76)، وانحراف معياري (1,08) ويقع في الفئة التي تتراوح ما بين (3,5-5) لذا فهو يأتي في مستوى قبول عالي، كما يلاحظ من اجابات الافراد المبحوثين على عبارات هذا البعد ان جميعها حصلت على مستوى قبول عالي، اذ تراوحت المتوسطات الحسابية ما بين (3,62-3,89)، وانحرافات معيارية تراوحت ما بين (0,99-1,18)، ويشير ذلك الى اغلب الافراد المبحوثين يعتبرون ان الفنادق المبحوثة تمتلك ميزة الكلفة، وحصلت الفقرة (X27) حول حرص الفندق على اتباع طرق جديدة لتخفيض التكاليف على أعلى متوسط حسابي وبلغ (3,89)، وانحراف معياري (1,10)، وحصلت الفقرة (X26) على أقل متوسط حسابي (3,62)، وانحراف معياري (0,99)، وعليه يمكن تفسير النتائج السابقة الى ان الفنادق المبحوثة لها القدرة على تخفيض تكاليفها المختلفة الى الحد الأدنى، ومن ثم تخفيض اسعار منتجاتها مما يمنحها قوة دفاعية ضد المنافسين الآخرين.

وبشكل عام فإن المتوسط الحسابي لجميع أبعاد الميزة التنافسية المستدامة قد حقق متوسطاً حسابياً بلغ (3,90)، وانحراف معياري بلغ (1,09)، وهو متوسط يقع في الفئة التي تتراوح ما بين (3,5-5) لذا فهو يأتي في مستوى قبول عالي، ويشير ذلك إلى أن الأفراد المبحوثين يعتبرون أن الفنادق المبحوثة تتبنى أبعاد الميزة التنافسية المستدامة، لذا فهي تسعى إلى تحقيق التفوق والتميز مقارنة بالمنافسين من خلال الأبعاد المختلفة، والتي حصلت جميعها على مستوى قبول عالي وابتكار ووسائل حديثة من شأنها المساهمة في تقديم منتجات متميزة لا يستطيع المنافسون تقليدها، ومن ثم الحصول على سمعة متميزة في السوق.

3- اختبار فرضيات الارتباط

يتبين من الجدول (5) الآتي:

الفرضية الرئيسية الأولى: توجد علاقة ارتباط معنوية بين عناصر التسويق الابتكاري وأبعاد الميزة التنافسية المستدامة.

يتبين من الجدول (5) وجود علاقة ارتباط معنوية بين عناصر التسويق الابتكاري مجتمعة وأبعاد الميزة التنافسية المستدامة مجتمعة، إذ بلغ قيمة معامل الارتباط المؤشر الكلي (0,848)، وعند مستوى معنوية (0,01)، كما يلاحظ وجود علاقة ارتباط معنوية بين كل عنصر من عناصر التسويق الابتكاري (ابتكار المنتج، ابتكار السعر، ابتكار الترويج، ابتكار التوزيع) والميزة التنافسية المستدامة مجتمعة، وبلغت القيم حسب المؤشر الكلي (0,518، 0,719، 0,684، 0,852)، وعند مستوى معنوية (0,01)، ويشير ذلك إلى أن زيادة اهتمام الفنادق المبحوثة بكل عنصر من عناصر التسويق الابتكاري سوف يساهم وبشكل كبير في تحقيق الميزة التنافسية المستدامة مقارنة بالمنافسين الآخرين في السوق، كما يلاحظ وجود علاقة ارتباط معنوية بين كل عنصر من عناصر التسويق الابتكاري وكل بعد من أبعاد الميزة التنافسية المستدامة، إذ بلغ أقوى العلاقة (0,753) ما بين عنصر ابتكار التوزيع وميزة الجودة، مما يشير إلى أن اهتمام الفنادق المبحوثة بابتكار التوزيع سيساهم وبشكل كبير في تحقيق ميزة الجودة، إذ أن جعل المنتج متاحاً أمام الزبائن وعرضه بطريقة متميز وترسيخ الخصائص في ذهنه سيقف الجودة في هذه المنتجات، فيما بلغ أضعف العلاقة (0,354) ما بين ابتكار المنتج والموقع التنافسي، وهذا يعني أن قيام الفنادق بتقديم منتجات جديدة إلى الزبائن سيساهم في التكيف مع التغيير المستمر في أذواقهم وتلبية متطلباتهم بشكل أفضل من المنافسين الأمر الذي يعزز سمعتها وتحقيق الأرباح، ومن ثم الوصول إلى الموقع التنافسي المتميز. وعليه تقبل الفرضية الرئيسية الأولى أعلاه.

الجدول (5)

علاقات الارتباط بين التسويق الإلكتروني والميزة التنافسية المستدامة

المؤشر الكلي	أبعاد الميزة التنافسية المستدامة							المتغير المعتمد	
	الموقع التنافسي	الكفاءة	الفاعلية	الاستجابة للزبون	المقدرة الجوهرية	ميزة الكلفة	ميزة الجودة	المتغير المستقل	
**0,518	**0,354	**0,472	**0,470	**0,503	**0,442	**0,401	**0,429	ابتكار المنتج	الميزة التنافسية المستدامة
**0,719	**0,496	**0,494	**0,723	**0,612	**0,593	**0,593	**0,682	ابتكار السعر	
**0,684	**0,453	**0,670	**0,484	**0,681	**0,590	0,586	**0,539	ابتكار الترويج	
**0,852	**0,650	**0,661	**0,666	**0,685	**0,723	**0,706	**0,753	ابتكار التوزيع	
**0,848	**0,583	**0,702	**0,725	**0,763	**0,703	**0,710	**0,706	المؤشر الكلي	

* معنوي عند مستوى (0,05) ** معنوي عند مستوى (0,01) N= T55 (الجدولية=2,382)
المصدر: من أعداد الباحثين في ضوء نتائج الحاسبة الإلكترونية

4- اختبار فرضيات التأثير

يتبين من الجدول (6) ما يأتي:

الفرضية الرئيسية الثانية: يوجد تأثير معنوي موجب لعناصر التسويق الابتكاري مجتمعة في أبعاد الميزة التنافسية المستدامة مجتمعة.

أ- وجود تأثير معنوي موجب لعناصر التسويق الابتكاري مجتمعة في أبعاد الميزة التنافسية المستدامة مجتمعة، ويؤكد ذلك قيمة (T) المحسوبة والبالغة (11,316)، وهي أكبر من قيمتها الجدولية والبالغة (1,678)، كما أن مستوى المعنوية المحسوبة والبالغة (0,000) كان أقل من مستوى المعنوية للبحث والبالغ (0,05)، وضمن درجة الحرية (1-53-54)، وتشير قيمة الميل الحدي (B) والبالغة (0,809) بأن تغييراً مقداره (1) في عناصر التسويق الابتكاري سيؤدي إلى تغيير مقداره (0,809) في الميزة التنافسية المستدامة بأبعادها المختلفة، وبلغت القدرة التفسيرية للمتغير المستقل في المتغير المعتمد بحسب معامل التحديد (R^2) (0,707)، أي أن ما معدله (70,7%) من الاختلافات المفسرة في أبعاد الميزة التنافسية المستدامة تعود إلى تأثير عناصر التسويق الابتكاري، وبالمقابل فإن (29,3%) من الاستجابة تعود لمتغيرات أخرى خارج نطاق البحث، وعليه تقبل الفرضية الرئيسية الثانية أعلاه.

الفرضية الرئيسية الثالثة: يوجد تأثير معنوي موجب لعناصر التسويق الابتكاري منفردة في أبعاد الميزة التنافسية المستدامة مجتمعة، وكانت النتائج كالآتي:

أ- وجود تأثير معنوي موجب لابتكار المنتج في أبعاد الميزة التنافسية المستدامة مجتمعة، ويؤكد ذلك قيمة (T) المحسوبة والبالغة (3,996)، وهي أكبر من قيمتها الجدولية والبالغة (1,678)، كما أن مستوى المعنوية المحسوبة والبالغة (0,000) كان أقل من مستوى المعنوية للبحث والبالغ (0,05)، وضمن درجة الحرية (1-53-54)، وتشير قيمة الميل الحدي (B) والبالغة (0,365) بأن تغييراً مقداره (1) في ابتكار المنتج سيؤدي إلى تغيير مقداره (0,365) في الميزة التنافسية المستدامة بأبعادها المختلفة، وبلغت القدرة التفسيرية للمتغير المستقل في المتغير المعتمد بحسب معامل التحديد (R^2) (0,232)، أي أن ما معدله (23,2%) من الاختلافات المفسرة في أبعاد الميزة التنافسية المستدامة تعود إلى تأثير ابتكار المنتج، وبالمقابل فإن (76,8%) من الاستجابة تعود لمتغيرات أخرى خارج نطاق البحث.

ب- وجود تأثير معنوي موجب لابتكار السعر في أبعاد الميزة التنافسية المستدامة مجتمعة، ويؤكد ذلك قيمة (T) المحسوبة والبالغة (7,491)، وهي أكبر من قيمتها الجدولية والبالغة (1,678)، كما أن مستوى المعنوية المحسوبة والبالغة (0,000) كان أقل من مستوى المعنوية للبحث والبالغ (0,05)، وضمن درجة الحرية (1-53-54)، وتشير قيمة الميل الحدي (B) والبالغة (0,568) بأن تغييراً مقداره (1) في ابتكار السعر سيؤدي إلى تغيير مقداره (0,568) في الميزة التنافسية المستدامة بأبعادها المختلفة، وبلغت القدرة التفسيرية للمتغير المستقل في المتغير المعتمد بحسب معامل التحديد (R^2) (0,514)، أي أن ما معدله (51,4%) من الاختلافات المفسرة في أبعاد الميزة التنافسية المستدامة تعود إلى تأثير ابتكار السعر، وبالمقابل فإن (48,6%) من الاستجابة تعود لمتغيرات أخرى خارج نطاق البحث.

الجدول (6)

تأثير عناصر التسويق الالكتروني في ابعاد الميزة التنافسية المستدامة

عناصر التسويق الابتكاري	ابعاد الميزة التنافسية المستدامة			
	B	T	Sig	R ²
ابتكار المنتج	0,365	3,996	0,000	0,232
ابتكار السعر	0,568	7,491	0,000	0,514
ابتكار الترويج	0,595	7,523	0,000	0,516
ابتكار التوزيع	0,627	10,666	0,00	0,676
المؤشر الكلي	0,809	11,316	0,000	0,707

T الجدولية = 1-53-54 df = 55 N = 1,678 ($\alpha \leq 0.05$)

المصدر : من اعداد الباحثان في ضوء نتائج الحاسبة الالكترونية

ت- وجود تأثير معنوي موجب لابتكار الترويج في ابعاد الميزة التنافسية المستدامة مجتمعة، ويؤكد ذلك قيمة (T) المحسوبة والبالغة (7,523) ، وهي اكبر من قيمتها الجدولية والبالغة (1,678) ، كما ان مستوى المعنوية المحسوبة والبالغة (0,000) كان اقل من مستوى المعنوية للبحث والبالغ (0,05) ، وضمن درجة الحرية (1-53-54) ، وتشير قيمة الميل الحدي (B) والبالغة (0,595) بان تغييرا مقداره (1) في ابتكار الترويج سيؤدي الى تغيير مقداره (0,595) في الميزة التنافسية المستدامة بابعادها المختلفة، وبلغت القدرة التفسيرية للمتغير المستقل في المتغير المعتمد بحسب معامل التحديد (R²)، (0,516)، أي أن ما معدله (51,6%) من الاختلافات المفسرة في ابعاد الميزة التنافسية المستدامة تعود الى تأثير ابتكار الترويج، وبالمقابل فإن(48,4%) من الاستجابة تعود لمتغيرات أخرى خارج نطاق البحث.

ث- وجود تأثير معنوي موجب لابتكار التوزيع في ابعاد الميزة التنافسية المستدامة مجتمعة، ويؤكد ذلك قيمة (T) المحسوبة والبالغة (10,666) ، وهي اكبر من قيمتها الجدولية والبالغة (1,678) ، كما ان مستوى المعنوية المحسوبة والبالغة (0,000) كان اقل من مستوى المعنوية للبحث والبالغ (0,05) ، وضمن درجة الحرية (1-53-54) ، وتشير قيمة الميل الحدي (B) والبالغة (0,627) بان تغييرا مقداره (1) في ابتكار التوزيع سيؤدي الى تغيير مقداره (0,627) في الميزة التنافسية المستدامة بابعادها المختلفة، وبلغت القدرة التفسيرية للمتغير المستقل في المتغير المعتمد بحسب معامل التحديد (R²)، (0,676)، أي أن ما معدله (67,6%) من الاختلافات المفسرة في ابعاد الميزة التنافسية المستدامة تعود الى تأثير ابتكار التوزيع، وبالمقابل فإن(32,4%) من الاستجابة تعود لمتغيرات أخرى خارج نطاق البحث. وعليه تقبل الفرضية الرئيسة الثالثة اعلاه.

5- اختبار فرضيات التباين

يتبين من الجدول (7) الآتي:

الفرضية الرئيسة الرابعة: تتباين الفنادق المبحوثة في تحقيق الميزة التنافسية المستدامة بسبب تباين الاعتماد على عناصر التسويق الابتكاري.

أ- تشير نتائج التحليل الاحصائي وحسب آراء الافراد المبحوثين الى وجود فروق معنوية ذات دلالة احصائية في ابعاد الميزة التنافسية المستدامة مجتمعة تعزى الى عناصر التسويق الالكتروني مجتمعة، ويؤكد ذلك قيمة (F) المحسوبة والبالغة (128,055) المؤشر الكلي، وبمستوى معنوية (0,000)، وهي دالة معنوية وبدرجات حرية (1، 53 ، 54).

ب- تشير نتائج التحليل الاحصائي وحسب آراء الافراد المبحوثين الى وجود فروق معنوية ذات دلالة احصائية في ابعاد الميزة التنافسية المستدامة مجتمعة تعزى الى عناصر التسويق الالكتروني منفردة، ويؤكد ذلك قيم (F) المحسوبة والبالغة (15,971)، (56,114)، (56,599)، (113,76)، وجميعها بمستوى معنوية (0,000)، وهي دالة معنوية وبدرجات حرية (1، 53 ، 54). وعليه تقبل الفرضية الرئيسة الرابعة اعلاه.

الجدول (7)

تباين اراء العينة تجاه الميزة التنافسية المستدامة بسبب عناصر التسويق الالكتروني

عناصر التسويق الالكتروني	قيمة F المحسوبة	قيمة Sig
ابتكار المنتج	15,971	0,000
ابتكار السعر	56,114	0,000
ابتكار الترويج	56,599	0,000
ابتكار التوزيع	113,766	0,000
المؤشر الكلي	128,055	0,000

المصدر : من اعداد الباحثان في ضوء نتائج الحاسبة الالكترونية N = 55

الاستنتاجات والتوصيات

1- الاستنتاجات

أ- اشارت نتائج التحليل الاحصائي ان الافراد المبحوثين يؤكدون بان الفنادق المبحوثة تتبنى مفهوم التسويق الابتكاري في العناصر المختلفة وبمستوى قبول عالي، وكان ترتيب العناصر حسب اهميتها وفق الآتي: (ابتكار المنتجات، ابتكار السعر، ابتكار التوزيع، ابتكار الترويج). ويشير ذلك ان تبني التسويق الابتكاري من قبل الفنادق المبحوثة سوف يعزز سمعتها وتوطيد العلاقة مع الزبائن كونها تسعى جاهدة لتلبية متطلباتهم من خلال العناصر المختلفة للتسويق الابتكاري.

ب- اشارت نتائج التحليل الاحصائي ان الافراد المبحوثين يؤكدون بان الفنادق المبحوثة تمتلك الميزة التنافسية المستدامة من خلال الابعاد المختلفة وبمستوى قبول عالي، وكان ترتيب العناصر حسب أهميتها وفق الاتي: (الاستجابة للزبون، المقدرات الجوهرية، الكفاءة، الجودة، الموقع التنافسي، الفاعلية، الكلفة). ويشير ذلك الى الفنادق المبحوثة فريدة ومتميزة عن المنافسين الآخرين في جميع الابعاد وبدرجات متباينة ، واصبح لها موقفا قويا تجاه الاطراف الاخرى.

ت- اشارت نتائج التحليل الاحصائي الى وجود علاقة ارتباط معنوية موجبة بين التسويق الابتكاري على المستوى الكلي والميزة التنافسية المستدامة ، ويشير ذلك ان تبني الفنادق المبحوثة لعناصر التسويق الابتكاري مجتمعة سيساهم في تحقيق الميزة التنافسية المستدامة لها.

ث- اشارت نتائج التحليل الاحصائي الى وجود علاقة ارتباط معنوية موجبة بين التسويق الابتكاري على المستوى الجزئي (ابتكار المنتجات، ابتكار السعر، ابتكار التوزيع، ابتكار الترويج) والميزة التنافسية المستدامة، ويشير ذلك ان تبني الفنادق المبحوثة لاي عنصر من عناصر التسويق الابتكاري سيساهم في تحقيق الميزة التنافسية المستدامة لها .

ج- اشارت نتائج التحليل الاحصائي الى وجود تأثير معنوي موجب للتسويق الابتكاري على المستوى الكلي في الميزة التنافسية المستدامة ، ويشير ذلك ان تلك العلاقات لم تكن قد حدثت بالصدفة، بل ان ذلك يؤكد صحة وسلامة نموذج البحث الافتراضي والعوامل التفسيرية الداخلة فيه.

ح- اشارت نتائج التحليل الاحصائي الى وجود تأثير معنوي موجب للتسويق الابتكاري على المستوى الجزئي (ابتكار المنتجات، ابتكار السعر، ابتكار التوزيع، ابتكار الترويج) في الميزة التنافسية المستدامة ، ويشير ذلك ان تبني اي عنصر من عناصر التسويق الابتكاري في الفنادق المبحوثة ستؤثر في الميزة التنافسية المستدامة.

خ- اشارت نتائج التحليل الاحصائي الى وجود تباين بين الفنادق المبحوثة في ابعاد الميزة التنافسية المستدامة تبعا لمستويات تركيزها على عناصر التسويق الالكتروني وبمستويات متباينة.

2- التوصيات

أ- تعزيز الاهتمام بالتسويق الابتكاري لدوره في تحقيق الميزة التنافسية المستدامة للفنادق المبحوثة، ووضعها ضمن استراتيجياته، ولا سيما في مجال ابتكار منتجات متميزة وذات جودة عالية واسعار مناسبة وترويج وتوزيع مبتكرين.

ب- تعزيز الاهتمام بابعاد الميزة التنافسية المستدامة ، اذ ان ذلك سيعزز من قدرة الفنادق المبحوثة في الحصول على موقف قوي تجاه الاطراف الاخرى العاملة في نفس النشاط، ومن ثم تحسين القدرة على تلبية متطلبات الزبائن من خلال انتاج قيمة في المنتجات المقدمة لهم.

ت- ضرورة اهتمام الفنادق المبحوثة بعلاقات الارتباط بين التسويق الابتكاري والميزة التنافسية المستدامة للوصول الى علاقات متكاملة ومتبادلة تهدف الى تعزيز الميزة التنافسية المستدامة.

ث- تنمية وتطوير روح الابتكار لدى العاملين في الفنادق المبحوثة، وتدريبهم على اساليب التفكير الابتكاري للمساهمة في عمليات تطوير عناصر التسويق الابتكاري.

ج- تبين وجود تأثير معنوي لعناصر التسويق الابتكاري في تحقيق ابعاد الميزة التنافسية المستدامة ، لذلك يوصي الباحث بضرورة تبني الفنادق المبحوثة مخطط البحث الفرضي والنتائج التي تم التوصل اليها بهدف تعميق الوعي بأهمية التسويق الابتكاري، ومن ثم الوصول الى القرار المناسب لتطبيقه.

المصادر العربية

- 1- احمد ، بوشمال ، سوسيولوجيا التغيير التنظيمي وفعالية المنظمات مدخل التحليل الاستراتيجي دراسة ميدانية بمؤسسة مطاحن الأغواط، رسالة ماجستير، كلية العلوم الإنسانية والعلوم الاجتماعية جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، الجزائر، 2011 .
- 2- أبو جمعة ، نعيم حافظ، التسويق الابتكاري، منشورات المنظمة العربية للتنمية الإدارية، القاهرة، 2003.
- 3- البكري، ثامر وخالد بني حمدان، الاطار المفاهيمي للاستدامة والميزة التنافسية المستدامة محاكاة لشركة HP في اعتمادها لاستراتيجية الاستدامة ، مجلة الاكاديمية للدراسات الاجتماعية والانسانية ، العدد (9)، جامعة حسية بن بو علي، الشلف، الجزائر، 2013.
- 4- البغدادي، عادل هادي ومهند حميد ياسر العطوي، تأثير المقدرات الجوهرية في التسويق الريادي، مجلة القادسية للعلوم الادارية والاقتصادية ، المجلد(16) ، العدد (4)، 2014 .
- 5- السمان ، ثائر احمد سعدون، وخضر خليل شيوخو الجرجري، انعكاسات ابداع المنتج على تحقيق الحماية للمستهلك، دراسة استطلاعية في الشركة العامة لصناعة الادوية والمستلزمات الطبية في نينوى، مجلة تنمية الريف، المجلد(39) ، العدد (110) ، كلية الادارة والاقتصاد، جامعة الموصل، العراق، 2012.
- 6- شرنخي، عمر يوسف سليمان، دور استراتيجيات التسويق المستدام في تحقيق عدد من أبعاد الميزة التنافسية المستدامة، دراسة استطلاعية لأراء عينة من مديري عدد من المصانع لإنتاج المياه المعدنية في إقليم كردستان العراق، رسالة ماجستير، فاكولتي القانون والإدارة، جامعة دهوك، كوردستان العراق، 2014.
- 7- الصرن ، رعد حسن ، كيف تخلق بيئة ابتكارية في المنظمات ، ادارة الابداع والابتكار ، الجزء الثاني ، دار الرضا للنشر ، سوريا ، دمشق ، 2001 .
- 8- الضمور، هاني حامد ، تسويق الخدمات، الطبعة الثانية، عمان، الاردن، 2005.
- 9- الطاهر، بن يعقوب وهياش فارس، دور الابتكار التسويقي في اكتساب ميزة تنافسية لمنتجات المصارف الإسلامية ، الاكاديمية العربية للبحوث ، المؤتمر الدولي حول منتجات وتطبيقات الابتكار والهندسة المالية يومي(5-6) ماي، 2014 .
- 10- عباس، فردوس محمد ، اثر اعتمادية الابداع التقني في تحسين جودة المنتج لتحقيق الميزة التنافسية، دراسة حالة تطبيقية في الشركة العامة لصناعة الزيوت النباتية اللبنانية، مجلة كلية التربية، المجلد (1) ، العدد (4)، العراق ، 2010.
- 11- عديلة، احلام، دور استراتيجية المحيط الازرق في تحقيق الميزة التنافسية المستدامة، حالة مؤسسة اتصالات الجزائر، رسالة ماجستير، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة محمد خيضر بسكرة، الجزائر، 2014.
- 12- عادل، مزوغ ، دراسة نقدية لاستراتيجيات Porter التنافسية، مجلة الاكاديمية للدراسات الاجتماعية والانسانية، قسم العلوم الاقتصادية والقانونية، العدد (10)، جون، 2013 .
- 13- العزاوي، محمد عبد الوهاب واحمد سليمان الجرجري، ثقافة المعلومات والاتصالات كمدخل لتحقيق التميز التسويقي دراسة تحليلية لأراء عينة من المسؤولين في عدد من المصارف الحكومية والأهلية في محافظة نينوى، بحث مقدم الى المؤتمر السنوي الحادي عشر، ذكاء الاعمال واقتصاد المعرفة 23-26 نيسان، عمان، الاردن ، 2012 .
- 14- العبيدي، علي قاسم حسن وجاسم عيدان المعموري وعلي كريم الخفاجي، اثر عملية خفض كلفة المزيج التسويقي في تقويم اداء منظمات الاعمال، مجلة العلوم الانسانية، المجلد(18)، العدد (2)، 2010 .

- 15-مربعي، وهيبه، دور التسويق الالكتروني في المحافظة على الميزة التنافسية، رسالة ماجستير، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة الحاج لخضر، باتنة، الجزائر، 2012.
- 16- المحمدي، سعد علي، العلاقة بين الخيار الاستراتيجي والهيكل التنظيمي وتأثيرهما في الفاعلية التنظيمية، اطروحة دكتوراه، جامعة سانت كليمنتس الدولية، 2011.
- 17- النعيمي، صلاح عبد القادر وعامر فدعوس عذيب، دور عمليات ادارة المعرفة في التسويق الابتكاري، بحث تحليلي لعينة من مديري الشركة العامة للزيوت النباتية، مجلة العلوم الاقتصادية والادارية، المجلة (22)، العدد (4)، 2012.

REFERENCES

- [1] Asli, Kucukaslan, The value of environmental management and green product design within sustainable development and competitive strategies of the companies, African Journal of Agricultural Research Vol. 6(1), January, 2011
- [2] Hill& Jones, Strategic Mangement Theory, An Integrated Appriach, 9th Ed., South Western, U., K., 2010.
- [3] Hosseini, Mirza Hasan, Mohsen Safaie navaie, analyzing the Influence of Promotion Mix on Increase of Sale in cosmetics and Beauty Products, Asian Journal of Business and Management Sciences, Vol. (1) No. (4), 2011.
- [4] Jelena, Gajic, Important of Marketing Mix in Higher Education Institution, Singidunum Journal of Applied science, (9), (1), 2012.
- [5] Kanagal, Nagasimha Balakrishna, Innovation and product innovation in marketing strategy, Indian Institute of Management, Bangalore, India Journal of Management and Marketing Research Vol (18), February, 2015.
- [6] Qureshi, Muhammad Shahid, Determinants and Outcomes of Marketing Capabilities in New Technology Based Firms in Berlin, Germany: An Empirical Study, Thesis of Doctor, Berlin, 2010.
- [7] Sattisri S., Sangari E.S. and Peighambari K. Service Quality in the Iranian Cellular Telecommunications Market. Lulea University of Technology, Sweden, 2008.
- [8] Singh, Meera, Marketing Mix of 4P'S for Competitive Advantage, Journal of Business and Management, Vol (3), Issue (6), Sep,-Oct. 2012.
- [9] Tanwar, Ritika, Porter's Generic Competitive Strategies, Journal of Business and Management (IOSR-JBM), Vol (15), Issue (1), Nov. , Dec. 2013.
- [10] Tanveer Asif, Waheed Riaz, Marketing Mix, Not Branding, Asian Journal of Business and Management Sciences, Vol. (1), No. 11, 2012.
- [11] Valipour, Hashem, Hamid Birjandi, Samira Honarbakhsh, The Effects of Cost Leadership Strategy and Product Differentiation Strategy on the Performance of Firms, Journal of Asian Business Strategy, Vol. (2), No.1, 2012.

Analyse comparative de l'état de conservation des forêts classées, des forêts communautaires et des forêts sacrées au Sud-Bénin (Afrique de l'Ouest)

[Comparative analysis of the state of conservation of gazetted forests, community forests and sacred forests (West Africa)]

Ousséni AROUNA¹, Ismaïla TOKO IMOROU², Moussa GIBIGAYE³, Pierre ALLE⁴, and Brice TENTE⁵

¹Ecole des Sciences et Techniques du Bâtiment et de la Route,
Université Polytechnique d'Abomey, 03 BP 304 Abomey, Benin

²Laboratoire de Cartographie,
Université d'Abomey-Calavi, 10 BP 1082, Cotonou, Benin

³Laboratoire d'Analyse Régionale et Développement,
Université d'Abomey-Calavi, BP : 677 Abomey-Calavi, Benin

⁴Direction Générale des Eaux, Forêts et Chasse,
Ministère du Cadre de Vie et du Développement Durable, Cotonou, Benin

⁵Laboratoire de Biogéographie et d'Expertise Environnementale (LABEE),
Université d'Abomey-Calavi, BP : 677 Abomey-Calavi, Benin

Copyright © 2017 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 aims to analyze the state of conservation of gazetted forest, community forest and sacred forest in the southern Benin. To do this, two gazetted forests, two communities forests and two sacred forests were chosen. The evaluation of the dynamics of the forest cover has been made of the comparative diachronic analysis of land cover in 1982 and 2015. The phytosociological and forest inventories were carried out in the forests studied. The results revealed that the areas of forest classes are held and sometimes experiencing an increase in the sacred forests while these forest classes experienced a regressive development in gazetted forests. In community forests, regression and maintaining forest classes were observed. The average density of trees is the highest recorded in the sacred forest of Zannouzoun (352.50 trees / ha) and the lowest density is achieved in the community forest Togbin-Daho (104.60 trees / ha). The highest Shannon diversity index is obtained in the sacred forest of Kodjizoun (3.08 bits) while the lowest value of this index is recorded at the gazetted forests of Pahou (1.96 bit). The state and the evolutionary trend of forest cover and ecological parameters show that the sacred forests and incidentally community forests are best preserved as gazetted forests. However, the small size of sacred forests requires to qualify this conclusion.

KEYWORDS: protected areas, forest cover, ecological parameters, trend, South Benin.

RESUME: La présente recherche vise à analyser l'état de conservation des forêts classées, sacrées et communautaires au Sud-Bénin. Pour ce faire, 2 forêts classées, 2 forêts sacrées et 2 forêts communautaires ont été choisies. L'évaluation de la dynamique du couvert forestier a été réalisée à partir de l'analyse diachronique comparative de l'occupation des terres de 1982 et de 2015. Les inventaires phytosociologique et forestier ont été réalisés dans les forêts étudiées. Les résultats ont révélé que les superficies des classes forestières sont conservées et connaissent parfois une augmentation dans les forêts

sacrées alors que ces classes forestières ont connu une évolution régressive dans les forêts classées. Dans les forêts communautaires, la régression et le maintien des classes forestières ont été observées. La densité moyenne des arbres la plus élevée est enregistrée dans la forêt sacrée de Zannouzoun (352,50 arbres/ha) et la plus faible densité est obtenue dans la forêt communautaire de Togbin-Daho (104,60 arbres/ha). L'indice de diversité de Shannon le plus élevé est obtenu dans la forêt sacrée de Kodjizoun (3,08 bits) alors la plus faible valeur de cet indice est enregistrée au niveau de la forêt classée de Pahou (1,96 bit). L'état et la tendance évolutive du couvert forestier et les paramètres écologiques attestent que les forêts sacrées et accessoirement les forêts communautaires sont mieux conservées que les forêts classées. Toutefois, la petite taille des forêts sacrées oblige à nuancer cette conclusion.

MOTS-CLEFS: aires protégées, couvert forestier, paramètre écologique, tendance, Sud-Bénin.

1 INTRODUCTION

La conservation de la biodiversité s'avère particulièrement difficile et en réalité peu probable en dehors des aires protégées dans les pays africains. Différentes catégories d'aires protégées ont été créées dans plusieurs régions et zones phytogéographiques de l'Afrique. Les aires protégées sont des espaces géographiques clairement définis, reconnus, consacrés et gérés, par tout moyen efficace, juridique ou autre, afin d'assurer à long terme la conservation de la nature ainsi que les services écosystémiques et les valeurs culturelles qui lui sont associés [1]. Elles sont devenues les «pierres angulaires» des stratégies nationales et internationales de conservation.

L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) a défini plusieurs catégories d'aires protégées avec des objectifs allant de la protection intégrale à l'utilisation durable des écosystèmes naturels. Les aires protégées sont régies par les lois de chaque Etat, avec des appellations qui peuvent varier selon la législation nationale. Il y a également des aires protégées créées sur la base des normes et croyances traditionnelles dans plusieurs pays africains.

De par sa situation dans le Dahomey Gap, le Bénin a un couvert forestier très peu dense qui est encore fortement altéré par les actions anthropiques [2]. Le Dahomey Gap est la discontinuité phytogéographique qui sépare les deux grands blocs forestiers guinéen et congolais. Il se présente sous forme d'une bande perpendiculaire au littoral. Sur le plan physiographique, le Dahomey Gap est caractérisé par l'absence de forêts denses humides comme en Côte d'Ivoire et la présence de savanes qui descendent jusqu'à la côte [3]. Au Sud-Bénin où les habitations et les exploitations agricoles dominent le paysage, les forêts sacrées, les forêts communautaires et les forêts classées sont les seuls témoins actuels de l'élément forestier.

Les forêts sacrées sont des sites constitués d'un ensemble d'arbres qui sont protégés par des dispositions traditionnelles ; dans ces sites certains arbres ou autres objets (pierres, etc.) sont sacrés et vénérés. En effet, en raison de leur statut fondé sur des croyances traditionnelles, les forêts sacrées constituent aujourd'hui aux yeux de plusieurs scientifiques un espoir pour sauvegarder un échantillon représentatif de la biodiversité. Face aux pressions foncières et aux mutations socio-culturelles en rapport avec les religions monothéistes en voie d'expansion, ces forêts subissent actuellement des dégradations rapides et massives, entraînant la réduction de leur superficie, voire leur disparition complète [4]. En dépit de ces fortes menaces plusieurs recherches ont attesté la contribution majeure des forêts sacrées à la conservation de la biodiversité [5], [6], [7], [8], [9], [10].

Il en est de même des forêts communautaires qui contribuent elles aussi à la conservation de la biodiversité et connaissent de plus en plus les phénomènes de dégradation et de déforestation au Bénin [11]. Les forêts communautaires sont des espaces relativement boisés créés par les collectivités familiales dont l'accès et l'exploitation sont régies par les normes établies par les communautés villageoises [11]. Les forêts communautaires sont des forêts qui sont sous l'autorité du pouvoir local et appartiennent à une communauté [10].

Quant aux forêts classées, elles sont constituées d'un ensemble de formations végétales (forêts, savanes) désignées comme telles, suite à un acte officiel de mise sous régime restrictif de l'exercice des droits d'usage des individus ou des collectivités [12]. Ces forêts classées malgré leur statut d'aire protégée connaissent aussi de dégradation [13]. Malgré cette dégradation, les forêts classées comme les forêts sacrées et les forêts communautaires contribuent à la conservation de la biodiversité.

Au total, les forêts sacrées, les forêts classées et les forêts communautaires malgré leurs états dégradés contribuent à la conservation de la biodiversité [13] [10] [9]. La question fondamentale qui se pose est de savoir entre les forêts classées, les

forêts sacrées et les forêts communautaires du Sud-Bénin, quelle est la catégorie d'aire protégée qui participe plus à la conservation de la biodiversité. Les questions spécifiques qui se posent sont :

- quelle est la tendance évolutive du couvert forestier dans les forêts classées, les forêts communautaires et les forêts sacrées du Sud-Bénin?
- Quel est l'état de la phytodiversité dans ces aires protégées?

L'objectif global de la présente recherche est de faire une analyse comparative de la contribution des forêts classées, des forêts communautaires et des forêts sacrées à la conservation de la biodiversité dans le Sud-Bénin. De façon spécifique, il s'est agi de réaliser une analyse diachronique comparative du couvert forestier des forêts classées, des forêts communautaires et des forêts sacrées du Sud-Bénin et de comparer les paramètres structuraux et de diversité de ces aires protégées.

Cette recherche est fondée sur l'hypothèse que les forêts classées participent plus à la conservation de la biodiversité au Sud-Bénin. En effet, en considérant tout l'arsenal de l'Etat béninois notamment l'administration forestière ainsi que l'objet de la plupart des projets forestiers qui tourne autour des forêts classées, cette hypothèse prend tout son sens. Le Bénin a enregistré trois générations de projets forestiers [13]: les projets forestiers avant le code forestier de 1993, les projets forestiers à l'ère du code forestier de 1993 et les projets après le code forestier. Tous ces projets forestiers se sont intéressés aux forêts classées. Il est alors logique *a priori* de considérer que les forêts classées participent plus à la conservation de la biodiversité.

La présentation des aires protégées, le matériel et les méthodes utilisés, les résultats et la discussion constituent les principales articulations du présent article.

2 MILIEU D'ETUDE

Le milieu d'étude est constitué de deux forêts classées, de deux forêts communautaires et de deux forêts sacrées. Il s'agit des forêts classées de Pahou et d'Itchède, les forêts communautaires de Togbin-Daho et de Gnanhouizoun et les forêts sacrées de Kodjizoun et de Zannouzoun (figure 1). L'ensemble des aires protégées étudiées sont situées dans le Sud-Bénin dans les mêmes conditions écologiques et socio-économiques.

Le Sud-Bénin est une région à climat subéquatorial caractérisé par quatre saisons au cours de l'année : une grande saison pluvieuse et une grande saison sèche d'une part et d'autre part une petite saison sèche et une petite saison pluvieuse. Sur le plan phytogéographique, la zone de recherche appartient à la région guinéo-congolaise. Cependant, les formations climaciques de cette région phytogéographique ont pratiquement disparu à part quelques lambeaux constituant les témoins de l'élément forestier. C'est une zone fortement anthropisée avec le développement spectaculaire de plusieurs activités économiques telles que l'agriculture, l'élevage, la pêche et la construction des infrastructures.

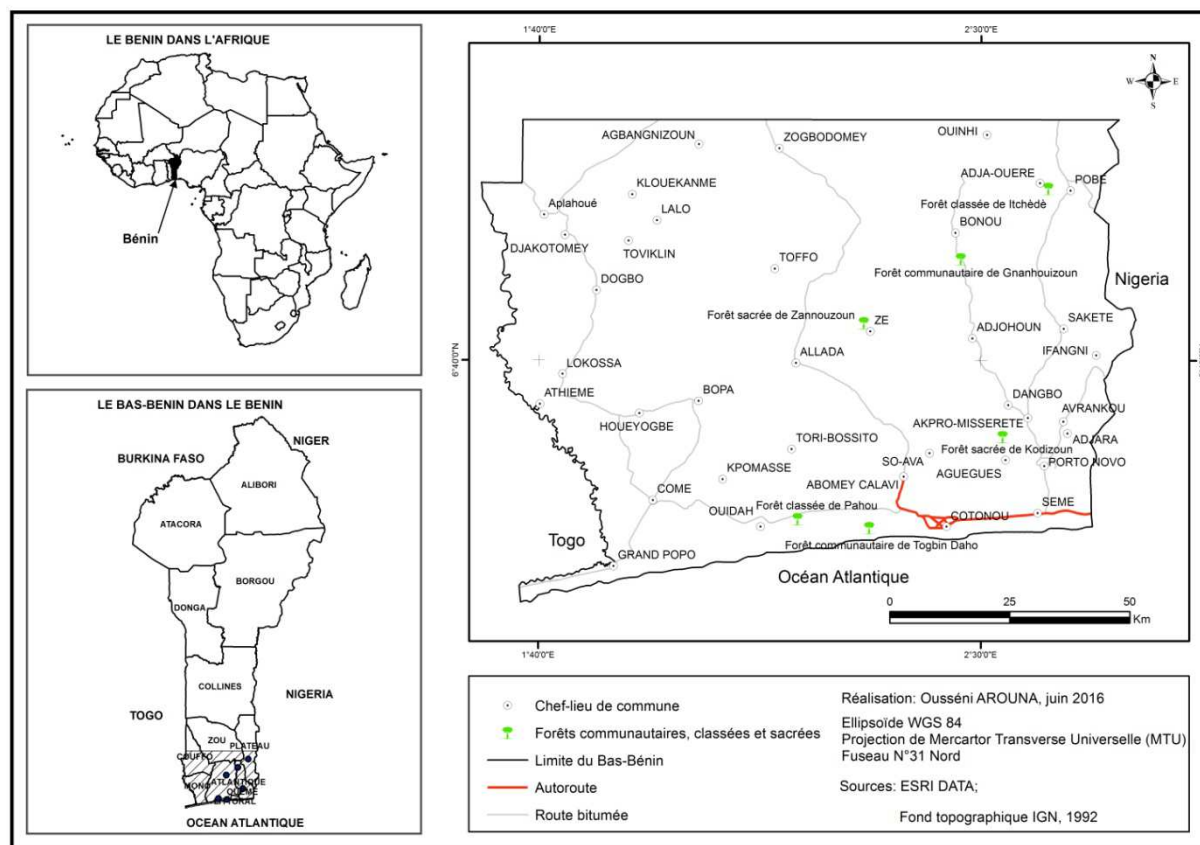


Figure 1. Localisation des forêts étudiées dans le Sud-Bénin

3 MATERIEL ET METHODES

3.1 MATERIEL ET METHODE DE LA CARTOGRAPHIE DIACHRONIQUE DU COUVERT FORESTIER

La cartographie diachronique du couvert forestier a été réalisée. La carte d'occupation des terres de 1982 réalisée par le Centre National de Télédétection et du suivi écologique du Bénin (CENATEL) sur la base des images Landsat MSS a été utilisée comme la référence de la première date (1982). La deuxième carte de référence utilisée est la carte d'occupation des terres de 2015 issue de l'interprétation des images SPOT de 2015.

3.1.1 INTERPRÉTATION DES IMAGES SPOT

La méthode de classification orientée-objet a été utilisée pour interpréter les images SPOT6 de résolution 6 m à l'aide du logiciel eCognition (Definiens). Ce logiciel offre l'avantage de considérer autant la signature spectrale des pixels que leur patron de distribution et d'agencement dans le processus de la segmentation. Une fois que la segmentation a été réalisée, des codes ont été attribués aux différents polygones issus de la segmentation. Les caractéristiques de ces polygones ont ensuite été analysées mathématiquement par le logiciel eCognition, ce qui a permis de classer automatiquement tous les autres polygones selon leur appartenance aux familles de référence. Il est important de mentionner que la détermination du type d'occupation des polygones de référence s'est appuyée sur les points GPS relevés au cours des travaux de terrain. Grâce à cette particularité, il a été possible de définir des algorithmes d'analyse spatiale afin de segmenter automatiquement le territoire en polygones qui s'apparentent à ceux qu'aurait tracé un photo-interprète expérimenté. En réalité, la segmentation obtenue par eCognition est même plus précise et détaillée car elle n'est pas limitée par l'agilité de manipulation du curseur à l'écran. De plus, l'utilisation d'algorithmes et l'application de règles précises assurent une meilleure uniformité dans la segmentation des différentes images qui composent la zone de recherche. La couche numérique préliminaire d'occupation des terres (i.e. polygones et codes d'identification) a ensuite été transférée dans le logiciel ArcGIS afin de compléter la structuration de la base de données et d'ajouter le libellé complet du type d'occupation des terres.

3.1.2 EVALUATION DU NIVEAU DE PRECISION DE LA CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DES TERRES

L'évaluation des cartes des unités forestières et des autres unités d'occupation des terres issues de l'interprétation des images satellites a été faite à partir d'une matrice de confusion. Il s'agit en fait d'un tableau à double entrée où les classes des cartes issues de l'interprétation se trouvent en lignes et les données du contrôle-terrain en colonnes. Sur la diagonale de ce tableau, se trouvent les unités forestières et autres unités d'occupation des terres bien identifiées et de part et d'autre de cette diagonale les erreurs d'omission et de confusion. Cette matrice a permis de calculer l'indice d'exactitude I des cartes d'occupation des terres [14], [15].

3.2 MÉTHODES D'INVENTAIRES PHYTOSOCIOLOGIQUES ET FORESTIERS

3.2.1 RELEVES PHYTOSOCIOLOGIQUES ET INVENTAIRE DES LIGNEUX

Les inventaires phytosociologiques et forestiers ont été réalisés dans le but de comparer les paramètres dendrométriques et les paramètres de diversité des différentes forêts étudiées. Ainsi, les secteurs concernés ont été d'abord ciblés au Laboratoire à partir des cartes d'occupation des terres. Sur le terrain, les placeaux ont été installés selon le critère d'homogénéité floristique et topographique. Les placeaux circulaires de 1000 m² ont été installés.

Les relevés phytosociologiques ont été effectués selon la méthode sigmatiste de Braun-Blanquet [16] utilisée avec succès par plusieurs auteurs [17], [9]. Cette méthode stipule que les aires de relevés doivent être suffisamment homogènes sur les plans floristique et topographique. La plupart des espèces ont été identifiées directement sur le terrain. Les spécimens des espèces non identifiées ont été récoltés et comparés à ceux des Flores existantes [18], [19], [20], [21], [2]. L'identification s'est basée sur la nomenclature de [21] et de [22].

Pour chaque relevé, les caractéristiques d'identification du site, les conditions stationnelles (topographie, altitude, texture du sol) et les éléments relevant des perturbations anthropiques ont été notés. Au niveau de chaque placeau, les espèces végétales ont été inventoriées et affectées de coefficients d'abondance – dominance. Pour chaque espèce inventoriée, on affecte un coefficient d'abondance-dominance qui est l'expression de l'espace relatif occupé par l'ensemble des individus de chaque espèce. Les coefficients de recouvrement moyen (RM) admis pour la plupart sont :

- 5 : espèce couvrant 75 à 100 % de la surface du relevé (RM = 87,5 %)
- 4 : espèce couvrant 50 à 75 % de la surface du relevé (RM = 62,5 %)
- 3 : espèce couvrant 25 à 50 % de la surface du relevé (RM = 37,5 %)
- 2 : espèce couvrant 5 à 25 % de la surface du relevé (RM = 15 %)
- 1 : espèce couvrant 1 à 5 % de la surface du relevé (RM = 3 %)
- + : espèce couvrant 0 à 1 % de la surface du relevé (RM = 0,5 %).

Les diamètres des individus de dbh ≥ 10 cm ont été mesurés à l'aide du ruban π.

3.2.2 TRAITEMENT DES DONNEES DE DIVERSITE SPECIFIQUE

La richesse spécifique et l'indice de diversité de Shannon sont des paramètres écologiques utilisés pour comparer les différentes forêts étudiées.

3.2.2.1 RICHESSE SPÉCIFIQUE (S_p)

C'est le nombre d'espèces végétales ligneuses recensées par placeau. Cet indicateur est insuffisant pour mesurer la diversité spécifique car il ne permet pas de différencier des forêts qui comporteraient le même nombre d'espèces mais avec des effectifs différents.

3.2.2.2 INDICE DE DIVERSITE DE SHANNON (H')

L'indice de diversité exprime la diversité des espèces au sein des groupements végétaux. Il est calculé à partir de la formule suivante :

$$H = -\sum P_i \log_2 P_i$$

Avec $P_i = n_i/N$; n_i = nombre d'individus/espèce; N = nombre d'individus /placeau. H varie en général de 0 à 5.

Un indice de diversité de Shannon élevé correspond à des conditions du milieu favorables à l'installation de nombreuses espèces; c'est le signe d'une grande stabilité du milieu [23]. L'indice de diversité de Shannon est faible lorsque sa valeur est comprise entre 0 et 2 bits; il est moyen si sa valeur est comprise entre 2 et 2,5 bits et élevé lorsque sa valeur est supérieure à 2,5 bits.

3.2.3 TRAITEMENT DES DONNÉES DENDROMÉTRIQUES

3.2.3.1 DENSITÉ

La densité des arbres est calculée suivant la formule suivante:

$$N = \frac{n}{n_p s};$$

Où N = densité en arbres/ha ; n = nombre d'arbres dénombrés par plateau ; n_p = nombre total de plateaux considérés et s = superficie d'un plateau en ha.

3.2.3.2 SURFACE TERRIÈRE MOYENNE (G)

La surface terrière moyenne est la somme des sections des troncs des arbres à un niveau de référence. Elle est calculée à partir de la formule suivante :

$$G = \Sigma \pi d^2 / 4 \text{ ou } G = \Sigma C^2 / 4 \pi$$

Avec d = diamètre à 1,30 m au-dessous du sol ; C = circonférence à 1,30 m au-dessus du sol.

3.2.4 TESTS STATISTIQUES DE COMPARAISON DES PARAMETRES ECOLOGIQUES DES FORETS ETUDIEES

Les valeurs de chaque paramètre écologique (S_p , H' , N et G) ont subi d'abord une transformation racine carrée avant d'être soumises à une analyse de variance à un facteur (forêt). Cette transformation est nécessaire pour s'assurer de la normalité et de l'homogénéité de variance des séries de données [24]. Le test de structuration des moyennes de [25] a ensuite été réalisé pour classer les unités écologiques sur la base de la valeur moyenne des paramètres considérés. Le logiciel SPSS 21.0 a été utilisé pour faire les analyses.

4 RESULTATS

Les résultats ont été organisés en deux points : analyse comparative de la dynamique du couvert forestier et analyse comparative des paramètres écologiques des forêts étudiées.

4.1 DYNAMIQUE DU COUVERT FORESTIER

La dynamique du couvert forestier a été analysée à partir des cartes d'occupation des terres de 1982 et de 2015.

4.1.1 DYNAMIQUE DU COUVERT FORESTIER DANS LES FORETS CLASSEES

Les figures 2 et 3 présentent la dynamique du couvert forestier dans les forêts classées d'Itchède et de Pahou.

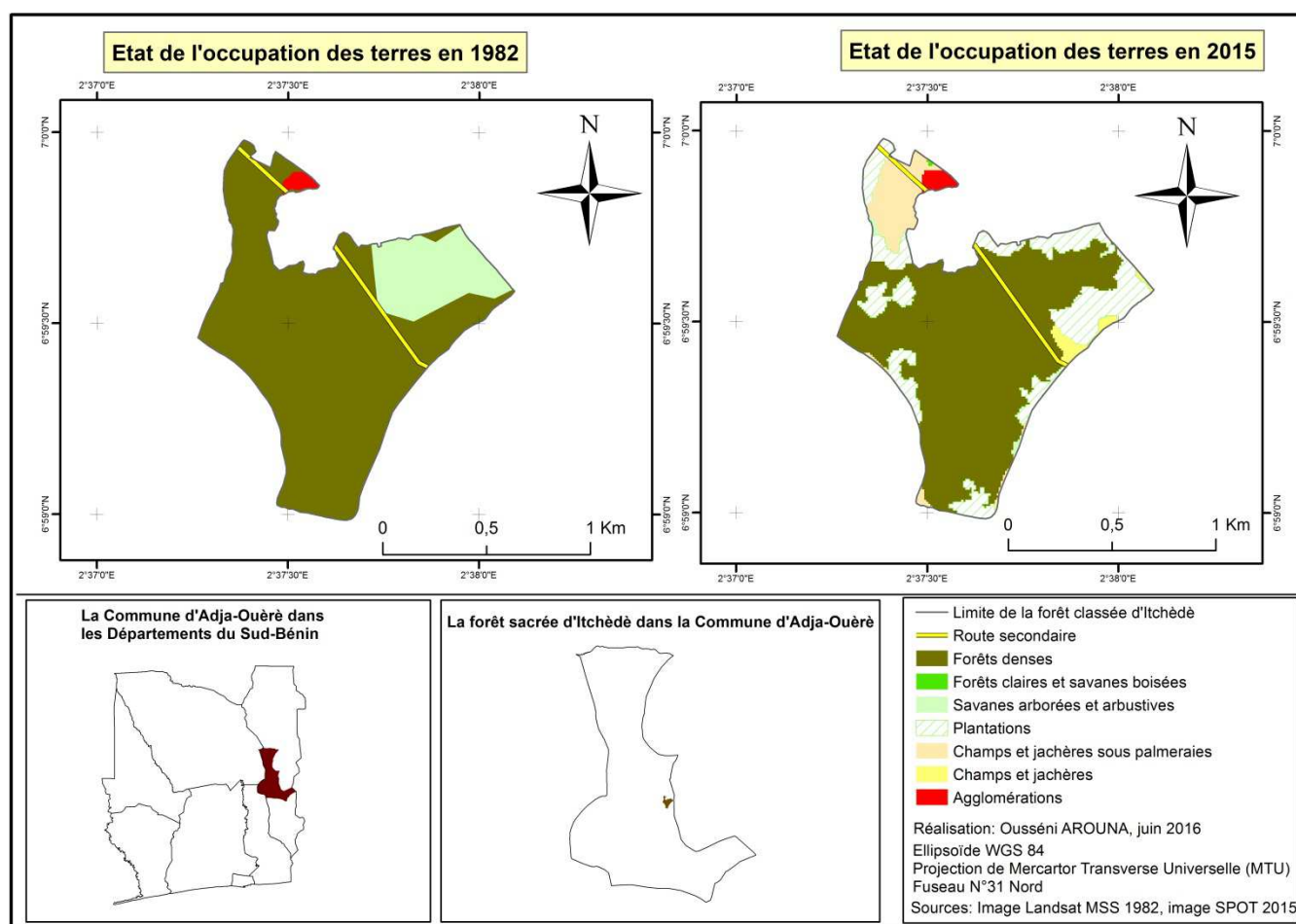


Figure 2. Dynamique de l'occupation des terres dans la forêt classée d'Itchède de 1982 à 2015

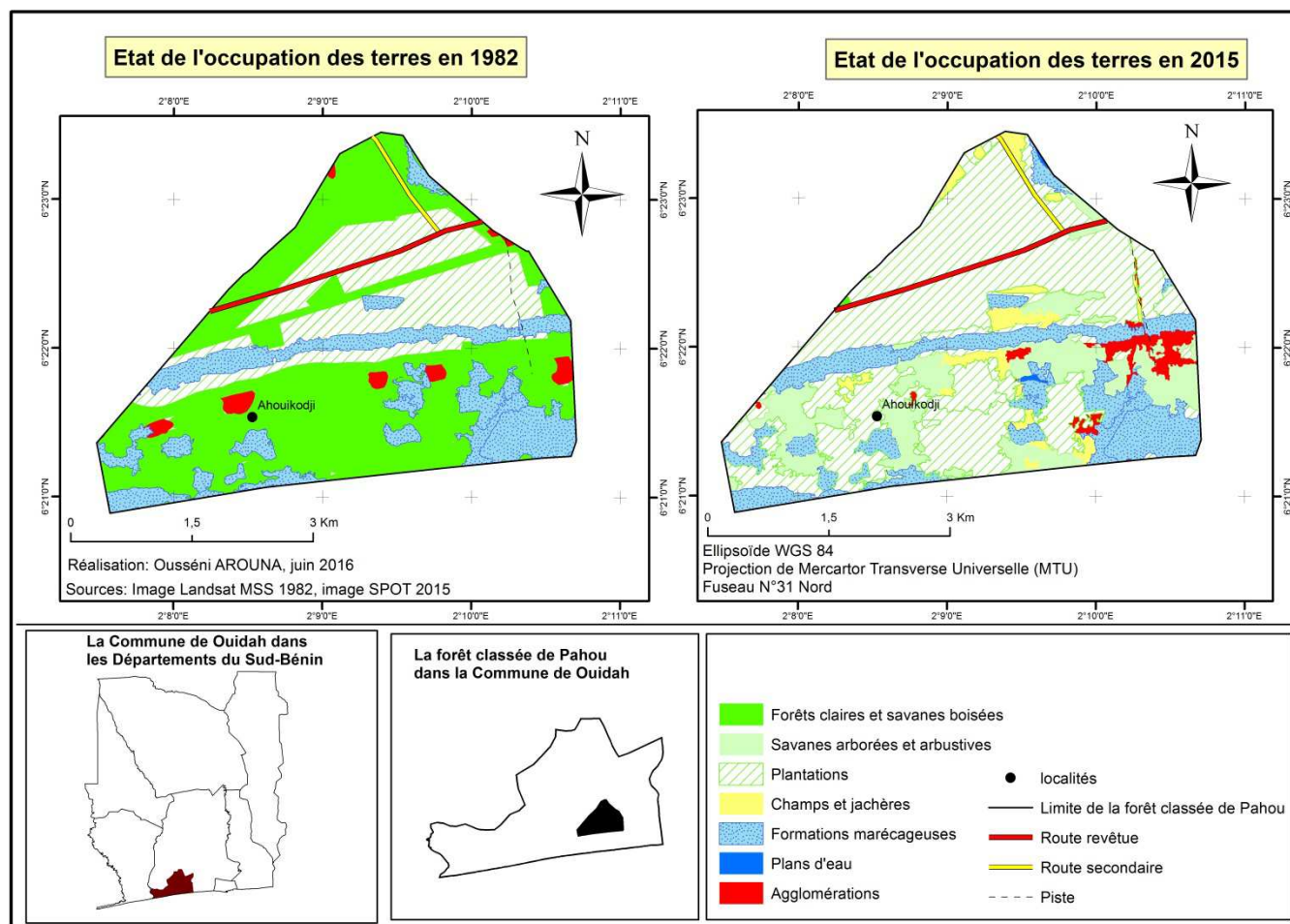


Figure 3. Dynamique de l'occupation des terres dans la forêt classée de Pahou de 1982 à 2015

L'examen de la figure 2 révèle que la dynamique des unités forestières de la forêt classée d'Itchède est marquée par la conversion d'une partie des forêts denses semi-décidues et des forêts claires et savanes boisées en plantations et en mosaïques de champs et jachères sous palmeraies. La dynamique de l'occupation des terres dans cette forêt classée est passée de 3 classes en 1982 à 5 classes en 2015 avec l'apparition des mosaïques de champs et jachères, des champs et jachères sous palmeraies et des plantations. La classe "Forêts claires et savanes boisées" a disparu. Les forêts denses sont demeurées les unités forestières les plus importantes ; toutefois, leur proportion est passée de 83,49 % en 1982 à 68,15 % en 2015. D'après les informations reçues sur le terrain, la partie de la forêt restée intacte (forêt dense semi-décidue) est la partie sacrée de cette forêt classée. C'est la partie non sacrée de la forêt qui a été convertie en d'autres unités. Ce cas constitue un exemple concret de l'importance de l'élément sacré dans la conservation du couvert forestier.

L'examen de la figure 3 révèle que les forêts claires et savanes boisées qui étaient les formations forestières dominantes de la forêt classée de Pahou en 1982 ont été complètement converties en plantations, en savanes arborées et arbustives, en mosaïques de cultures et jachères et en agglomérations malgré le statut de domaine classé de cette forêt. Pourtant, c'est une forêt classée gérée par l'administration forestière et qui a bénéficié des actions du Projet Bois de Feu phases I et II. Actuellement, les plantations constituent les unités forestières dominantes; elles sont passées de 26,45 % en 1982 à 54,86 % en 2015.

4.1.2 DYNAMIQUE DU COUVERT FORESTIER DANS LES FORETS COMMUNAUTAIRES

Les figures 4 et 5 présentent la dynamique du couvert forestier et des autres unités d'occupation des terres dans les forêts communautaires de Gnanhouzoun et de Togbin-Daho.

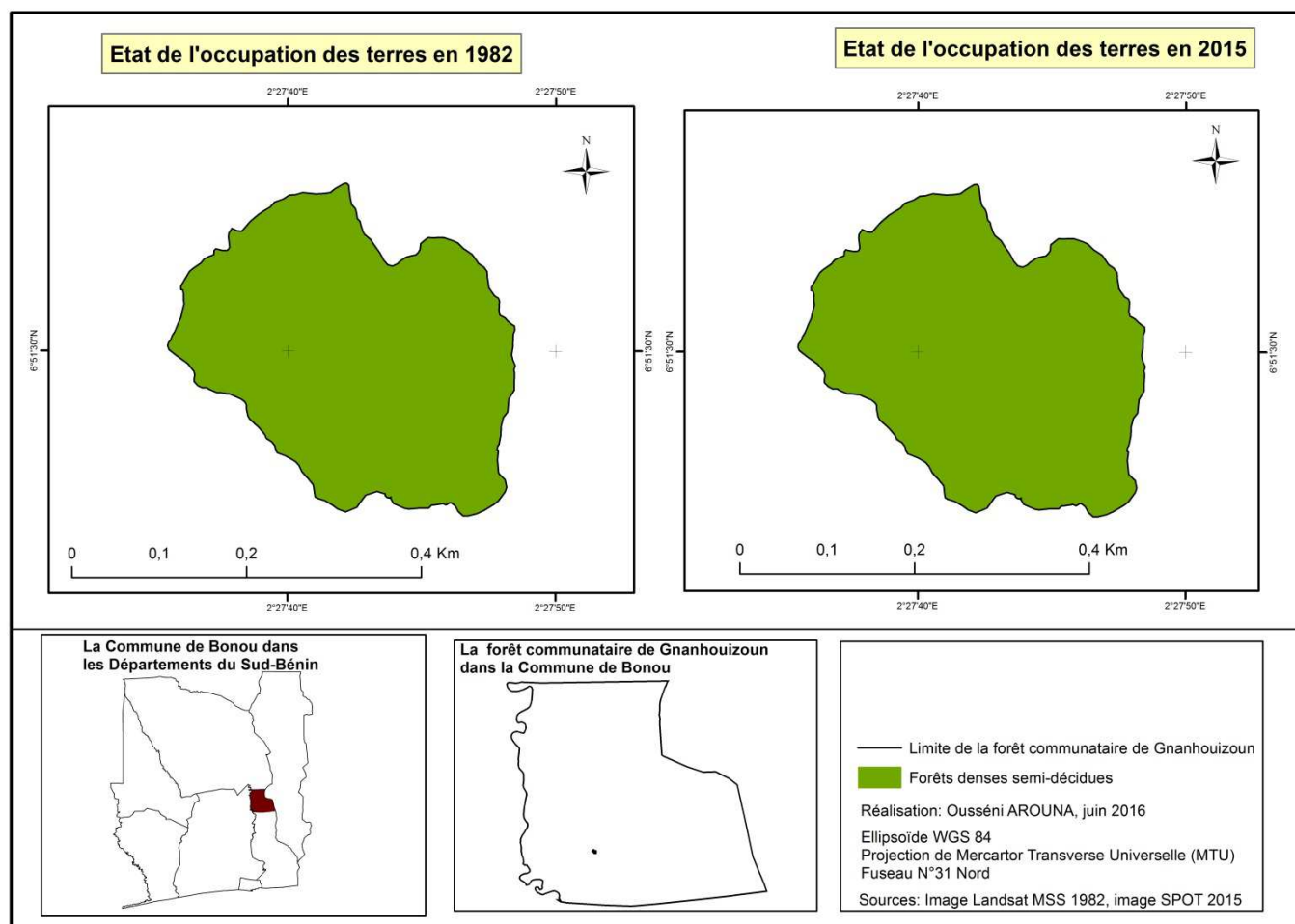


Figure 4. Dynamique de l'occupation des terres dans la forêt communautaire de Gnanhouizoun de 1982 à 2015

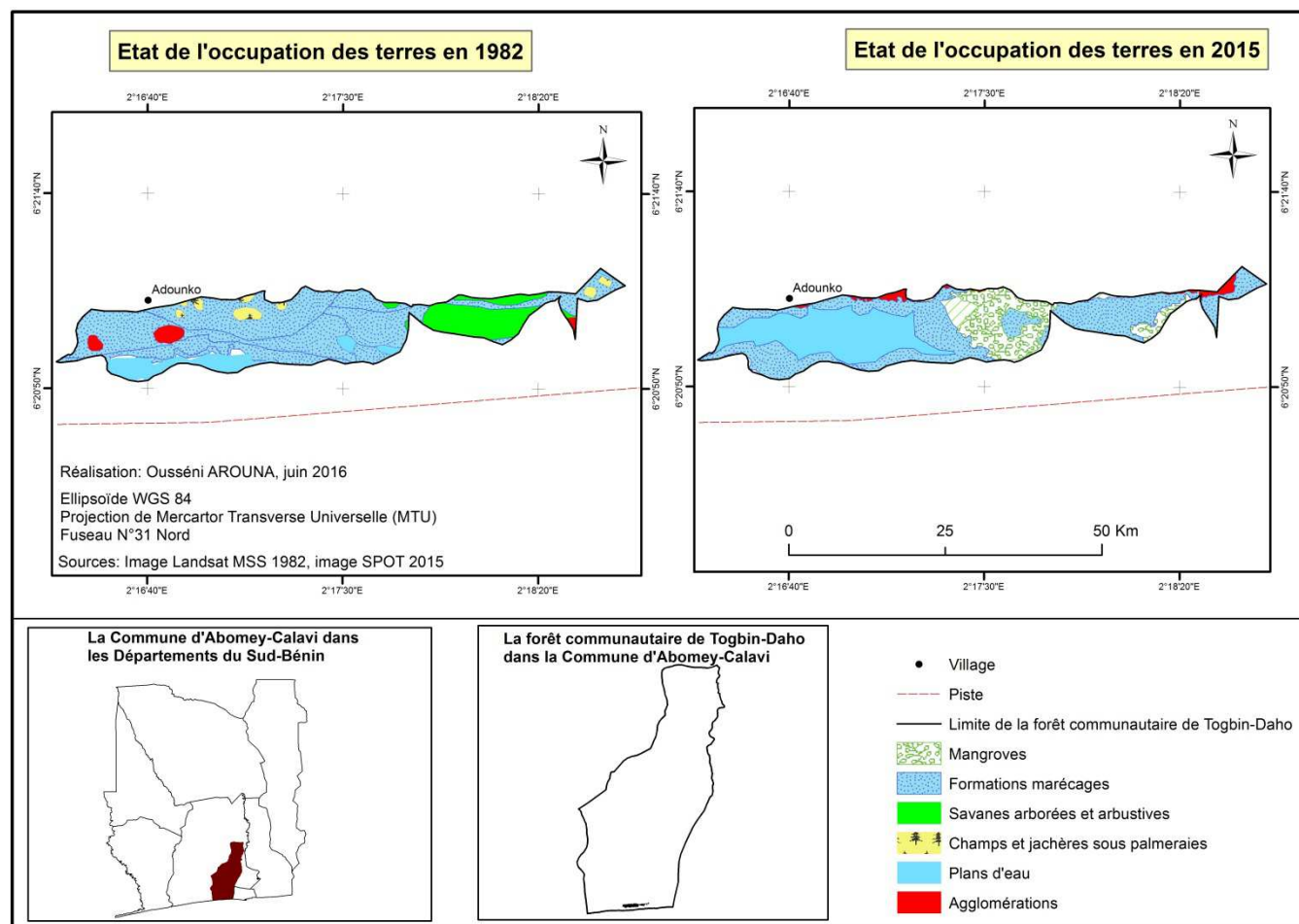


Figure 5. Dynamique de l'occupation des terres dans la forêt communautaire de Togbin-Daho de 1982 à 2015

L'examen de la figure 4 révèle que la forêt communautaire de Gnanhouizoun est demeurée stable sur le plan physiologique de 1982 à 2015 avec l'existence de la seule unité (forêt dense semi-décidue). Les communautés riveraines ont mis en place une organisation qui a permis de conserver la forêt pendant plus de deux décennies.

L'examen de la figure 5 révèle que la dynamique des unités forestières dans la forêt communautaire de Togbin-Daho est marquée par la conversion des savanes arborées et arbustives en plantations. Il y a également une partie des formations marécageuses qui a été convertie en mangrove ; il s'agit en réalité des mangroves qui ont été plantées. Les formations marécageuses demeurent les unités d'occupation des terres qui dominent dans cette forêt ; leur superficie est passée de 71,67 % en 1982 à 47,80 % en 2015.

4.1.3 DYNAMIQUE DU COUVERT FORESTIER DANS LES FORETS SACREES

Les figures 6 et 7 présentent l'état du couvert forestier et des autres unités d'occupation des terres en 1982 et en 2015 dans les forêts sacrées de Kodjizoun et de Zannouzoun.

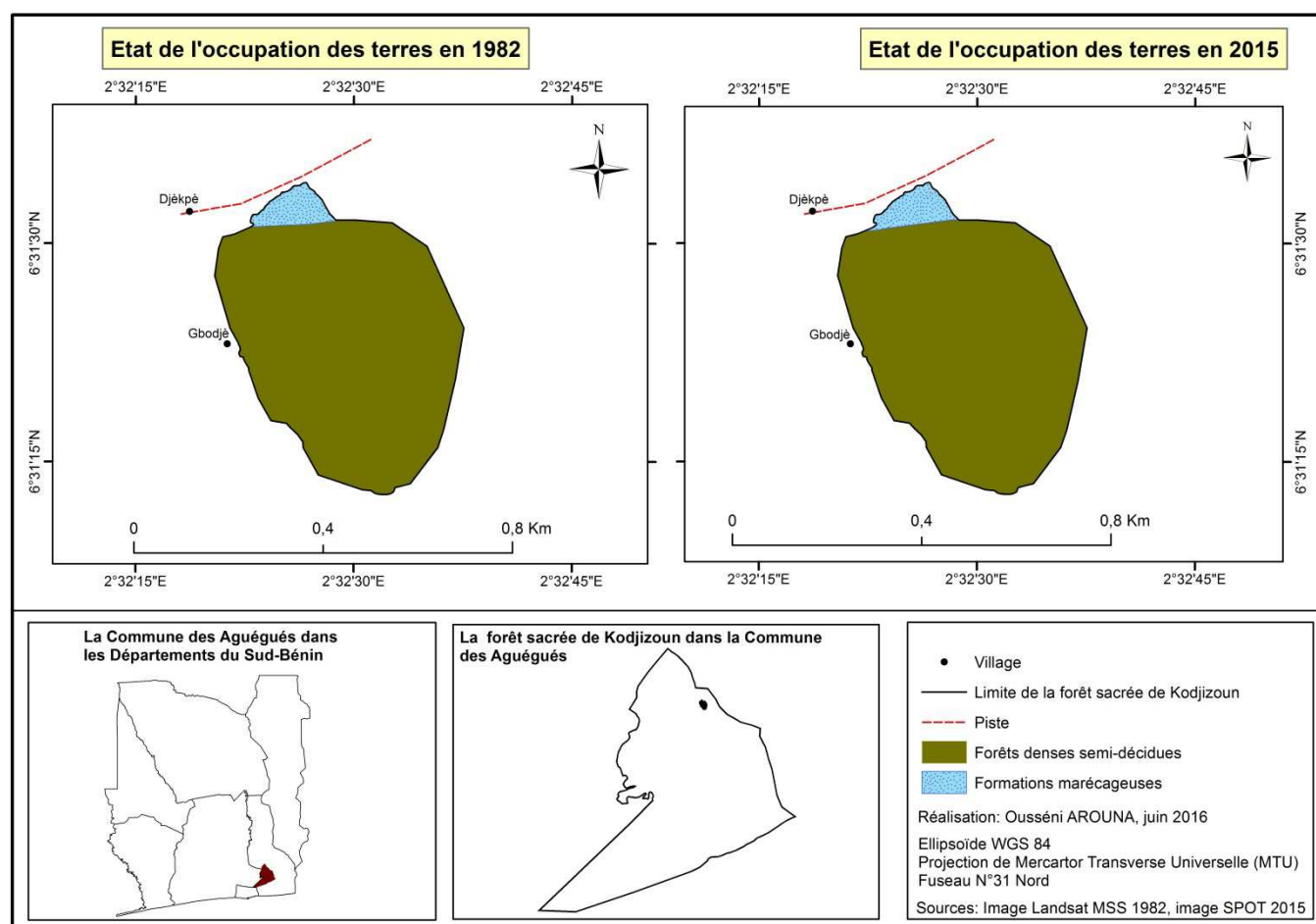


Figure 6. Dynamique de l'occupation des terres dans la forêt sacrée de Kodjizoun de 1982 à 2015

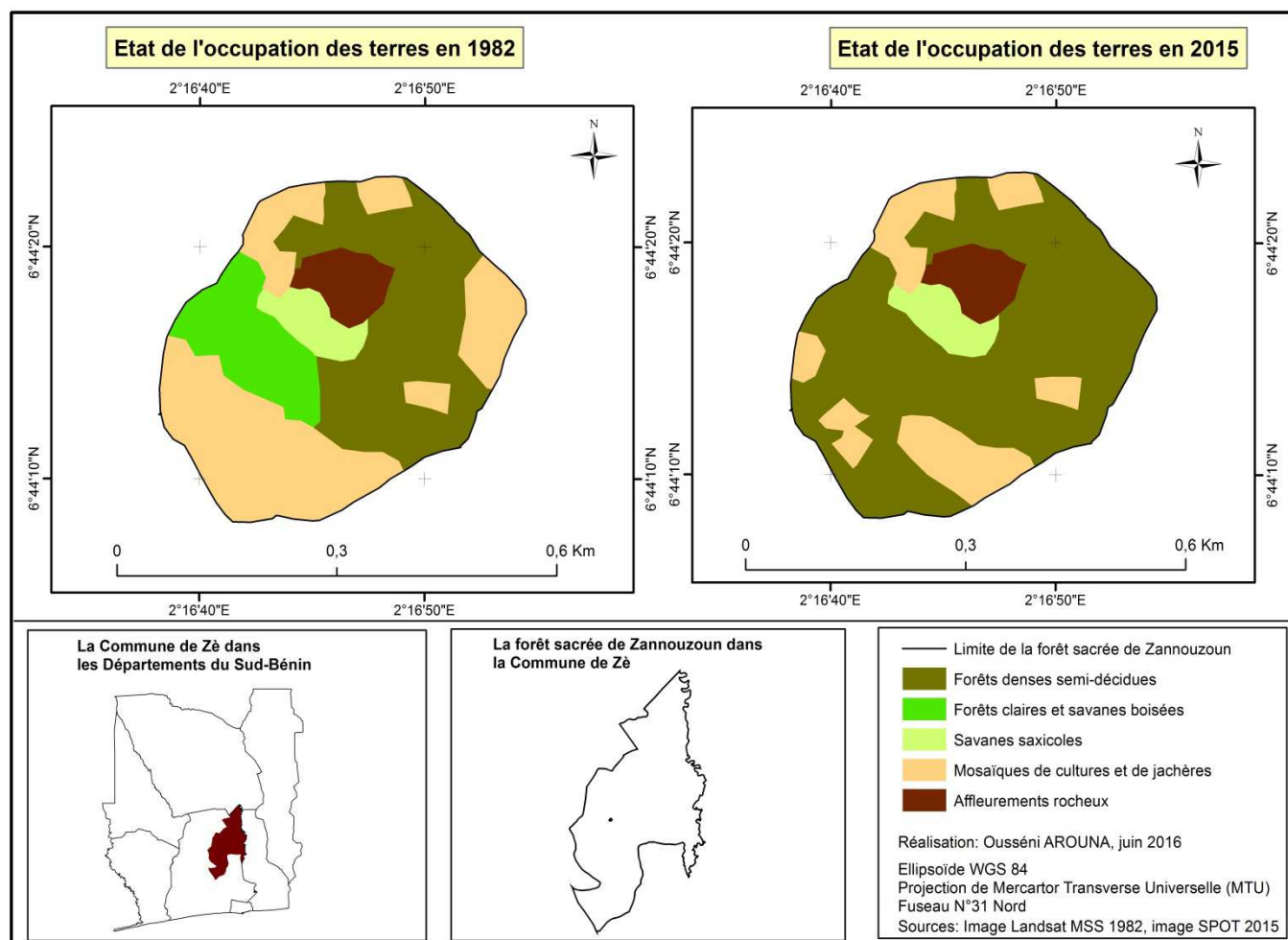


Figure 7. Dynamique de l'occupation des terres dans la forêt sacrée de Zannouzoun de 1982 à 2015

L'examen de la figure 6 permet de retenir que les forêts denses semi-décidues qui constituent la seule unité forestière de la forêt de Kodjizoun n'ont pas changé sur le plan physiognomique de 1982 à 2015.

L'examen de la figure 7 montre une progression des forêts denses semi-décidues de 1982 à 2015. Ces forêts denses semi-décidues ont connu une augmentation de leur superficie qui est passée de 35,86 % en 1982 à 70,16 % en 2015. Il s'agit des rares cas de reforestation observés dans le contexte d'une déforestation généralisée au Bénin. Cette progression de la superficie des forêts denses semi-décidues peut s'expliquer par l'arrêt de l'abattage des arbres des forêts sacrées qui était déclenché au cours de la période marxiste-léniniste (1972-1990). En effet, au cours de cette période, la philosophie de cette idéologie politique soutenait que les arbres des forêts sacrées abritaient des génies malfaiteurs. Il fallait abattre systématiquement tous ces arbres. Avec le renouveau démocratique qu'a connu le Bénin à partir des années 1990, l'abattage officiel des arbres dans les forêts sacrées a cessé.

4.1.4 ANALYSE COMPARATIVE DE L'ÉVOLUTION DU COUVERT FORESTIER DANS LES FORÊTS ÉTUDIÉES

L'évolution du couvert forestier a été comparé en regroupant toutes les unités d'occupation des terres en deux classes : la classe "forêt" qui regroupe toutes les formations naturelles notamment les formations forestières et les formations savanicoles et la classe "non forêt" qui rassemble les autres unités d'occupation des terres (champs, jachères, agglomérations, sols nus, etc.). Le tableau 1 présente la synthèse de l'évolution des classes "forêts" et "non forêts" de 1982 à 2015.

Tableau 1. Synthèse de l'évolution du couvert forestier dans les forêts étudiées

Types de forêts	Classes	Proportion 1982 (%)	Proportion 2015 (%)	Taux d'évolution (%)
Forêt classée d'Itchède	Classe forêts	99,07	68,57	-30,78
	Classe non forêts	0,93	31,43	+3294,16
Forêt classée de Pahou	Classe forêts	71,47	39,15	-43,96
	Classe non forêts	28,53	60,85	+118,27
Forêt communautaire de Togbin Daho	Classe forêts	85,31	66,11	-22,50
	Classe non forêts	14,69	33,89	+130,69
Forêt communautaire Gnanhouizoun	Classe forêts	100,00	100,00	0,00
Forêt sacrée de Zannouzoun	Classe forêts	54,74	75,35	+37,64
	Classe non forêts	45,26	24,65	- 45,53
Forêt sacrée de Kodjizoun	Classe forêts	100,00	100,00	0,00

L'examen du tableau 1 révèle que les classes "forêts" ont connu une évolution régressive dans les forêts classées d'Itchède et de Pahou de 1982 à 2015. Par exemple, dans le cas de la forêt classée d'Itchède les classes "forêts" sont passées de 99,07 % en 1982 à 68,57 % en 2015. Contrairement aux forêts classées, les classes "forêts" des forêts sacrées ont connu soit une évolution progressive soit une stabilité de leurs superficies. La classe "forêts" de la forêt sacrée de Zannouzoun est passée de 54,74 % en 1982 à 75,35 % en 2015. La superficie de la classe "forêt" de la forêt sacrée de Kodjizoun a été maintenue de 1982 à 2015. Dans le cas des forêts communautaires l'évolution régressive et la stabilité ont été observées.

4.2 ANALYSE COMPARATIVE DES PARAMETRES ECOLOGIQUES DES FORETS

Les paramètres écologiques ont été comparés en considérant d'une part toutes les forêts étudiées et en regroupant ces forêts selon leur statut d'autre part.

4.2.1 COMPARAISON DES PARAMETRES ECOLOGIQUES DES FORETS

La densité (N), la surface terrière (G), la richesse spécifique (S_p) et l'indice de diversité de Shannon (H') constituent des paramètres dendrométriques et de diversité qui permettent d'évaluer la santé écologique des aires protégées. Le tableau 1 présente la variation de ces paramètres dans les différentes forêts étudiées.

Tableau 2. Variation des paramètres écologiques en fonction de la nature des forêts

Catégories de forêts		N (arbres/ha)	G (m ² /ha)	S_p (espèces)	H' (bits)
Forêt classée d'Itchède	<i>m</i>	200,30 ^b	29,32 ^b	6,90 ^c	2,06 ^{bc}
	σ	66,31	14,25	2,69	0,96
Forêt classée de Pahou	<i>m</i>	345,20 ^a	12,31 ^{cd}	5,87 ^c	1,96 ^c
	σ	61,52	3,90	2,53	0,36
Forêt communautaire de Gnanhouizoun	<i>m</i>	129,60 ^{bc}	11,87 ^d	9,70 ^{bc}	2,51 ^{abc}
	σ	86,66	4,86	3,59	0,47
Forêt communautaire de Togbin-Daho	<i>m</i>	104,60 ^{bc}	21,60 ^{bc}	8,70 ^{bc}	2,18 ^{bc}
	σ	44,55	3,52	2,91	0,77
Forêt sacrée de Kodjizoun	<i>m</i>	178,10 ^{bc}	68,41 ^a	12,00 ^b	3,08 ^a
	σ	27,39	17,01	3,06	0,43
Forêt sacrée de Zannouzoun	<i>m</i>	352,50 ^a	11,38 ^d	23,90 ^a	2,85 ^{ab}
	σ	90,81	3,42	5,51	0,44

N : Densité ; *G* : Surface terrière ; S_p : Richesse spécifique en ligneux par plateau ; H' : Indice de diversité de Shannon ; *m* : moyenne ; σ : écart-type

Considérant chaque paramètre, les valeurs accompagnées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (Test de structuration des valeurs moyennes de Scheffe)

L'examen du tableau 2 montre que les paramètres diffèrent significativement suivant la nature des forêts au seuil de 5 %. En considérant chaque paramètre, il y a quelques cas où les valeurs ne sont pas significativement différentes. La forêt communautaire de Gnanhouzoun, la forêt communautaire de Togbin-Daho et la forêt sacrée de Kodjizoun ne sont pas significativement différentes lorsqu'on considère la densité des arbres. Il s'agit des forêts ayant une densité relativement faible. Par contre, la forêt classée de Pahou et la forêt sacrée de Zannouzoun qui présentent les valeurs de densité les plus élevées ne sont pas significativement différentes du point de vue de la densité. En considérant l'indice de diversité de Shannon, la forêt classée de Kodjizoun se distingue des autres forêts avec une valeur élevée. Par contre, la forêt classée de Pahou présentent la valeur la plus faible. Ces deux cas montrent clairement une différence nette entre une forêt sacrée et une forêt classée ; la forêt sacrée présente un niveau de diversité spécifique nettement plus élevée que la forêt classée.

4.2.2 COMPARAISON DES PARAMETRES ECOLOGIQUES DES FORETS EN FONCTION DU STATUT

Le statut classé, le statut communautaire et le statut sacré sont les trois catégories de statuts considérés au cours de la présente étude. Le tableau 3 présente la variation des paramètres écologiques en fonction du statut des forêts.

Tableau 3. Variation des paramètres écologiques en fonction du statut des forêts

Statuts		N (arbres/ha)	G (m ² /ha)	S _p (espèces)	H' (bits)
Forêts classées	<i>m</i>	287,24 ^a	19,11 ^b	6,28 ^c	2,00 ^b
	<i>σ</i>	95,42	12,55	2,59	0,66
Forêts communautaires	<i>m</i>	117,10 ^b	16,74 ^b	9,20 ^b	2,34 ^b
	<i>σ</i>	68,28	6,48	3,22	0,65
Forêts sacrées	<i>m</i>	265,30 ^a	39,89 ^a	17,95 ^a	2,96 ^a
	<i>σ</i>	110,75	31,60	7,49	0,44

N : Densité ; *G* : Surface terrière ; *S_p* : Richesse spécifique en ligneux par placeau ; *H'* : Indice de diversité de Shannon ; *m* : moyenne ; *σ* : écart-type

Considérant chaque paramètre, les valeurs accompagnées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (test de structuration des valeurs moyennes de Scheffe).

L'examen du tableau 3 révèle que la forêt sacrée se distingue des forêts classées et communautaires lorsqu'on considère tous les paramètres. Hormis la densité, les valeurs de la surface terrière, de la richesse spécifique en ligneux et de l'indice de diversité de Shannon sont plus élevées au niveau des forêts sacrées. Cela montre que les forêts sacrées sont mieux protégées que les forêts classées et les forêts communautaires au Sud-Bénin. La valeur élevée de la densité observée au niveau des forêts classées s'explique par les nombreux reboisements réalisés dans ces forêts par le Projet de Bois de Feu (Phases I et II) au Sud-Bénin. Il s'agit globalement de plantations monospécifiques à *Acacia auriculiformis* très pauvres en biodiversité.

Au total le couvert forestier est mieux conservé dans les forêts sacrées et accessoirement dans les forêts communautaires. Par contre, il y a une évolution régressive du couvert forestier dans les forêts classées gérées de mains de maître par l'administration forestière. Dans le cas de la forêt classée d'Itchède, la seule unité forestière qui a été conservée de 1982 à 2015 est en réalité sacrée. La variation de l'état du couvert forestier dans les forêts en fonction de leur statut est globalement confirmée par les valeurs des paramètres écologiques. Le statut sacré des aires protégées paraît un facteur déterminant dans la conservation de la biodiversité.

5 DISCUSSION

La discussion a abordé les facteurs déterminant la dynamique du couvert forestier et les facteurs sous-jacents la variation des paramètres écologiques.

5.1 FACTEURS DETERMINANT LA DYNAMIQUE DU COUVERT FORESTIER

L'évolution régressive, l'évolution progressive et la stabilité caractérisent la dynamique du couvert forestier dans les forêts classées, communautaires et sacrées étudiées.

L'évolution régressive est observée dans les forêts classées de Pahou et d'Itchède et accessoirement dans la forêt communautaire de Togbin-Daho. Dans la forêt classée de Pahou, les forêts claires et les savanes boisées ont été

majoritairement converties en plantations. Cela peut s'expliquer par la pression exercée sur cette forêt classée par la recherche du bois de feu sous l'effet de la croissance urbaine. En effet, cette forêt classée est très proche de la capitale économique du Bénin qui connaît une forte croissance démographique ; cette croissance démographique constitue un facteur indirect de la dynamique du couvert forestier [17]. Ainsi, à la suite de la surexploitation des formations naturelles, ces espaces ont été reboisés avec des espèces à croissance rapide notamment *Acacia auriculiformis*. Cela a conduit à la perte de l'originalité de la flore locale [26]. Concernant la forêt classée d'Itchède, la régression des formations forestières est enregistrée seulement en périphérie de cette forêt. Le noyau central étant sacré n'a pas connu d'évolution régressive. Le caractère sacré constitue un facteur important pour dissuader les exploitants et les occupants illégaux des forêts [5].

L'évolution progressive et la stabilité des formations forestières sont observées dans les forêts sacrées de Zannouzoun, de Kodjizoun et dans la forêt communautaire de Gnanhouizoun contrairement aux forêts classées qui ont connu une évolution régressive. Les forêts sacrées et les forêts communautaires sont gérées sur la base des normes établies par les communautés locales alors que les forêts classées sont gérées sur la base des textes législatifs et réglementaires. On peut alors se demander s'il y a une suprématie de l'élément sacré, des lois totémiques et des règlements des communautés locales sur les lois et règlements de l'Etat dans le domaine de la conservation de la biodiversité.

5.2 FACTEURS DETERMINANT LA VARIATION DES PARAMETRES ECOLOGIQUES DANS LES FORETS ETUDIEES

Les paramètres écologiques étudiés dans les forêts étudiées sont constituées d'une part des paramètres dendrométriques notamment la densité et la surface terrière et d'autre des paramètres de diversité comme la richesse spécifique et l'indice de diversité de Shannon. Au niveau des paramètres dendrométriques surtout la densité, on a enregistré très peu de différence significative entre les trois catégories de forêts étudiées. Par contre, les paramètres de diversité sont significativement différents surtout lorsqu'on considère les forêts classées et les forêts sacrées. Les forêts sacrées présentent les plus fortes valeurs de richesse et de diversité spécifiques. Ces forêts sacrées constituent alors les réservoirs de la biodiversité comme l'attestent plusieurs auteurs [7], [8], [9], [10]. Les forêts sacrées sont des îlots boisés abritant des divinités ou des esprits adorés par les habitants [6]. La protection de la biodiversité dans ces forêts sacrées tient non seulement aux multiples rites séquentiellement exécutés mais aussi et surtout à la solennité qui renforce ces derniers, le tout ayant un pouvoir de dissuader toute action anthropique négative sur la biodiversité telle que l'agriculture, la chasse, la cueillette, la pêche [10]. Les forêts sacrées, patrimoine des villages riverains, abritent parfois des sources d'eau utiles et fournissent des produits forestiers non ligneux aux populations [4].

Les valeurs élevées des paramètres écologiques et l'état du couvert forestier permettront de répondre à l'affirmative à la question relative à la suprématie de l'élément sacré, des lois totémiques et des règlements des communautés sur les lois et règlements de l'Etat dans le contexte actuel des forêts étudiées dans le Sud-Bénin. Toutefois, la petite taille des forêts sacrées [5] comparées aux forêts classées qui sont plus étendues oblige à relativiser cette assertion. En effet, la théorie de la biogéographie insulaire enseigne bien qu'il y a une corrélation positive entre la taille d'une forêt et le nombre d'espèces présentes ; théoriquement plus la superficie d'une forêt est importante plus le nombre d'espèces est élevée [27].

6 CONCLUSION

Au terme de cette recherche, il ressort que le couvert forestier connaît de plus en plus de dégradation dans les forêts classées du Sud-Bénin. Par contre, au niveau des forêts sacrées étudiées, il est observé une conservation du couvert forestier. Concernant les forêts communautaires, la situation est mitigée car il y a à la fois l'évolution régressive et la conservation du couvert forestier.

L'état et la tendance évolutive du couvert forestier révélés par les données de télédétection ont été confirmés par les paramètres écologiques. Parmi tous ces paramètres écologiques, l'indice de diversité de Shannon est le paramètre écologique qui permet de mieux discriminer les forêts classées, les forêts communautaires et les forêts sacrées.

En considérant la tendance évolutive du couvert forestier et les paramètres écologiques des forêts étudiées, l'hypothèse de la présente recherche qui stipule que les forêts classées participent plus à la conservation de la biodiversité au Sud-Bénin n'est pas alors vérifiée. Les valeurs des paramètres de diversité spécifique sont plus élevées au niveau des forêts sacrées comparativement à celles des forêts classées. On peut alors considérer que les forêts sacrées participent plus à la conservation de la biodiversité quand bien même cette affirmation doit être nuancée considérant la petite superficie des forêts sacrées.

La présente recherche mérite d'être implémentée dans d'autres régions et zones phytogéographiques et dans d'autres contextes socio-économiques afin de tirer des conclusions qui pourront enrichir les grandes théories de la biogéographie et de la conservation de la biodiversité.

REMERCIEMENTS

La présente recherche a été financée par le programme GEOFORAFRI (Renforcement de capacités et accès aux données satellitaires pour le suivi des forêts en Afrique Centrale et de l'Ouest) de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD). Les auteurs remercient sincèrement les dirigeants et tous les acteurs du programme GEOFORAFRI qui ont facilité la réalisation de la présente recherche.

REFERENCES

- [1] N. Dudley, Lignes directrices pour l'application des catégories de gestion aux aires protégées. Gland, Suisse, UICN, 2008
- [2] A. Akoegninou, W. J. Van der Burg and L. J. G. Van der Maesen, Flore analytique du Bénin. Backhuys Publishers, Wageningen, 2006.
- [3] J. Jenik, The Dahomey-gap: an important issue in Africa phytogeography. *Mém. Soc. Biogéograph*; vol. 3 no. 4, pp. 125-133, 1995.
- [4] K. Kokou, K. Adjossou K. et K. Hamberger, Les forêts sacrées du l'aire Ouatchi au Sud-Est du Togo et les contraintes actuelles des modes de gestion locale des ressources forestières. *VertigO-La revue des sciences de l'environnement*. Vol. 6 no. 3, pp. 40-47, 2005.
- [5] K. Kokou et N. Sokpon, Les forêts sacrées du couloir du Dahomey. *Bois et Forêts des Tropiques*. Vol.2, no 188, pp. 15-23, 2006.
- [6] C. Garcia, J. P. Pascal et C. G. Kushalappa, Les forêts sacrées du Kodagu en Inde : écologie et religion. *Bois et Forêts des Tropiques*. Vol. 2, no 288, pp. 1-9, 2006.
- [7] S. Dugast, Incendies rituels et bois sacrés en Afrique de l'Ouest : une complémentarité méconnue. *Bois et Forêts des Tropiques*, vol. 2, no 296, 2008
- [8] R. I. Ehinnou Koutchika, P. O. Agbani et B. Sinsin, Influence des perturbations anthropiques sur la biodiversité des bois sacrés du Centre Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci*, vol. 7, no 1, pp. 306-318, 2013
- [9] R. I. Ehinnou Koutchika, D. C. Chougourou, P. O. Agbani et B. Sinsin, Étude de la diversité floristique par strates de quelques bois sacrés du Centre Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, vol. 69, pp. 5429 – 5436, 2013.
- [10] R. K. F. M. Ali, Déterminants écologiques, anthropologiques et socio-économiques pour la conservation et la gestion durable des forêts sacrées et communautaires de la basse vallée de l'Ouémé dans le Bénin méridional. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 2015.
- [11] G. M. Houndemikon, Analyse systémique et intégrée de la gestion de la forêt communautaire de Gnanhouizounmè dans la commune de Bonou au Bénin. Mémoire de DESS, ERAIFT, Kinshasa, RDC, 2013
- [12] RB (République du Bénin), Loi n° 93-009 du 2 juillet 1993 portant régime des forêts en République du Bénin. DFRN, Cotonou, Bénin, 1993.
- [13] P. C. Djogbénou, Analyse multicritère des Plans d'Aménagement et de Gestion participatifs des forêts classées au Bénin : développement d'un modèle durable. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, 2010
- [14] Y. S. S. Barima, N. Barbier, I. Bamba, D. Traoré, J. Lejoly et J. Bogaert. Dynamique paysagère en milieu de transition forêt-savane ivoirienne. *Bois et forêts des tropiques*, vol. 299, no. 1, pp. 15-25, 2009.
- [15] S. Mugisha, M. M. Tenywa and P. J. Burt. An improved technique for the prediction of optimal image resolution(s) for large-scale mapping of savannah ecosystems. *African Journal of Environmental Science and Technology*, vol.10, no. 4, pp. 709-717, 2010.
- [16] J. Braun-Blanquet, Plant sociology: The study of plant communities (Fac simile of the edition of 1932). Translated by Fuller G. D. and Conard H. S. New-York: Hafner PublishingCompany, 1932.
- [17] O. Arouna, Cartographie et modélisation prédictive des changements spatio-temporels de la végétation dans la Commune de Djidja au Bénin : implications pour l'aménagement du territoire, Thèse de Doctorat unique, Géographie et Gestion de l'Environnement, UAC, Bénin, 2012.
- [18] J. Berhaut, Flore du Sénégal. 2e ed., Claireafrique, Dakar, 1967.
- [19] J. Berhaut, Flore illustrée du Sénégal. éd. Claireafrique, Dakar, Sénégal, 1971-1988.
- [20] M. Arbonnier, Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD et MNHN, Paris, France, 2002.

- [21] J. Hutchinson and J. M. Dalziel. Flora of West Tropical Africa. Crown Agents for Overseas Governments and Administrations, Londres, vol. 1 à 3: Vol. 1, tomes 1 & 2, 828 p., Vol. 2, 544 p., Vol. 3, tomes 1 & 2, 1954, 1958, 1963, 1968, 1972.
- [22] J-P Lebrun and A. L. Stock, Enumérations des plantes à fleurs d'Afrique tropicale. Editions des Conser. et Jard. Bot. Genève, Vol. I-IV, 1991-1997.
- [23] R. Dajoz, Précis d'écologie. Bordas, Paris, France, 1985.
- [24] R. Glèlè Kakaï, B. Sinsin, R. Palm, Modélisation et interprétation des structures en diamètre et en hauteur des peuplements forestiers. *Agronomie Africaine*, vol. 20, no. 2, pp. 1-11, 2008.
- [25] H. Scheffe, *The analysis of variance*. Wiley, New York, 1959.
- [26] T.T. K.Tchamié, Impacts des reboisements sur la flore du Togo. *J. Rech.Sci. Univ. Lomé (Togo)*, vol. 6, no. 2, pp. 51-63, 2002.
- [27] I. Toko Imorou, P. C. Djogbénou, O. Arouna, E. S. Sogbossi et B. Sinsin, Effets de la taille et des régions phytogéographiques sur la diversité floristique et la structure des forêts sacrées au Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques*, vol. 19, no. 1, pp. 79-97, 2015.

Contribution à la compréhension de la confiance et de l'engagement en contexte marocain: cas de la chaîne logistique d'une enseigne de grande distribution alimentaire

[Contribution to the understanding of trust and commitment in Moroccan context: the case of a supply chain of food retail brand]

Aaziz OULMOUDNE¹ and Mohamed BENMOUSSA²

¹Doctorant à la FSJES, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc

²Professeur de l'enseignement supérieur à la FSJES, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The aim of this work is to highlight the forms of trusts and their respective influences on the commitment in a logistics perspective in partnerships between suppliers and modern distribution. The theories of trust and commitment, and relational approach have been used as the frame work of analysis and the hypothetical-deductive method lay out as a methodological framework. Trust was measured in three dimensions: trust calculated, cognitive trust, and affective trust, which has enabled us to build a scale and detailed measurement. A two-step methodology was adopted: qualitative studies were conducted with industry players; and a quantitative study was conducted there by to verify the assumptions of research. After selection of the two sample holders Research (suppliers, and employees of the modern distributor), the results, for the implementation of factorial analysis (SPSS) and structural equation modeling techniques(PLS), allowed assessment simultaneous reliability and validity, while estimating the relationships and links between manifest variables. In this context, the results of this study suggest the significant impact, in both senses of the dyad, trust on collaborative commitment. On the other hand, it appears that this is the emotional confidence that is determinative of the other types of trust. Managerial and theoretical implications have been put into perspective.

KEYWORDS: Trust, supply chain, collaboration, commitment, PLS structural equation.

RESUME: L'objectif de ce travail est de mettre en évidence les formes de confiance et leurs influences respectives sur l'engagement selon une perspective logistique dans les partenariats entre fournisseurs et Grande distribution alimentaire .La théorie de la confiance et de l'engagement et l'approche relationnelle ont été retenues comme cadre d'analyse et la méthode hypothético-déductive aménagée comme cadre méthodologique. La confiance a été mesurée à travers trois dimensions : la confiance calculée, la confiance cognitive et la confiance affective ; ce qui nous a permis de construire une échelle de mesure large et détaillée. Une méthodologie en deux temps a été adoptée : des études qualitatives ont été menées auprès des acteurs du secteur; puis une étude quantitative a été réalisée permettant ainsi de vérifier les hypothèses de la recherche. Après sélection des deux échantillons supports de la recherche (fournisseurs, et collaborateurs du distributeur), les résultats, par la mise en œuvre des analyses factorielles (SPSS) et techniques de modélisation d'équations structurelles (PLS), ont permis l'évaluation simultanée de la fiabilité et la validité, tout en estimant les relations et liens entre variables manifestes et construits.

Dans ce contexte, les résultats de la présente étude tendent à montrer l'impact significatif, dans les deux sens de la dyade, de la confiance sur l'engagement collaboratif. D'autre part, il apparaît que c'est la confiance affective qui est déterminante sur les autres dimensions de la confiance. Les implications managériales et théoriques, ont été mises en perspectives.

MOTS-CLEFS: Confiance, chaîne logistique, collaboration, engagement, équations structurelles PLS.

1 INTRODUCTION

La recherche en chaîne logistique s'est développée depuis le début des années 90 ; du fait de leur caractère stratégique [1], ses démarches sont devenues une préoccupation majeure des entreprises et des chercheurs. De nombreuses disciplines ont contribué à ce développement (les achats, la logistique, la gestion des opérations, le marketing, les systèmes d'information et le management stratégique) en mobilisant une grande variété d'approches théoriques selon leurs préoccupations et l'unité d'analyse concernée (firme, dyade, chaîne ou réseau) [2].

Les démarches de SCM relèvent en effet de la recherche d'un avantage collaboratif [3] qui, dans un paradigme relationnel, invite à s'interroger sur les facteurs influençant leur développement et leur performance. La variété des approches développées témoigne d'une pluralité de niveaux d'analyse, d'acteurs et de facteurs influençant la formation et la performance de ces démarches qui appelle des approches multi-paradigmatiques ou intégratrices pour en appréhender toute la complexité [4]. Cependant la dyade domine largement les autres unités d'analyse choisies dans le cadre de ces recherches [5]. Les théories telles que celles des coûts de transaction, de l'agence, des réseaux, de la ressource, des jeux, des conventions, Trade marketing, de l'engagement et de la confiance, de l'échange relationnel ou encore les théories combinant ces dernières constituent les bases conceptuelles de la recherche en logistique et supply chain management [6].

Dans ce travail de recherche nous nous positionnons au côté de l'approche relationnelle, et de la théorie de l'engagement et de la confiance. En effet, nous voyons en cette théorie un corpus capable d'expliquer et d'enrichir notre objet de recherche. La notion d'échange relationnel s'oppose à la transaction discrète du marché qui sépare la transaction de son contexte historique et des participants à l'échange [7].

Construites historiquement dans un cadre conflictuel, les relations d'échange entre les grands distributeurs et leurs fournisseurs semblent avoir amorcé une inflexion depuis le milieu des années 1990 [8]. L'illustration tangible de cette évolution s'incarne à travers de nouvelles pratiques comme la coopération logistique. Le développement de collaborations verticales entre industriels et distributeurs participe à l'amélioration des indicateurs de performance logistique (coûts et qualité de service) [9]. Ces évolutions sont la traduction d'une orientation plus relationnelle de l'échange dans sa forme qui opère ainsi une mue : d'un état transactionnel et statique, il se métamorphose pour prendre un caractère relationnel et dynamique. En effet, pour être efficace la logistique coopérative requiert différents niveaux de modes de coordinations inter-firmes formels (procédures, règles) et/ou informels (normes, politiques et habitudes) [10]. Ces dimensions sont donc problématiques dans les relations inter-organisationnelles. Mais c'est sans doute dans l'exercice même de la relation, dans la conduite des échanges, que la confiance peut le mieux se construire : le partage d'informations, la communication, la flexibilité et l'engagement sont autant d'éléments sur lesquels l'entreprise peut s'appuyer pour développer solidement la confiance de l'autre et donc favoriser une coopération fructueuse et durable avec lui [11].

En se proposant d'analyser le rôle de la confiance dans l'engagement des acteurs de la chaîne, cette recherche vise à investiguer les relations inter-organisationnelles et notamment l'agir organisationnel dans ce contexte. Il faut cependant voir qu'elle le fait de manière spécifique, sous un angle qui est celui de la logistique. Dans cette perspective, cette recherche tente de répondre au questionnement global suivant:

Quelles sont les formes de confiance en présence et leurs impacts sur l'engagement dans les collaborations logistiques fournisseurs - grands distributeurs alimentaires au Maroc?

2 LOGISTIQUE DE LA GRANDE DISTRIBUTION

La logistique a connu de grandes évolutions depuis ces deux derniers siècles. Elle est passée d'une fonction de stratégie militaire à un élément incontournable dans le modèle productif d'aujourd'hui [12]. Au cours de son histoire, elle s'est peu à peu transformée et complexifiée. Confinée à ses origines au champ militaire, la logistique s'installe dans l'entreprise après la seconde guerre mondiale. Ce sont les entreprises du secteur de l'automobile et de la grande distribution qui vont être à la pointe de la logistique [13]. Les notions de flux physiques et flux d'informations intra- et inter- entreprises prennent alors tout leur sens. La logistique n'est plus un simple service opérationnel, elle est présente à tous les niveaux décisionnels de l'entreprise [14]:

- Opérationnel : gérer au quotidien des flux de produits et les services aux clients,
- Tactique : définir les organisations et piloter les flux à moyen terme,
- Stratégique : définir les grandes orientations de partenariat et de collaboration à long terme.

L'objectif est clair : réduire les stocks à tous les niveaux, améliorer la flexibilité et réactivité et utiliser de façon optimale les moyens de production et de la logistique. L'importance de la logistique, dans les entreprises en général et dans le secteur

de la grande distribution alimentaire en particulier, a été reconnu avec une constante recherche de réduction des coûts d'acheminement des produits entre les divers intervenants de la chaîne de valeur : approvisionnement, production, stockage, manutention, entreposage, traitement des commandes et distribution physique [15]. Les grandes surfaces de vente ont introduit dans les secteurs du commerce de détail des principes de fonctionnement radicalement nouveaux. Les grands distributeurs sont des acteurs globaux qui ne possèdent pas que des magasins. Ils peuvent posséder des centrales d'achats, des prestataires logistiques, des plateformes logistiques, ou encore parfois des producteurs. De même, ils ont souvent de multiples enseignes commerciales (du commerce de proximité à l'hypermarché en passant par des enseignes spécialisées) [16].

Plusieurs raisons expliquent le fait que les distributeurs se soient emparés de la logistique comme levier de développement de leurs stratégies achat et commerciale. La compétition centrée sur les prix conduit à des politiques de volume sur des produits à marge écrasée.

3 LA COOPERATION DANS LA CHAINE LOGISTIQUE

Dans un contexte d'environnement turbulent, la coopération interentreprises apparaît comme un puissant levier de flexibilité [17]. Si la concurrence horizontale continue à s'exprimer en termes de prix, certains distributeurs essaient de concilier cette stratégie de domination par les coûts avec une stratégie de différenciation. Les distributeurs font donc état d'une volonté nouvelle de partenariat avec leurs fournisseurs et la logistique constitue l'un des domaines privilégiés pour le déploiement de ces pratiques collaboratives cherchant à rompre avec plusieurs décennies de logique d'affrontement et de pouvoir.

La vision du SCM nécessite d'intégrer toutes les composantes liées à la gestion de la demande, à la gestion de l'offre et à l'exécution et au contrôle des opérations telles qu'elles sont incluses dans le processus logistique dans une logique coopérative. C'est ainsi que Lamothe [18] définit le concept de SCM, sous l'angle du pilotage, comme « la planification et l'exécution des activités de la chaîne logistique selon un flux coordonné entre les entreprises impliquées dans la même chaîne de valeur ». A l'image des travaux d'Affonso [19], nous n'entrerons pas ici dans le débat sur les nuances à apporter entre les termes coopération, collaboration ou coordination (...) compte-tenu de la diversité des définitions accordées pour chacun. Le mot coopération sera donc entendu comme un synonyme de ces termes sans distinction sur l'intensité de la relation instaurée entre les acteurs. Toutes sortes d'intensités dans la coopération peuvent être envisagées, de la relation ponctuelle et limitée à l'expression d'un besoin, à l'établissement de processus de synchronisation plus complexes sur le long terme.

Divers principes de déploiement des processus collaboratifs ont été proposés, depuis la saisie des données relatives à la demande aux points de vente jusqu'à leur transfert aux partenaires amont, de façon à mieux planifier et synchroniser les activités de réapprovisionnement avec les besoins exprimés par les consommateurs. Selon que les activités de réapprovisionnement sont gérées par le fabricant seul ou de façon bilatérale, on parle de GPA ou de CPFR (...). Cette visibilité accrue à travers la chaîne, permet de réduire les erreurs de prévisions qui ont tendance à s'amplifier de l'aval vers l'amont (effet Bullwhip). On notera également que le champ de la collaboration n'est pas le même selon le produit considéré, ni selon le partenaire avec lequel l'entreprise souhaite coopérer. Ainsi, au fur et à mesure que la relation se développe, que la confiance s'instaure et qu'une collaboration s'impose, les partenaires deviennent enclins à échanger de plus en plus d'informations

4 CONFIANCE ET ENGAGEMENT EN CONTEXTE DE CHAINE LOGISTIQUE

La gestion de la chaîne logistique est une véritable philosophie managériale qui amène les membres d'une chaîne logistique à construire ensemble une valeur ajoutée pour le client et à réduire, collectivement, l'incertitude liée au marché [20]. Cette gestion de la supply chain ne se réduit pas à l'implantation de solutions techniques, une véritable compatibilité organisationnelle, mais aussi informationnelle, doit être recherchée [17]. La logistique doit donc poursuivre sa tâche de décloisonnement en favorisant les mécanismes de communication, de coopération et d'engagement réciproque, c'est-à-dire les interfaces [21].

La gestion de la chaîne logistique constitue une illustration de la maturité des relations inter-acteurs, puisqu'elle permet de dépasser la vision transactionnelle classique qui présente ces relations souvent sous une forme conflictuelle, en proposant une vision plus relationnelle où la confiance et l'engagement prennent le dessus dans une logique partenariale. Certains auteurs parlent même d'un nouveau paradigme des relations inter-organisationnelles dans lequel les affrontements se feraient entre supply chains plutôt qu'au sein de ces supply chains [22].

En ce qui concerne la relation entre distribution et industriels, la complexification logistique et technologique de l'échange a fait que les approches basées sur le pouvoir s'avèrent de plus en plus insuffisantes [23]. La confiance s'impose comme un moyen qui renforce la satisfaction des membres du réseau en leur fournisseur et ce, en diminuant les conflits réciproques. De nombreux travaux tentent de comprendre l'orientation sur le long-terme des relations au sein du canal de distribution et mettent en évidence le rôle majeur de la confiance et l'engagement [24], de la confiance et la coopération [25]. La confiance trouve dès lors un ancrage fort dans les travaux sur les relations inter-organisationnelles et notamment dans les travaux sur les relations entre producteurs et distributeurs. Un récent travail de Sezen [26] traitant des comportements relationnels (en matière de canaux de distribution) met l'accent sur le concept de confiance et le retient comme l'un des deux déterminants de ces relations (le deuxième étant la dépendance).

La confiance est identifiée comme variable incontournable pour expliquer et comprendre les interactions entre partenaires des collaborations. En retenant la typologie de Le Gall [27], la confiance se trouve scindée en trois composantes :

En ce qui a trait à **la confiance calculée**, elle repose essentiellement sur un processus calculatoire de comparaison entre les gains à court terme associés à un comportement opportuniste et ceux à long terme associés à un comportement honnête. Cette forme de confiance s'appuie sur un processus de traitement d'information et d'évaluation rationnelle du risque. Elle se construit sur des preuves de fiabilité et d'intentions positives qui nécessitent l'observation d'une certaine prévisibilité et constance dans les comportements [28]. La confiance calculée se développe donc sur la base d'informations crédibles, constantes et prévisibles concernant les intentions et compétences de l'autre. Par ailleurs, la confiance calculée est également fondée sur les bénéfices potentiels associés à la continuité et au maintien de la relation. Ainsi, la foi en la performance et la perspective d'opportunités futures peuvent contribuer à l'émergence de cette forme de confiance.

La confiance cognitive, quant à elle, renvoie à la confiance basée sur des connaissances tangibles et rationnelles concernant principalement les compétences d'autrui, peut être reliée essentiellement à trois grandes caractéristiques : les compétences, l'efficacité et la fiabilité [27].

La confiance affective, en fin, traduit davantage un attachement émotionnel et un lien affectif d'identification. Cette forme de confiance se fonde sur des éléments beaucoup plus subjectifs et intuitifs pour apprécier principalement trois qualités détenues par le partenaire : l'intégrité, le partage et la bienveillance.

D'un autre côté, le lien confiance-engagement est le plus traité par les chercheurs depuis la théorie confiance-engagement proposée par Morgan et Hunt en 1994. Il est aussi reconnu que la confiance se développe dans le temps entre les partenaires selon un cercle vertueux ; la confiance s'approfondit au fur et à mesure que la relation se développe. Sa nature devant sans doute évoluer, certains auteurs appellent à une analyse plus fine des types et des niveaux de confiance aux différents stades de la relation.

L'engagement fait référence à la volonté de voir la relation continuer à long terme, au désir de développer une relation stable, et de faire les sacrifices nécessaires pour y parvenir en investissant dans la relation [29]. À partir du moment où le niveau d'engagement des partenaires est élevé, ceux-ci seront enclins à réaliser des efforts supplémentaires afin de maintenir les objectifs à long terme et malgré la pression éventuelle liée aux problèmes à court terme. C'est pourquoi des niveaux élevés d'engagement sont susceptibles de conduire au succès du partenariat. La confiance et l'engagement sont des normes relationnelles, des mécanismes de contrôle, plus sociaux qu'économiques, qui procurent la coordination nécessaire au bon déroulement des échanges et améliorent l'efficacité des coopérations [30].

Nos hypothèses sont à prendre dans les deux sens de la relation, ainsi nos suppositions sont valables pour les fournisseurs et la grande distribution. Dans ce qui suit nous schématisons les relations entre hypothèses de la recherche et problématique à travers notre modèle de recherche.

5 FORMULATION DES HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

Nous tenons à préciser que la formulation de nos hypothèses ne nous a été possible qu'après passage par une revue de la littérature, ou nous avons essayé de mobiliser les différents concepts et théories afférentes à notre problématique de recherche, et qui a été enrichie par des allers-retours avec le terrain, notamment avec la réalisation de plusieurs études exploratoires. Nous nous sommes beaucoup inspirés des travaux relatifs à la conceptualisation de la relation de confiance dans des domaines connexes à la logistique. Ainsi le modèle conceptuel comporte trois hypothèses principales, qui font l'objet d'une compartimentation en sous-hypothèses.

Ci-dessus, les hypothèses supportant notre démarche de recherche :

- H1a : Plus la confiance cognitive envers le distributeur est perçue comme positive, plus l'engagement dans la collaboration est fort.*
- H1b : Plus la confiance cognitive envers les fournisseurs est perçue comme positive, plus l'engagement dans la collaboration est fort.*
- H2a : Plus la confiance affective envers le distributeur est perçue comme positive, plus l'engagement dans la collaboration est fort.*
- H2b : Plus la confiance affective envers les fournisseurs est perçue comme positive, plus l'engagement dans la collaboration est fort.*
- H3a : Plus la confiance calculée envers le distributeur est perçue comme positive, plus l'engagement dans la collaboration est fort.*
- H3b : Plus la confiance calculée envers les fournisseurs est perçue comme positive, plus l'engagement dans la collaboration est fort.*

6 PRÉSENTATION DU TERRAIN DE RECHERCHE

Selon les chiffres de la direction du commerce intérieur (2008), le secteur du commerce est l'un des piliers de l'économie marocaine, il contribue à la création des richesses avec une part du PIB s'élevant à 12.8 % et une participation à hauteur de 2.5% du volume des investissements étrangers. Regroupant une large gamme d'activités, qui se caractérisent par la diversité de leurs formes et niveaux d'organisation et d'intégration différentes (commerce traditionnel, franchises, grandes surfaces, centres commerciaux...), le secteur dénombre 720.000 points de vente répartis à travers le Royaume. Il revêt aussi une dimension sociale importante. En effet, il abrite et constitue la source de revenu d'environ 1.2 million de personnes soit 13% de la population active marocaine.

En 2012 le Maroc est classé 27^{ème} par le rapport annuel de l'institut A.T. Kearney, rapport spécialisé en évaluation de l'attractivité commerciale, enseignes et réseaux de distribution dans le monde. Reculant de 7 places par rapport à 2011, le Maroc se positionne dans le peloton des « Top 30 developing countries for global retail expansion », comme le présente le rapport. Le Maroc est également premier dans la région Nord Afrique devant la Tunisie qui occupe la 30^{ème} place. En effet, les perspectives du secteur de la grande distribution au Maroc restent très importantes, dans le sens où les ouvertures des grandes surfaces ne cessent de se multiplier ; le plan Rawaj, comme on va y revenir, illustre bien cette volonté institutionnelle de moderniser et développer l'appareil commercial marocain.

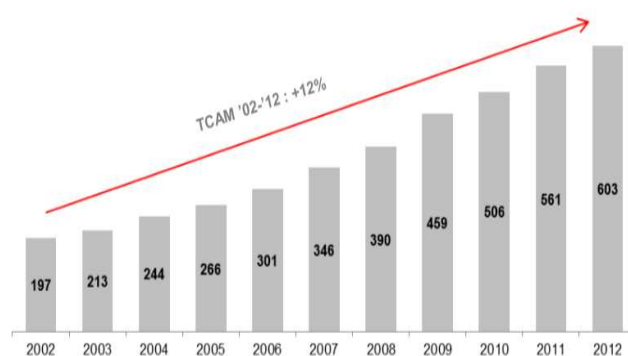


Fig. 1. Evolution des surfaces de vente de la grande et moyenne distribution

Source: Euromonitor International, juillet 2013

Le secteur se caractérise, entre autre, par la multiplication des enseignes de distribution (au nombre de 7 en 2014), la dynamique du secteur avec des nouveaux entrants, (le cas du Turk BIM, et l'alliance stratégique entre Label Vie et le numéro deux mondial Carrefour), mais aussi des replis et désengagements (le cas du groupe allemand Metro et de l'enseigne de proximité marocaine Hanouty).

Ainsi, le secteur des grandes et moyennes surfaces a connu une évolution considérable sur les dix dernières années, comme l'atteste la figure ci-dessus. En termes de progression, le secteur a réalisé sur dix ans un Taux De Croissance Annuel

Moyen (TCAM) de 12%, cette progression à deux chiffres a permis de passer de 197 points de vente à 603 en 2012. A signaler que *ces chiffres prennent en considération les grandes surfaces alimentaires appartenant au commerce intégré et aussi les supérettes et supermarchés indépendants fonctionnant en mode libre service Recensés par Euromonitor International en 2013 dans les différentes villes du royaume.*

7 ECHANTILLONNAGE ET DIFFUSION DU QUESTIONNAIRE

Dans notre cas, la population cible de l'échantillon est constituée d'une part des enseignes de grande distribution et des multitudes de fournisseurs marocains. Dans cette phase du projet de recherche, la contrainte temps et la contrainte financière ont été déterminantes : il était impossible d'atteindre tous les grands distributeurs, identifiés, ainsi que tous les fournisseurs présents aux quatre coins du Maroc.

L'échantillon fournisseurs, représente une bonne diversité de managers, provenant tout aussi bien de TPE, de PME, de grandes entreprises nationales, de coopératives, que de grands groupes multinationaux, et ayant des responsabilités dans des fonctions de logistique de préférence, mais aussi dans le domaine de la vente, du marketing ou du management général lorsque la situation l'impose. La population mère ne dépassant guère le millier de fournisseurs selon les responsables des enseignes rencontrées. L'échantillon distributeur, quant à lui, à brassé un nombre important de cadres responsables au niveau des magasins, plateformes et siège d'un groupe de la place. Techniquement nous avons atteint un pourcentage de 15% des cadres distributeur et environs 7% de ses fournisseurs, ce qui représente un chiffre important vu la taille des populations mères.

Au total 138 questionnaires sont récupérés, soit un taux de réponse de 69%. Leur nombre est de 65 questionnaires fournisseur et 72 questionnaires distributeur. Cependant, 18 d'entre eux sont éliminés de l'échantillon suite à des insuffisances de rigueur. En effet, les interviewés n'occupant pas de fonction justifiant des connaissances suffisantes leur permettant d'assimiler le propos de notre problématique de recherche, pour prétendre répondre au questionnaire, ou ne disposant pas d'une ancienneté suffisante au sein de l'entreprise sont évincés ; d'autres sont éliminés suite aux incohérences et imprécisions dans les réponses. Le taux de réponse effectif exploitable est donc en réalité de 60%, ce qui est satisfaisant au regard des normes recommandées [31]. Notre échantillon comprend au final 60 fournisseurs et 60 collaborateurs du grand distributeur.

L'exploration a été de type hybride avec des allers-retours entre les observations et les connaissances théoriques puisées dans la revue de la littérature. La démarche exploratoire a servi à délimiter les contours de la relation grand distributeur et fournisseurs dans le contexte marocain ; en effet nous avons pu confirmer le rôle pivot de la logistique comme fonction dorsale de compétitivité du canal, nous nous sommes arrêtés sur les coopérations entre acteurs et les contraintes relatives à cette forme organisationnel hybride avant d'évoquer le rôle de la confiance et de l'engagement comme variables relationnelles indispensables à une bonne gouvernance des relations verticales entre acteurs. La phase d'exploration s'achève avec la proposition d'un certain nombre d'hypothèses. Une autre démarche confirmatoire quantitative est réalisée par l'administration de deux questionnaires afin de tester les hypothèses théoriques et confronter le modèle de la recherche à la réalité empirique.

8 RÉSULTAT

Après un premier essai, les résultats de la mise en marche de l'algorithme PLS, il est clair qu'il est inapproprié d'utiliser les tests traditionnels pour vérifier la signification statistique du modèle. Compte tenu de la supposition de non normalité de la distribution des données, deux approches non paramétriques de test du modèle sont généralement utilisées en PLS pour remédier à ce problème, il est recommandé de passer par une deuxième étape ; il s'agit de la technique jackknife ou celle du bootstrap [32]. Dans notre cas nous avons eu recours au bootstrap, considéré comme plus puissant que jackknife, car il fournit deux mesures essentielles du modèle structurel : une valeur de t (similaire au t -test) et R^2 (de même que celui de régressions multiples). La dernière condition porte sur le coefficient Q^2 de Stone-Geisser ou encore indice de redondance en validation croisée [32].

Pour accompagner notre raisonnement, nous exposons successivement les sorties et commentaires des résultats des différents résultats du logiciel Smart PLS, issus de l'échantillon fournisseur suivi de celui du distributeur.

Pour les fournisseurs, les variables latentes sont au nombre de quatre. Elles sont signalées par des ronds dans le graphique. Le sens des flèches indique la relation entre les variables. Ainsi, le mode réflexif est traduit par des flèches allant des variables latentes respectives vers les variables de mesure. Les coefficients d'estimation sont indiqués sur les liens entre les variables latentes exogènes et les variables latentes endogènes. Pour ces dernières, il est indiqué à chaque fois le R^2 pour

apprécier la qualité du modèle. Enfin, la variable latente endogène est liée dans le sens de la relation. Pour notre cas, les motifs ont des effets sur les formes de confiance. Le coefficient traduit l'importance de cet effet.

❖ PLS algorithm

Nous présentons dans ce qui suit les résultats du modèle de mesure (variables manifestes et variables latentes) et ceux du modèle structurel (variables latentes entre elles), avant d'aborder une procédure de rééchantillonnage Bootstrap appliquée à ce premier échantillon de données. Le modèle de mesure concerne les tests de fiabilité et de validité des liens entre les variables manifestes et les variables latentes. Ces tests sont au nombre de trois : la validité convergente, la fiabilité des mesures et la validité discriminante.

L'analyse de la fiabilité composite, la variance moyenne extraite (AVE), et Cornbach alpha des valeurs de la confiance calculée, de la confiance affective, de la confiance cognitive, et de l'engagement sont représentées dans le tableau ci-dessous. Les résultats révèlent que toutes les variables latentes employées dans l'estimation sont fiables et valides.

La validité convergente est évaluée par l'examen des corrélations entre les variables manifestes et leur construit, les valeurs doivent être supérieures à 0,7 ; les items présentant un loading inférieur à 0,5 doivent être retirés du modèle. Pour l'ensemble du construit, tous les items possèdent un loading correct puisqu'ils sont tous supérieurs à 0,7.

Tableau 1. Synthèse sortie Smart Pls algorithme -Fournisseurs-

	AVE	Composite Reliability	Cornbach alpha	Communality
Confiance calculée	0,6852	0,9568	0,8265	0,6852
Confiance affective	0,7256	0,9335	0,9212	0,7256
Confiance cognitive	0,8568	0,9654	0,9154	0,8568
Engagement	0,8658	0,9586	0,8565	0,8658

Les résultats montrent que la fiabilité des énoncés est satisfaisante avec des indices AVE supérieurs au seuil minimum recommandé de 0,50 , de plus l'alpha de Cornbach est élevé pour tous les construits.

La validité convergente a été calculée selon l'approche recommandée par Fornell [33]. Selon cette approche, la validité convergente de chaque facteur utilisé dans ce modèle est très acceptable. En effet, les facteurs relatifs à la confiance calculée, à la confiance affective, à la confiance cognitive et à l'engagement présentent une forte cohérence interne avec une fiabilité composée supérieure à 0,90.

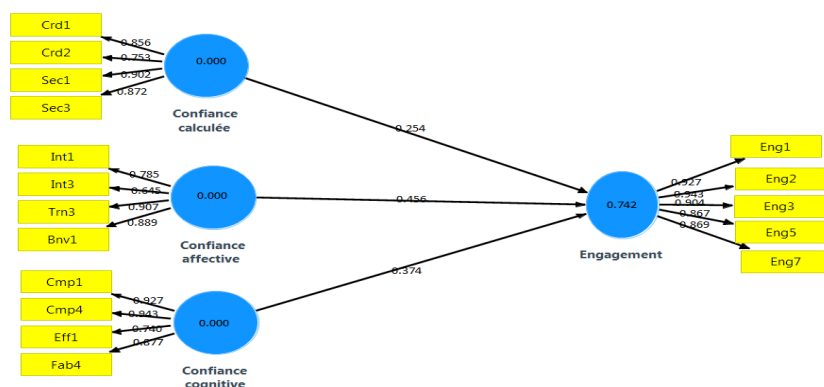


Fig. 2. Modèle structurel Smart Pls -Fournisseurs- (n=60)

La validité discriminante consiste à s'assurer que les dimensions d'un concept partagent plus d'informations avec leur mesure qu'entre-elles. La validité discriminante, a été testée à partir des résultats du modèle PLS en comparant l'information partagée par les dimensions de l'échelle (carré de la corrélation) entre elles et l'information qu'elles partagent avec leur mesure (validité convergente). L'AVE est aussi conçu pour être utilisé comme outil d'évaluation de la validité discriminante. En ce sens, la racine carrée de l'AVE doit être supérieure aux corrélations du construit avec les autres.

Le tableau ci-dessous expose les corrélations, et les corrélations au carré entre les dimensions de l'échelle. La validité convergente est également appelée AVE. Les résultats confirment la validité discriminante interne. Les nombres en gras sur la diagonale correspondent à la racine carrée de l'Average Variance Extracted (AVE), et les nombres sous la diagonale représentent les corrélations entre les construits.

Tableau 2. Matrice des valeurs de l'AVE et corrélations -Fournisseur-

	AVE	Confiance calculée	Confiance affective	Confiance cognitive	Engagement
Confiance calculée	0,6852	0,8277			
Confiance affective	0,7256	0,8012	0,8518		
Confiance cognitive	0,8568	0,8523	0,8456	0,9256	
Engagement	0,8658	0,8265	0,8097	0,8564	0,9304

Nous remarquons que l'AVE de toutes les variables est supérieur au carré de leurs corrélations. En effet, pour toutes nos variables (confiance calculée, confiance affective, confiance cognitive et engagement), la racine carrée de l'AVE est supérieure à 0,70. De fait, cette valeur est supérieure à toutes les corrélations entre les variables. Aussi, selon la méthode préconisée par Chin [34], toutes les contributions statistiques des indicateurs possèdent une plus forte corrélation avec le construit qui les compose qu'avec les autres construits. En justifiant les deux critères (celui de Fornell [33] et celui de Chin [34]), nous pouvons conclure que notre modèle de mesure vérifie une bonne validité discriminante.

❖ PLS bootstrapping

Après avoir vérifié la fiabilité et la validité des liens entre les variables manifestes et latentes à travers le traitement PLS de l'échantillon fournisseur, nous présentons dans ce qui suit les résultats du modèle structurel et les liens entre les variables latentes. L'ensemble de ces résultats est consigné dans la figure ci-dessous (Logiciel Smart PLS). Les variables latentes sont au nombre de quatre. Elles sont signalées par des ronds dans le graphique, alors que les variables manifestes sont signalées par des carrés. Le sens des flèches indique la relation entre les variables. Ainsi, le mode réflexif est traduit par des flèches allant de la variable latente vers ses mesures respectives. Les coefficients d'estimation sont indiqués sur les liens entre les variables latentes exogènes et les variables latentes endogènes. Pour ces dernières, il est indiqué à chaque fois le R^2 pour apprécier la qualité du modèle. Enfin, la variable latente endogène est liée dans le sens de la relation. Pour notre cas, les formes de confiances ont des effets sur l'engagement. Le coefficient traduit l'importance de cet effet.

Cette dernière étape de la modélisation par équations structurelles consiste à évaluer les effets directs et à analyser les hypothèses émises. La taille de l'échantillon n'étant que de 60 observations, la distribution statistique est loin de suivre une distribution normale. Pour s'assurer de l'adéquation du modèle de mesure nous effectuons une procédure de bootstrapping avec 300 tirages. La valeur de T Student est par conséquent supérieure à 1,96.

Le construit est dit statistiquement significatif au seuil de 1%, 5% et 10% si et seulement si son T de Student est supérieur à la valeur absolue de 2,57, 1,96 et 1,64 respectivement. Au-dessous de ces seuils, la significativité des hypothèses semble être réduite (faible lien entre les variables supposées explicatives et expliquées).

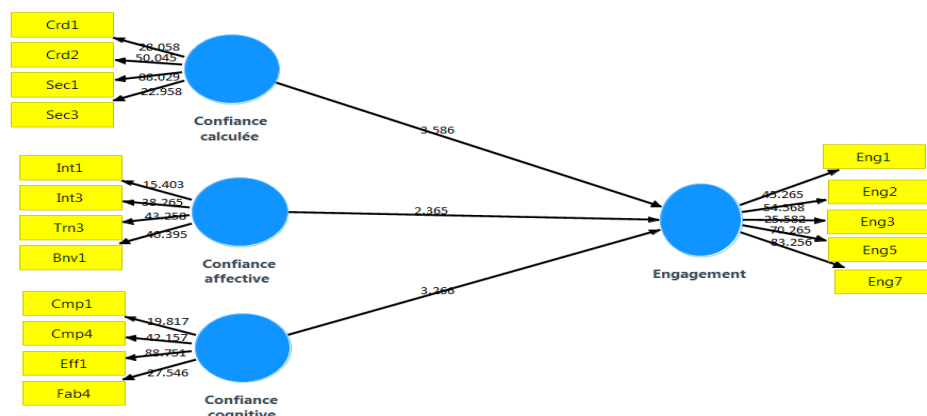


Fig. 3. Résultats de l'analyse bootstrapping -Fournisseur-

L'analyse PLS ne générant pas d'indice d'ajustement, mais des indicateurs permettant d'évaluer la qualité de la prédiction globale (coefficient de détermination R^2 et critère Q^2 de Stone-Geisser) et de chaque variable explicative (coefficients structurels standardisés et critères f^2 d'importance des effets). L'utilisation d'une procédure de ré-échantillonnage (bootstrapping) permet de vérifier si les coefficients structurels sont statistiquement significatifs.

La valeur positive de l'indicateur Q^2 ($Q^2 = 0,364$) montre que les trois formes de confiances sont des variables prédictives pertinentes de l'engagement. Le coefficient de détermination ($R^2 = 0,742$) est fort. Il ressort de ces calculs que le chemin entre l'engagement et les trois dimensions de la confiance est significatif pour la confiance affective, pour la confiance calculée et la confiance cognitive. Il en va de même pour les T-value allant des items aux dimensions. Nous pouvons en déduire que les relations existent entre les variables.

Tableau 3. Les Path coefficient -Fournisseurs-

	Original Sample (O)	Sample Mean (M)	Standard Deviation (STDEV)	Standard Error (STERR)	T Statistics (O/STERR)
Conf-Cal -> Eng	0,254	0,276	0,133	0,133	3,5862
Conf-Aff -> Eng	0,456	0,466	0,076	0,076	2,3655**
Conf-Cog -> Eng	0,374	0,381	0,091	0,091	3,2662****
* Significative à 15%			Conf-Cal : confiance calculée		
** Significative à 10%			Conf-Aff : confiance affective		
*** Significative à 5%			Conf-Cog : confiance cognitive		
**** Significative à 1%			Eng : engagement		
Pour Eng : R ² = 0.742 : Q ² =0.364					

Pour le distributeur, l'analyse de la fiabilité composite, la variance moyenne extraite (AVE), et Cornbach alpha des valeurs de la confiance calculée, de la confiance affective, de la confiance cognitive, et de l'engagement sont représentées dans le tableau ci-dessous. Les résultats révèlent que toutes les variables latentes employées dans l'estimation sont fiables et valides.

❖ PLS algorithme

Tableau 4. Synthèse sortie Smart PLS algorithme-Distributeur-

	AVE	Composite Reliability	Cornbach alpha	Communality
Confiance calculée	0,7865	0,9501	0,8925	0,7865
Confiance affective	0,8472	0,9562	0,9581	0,8472
Confiance cognitive	0,8689	0,9638	0,9025	0,8689
Engagement	0,8703	0,9659	0,9356	0,8703

La validité convergente est évaluée par l'examen des corrélations entre les variables manifestes et leur construit, les valeurs doivent être supérieures à 0,7 ; les items présentant un loading inférieur à 0,5 doivent être retirés du modèle. Pour l'ensemble du construit, tous les items possèdent un loading correct puisqu'ils sont tous supérieurs à 0,7 comme illustré dans la figure 45 ci-après.

Les résultats montrent que la fiabilité des énoncés est satisfaisante avec des indices AVE supérieurs au seuil minimum recommandé de 0,50, de plus l'alpha de Cornbach est élevé pour tous les construits.

La validité convergente a été calculée selon l'approche recommandée par Fornell [33]. Selon cette approche, la validité convergente de chaque facteur utilisé dans ce modèle est très acceptable. En effet, les facteurs relatifs à la confiance calculée, à la confiance affective, à la confiance cognitive et à l'engagement présentent une forte cohérence interne avec une fiabilité composée supérieure à 0,80.

La validité discriminante consiste à s'assurer que les dimensions d'un concept partagent plus d'informations avec leur mesure qu'entre-elles. La validité discriminante, a été testée à partir des résultats du modèle PLS en comparant l'information

partagée par les dimensions de l'échelle (carré de la corrélation) entre elles et l'information qu'elles partagent avec leur mesure (validité convergente). L'AVE est aussi conçu pour être utilisé comme outil d'évaluation de la validité discriminante. En ce sens, la racine carrée de l'AVE doit être supérieure aux corrélations du construit avec les autres.

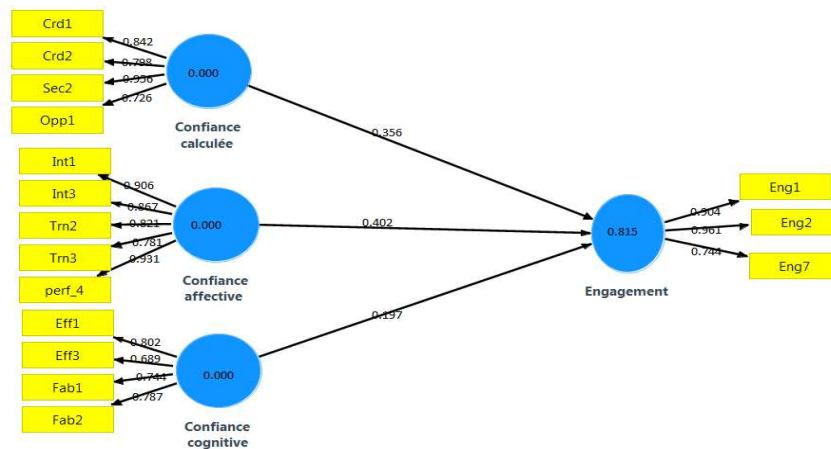


Fig. 4 . Modèle structurel Smart PLS -Distributeur- (n=60)

Le tableau ci-dessous expose les corrélations, et les corrélations au carré entre les dimensions de l'échelle. La validité convergente est également appelée AVE. Les résultats confirment la validité discriminante interne. Les nombres en gras sur la diagonale correspondent à la racine carrée de l'Average Variance Extracted (AVE), et les nombres sous la diagonale représentent les corrélations entre les construits.

Tableau 5. Matrice des valeurs de l'AVE et corrélations -Distributeur-

	AVE	Confiance calculée	Confiance affective	Confiance cognitive	Engagement
Confiance calculée	0,7865	0,8868			
Confiance affective	0,8472	0,8812	0,9204		
Confiance cognitive	0,8689	0,8523	0,8456	0,9321	
Engagement	0,8703	0,8265	0,8097	0,8564	0,9328

Nous remarquons que l'AVE de toutes les variables est supérieur au carré de leurs corrélations. En effet, pour toutes nos variables (confiance calculée, confiance affective, confiance cognitive et engagement), la racine carrée de l'AVE est supérieure à 0,70. De fait, cette valeur est supérieure à toutes les corrélations entre les variables.

❖ PLS bootstrapping

Cette dernière étape de la modélisation par les équations structurelles consiste à évaluer les effets directs et à analyser les hypothèses émises. La taille de l'échantillon n'étant que de 60 observations, la distribution statistique est loin de suivre une distribution normale. Pour s'assurer de l'adéquation du modèle de mesure nous effectuons une procédure de bootstrapping avec 300 tirages. La valeur de T-student est par conséquent supérieure à 1,96.

Le construit est dit statistiquement significatif au seul de 1%, 5% et 10% si et seulement si son T de Student est supérieur à la valeur absolue de 2,57, 1,96 et 1,64 respectivement. Au-dessous de ces seuils, la significativité des hypothèses semble être réduite (faible lien entre les variables supposées explicatives et expliquées).

L'analyse PLS ne générant pas d'indice d'ajustement, mais des indicateurs permettant d'évaluer la qualité de la prédiction globale (coefficient de détermination R^2 et critère Q^2 de Stone-Geisser) et de chaque variable explicative (coefficients structurels standardisés et critères f^2 d'importance des effets). L'utilisation d'une procédure de ré-échantillonnage (bootstrapping) permet de vérifier si les coefficients structurels sont statistiquement significatifs.

La valeur positive de l'indicateur Q^2 ($Q^2 = 0,364$) montre que les trois formes de confiances sont des variables prédictives pertinentes de l'engagement. Le coefficient de détermination ($R^2 = 0,742$) est fort.

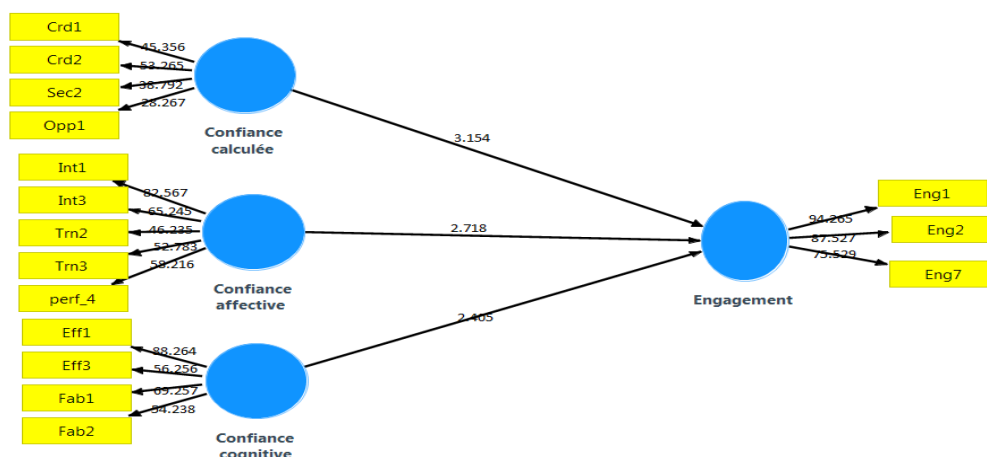


Fig. 5. Résultats de l'analyse bootstrapping -Distributeur-

Il ressort de ces calculs que le chemin entre l'engagement et les trois dimensions de la confiance est significatif pour la confiance affective, pour la confiance calculée et la confiance cognitive. Il en va de même pour les T-value allant des items aux dimensions. Nous pouvons en déduire que les relations existent entre les variables.

Tableau 6. Les Path coefficient -Distributeur-

	Original Sample (O)	Sample Mean (M)	Standard Deviation (STDEV)	Standard Error (STERR)	T Statistics (O/STERR)
Conf-Cal -> Eng	0,356	0,378	0,123	0,123	3,154
Conf-Aff -> Eng	0,402	0,451	0,092	0,092	2,718**
Conf-Cog -> Eng	0,197	0,204	0,150	0,150	2,405***
* Significant à 15%	Conf-Cal : confiance calculée Conf-Aff : confiance affective Conf-Cog : confiance cognitive Eng : engagement				
** Significant à 10%					
*** Significant à 5%					
**** Significant à 1%					
Pour Eng : R ² = 0,815 ; Q ² =0,394					

Les résultats obtenus nous ont permis de confirmer l'intégralité des propositions de la recherche relatives aux liens entre les dimensions de la confiance et l'engagement du partenaire dans les collaborations logistiques (avec une intensité variable d'une dimension à une autre, et d'un acteur à un autre). En effet, nous avons émis six hypothèses de recherche falsifiables. Les deux premières concernent le lien entre la confiance cognitive (efficacité, fiabilité et compétence) et l'engagement des partenaires dans les collaborations logistiques. Un second binôme d'hypothèses se rapporte à la confiance affective ; nous avons ainsi testé les effets de la bienveillance, l'intégrité et la transparence. Enfin, un dernier couple d'hypothèses s'intéresse à la confiance calculée, il s'agit d'examiner les effets de la crédibilité, la sécurité et opportunités futures sur l'engagement du partenaire dans les collaborations logistiques.

Cette analyse comparative nous permet finalement de répondre à notre question de recherche qui porte sur les formes de confiance qui s'instaurent davantage dans la relation d'engagement logistique entre fournisseurs et grande distribution alimentaire aux Maroc.

Nous avons émis six hypothèses de recherche falsifiables. Les deux premières concernent le lien entre la confiance cognitive (efficacité, fiabilité et compétence) et l'engagement des partenaires de la dyade dans les collaborations logistiques.

Pour la première hypothèse de recherche: H1a: Plus la confiance cognitive envers le distributeur est perçue comme positive, plus l'engagement dans la collaboration est fort, se trouve confirmée par les résultats de notre étude. Ce type de confiance vient en deuxième position pour le fournisseur en termes d'intensité, après la confiance affective, représentée par quatre items qui focalisent sur la compétence de distributeur comme vecteur de confiance.

De même pour l'hypothèse parallèle s'adressant au distributeur: *H1b : Plus la confiance cognitive envers les fournisseurs est perçue comme positive, plus l'engagement dans la collaboration est fort*, se trouve aussi corroborée par les résultats de l'étude. D'après les résultats, cela peut s'expliquer par le fait que le distributeur, au contraire des fournisseurs met l'accent sur les dimensions de la confiance calculée et affective beaucoup plus que la confiance cognitive; la confiance cognitive se retrouve ici en troisième position et elle est amputée de la sous dimension compétence. Ce résultat vient en appui au modèle rationnel de la confiance qui part du postulat selon lequel les acteurs sociaux sont rationnels et que la confiance, dans ce cadre, se fonde principalement sur une compréhension sophistiquée des intérêts des autres parties [35] ainsi que sur l'évaluation des compétences, sur la fiabilité et la réputation des partenaires [36]. Rhita Sabri et Karim Messegheem [37], soulignent que pour le distributeur, les problèmes d'efficacité, et de fiabilisation des approvisionnements, sont un challenge à surmonter au Maroc.

Toutefois, nous pouvons expliquer le résultat de la faible intensité de la relation annoncée par la première hypothèse par la non compréhension et assimilation des mécanismes de la grande distribution par les fournisseurs marocains, et la difficulté qu'ils trouvent parfois à s'aligner sur les principes et règles du modèle management du grand distributeur. Constatation conforté par les doléances reportées sur les pages des quotidiens nationaux et dans le dernier rapport du conseil de la concurrence sur le secteur de la GDA [38]. De notre côté, nous avançons que le système et modèle économique du secteur est assez standard, et s'impose de fait aux acteurs. Nous invoquons les conclusions d'une étude réalisée sur les relations fournisseurs distributeurs dans la grande distribution en Chine, qui a porté sur les pratiques comparées de deux grandes enseignes, Hualian et Carrefour [39]. En outre nous avançons la logique de l'accompagnement pratiqué par un certain nombre de grands distributeurs de part le monde, pour mettre à niveau les compétences de leurs fournisseurs. Pratique qui constitue une réelle opportunité d'enrichissement mutuel et de consolidation des interactions relationnelles entre partenaires. En effet, le distributeur doit faire face à deux types de contraintes: celles liées à la sécurisation des approvisionnements, la diversité et à la différenciation de ses linéaires en matière de produits frais et celles relatives aux problèmes de manque de compétences organisationnelles, logistique et marketing chez les petits producteurs.

Nous retenons, à travers ces résultats, que l'interaction entre le distributeur et ses fournisseurs dans le cadre d'une confiance cognitive engendre un processus d'adaptation en plus du bénéfice de l'expérience. Ces deux aspects se manifestent réellement dans le cadre de cette relation d'engagement inter-organisationnel.

Le second binôme d'hypothèses se rapporte à la confiance affective. Nous avons ainsi testé les effets de la bienveillance, l'intégrité et la transparence. Ainsi les deux hypothèses (*H2a : Plus la confiance affective envers le distributeur est perçue comme positive, plus l'engagement dans la collaboration est fort*. Et *H2b : Plus la confiance affective envers les fournisseurs est perçue comme positive, plus l'engagement dans la collaboration est fort*) se trouvent confortées par les résultats de notre recherche.

En effet, Abbad [40] soulignait déjà que l'existence de liens personnels apparaît, dans le contexte marocain, comme un facteur qui facilite l'établissement de la confiance et un garant de l'engagement des parties dans la relation. Dans un autre secteur, mais toujours sur le terrain de la confiance en SCM, Balambo [41] d'après les résultats d'une étude menée sur la relation dans le secteur automobile, démontre, en effet, que les caractéristiques de la culture nationale marocaine favorisent le développement d'une confiance de nature affective entre les partenaires d'une supply chain. Selon lui toujours, cette confiance permet de faire reposer les démarches de SCM sur des éléments relationnels, qui contribuent à la création de liens forts et durables entre les partenaires.

Enfin, le dernier couple d'hypothèses s'intéresse à la confiance calculée. Il s'agit d'examiner les effets de la crédibilité, la sécurité et des opportunités futures. Les résultats soulignent la confirmation des deux hypothèses (*H2a : Plus la confiance calculée envers le distributeur est perçue comme positive, plus l'engagement dans la collaboration est fort* ; et *H3b : Plus la confiance calculée envers les fournisseurs est perçue comme positive, plus l'engagement dans la collaboration est fort*). Toutefois, la relation est plus significative chez le distributeur ; en effet, on constate l'absence d'items sur les opportunités futures dans le sens du fournisseur. Comme souligné par Abbad [40], l'horizon temporel du distributeur s'avère systématiquement court, à peine une année, voire quelques mois. Autrement dit, le référencement sans cesse renégocie des produits des différents fournisseurs, avec la menace de rompre la transaction commerciale. Si une telle réalité est incontestable, elle ne doit pas pour autant faire ignorer l'émergence d'une nouvelle manière d'envisager l'échange entre distributeurs et industriels, beaucoup plus orientée vers le moyen, voire le long terme. Certes, la négociation tarifaire reste l'une des facettes de la transaction commerciale, mais elle n'exclut plus la volonté de penser ensemble une relation plus étroite pour améliorer l'efficacité des systèmes logistiques, l'implantation des produits en magasin ou encore l'optimisation des opérations promotionnelles.

La confiance est un facteur essentiel pour favoriser l'engagement des partenaires de la chaîne d'approvisionnement. La présence de la confiance améliore de façon mesurable la chance de réussite et de performance de la chaîne

d'approvisionnement dans sa globalité. Un manque de confiance entre les partenaires se traduit souvent par la performance inefficace tel que les coûts de transactions (de vérification, des inspections et de certifications de leurs partenaires commerciaux).

Bien que la littérature mentionne souvent une relation entre la confiance et l'engagement, il y a un manque de tests empiriques de cette relation dans le contexte de la supply chain. Cette étude tente de combler le fossé entre l'argument théorique et vérification empirique. Les résultats obtenus avec une étude approfondie des partenaires de la dyade de la chaîne d'approvisionnement de la grande distribution alimentaire marocainne, indiquent que la confiance de l'entreprise dans son partenaire de la chaîne d'approvisionnement est fortement associée à des investissements relationnels. Il est également constaté que le partage de l'information réduit le niveau d'incertitude comportementale, qui, à son tour, améliore le niveau de confiance. La réputation d'un partenaire sur le marché a un fort impact positif sur le processus de renforcement de la confiance, alors que la perception du conflit d'un partenaire crée un fort impact négatif sur la confiance. Enfin, le niveau d'engagement est fortement lié au niveau de confiance [42].

La figure ci-dessous permet de visualiser les résultats qui sont ressortis de notre analyse en mettant graphiquement en lumière le poids relatif des trois formes de confiance qui se sont généralement manifestées dans chacun de ces types.

Nous constatons des similitudes importantes dans les formes de confiance qui se sont instaurées. Quel que soit le partenaire de la relation, force est de reconnaître que la confiance affective prédomine suivie par la confiance cognitive qui influe plus faiblement, coté fournisseur ; et la confiance calculée du côté distributeur.

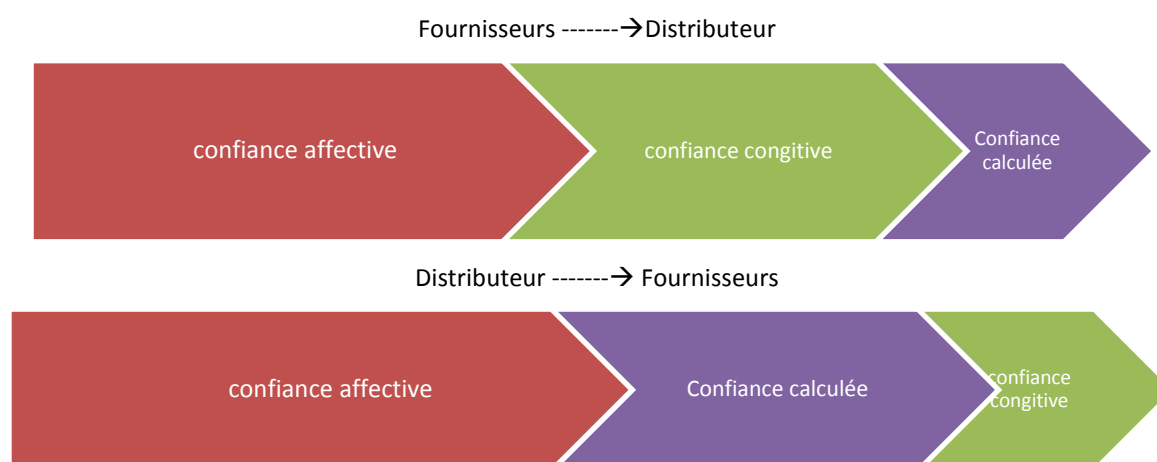


Fig. 6 . Conjonctures des formes de confiance

9 CONCLUSION

Les résultats de cette recherche montrent que la confiance affective est plus manifeste dans les relations entre acteurs de la dyade, c'est-à-dire qu'elle contribue, le plus, au développement de l'engagement relationnel. En outre, cette étude met en évidence le manque de sécurité et l'absence de perspective à long terme (ce que nous avons regroupé sous la dimension de la confiance calculée) ; cette situation négative soulève tout de même quelques interrogations.

Pour la confiance cognitive, du côté distributeur, elle est perçue comme plus intense, cela veut dire que les enseignes, au contraire des fournisseurs mettent beaucoup plus le point sur des composante telles que la fiabilité, l'efficacité et la compétence ; et les considèrent comme primordiales pour faire émerger cette dimension de la confiance envers un fournisseur. D'un autre côté, nous pouvons expliquer le résultat de la faible significativité du résultat fournisseurs en termes de cette dimension cognitive, par la non assimilation, de ces derniers, des mécanismes de fonctionnement de la grande distribution, et des spécificités de management la touchant.

Dans ce contexte, les résultats de la présente étude tendent à montrer l'impact significatif, dans les deux sens de la dyade, de la confiance en général (avec des variations en termes d'intensité des dimensions retenues) sur l'engagement collaboratif en contexte logistique.

REFERENCES

- [1] BETCHEL C. ET JAYARAM J. ; (1997), Supply Chain Management : A strategic Perspective, The International Journal of Logistics Management, Vol.8, N°1.
- [2] CAMMAN C. ; 2009, Le pilotage des démarches de supply chain management: une approche constructiviste, Acte de la Conférence Annuelle de l'Association Internationale de Management Stratégique, Grenoble.
- [3] CHEN I.J. et PAULRAJ A.; 2004, Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements, Journal of Operations Management, Vol. 22.
- [4] FRANKEL R. et al.; 2008, The domain and scope of SCM's foundational disciplines – Insights and Issues to advance Research, Journal of Business Logistics, Vol. 20, N°1.
- [5] GUINIPERO L.C. et al. ; 2008, A decade of SCM literature: past, present and future implications, Journal of Supply Chain Management, Vol. 44, N° 4.
- [6] JOHANNESSEN S. ; 2003, An Explorative Study of Complexity, Strategy and Change in Logistics Organizations, Doctorat de Sciences de Gestion, Université des Sciences et Technologies de Norvège, Trondheim.
- [7] MACNEIL I.R.; 1980, The New Social Contract: An Inquiry into Modern Contractual Relations, New Haven, CT: Yale University Press.
- [8] BONET D. ; 1998, Concurrence-coopération dans le canal de distribution : une analyse du discours des industriels et des distributeurs, Actes de la 3^{ème} journée de recherche en Marketing de Bourgogne, Dijon, 26 novembre.
- [9] MESSEGHEM K. ; 2004, Les voies de la coopération entre PME et grande distribution, 7^{ème} Congrès International Francophone en Entrepreneuriat et PME, Montpellier, France.
- [10] DEBABI M. ; 2009, dimensions intégratives et distributives de la négociation entre producteurs et distributeurs, Direction et Gestion (La RSG) | La Revue des Sciences de Gestion 2009/3 - n° 237-238.
- [11] DONADA C. ; 2007, La confiance dans les relations interentreprises : revue des recherches quantitatives, Revue Française de Gestion 33.
- [12] RAFFENNE M. ; 2007, Vers une sociologie de logistique ? Tentative de réconciliation de la sociologie du travail avec son objet, Octarès, Paris.
- [13] COLIN J. ; 2002, La logistique du désordre, Chapitre 2 de l'ouvrage Ordres et Désordres en logistique, ss la direction de N. Fabbe Costes et P. Lièvre, Hermès, Lavoisier.
- [14] TARATYNAVA N. ; 2010, Modélisation par la théorie des jeux des échanges de prévisions dans un réseau d'entreprises, thèse de doctorat à l'École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne.
- [15] LIVOLSI L., et FABBE-COSTES N. ; 2003, La centralité des systèmes d'information (SI) dans la fonction logistique : validation empirique et interrogation sur l'Impact d'Internet." in 8^{ème} Colloque de l'AIM. Grenoble.
- [16] FENDER M. ; 1996, modes de coopération producteurs-distributeurs : place de la logistique dans l'organisation des chaînes d'approvisionnement, thèse de doctorat de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées en Economie, gestion et sciences sociales.
- [17] MOATI P. ; 2001. L'avenir de la grande distribution, édition Odile Jacob.
- [18] LAMOTHE J. et ALDANONDO M. ; 2001, une approche d'ingenierie integree pour la logistique : interets et limites de la cooperation, 3^e Conférence Francophone de MOdélisation et SIMulation Conception, Analyse et Gestion des Systèmes Industriels MOSIM'01 – du 25 au 27 avril - Troyes (France).
- [19] AFFONSO R.C. ; 2008, proposition d'un cadre de modélisation pour la coordination d'entreprises dans la chaîne logistique, Institut National Polytechnique de Toulouse, Toulouse
- [20] SPALANZANI A. et SAMUEL K. ; 2007, L'absorption de l'incertitude dans la chaîne logistique : passé, présent et futurs », In Paché G. et Spalanzani A. (dir.), La gestion des chaînes logistiques multi-acteurs : perspectives stratégiques, PUG, Grenoble.
- [21] POIREL C. et BONET D. ; 2006, La chaîne logistique, un cadre conceptuel alternatif au canal de distribution pour analyser les rapports de pouvoir et de dépendance entre acteurs. Dans : Les chaînes logistiques multi-acteurs, ouvrage coordonné par G. Paché et A. Spalanzani, P.U.G.
- [22] CHRISTOPHER M. ; 2011. Logistics and Supply Chain Management. 4^e éd. Financial Times/ Prentice Hall.
- [23] PACHÉ G. ; 2006, La coordination des chaînes logistiques multi-acteurs dans un contexte humanitaire : quels cadres conceptuels pour améliorer l'action ?, Logistique & Management, Vol. 14 – N°1.
- [24] MORGAN R.M. et HUNT S.D.; 1994, The commitment- trust theory of relationship marketing; Journal of Marketing, 58(July).
- [25] ANDERSON J.A ET NARUS J.C ; 1990, A model of distributor firm and manufacturer working partnership, Journal of marketing, 48.
- [26] SEZEN B. et al.; 2007, Relative effects of dependence and trust on flexibility, information exchange, and solidarity in marketing channels, Journal of Business & Industrial Marketing, Vol. 22 n°1.

- [27] LE GALL V. ; 2012, La construction de la confiance : le cas des alliances stratégiques en biotechnologie, thèse de doctorat HEC Montréal Affiliée à l'Université de Montréal ;
- [28] ROUSSEAU D.M., SITKIN S.B., BURT R.S. et CAMERER C.; 1998, Not so Different After All: A Cross-Discipline View of Trust, *Academy of Management Review*, Vol. 23, No. 3.
- [29] MOHR J. et SPEKMAN R.; 1994, Characteristics of Partnership Success: Partnership Attributes, Communication Behavior, and Conflict Resolution Techniques, *Strategic Management Journal*, vol. 15.
- [30] LARSON A.; 1992, Network Dyads in Entrepreneurial Settings: A Study of Governance of Exchange Relationships, *Administrative Science Quarterly*, vol. 37.
- [31] Igalens, J. & Roussel, P. (1998). *Méthodes de recherche en Gestion des Ressources Humaines*,. Paris: Editions Economica, collection Recherche en Gestion
- [32] Santosa, P.I., Wei, K.K., Chan, H.C., 2005. User involvement and user satisfaction with information-seeking activity. *European Journal of Information Systems*
- [32] Tenenhaus, M., and Esposito Vinzi, V. (2005). PLS regression, PLS path modeling and generalized procrustean analysis: a combined approach for PLS regression, PLS path modeling and generalized multiblock analysis. *Journal of Chemometrics*, 19, 145–153.
- [33] Fornell, C., Larcker, D.F., 1981. Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research* 18 (1), 39-50.
- [34] Chin, W. W. (1998). The partial least squares approach for structural equation modeling. in G. A. Marcoulides (Ed.), *Modern methods for business research* (pp. 295–236). London: Lawrence Erlbaum Associates
- [35] COLEMAN J.S.; 1988, Social Capital in the Creation of Human Capital, *American Journal of Sociology*, 94: S95-S120.
- [36] McAllister D., 1995, Affect and Cognition-based trust as foundations for interpersonal cooperation in organization, *Academy of Management Journal*, vol. 18, n° 1, , p. 24-59.
- [37] MESSEGHEM K. et SABRI R. ; 2014, L'accompagnement comme dynamique d'apprentissage organisationnel. Le cas d'un holding de la grande distribution marocain et de des fournisseurs de produits frais de très petites tailles, 12eme Congrès International Francophone en Entrepreneuriat et PME 29, 30 et 31 Octobre 2014, Agadir.
- [38] CONSEIL DE LA CONCURRENCE, 2011, réalisation d'une étude sur la concurrentiabilité du secteur des grandes et moyennes surfaces Rapport de synthèse, Version juillet.
- [39] Zhang M. X & et Jolibert A., 2003, Les valeurs traditionnelles des acheteurs chinois : raffinement conceptuel, *RAM*, vol. 18, n°1/2003, 25-41.
- [40] ABBAD H. et BRINETTE S ; 2010, La libéralisation des échanges et le développement de la grande distribution alimentaire : quels enjeux pour les PMI marocaines ?
- [41] BALAMBO A. ; 2013, Culture nationale et développement de la confiance inter organisationnelle en milieu supply chain : Le cas du Maroc Colloque logistiqua'13 Maroc 1 - 6 May 2013.
- [42] OULMOUDNE A. et BENMOUSSA M. ; 2014, Communication et TIC dans la dyade Fournisseurs-Grande Distribution Alimentaire au Maroc : réalité et contrastes, Colloque international : Langues, Cultures et Médias en Méditerranée: TexTeS, discours, Hypermédia et Frontières du numérique, tenue à Ouarzazate, du 22 au 24 octobre.

Enquête épidémiologique à propos d'une épidémie d'infections à *Acinetobacter baumannii* multi-résistant survenues dans un service de réanimation pédiatrique en 2012

[Epidemiological investigation into an outbreak of *Acinetobacter baumannii* multi-resistant occurred in a pediatric intensive care unit in 2012]

Taoufik Lahoucine¹, Soufiane Makhoulfi², Youssef Mouaffak³, Said Younous⁴, and Nabila Sora⁵

¹Médecin résidant Service de Microbiologie, Hôpital Arrazi CHU Mohamed VI, Marrakech, Morocco

²Infirmier hygiéniste Equipe opérationnelle d'hygiène, Hôpital Mère Enfant, CHU Mohamed VI, Marrakech, Morocco

³Professeur agrégé en Anesthésie réanimation Service de réanimation pédiatrique, Hôpital Mère enfant, CHU Mohamed VI, Marrakech, Morocco

⁴Professeur d'enseignement supérieur en anesthésie réanimation et chef de service de réanimation pédiatrique, Service de réanimation pédiatrique, Hôpital Mère enfant, CHU Mohamed VI, Marrakech, Morocco

⁵Professeur agrégé en Microbiologie et chef de service de Microbiologie, Service de Microbiologie, Hôpital Arrazi, CHU Mohamed VI, Marrakech, Morocco

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The objective of this study is to describe and investigate the circumstances of an epidemic infections outbreak of multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* in pediatric intensive care unit. Between August and October 2012, where ten strains of *Acinetobacter baumannii* have been isolated. Blood cultures and protected distal bronchial samples were the main sites of isolation. The study of antibiotic resistance helps to identify two phenotypical clones confirmed by the genotypic study using the pulsed field gel electrophoresis. The audit on respect of the hygiene precautions by healthcare workers revealed a large lack. The line adopted following this event was the establishment of corrective measures in order to stop this epidemic. Reinforcing the hygiene measures and staff training were successful in ending the outbreak without having to close the unit.

The emergence of strains of multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* infections outbreak in the intensive care units seems very alarming and requires the development of an effective and permanent strategy against healthcare associated infections.

KEYWORDS: *Acinetobacter baumannii*, outbreak, pulsed field gel electrophoresis.

RESUME: L'émergence d'infections à *Acinetobacter baumannii* multirésistants aux antibiotiques reste préoccupante en raison du risque d'impasse thérapeutique. L'objectif de cette étude est de décrire une épidémie à *Acinetobacter baumannii* multi-résistant au service de réanimation. Entre août et octobre 2012, 10 souches d'*Acinetobacter baumannii* ont été isolées chez plusieurs enfants hospitalisés au sein du service de réanimation pédiatrique. Les hémocultures et les prélèvements bronchiques distaux protégés ont constitué les principaux sites d'isolement. L'étude phénotypique basée sur l'antibiogramme a permis d'identifier au sein des isolats, 2 clones différents. L'exploration génotypique par électrophorèse

en champ pulsé des 10 souches isolées, a confirmé la présence de 2 profils probablement clonaux et épidémiques circulants durant cette période. L'audit du respect des règles d'hygiène réalisé au sein du service auprès du personnel de soins a révélé une grande insuffisance dans l'observance de la désinfection des mains par les solutions hydro alcooliques. La conduite à tenir adoptée était l'établissement de mesures correctives dans le but de stopper cette épidémie à un germe multi résistant transmis par manuportage. Le renforcement des mesures d'hygiène et la sensibilisation du personnel ont permis de mettre fin à l'épidémie sans fermeture du service.

L'apparition et la diffusion de souches d'*Acinetobacter baumannii* multi-résistant au sein du service de réanimation pédiatrique semble très alarmante, et nécessite l'élaboration d'une stratégie efficace de lutte contre l'infection nosocomiale.

MOTS-CLEFS: *Acinetobacter baumannii*, épidémie, électrophorèse.

1 INTRODUCTION

Acinetobacter baumannii (AB) est un bacille ou coccobacille à coloration de Gram négative, non fermentant. Les bactéries du genre *Acinetobacter* sont considérées ubiquitaires et peuvent être isolées dans l'environnement (sols, eaux). Elles font aussi partie de la flore commensale de la peau [1]. Il s'agit d'une bactérie pathogène opportuniste responsable d'infections nosocomiales sévères, causant de réelles difficultés thérapeutiques du fait de sa capacité à développer plusieurs mécanismes de résistances aux antibiotiques [2]. La pression de sélection des antibiotiques, associée aux procédures invasives de réanimation sont les principaux facteurs d'émergence de ces bactéries comme agent d'infections nosocomiales chez les patients fragilisés.

Acinetobacter baumannii a longtemps été considéré être de faible pathogénicité. Cependant *A. baumannii* a émergé comme un pathogène nosocomial, en particulier dans les unités de soins intensifs (USI), où des épidémies dues à ce micro-organisme ont été reportées. Dans l'étude de prévalence européenne EPIC, *A. baumannii* était le septième agent responsable d'infection nosocomiale représentant 8% des bactériémies et 10% des pneumonies [3].

Acinetobacter baumannii est une cause importante d'infections nosocomiales dans de nombreux hôpitaux, ce qui est difficile à la fois dans le contrôle et le traitement en raison de sa survie prolongée et de sa capacité à développer une résistance aux multiples agents antimicrobiens. Les carbapénèmes sont habituellement les antibiotiques de choix pour le traitement des infections graves causées par *A. baumannii*. Cependant, les souches d'*A. baumannii* résistantes à l'imipénème (ABRI) ont été en hausse constante au cours de ces dernières années, et ces isolats sont souvent multirésistants. Cette émergence de souches d'ABRI est devenue un problème mondial qui menace le succès continu du traitement des infections à *Acinetobacter* [4].

Les épidémies à ABMR sont difficiles à maîtriser et la prévention reste le meilleur moyen pour anticiper l'installation et la diffusion de ces épidémies. L'objectif de ce travail est d'explorer une bouffée épidémique nosocomiale due à la diffusion de souches d'ABMR au sein du service de réanimation pédiatrique, survenue entre août et octobre 2012 avec la mise en place de mesures correctives pour maîtriser cette épidémie.

2 PATIENTS ET METHODES

En collaboration pluridisciplinaire (équipe opérationnelle d'hygiène (EOH)-réanimation, microbiologie), une enquête rétrospective a été réalisée sur une période de 2 mois au sein du service de réanimation pédiatrique. L'organisation du service de réanimation pédiatrique est schématisée dans la **figure 1**.

Salle de matériel Et pharmacie					
Salle de garde personnel médical	1				

Figure 1 : Exemple de schéma représentant la répartition spatiale du service de réanimation pédiatrique CHU Mohamed VI. 1 chambre

L'alerte a été déclenchée devant l'isolement de plusieurs souches d'ABMR évoquant la survenue d'une possible épidémie. Les différents prélèvements ont été reçus et traités au laboratoire de microbiologie. L'isolement et l'identification phénotypique des souches d'AB ont été réalisés selon les méthodes bactériologiques conventionnelles API 20E et API 20 NE (BioMérieux®) en étudiant leurs caractères biochimiques et enzymatiques caractéristiques. La réalisation et l'interprétation de l'antibiogramme des isolats d'AB ont été effectuées selon les normes du comité d'antibiogramme de la Société française de Microbiologie (CASF) [5]. Un antibiogramme sur milieu gélosé par diffusion des disques d'antibiotiques a été réalisé testant les antibiotiques suivants : Amoxicilline – amoxicilline acide clavulanique - Ticarcilline, – Cefoxitine –Ticarcilline acide clavulanique - Pipéracillinetazobactam – Cefotaxime – Ceftazidime –Céfépime –Ertapénème - Imipénème – Méropénème - Amikacine – Gentamicine –Tobramycine -Cotrimoxazole – Acide nalidixique Ciprofloxacine - Fosfomycine et la Colistine.

Les 10 souches épidémiques et une souche non reliée ont été étudiées par une technique de typage moléculaire, l'électrophorèse en champ pulsé pour étudier la clonalité des souches et les comparer en fonction du polymorphisme de leurs fragments de macro-restriction d'ADN chromosomique.

En collaboration avec l'équipe opérationnelle d'hygiène (EOH), Des prélèvements de surfaces ont été réalisés au niveau de plusieurs salles du service de réanimation pédiatrique pour rechercher une source de contamination au niveau de l'environnement. Vingt-trois sites différents ont été prélevés en utilisant des géloses count-Tact (BioMérieux®) prêtes à l'emploi pour le contrôle des surfaces.

Les sites de prélèvements au niveau des salles, étaient essentiellement : les poignées de porte, les interrupteurs, les couveuses, les chariots de soins, les humidificateurs des respirateurs, l'écran d'affichage des respirateurs, les barres du lit, les siphons de lavabos. Les boîtes ont été acheminées immédiatement au laboratoire. Le dénombrement des colonies isolées après incubation à 35 °C pendant 24 heures a été effectué ainsi que la recherche systématique de la présence des colonies d'ABMR en utilisant des milieux chromogènes sélectifs (chrom ID ESBL de BioMérieux®).

Un audit du respect des conditions d'hygiène et de la désinfection des mains a été réalisé au sein du service de réanimation pédiatrique auprès du personnel de soins médical et paramédical.

3 RESULTATS

Durant cette période, le premier cas a été isolé au niveau d'un prélèvement distal protégé (PDP) d'un nouveau né transféré d'un établissement privé pour prise en charge de son atrésie de l'œsophage. Le mois suivant, plusieurs souches d'ABMR ont circulé dans le service. Devant cette fréquence marquée l'alerte a été déclarée.

L'épidémie décrite a eu lieu de fin août au début octobre 2012. Le premier cas index a été associé à un nouveau-né transféré d'un autre établissement de santé. Le 2^{ème} cas index a été associé à un autre nouveau-né qui a été contaminé précocement par ce germe ou probablement lors de l'accouchement. Ces deux clones se seraient ensuite propagés à d'autres enfants hospitalisés dans le même service et à un nouveau-né hospitalisé dans un service différent. Au total 8 enfants ont été infectés durant cette période et 10 souches d'ABMR ont été isolées. La porte d'entrée était probablement respiratoire devant la prédominance des isolats d'ABMR à partir des prélèvements respiratoires et des hémocultures. Le mode de transmission était le manuportage avec l'hypothèse d'une transmission croisée par le personnel soignant, favorisé par la capacité du germe à persister jusqu'à une semaine sur les surfaces biologiques et inertes.

Concernant les circonstances et causes immédiates de cette épidémie, on peut avancer que l'hygiène des mains était défectueuse d'après les résultats de l'audit et que l'environnement proche des malades était contaminé d'après les résultats de l'enquête environnementale suggérant ainsi une probable transmission manuportée des souches durant cette période. Les difficultés pendant cette période d'approvisionnement en quantité suffisante de gants, l'impossibilité de l'isolement technique des patients et du bionettoyage au niveau du service. Le terrain fragilisé des patients, l'accueil permanent de nouveaux stagiaires (élèves-infirmiers, étudiants en médecine et des internes du CHU) et le ratio personnel/patient insuffisant, peuvent constituer des causes indirectes de cette épidémie à ABMR.

Ces germes ont été isolés à partir des prélèvements distaux protégés (PDP), des hémocultures et un cathéter de la voie ombilicale (KTVO). Le délai entre l'hospitalisation en réanimation et le diagnostic de l'infection variait de 2 à 25 jours. Tous les enfants touchés étaient intubés et présentaient des pathologies lourdes (brûlures graves – traumatismes crâniens...) (Tableau I).

Tableau I : caractéristiques cliniques et évolutives des cas de cette épidémie

Patient	N° souche	Prélèvement	Age	Date d'admission	Date d'infection	Boxe	Délai infection / Hospitalisation en jours	Renseignements cliniques	Evolution
1	AB1	PDP	J2	28/8/2012	28/8/2012	Boxe 3	1	Atrésie de l'œsophage type III	Décès le 3/9
2	AB2	Hémoculture	9j	8/9/2012	8/9/2012	Boxe 12	1	Atrésie de l'œsophage type III	Décès le 14/9
3	AB3	Hémoculture	4 ans et 8 mois	3/9/2102	11/9/2012	Boxe 3	9 jours	Choc septique sur péritonite appendiculaire	Transfert le 19/9
4	AB4	PDP	11 ans	5/9/2012	12/9 /2012	Boxe 11	8 jours	Polyradiculonévrite avec atteinte axonale démyélinisante	Transfert le 9/10
5	AB5	PDP	3 ans	6/9/2012	13/9/2012	Boxe 10	8 jours	Polytraumatisée	Transfert le 15/9
6	AB6	PDP	2ans et demi		19/9/2012	Boxe 4	19 jours	Infirmitté motrice cérébrale	Toujours hospitalisée
	AB7	Hémoculture			20/9/2012		20 jours	Pneumopathie extensive	
7	AB8	KTVO	3 jours		8/10/2012	Néonatalogie		Détresse respiratoire néonatale	
8	AB9	PDP	7 ans	14/9/2012	28/9/2012	Boxe 8	4 jours	TCG Polytraumatisé	Transfert le 9/10
9	AB10	Hémoculture	1mois et demi	9/9/2012	3/10/2012	Boxe 2	25 jours	Cardiopathie congénitale	Décès le 9/10

Au décours de cette épidémie, 3 décès sont survenus sur les 8 enfants touchés. Au total, dix souches d'ABMR ont été isolées durant cette épidémie (5 au niveau des PDP, 4 au niveau des hémocultures et 1 au niveau du KTVO) (**Figure 2**). Toutes les souches ont été isolées à partir de prélèvements biologiques à visée diagnostique.

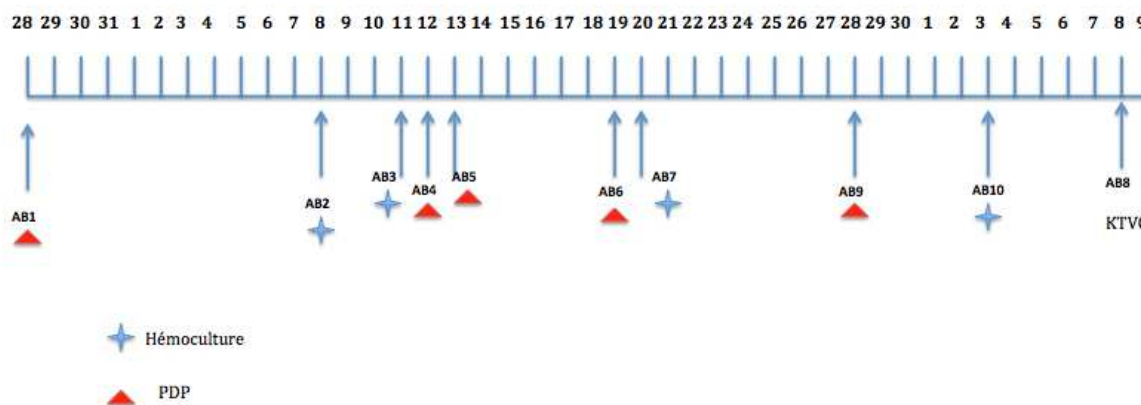


Figure 2: Chronologie journalière et sites d'isolement des dix souches d'*Acinetobacterbaumannii* (AB1 à AB10) au cours de la période épidémique

La **figure 3** montre les colonies d'AB isolées sur le milieu columbia au sang (de BioMérieux®).



Figure3: Colonies blanches d'AB sur le milieu columbia au sang (de BioMérieux®).

L'étude de la sensibilité des souches isolées aux antibiotiques a permis d'identifier deux profils de résistance différents. Le premier correspondait à une résistance à tous les antibiotiques testés avec une sensibilité conservée pour l'amikacine et la colistine, le deuxième profil gardait une sensibilité uniquement à l'amikacine, la colistine et le co-trimoxazole (**Figure 4**).

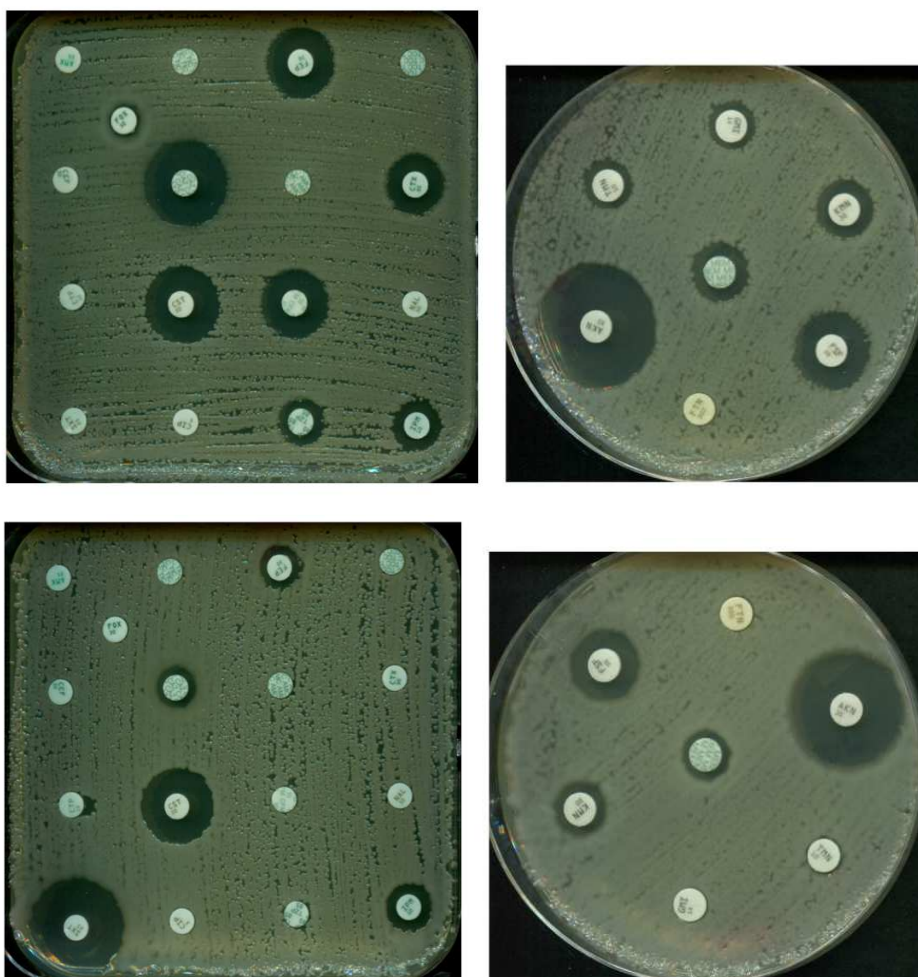


Figure 4 : Antibiotogramme standard en milieu gélifié des deux clones d'ABMR isolés durant l'épidémie en réanimation pédiatrique

En haut : clone 1 Cotrimoxazole R
En bas : clone 2 Cotrimoxazole S

AMX : amoxicilline ; TIC : ticarcilline ; TZP : pipéracilline + tazobactam ; CEP : céfalotine ; CAZ : ceftazidime ; TCC : ticarcilline + acide clavulanique ; CPO : ceftiofène ; CTX : céfotaxime ; AMC : amoxicilline + acide clavulanique ; IMP : imipénème ; MEM : méropénème ; ETP : ertapénème ; FOX : céfoxitine ; CFM : céfixime ; FEP : céfépime ; FSF : fosfomycine ; CST : colistine ; AKN : amikacine ; SXT : cotrimoxazole ; GMI : gentamicine ; TMN : tobramycine ; NAL : acide nalidixique ; CIP : ciprofloxacine

L'alerte a été déclenchée par le laboratoire de microbiologie et le comité de lutte contre les infections nosocomiales (CLIN) de l'Hôpital a été informé de l'épidémie en cours dans le service de réanimation pédiatrique. Ainsi, sur la base des recommandations existantes élaborées par le CLIN, plusieurs investigations ont été entreprises pour explorer et stopper cette épidémie.

Les 10 souches épidémiques et une souche non reliée ont été étudiées génotypiquement par la technique d'électrophorèse en champ pulsé sur gel (ECPG). Les résultats obtenus sur les 10 souches d'AB épidémiques et la souche non reliée sont illustrés dans la figure 5. Les résultats ont permis de confirmer la présence de deux profils probablement clonaux et épidémiques circulants durant cette période dans cette unité.

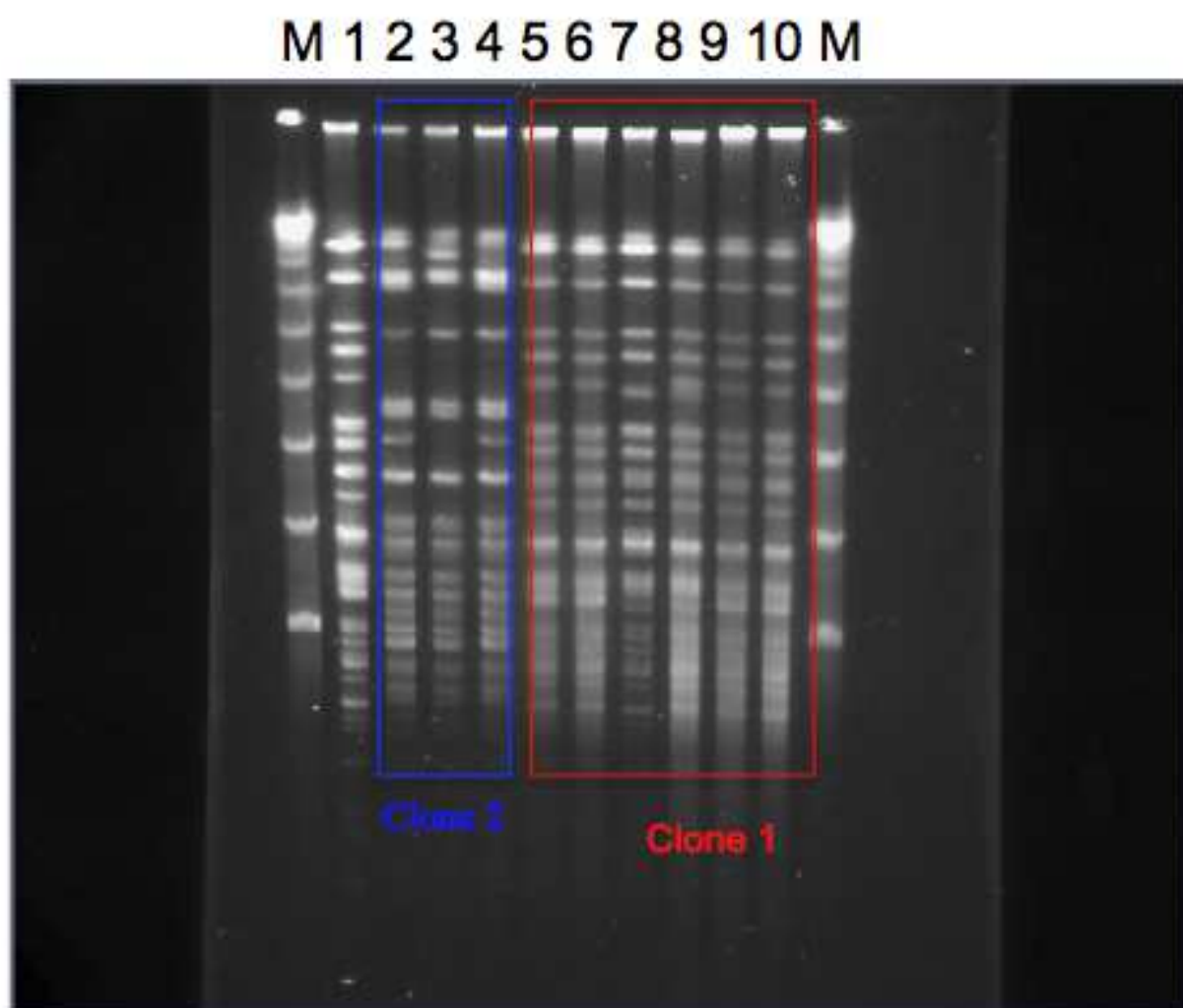


Figure 5 : Electrophorèse en champs pulsé sur gel obtenue pour les 10 isolats épidémiques d'ABMR identifiant 2 clones circulants durant cette période

* M : Marqueur de poids moléculaire

** Clone 1 : Cotrimoxazole R

*** Clone 2 : Cotrimoxazole S

Les prélèvements environnementaux effectués lors d'investigations dans les boxes du service de réanimation pédiatrique ont permis de retrouver des souches d'ABMR présentant le même profil de résistance aux antibiotiques au niveau de l'environnement des malades. Les boxes prélevées accueillent des enfants porteurs d'ABMR. Sur les 23 sites prélevés au niveau de 4 boxes du service de la réanimation pédiatrique, quatre étaient positifs à ABMR (**Tableau II**).

Tableau II : clones d'ABMR issus des prélèvements de surfaces au niveau du service de réanimation pédiatrique

Site du prélèvement positif à ABMR	UFC/25cm ²	Clone
Cuveuse box 3	67	Clone 1 SXT R
Poignée de la porte box 1	5	Clone 1 SXT R
Humidificateur du respirateur box 4	52	Clone 1 SXT R
Poignée de la porte box 2	16	Clone 2 SXT S

*SXT : Cotrimoxazole

L'audit sur les pratiques d'hygiène des mains réalisé chez le personnel soignant médical et paramédical de la réanimation pédiatrique par l'équipe opérationnelle d'hygiène après le déclenchement de l'alerte de l'épidémie à ABMR a permis de dégager les constats illustrés en **Figure 6 (Tableau III)**. Il faut noter que la différence entre le personnel médical et paramédical était non significative.

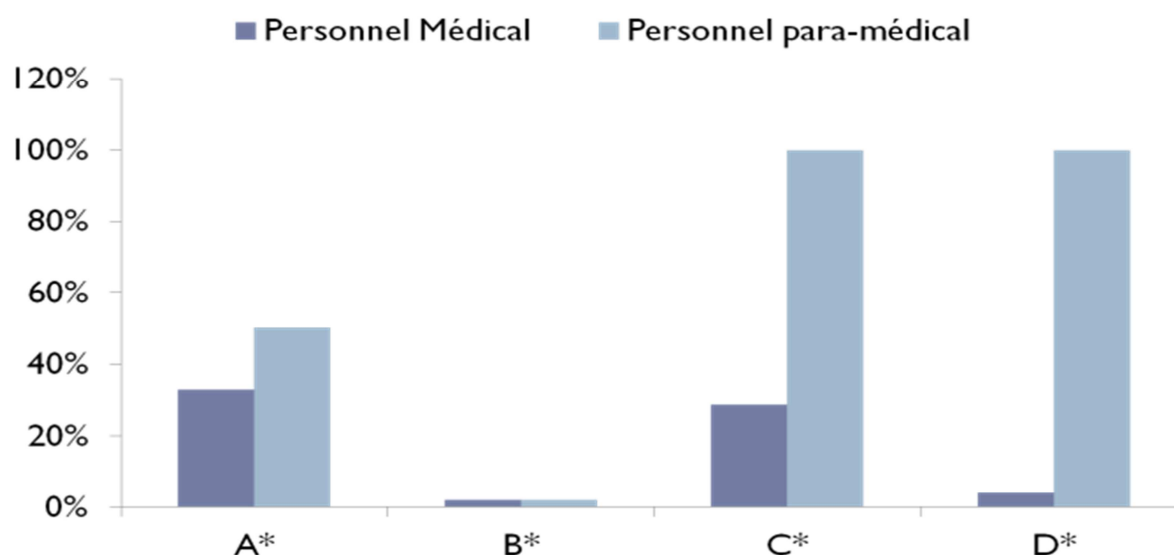


Figure 6: Taux d'observance de la désinfection des mains chez le personnel de soins de la réanimation pédiatrique

A: avant le contact avec le patient.

B: après retrait des gants.

C: après contact avec le patient et/ou son environnement

D: Après contact avec un patient en isolement septique

Personnel médical : médecins, internes du CHU et étudiants en médecine

Personnel paramédical : infirmiers, aides-soignants et infirmiers stagiaires.

Tableau III : les mesures correctives engagées après le résultat de l'audit d'hygiène des mains et les prélèvements de l'environnement

Facteurs	Observation	Axe d'amélioration	Recommandations [11]
Hygiène des mains	Habitudes du personnel inadaptées et information insuffisante	Information et formation des équipes sur l'hygiène des mains et la friction à la solution hydroalcoolique. Formation des nouveaux stagiaires	Renforcer l'observance des précautions standards et des précautions complémentaires contact
Équipe	Ratio personnel / patient insuffisant	Pas de possibilité de nouveau recrutement Amélioration de l'organisation des soins	-Sectoriser les patients cohorting (secteur cas – secteur contact- secteur sain) -Encadrer le transfert de patients entre les établissements
Persistance de germe dans l'environnement	Prélèvements de l'environnement positifs	Renforcement des mesures de bionettoyage Dépistage des porteurs sains	Dépister les patients colonisés pendant leur séjour à l'hôpital

Observations à partager en points positifs et points négatifs

Ainsi plusieurs points ont été relevés :

- Le service présente une architecture globale convenable, les lits sont organisés en boxes individuels ou doubles au sein des secteurs bien différenciés.
- Présence de point d'eau pour le lavage des mains, essuie main et produits hydro alcooliques disponibles.
- Les bureaux, le secrétariat et la salle de réunion sont implantés en dehors du service
- Présence d'un local de désinfection des incubateurs
- Le bionettoyage est effectué par la même personne qui a reçu une formation sur les techniques de nettoyage avec respect des techniques de dilution des désinfectants.
- Il n'y a pas de système d'accès par des sas équipés en vestiaires pour les familles
- Il n'y a pas de sas dédié au transfert des patients
- L'isolement technique et les précautions de contact sont respectés par le personnel de la matinée mais non par le personnel de garde et de nuit.
- Les surblouses utilisées par les parents sont rangées à la même place que le reste des sur blouses.
- Pas de bonne désinfection des mains
- Manque de Ressources humaines
- Certains dispositifs médicaux comme le stéthoscope ont une utilisation partagée.

Afin de stopper la propagation de cette épidémie au sein du service de réanimation pédiatrique, des actions correctives ont été établies (**Tableau III**). Plusieurs mesures ont été entreprises notamment, des séances de rétro information des résultats obtenus, la sensibilisation de l'équipe soignante, des formations de bonne pratique d'hygiène des mains, désinfection de l'environnement, utilisation systématique des gants et sur blouses lors des contacts avec les patients, rappel des précautions contact à mettre en œuvre lors du portage d'une BMR chez un patient. L'évolution de l'épidémie était marquée par la décroissance de l'infection à ABMR un mois après la déclaration de l'épidémie. Dans le cadre de la prévention des épisodes similaires une réunion *ad hoc* au profit du personnel soignant a été réalisée.

L'évolution de l'épidémie était marquée par la décroissance de l'infection à ABMR un mois après la déclaration de l'épidémie (**Figure 7**).

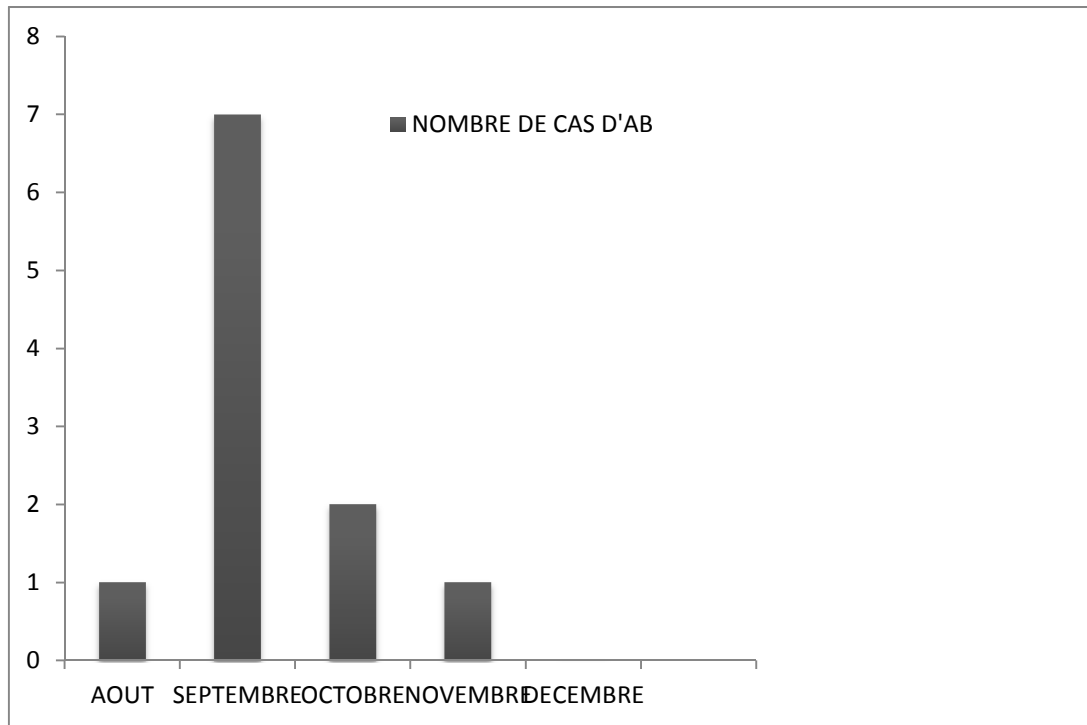


Figure 7: Courbe épidémique attestant le déclin de l'épidémie à ABMR au service de réanimation pédiatrique

4 DISCUSSION

Nous avons décrit une épidémie en raison de deux isolats de *A baumannii*, très résistant aux antibiotiques. Dans cette unité de soins intensifs pédiatrique. Nos résultats suggèrent que le principal réservoir d'ABRI étaient les 2 cas index et que l'un des paramètres associé avec l'acquisition ABRI était l'intensité des soins requis par ces 2 cas.

La fréquence des infections à *AB* a augmenté au cours des dernières années. C'est un germe le plus souvent responsable d'infections nosocomiales, principalement des pneumopathies liées à la ventilation mécanique, d'infection de la peau et des tissus mous, d'infections urinaires, de bactériémies et de méningites postopératoires [6-7]. Depuis quelques années, ce germe est considéré comme un pathogène opportuniste responsable d'un taux croissant d'infections nosocomiales sévères [8].

Ces infections à *AB* sont devenues de plus en plus fréquentes parmi les patients dans les unités de réanimation à travers le monde [9]. De nombreuses études ont rapportées la prédominance de ces infections dans des services de réanimation [8-9].

L'incidence de l'infection nosocomiale en réanimation pédiatrique était de 14,23%. La densité d'incidence était de 9,9 pour 1000 jours d'hospitalisation.

Les principaux facteurs de risque dans ces services répertoriés dans la littérature sont : la ventilation mécanique assistée, l'antibiothérapie à large spectre, la durée de séjour prolongée, le cathétérisme artériel et la sévérité de la pathologie sous-jacente [8].

Les épidémies à ABMR sont rapportées de manière croissante dans le monde entier [7-8]. Plusieurs épidémies dues à cette bactérie ont été répertoriées, touchant principalement les patients immunodéprimés, sous une antibiothérapie et exposés à des séjours prolongés [9-10]. La diffusion épidémique est attribuée à la transmission manuportée et à la survie prolongée du germe dans l'environnement hospitalier. Le non-respect des recommandations d'hygiène a fait que la diffusion était à distance (**tableau III**) [11].

La plupart des épidémies sont essentiellement dues à la dissémination d'un clone cependant des épidémies multi clonales avec transfert de plasmide entre différents clones ont déjà été décrites [7]. Dans ce travail, le profil plasmidique n'a pas été exploré.

Afin d'étudier la clonalité des souches isolées, les méthodes phénotypiques ne permettent pas à elles seules une étude pertinente des liens entre souches dans un contexte épidémique, car elles présentent comme limites d'être variables (en fonction des conditions de culture, de l'antibiothérapie, du site d'isolement) et peu discriminantes (souches différentes mais même phénotype de résistance). L'étude des marqueurs génétiques présente un grand intérêt car ces marqueurs permettent de distinguer des clones au sein de bactéries de la même espèce mais aussi de suivre la diffusion de ces clones chez des patients et/ou dans l'environnement afin de voir s'ils sont à l'origine d'épidémies.

La technique gold standard du génotypage bactérien reste l'électrophorèse en champ pulsé. Cette technique universelle reconnue comme la technique génotypique de référence pour l'investigation d'épidémies et l'étude des clonalités des souches est très discriminante et fiable. Elle est souvent réalisée dans l'investigation d'une épidémie et présente de nombreux avantages comme l'obtention de profils de bandes lisibles, facilement interprétables et parfaitement reproductibles [7]. Elle a permis de comparer les 10 isolats d'AB en fonction du polymorphisme des fragments d'ADN chromosomique de ces souches. Les critères d'interprétation utilisés ont été ceux publiés par Tenover et al [12] confirmant ainsi la présence de 2 profils probablement clonaux et épidémiques circulants durant cette période.

Ce pendant ses inconvénients font qu'elle est le plus souvent utilisée comme technique rétrospective et de confirmation plutôt qu'en première intention en situation d'urgence. Elle nécessite un temps important de migration des fragments de grande taille, un personnel technique expérimenté et la nécessité d'un matériel spécialisé et onéreux.

Ces isolats d'AB sont souvent résistants à la plupart des antibiotiques et une résistance prouvée à tous les antibiotiques a été rapportée [9]. Dans les 20 dernières années, on assiste à une augmentation du nombre d'épidémie à AB mais aussi de sa multirésistance et des épidémies intra-hospitalières dues à des souches multi résistantes sont régulièrement rapportées [13-14]. Ceci est dû à plusieurs facteurs parmi lesquels la résistance naturelle de haut niveau de cette espèce et l'acquisition de nouvelles résistances ce qui expose au risque d'impasses thérapeutiques compliquant la prise en charge de ces malades fragilisés. La multi résistance de ce germe a conduit au regain d'intérêt pour la colistine, un ancien antibiotique abandonné pour sa toxicité potentielle et sa pharmacocinétique défavorable. Aucune résistance de l'AB à cet antibiotique n'a été retrouvée selon de nombreuses études [15].

Le contrôle d'une épidémie à AB nécessite des efforts importants : respect strict des procédures d'hygiène habituelles (désinfection des mains), nettoyage soigneux des surfaces, mise en place de protocoles d'isolement, de dépistage systématique des patients porteurs, de signalisation de ces patients lorsqu'ils sont transférés, et dans des cas extrêmes la fermeture temporaire des services. Chaque signalement doit faire l'objet d'une investigation en collaboration avec les équipes opérationnelles d'hygiène des établissements. Les actions doivent porter sur la sensibilisation de tous les établissements de santé afin d'identifier de façon précoce les cas, un accompagnement des établissements concernés dans la mise en œuvre des mesures de contrôle et une expertise des souches isolées par un laboratoire expert [14].

5 CONCLUSION

L'émergence et la diffusion de ces souches d'ABMR est préoccupante et elle est le reflet de l'importance du problème posé par les bactéries multi-résistantes aux antibiotiques au Maroc. Elle souligne l'intérêt de la mise en place des réseaux de surveillance et d'alerte, et du respect par les établissements de santé des recommandations pour la maîtrise de la diffusion des bactéries multi-résistantes [16]. La gestion de ces épidémies implique en général la quasi-totalité des secteurs de l'établissement, et nécessite un engagement de tous, cet engagement nécessite la création d'une cellule crise multidisciplinaire aussi bien pour prendre les meilleures décisions que pour aider à les faire appliquer afin de montrer l'image positive de l'établissement en matière de lutte contre les infections nosocomiales [11].

DECLARATIONS D'INTERETS

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

- [1] Denis F et al. Techniques usuelles de Bactériologie médicale. Elsevier Masson. 2012 - 640 pages.
- [2] M. Lahsoune, H. Boutayeb, K. Zerouali, H. Belabbes, N. El Mdaghri. Prévalence et état de sensibilité aux antibiotiques d'*Acinetobacter baumannii* dans un CHU marocain. Méd mal infect 37 (2007) 828 –831.
- [3] Vincent J-L, Bihari DJ, Suter PM, Bruining HA, White J, Nicolas-Chanoin MH , et al. The prevalence of nosocomial infection in intensive care units in Europe. Results of the European Prevalence of Infection in Intensive Care (EPIC) Study. EPIC International Advisory Committee. JAMA 1995, 274:639-44.
- [4] Gu'lsiren Baran, Ayse Erbay, Hu'rrem Bodur, Pinar O'ngu'ru'', Esragu'l Akinci, Neriman Balaban et al Risk factors for nosocomial imipenem-resistant *Acinetobacter baumannii* infections International Journal of Infectious Diseases (2008) 12, 16—21
- [5] SOUSSY C.J et al. Comité de l'antibiogramme de la Société Française de Microbiologie. Recommandations 2012. <http://www.sfm-microbiologie.org/>
- [6] Peleg AY, Seifert H, Paterson DL. *Acinetobacter baumannii* : emergence of a successful pathogen. Clin Microbial Rev 2008;21: 538-82.
- [7] Joly-Guillou ML. Clinical impact and pathogenicity of *Acinetobacter*. Clin Microbiol Infect 2005; 11:868-73.
- [8] Bergogne Berezin E, Towner J. *Acinetobacter* spp as nosocomial pathogens : microbiological, clinical, and epidemiological features. Clin Microbiol Rev 1996;148 –65.
- [9] Falagas ME, Karveli EA. The changing global epidemiology of *Acinetobacter baumannii* infections : a development with major public health implications. Clinical microbiology and infection 2007; 13(2): 117-119.
- [10] Chastre J. Infections due to *Acinetobacter baumannii* in the ICU. Sem. Respir Crit Care Med 2003;24:69–77.
- [11] C. Couzigou, B. Misset infections nosocomiales conduite à tenir et stratégie thérapeutique devant une épidémie . EMC (Elsevier Masson SAS, Paris) anesthésie réanimation, 36-984-A-30,2012.
- [12] Tenover FC et al. Interpreting chromosomal DNA restriction patterns produced by pulsed-field gel electrophoresis : criteria for bacterial strain typing. J Clin Microbiol. 1995 Sep; 33(9): 2233–2239
- [13] Van Looveren M, Gossens H, ARPAC Steering Group. Antimicrobial resistance of *Acinetobacter* spp. in Europe. Clin Microbiol Infect 2004 10:684–704.
- [14] Villegas MV, Hartstein AI. *Acinetobacter* outbreaks, 1977-2000. Infect Control Hosp Epidemiol 2003;(24): 284-95.
- [15] Jian L. Evaluation of colistin as an agent against multi-resistant Gram negative bacteria. Int J Anti Agents 2005;25.
- [16] A. Ben Haj Khalifa, M. Khedher. Profil de sensibilité aux antibiotiques des souches d'*Acinetobacter baumannii* isolées dans la région de Mahdia. Méd mal infect 40 (2010) 126 –128.

Adaptation aux changements climatiques en Afrique sub-saharienne: impact du zaï et des semences améliorées sur le rendement du sorgho dans les villages de Loaga et Sika (province du Bam), Burkina Faso

[Adaptation to the climatic changes in Africa sub-Saharan: impact of zaï and improved seeds on sorghum yield in the villages of Loaga and Sika (Bam province), Burkina Faso]

X. N. Gnoumou¹, J.T. Yaméogo¹, M. Traoré¹, G. Bazongo², and P. Bazongo³

¹Université polytechnique de Bobo- Dioulasso (UPB), Institut du Développement Rural,
01 B.P : 1091 BOBO- DIOULASSO 01, Burkina Faso

²Self Help Africa (SHA), 06 BP 9904 Ouagadougou 06, Burkina Faso

³Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Département Gestion des Ressources Naturelles et Système de Production, INERA-Farako-Ba, BP 910 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

Copyright © 2017 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: Climate changes have severe threats on food security in subsistence farming systems of Burkina Faso where agricultural production is strongly based on rainfall. Soil and water conservation techniques such as zaï and improved seeds of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) were tested and adopted in the drier zones of the North as adaptation technologies to the climate changes. The aim of this study was to assess the performance of the combination of improved sorghum variety (Sariasso 11) with zaï technology on its yields performance in the context of climate changes. The trial was conducted in field conditions and 10 farmers were concerned. The different treatments were randomly distributed according to a Fisher block design with 4 treatments and 5 replicates in the villages of Loaga and Sika. Measurements were carried out on the components of sorghum yield, and soil parameters. The results showed that the treatment « zaï compost + improved seeds » adapted better to the climatic changes. It allowed a better development of the sorghum and grain yield increased by 3 compared to the control. Chemical parameters of the soil were significantly improved, and the pH reached a value of approximately 6.5 in this treatment. The combination of the two techniques permits therefore to improve the resilience of the agricultural production facing the climate changes.

KEYWORDS: Local variety, soil fertility, Burkina Faso, compost, *Sorghum bicolor*, yield components.

RESUME: Les changements climatiques constituent une menace sérieuse pour la sécurité alimentaire des pays pauvres où la production agricole est étroitement liée à la pluviométrie. Des technologies de conservation des eaux et des sols comme le zaï et l'utilisation des semences améliorées de sorgho (*Sorghum bicolor* L.) ont été éprouvées et adoptées dans les zones plus sèches du Nord comme des technologies s'adaptant aux changements climatiques. Dans cette étude, il s'est agi d'évaluer la performance de la combinaison de la variété améliorée de sorgho (Sariasso 11) avec le zaï dans le contexte des changements climatiques. Un dispositif en blocs de Fisher complètement randomisé avec 4 traitements et 5 répétitions a été installé en milieu paysan avec 10 producteurs. Les observations ont porté sur l'évaluation des composantes du rendement du sorgho. Des échantillons de sol ont été prélevés, puis quelques paramètres chimiques ont été déterminés. Les résultats montrent que le traitement « zaï compost + semence améliorée » s'adapte aux changements climatiques. Il a permis un meilleur développement du sorgho et une augmentation des rendements en grains de 3 fois par rapport aux témoins. Au niveau des propriétés chimiques du sol, le pH a atteint une valeur avoisinant 6,5 dans les poquets de zaï et la matière organique du sol a

été améliorée. La combinaison des deux techniques permet donc d'améliorer la résilience de la production agricole face aux changements climatiques.

MOTS-CLEFS: variété locale, fertilité du sol, Burkina Faso, compost, *Sorghum bicolor*, composantes du rendement.

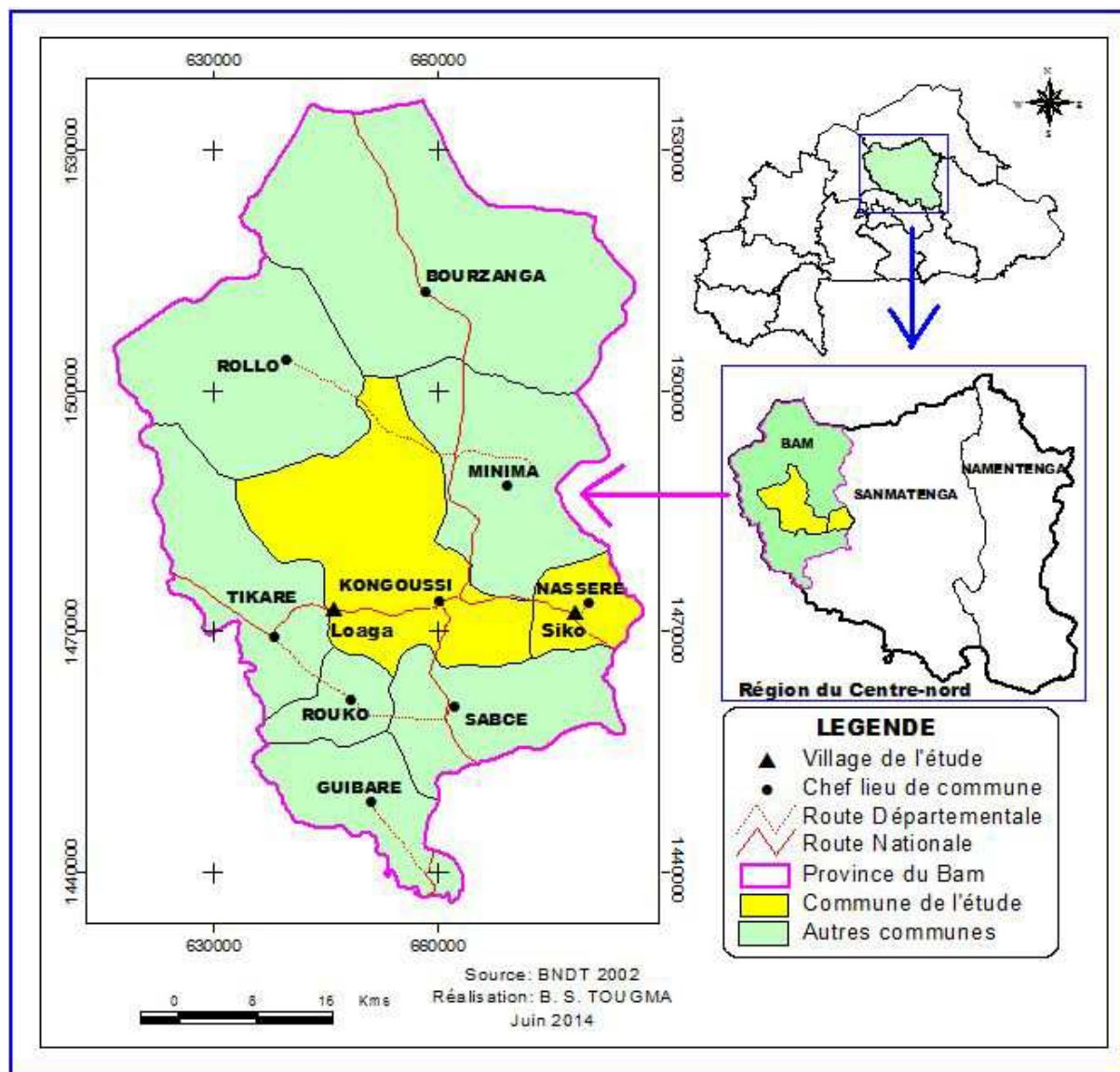
1 INTRODUCTION

L'Agriculture est la principale activité et source de revenu de la population rural en Afrique sub-saharienne [1] ; [2]. Au Burkina Faso, les cultures céréalières représentées par le sorgho, le mil, le maïs, le riz et le fonio constituent la base de l'alimentation des populations et occupent environ 85% des superficies emblavées [3]. Cependant, cette agriculture est essentiellement pluviale et étroitement liée au climat qui devient de plus en plus aléatoire. Cela se manifeste par la diminution des quantités de pluies, du nombre de jours de pluies avec une répartition très irrégulière dans le temps et dans l'espace. A cela, s'ajoutent des fluctuations dans la période d'installation de la saison pluvieuse et une plus grande fréquence des poches de sécheresse. Ce qui engendre des conséquences sur l'agriculture, notamment de la productivité agricole et celle des sols. Les aléas climatiques également à l'origine de l'insécurité alimentaire en Afrique sub-saharienne [4] et en particulier au Burkina Faso [5]. Face aux changements rapides du climat au Burkina Faso, des techniques, des pratiques et des stratégies éprouvées ou à développer pourraient être fort utiles pour assurer une production agricole durable. Il a été montré que la technique du Zaï avec du compost et l'utilisation de la semence améliorée de sorgho (Sariasso 11) contribuent à accroître la productivité agricole dans le contexte actuel du changement climatique dans le Nord du Burkina Faso [6] ; [7] ; [8] ; [9] ; [10]. Cependant, du fait de la détérioration climatique observée ces dernières années dans le Centre Nord, et la baisse de la production agricole, il est nécessaire d'y tester l'efficacité de ces technologies en milieu paysan et cela en comparaison avec les variétés locales de sorgho en vue de faciliter leur transfert aux producteurs. C'est dans ce cadre que s'inscrit la présente étude dont l'objectif, est de mesurer l'augmentation de la productivité du sorgho due à l'utilisation de la Variété améliorée (Sariasso 11) dans un système de culture incluant du Zaï+Compost et cela, comparativement à la Variété locale de sorgho afin de faciliter son introduction dans la région du Centre-Nord au Burkina Faso.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

L'étude a été conduite dans Loaga (13° 105' de latitude Nord et 1° 88' de longitude) et à Sika (13° 691' de latitude Nord et 1° 719' de longitude) dans la province du Bam, région du Centre-Nord au Burkina Faso (Carte 1). Ces villages appartiennent au domaine Soudano-sahélien et se situent entre les isohyètes 400 mm et 700 mm avec une pluviométrie très irrégulièrement répartie dans le temps [6].



Carte 1: localisation des sites de l'étude

2.2 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif expérimental a été installé en milieu paysans sur des sols ferrugineux lessivés moyennement profond [11], pente < 4%. Ces sols sont caractérisés par des réserves en minéraux altérables et de capacité d'échange cationique faibles ainsi que le taux de matière organique ; [12] avec une charge graveleuse assez importante en surface. Ces sites sont donc adaptés à l'application du «Zaï» [8] ; [13]. Chaque producteur représentait une répétition et il y avait au total 5 producteurs par site. Chaque producteur avait mis en place quatre traitements qui sont T1 et T2 correspondant respectivement au semis direct de la variété améliorée de sorgho Sariasso 11 et la variété locale de sorgho *Rig-Wâoongo*. Le traitement T3 était assigné au Zaï avec apport de compost et la variété améliorée sariasso 11 (Figure 1) tandis que T4 était le Zaï avec apport du compost et utilisation de la variété locale *Rig-Wâoongo*. La parcelle élémentaire avait une superficie de 100 m² (10 m x10m) et séparées entre elles par une allée de trois mètres (3 m). Au niveau de T3 et T4, les trous de Zaï avaient les dimensions moyennes de 15 cm pour la profondeur et 20 cm de diamètre. Les écartements entre deux trous de Zaï étaient de 80 cm entre les lignes consécutives et 40 cm sur la même ligne. Les mêmes écartements étaient observés entre les poquets pour les semis directs en T1 et T2.



Figure 1: Sorgho dans les poquets de zaï+eau (Cliché : X. N. Gnoumou, 2013)

2.3 COLLECTE DES DONNÉES

La collecte des données a concerné les paramètres de rendement du sorgho et les paramètres liés à la fertilité du sol.

Pour ce qui est des paramètres du rendement, le nombre total de plants, le nombre d'épis atteignant la maturité (épis utiles) et les rendements ont été évalués pour chaque traitement. D'autres paramètres tels que le nombre moyen de grain/épis et le poids moyen de 1000 grains ont été également mesurés. Pour ces derniers, dix épis issus de chaque traitement ont été prélevés pour le comptage des grains. Les grains obtenus par épis sont mélangés par parcelle ensuite 1000 grains ont été prélevés dans chaque traitement pour séchage et la détermination du poids.

Concernant la collecte des échantillons de sol, elle s'est faite sur les 20 premiers centimètres du sol dans chaque traitement, après la récolte. Pour les parcelles de zaï, les prélèvements ont été effectués dans les poquets et dans les inter-poquets. Les paramètres suivants ont été déterminés sur les échantillons : le pH eau, la matière organique (MO), l'azote total (N), le carbone organique (C), le phosphore assimilable (Pass) et le potassium total (K).

Les données obtenues ont été compilées dans le tableur Excel et les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel XLSTAT. Les tests effectués sur ces données sont l'analyse de variance (ANOVA) et le test de Newman-Keuls utilisé pour établir les différences significatives entre les traitements au seuil de 5%.

3 RÉSULTATS

3.1 EFFET DES TRAITEMENTS SUR LES CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DU SOL DANS LES DEUX SITES

Les caractéristiques chimiques des échantillons de sols analysés sont consignées dans les tableaux 1 et 2. Le pH des sols est acide pour les deux sites quel que soit le traitement. Il varie de 6,1 à 6,9 pour le village de Loaga et de 5,8 à 6,47 pour le village Sika. Bien que ne variant pas significativement, la tendance générale qui se dégage sur les deux sites montre que le pH est plus élevé dans les parcelles sous Zaï + compost (T3 et T4) où le pH est proche de la neutralité sur le site de Sika. Comparativement aux parcelles T1 et T2, l'application du compost a amélioré significativement la teneur en matière organique du sol dans les parcelles T3 et T4. Cependant, T4 avait la plus forte teneur en matière organique comparativement à T3 même si cette variation n'était pas significative.

Les traitements n'ont pas eu d'effets significatifs sur la teneur en éléments majeurs (N, P et K) du sol. Toutefois, Bien que non significatifs, leurs teneurs étaient plus élevées dans les traitements T3 et T4 sur le site de Loaga. Au niveau de Sika, les mêmes tendances étaient observées. Concernant aussi le ratio C/N, les traitements n'ont pas eu d'effets significatifs qui est resté dans l'intervalle 10,65 à 13,2.

Tableau 1 : Caractéristiques chimique du site de Loaga

Traitements	pH eau	M.O (%)	N (%)	C/N	Passimilable (mg/kgsoil)	K total (mg/kg)
T1	6,3 <i>a</i>	0,77 <i>b</i>	0,04 <i>a</i>	11,42 <i>a</i>	3,78 <i>a</i>	1830 <i>a</i>
T2	6,1 <i>a</i>	0,73 <i>b</i>	0,04 <i>a</i>	10,75 <i>a</i>	2,58 <i>a</i>	1884,4 <i>a</i>
T3	6,9 <i>a</i>	1,24 <i>a</i>	0,06 <i>a</i>	12 <i>a</i>	4,61 <i>a</i>	2052,6 <i>a</i>
T4	6,8 <i>a</i>	1,3 <i>a</i>	0,06 <i>a</i>	12,5 <i>a</i>	3,022 <i>a</i>	1993 <i>a</i>
Probabilité	0,24	0,00	0,91	0,07	0,89	0,67
Signification	NS	HS	NS	NS	NS	NS

HS : Hautement Significatif ; NS : Non Significatif.

Les moyennes dans la même colonne suivie de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon le test de Newman Keuls.

T1 : Semence améliorée ; T2 : Semence locale ; T3 : Zaï compost et Semence améliorée ; T4 : Zaï compost et Semence locale ;

Tableau 2: Caractéristique chimique du site de Sika

Traitements	pH eau	M.O (%)	N (%)	C/N	Passimilable (mg/kg)	K total (mg/kg soil)
T1	6,2 <i>a</i>	0,68 <i>b</i>	0,04 <i>a</i>	12 <i>a</i>	1,28 <i>a</i>	1736 <i>a</i>
T2	5,8 <i>a</i>	0,8 <i>b</i>	0,04 <i>a</i>	10,65 <i>a</i>	0,91 <i>a</i>	2072,4 <i>a</i>
T3	6,47 <i>a</i>	1,15 <i>a</i>	0,04 <i>a</i>	13,2 <i>a</i>	1,28 <i>a</i>	1859,6 <i>a</i>
T4	6,43 <i>a</i>	1,06 <i>a</i>	0,05 <i>a</i>	12,92 <i>a</i>	1,12 <i>a</i>	1587
Probabilité	0,53	0,00	0,83	0,22	0,68	0,89
Signification	NS	HS	NS	NS	NS	NS

HS : Hautement Significatif ; NS : Non Significatif.

Les moyennes dans même colonne suivie de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon le test de Newman-Keuls.

T1 : Semence améliorée ; T2 : Semence locale ; T3 : Zaï compost et Semence améliorée ; T4 : Zaï compost et Semence locale ;

3.2 COMPOSANTES DU RENDEMENT DU SORGHO

Les traitements ont eu des effets significatifs sur les différents paramètres de rendement (Tableaux3 et 4) ($P < 0,00$). Pour le nombre de plants à l'hectare dans le site de Loaga, le T3 et le T4 ont permis de l'améliorer significativement de 23 480 plants et de 30 560 plants par rapport aux traitements T1 et T2. Les traitements T3 et T4 dans le village de Sika ont également permis d'améliorer le nombre de plants de 19 760 plants et de 27 500 plants comparativement aux traitements T1 et T2. Le nombre d'épis utiles (ayant porté de grains) est aussi plus important dans le T3 et le T4. Dans le site de Loaga, ils enregistrent 36 200 et 29 700 épis utiles et dans le village de Sika 31 780 et 16 960 épis de plus que les traitements T1 et T2. On constate par ailleurs que, les épis du T3 et du T4 sont ceux qui contiennent le plus de grains. Le nombre moyen de grains par épis est de 932 et de 745 plus élevé respectivement pour T3 et T4 dans le village de Loaga et aussi de 599 et de 398 grains par épis de plus que ceux des traitements T1 et T2 pour le village de Sika. Après le pesage des grains, les meilleurs poids de 1000 grains ont été obtenus dans les parcelles traitées en Zaï. Il est de 5,5 et 4,2 g de plus respectivement pour le T3 et le T4 dans le village de Loaga et de 5,4 et 5,1 g de plus que ceux des traitements T1 et T2 pour le village de Sika. L'ensemble des résultats montrent que le T3 a fourni les meilleures composantes du rendement comparativement aux autres traitements.

Tableau 3 : Evaluation des composantes du rendement du site de Loaga (n= 5)

Traitements	Nbre de plants/ha	Nbre d'épis total/ha	Nbre d'épis utile/ha	Nbre de grains/épi	Poids (g) de 1000 grains
T1	53460 <i>b</i>	51300 <i>bc</i>	34940 <i>c</i>	919 <i>c</i>	18,1 <i>c</i>
T2	37380 <i>c</i>	37280 <i>c</i>	27040 <i>c</i>	453 <i>d</i>	21,4 <i>b</i>
T3	76940 <i>a</i>	76620 <i>a</i>	71140 <i>a</i>	1851 <i>a</i>	23 ,6 <i>ab</i>
T4	67940 <i>a</i>	62976 <i>b</i>	56740 <i>b</i>	1198 <i>b</i>	25,6 <i>a</i>
Probabilité	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Signification	HS	HS	HS	HS	HS

HS : Hautement Significatif. Les moyennes dans la même colonne suivie de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon le test de Newman Keuls.

T1 : Semence améliorée ; T2 : Semence locale ; n : nombre de répétitions T3 : Zaï compost et Semence améliorée ; T4 : Zaï compost et Semence locale ;

Tableau 4 : Evaluation des composantes du rendement du site de Sika (n=5)

Traitements	Nbre de plants/ha	Nbre d'épis total/ha	Nbre d'épis utile/ha	Nbre de grains/épi	Poids (g) de 1000 grains
T1	48200 <i>ab</i>	41040 <i>b</i>	23840 <i>b</i>	914 <i>b</i>	16,7 <i>c</i>
T2	38280 <i>b</i>	33060 <i>b</i>	24180 <i>b</i>	662 <i>c</i>	20,3 <i>b</i>
T3	67960 <i>a</i>	62520 <i>a</i>	55620 <i>a</i>	1513 <i>a</i>	22,1 <i>b</i>
T4	65780 <i>a</i>	53020 <i>ab</i>	41140 <i>ab</i>	1060 <i>b</i>	25,4 <i>a</i>
Probabilité	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Signification	HS	HS	HS	HS	HS

HS : Hautement Significatif. Les moyennes dans la même colonne suivie de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon le test de Newman Keuls.

T1 : Semence améliorée ; **T2** : Semence locale ; **n** : nombre de répétitions

T3 : Zaï compost et Semence améliorée ; **T4** : Zaï compost et Semence locale ;

3.3 RENDEMENT GRAIN ET PAILLE

Les tableaux 5 et 6 présentent les rendements grain et paille des différents traitements dans les deux sites. Les rendements du sorgho ont été significativement et positivement influencés par les différents traitements ($P < 0,00$). Dans le site de Loaga, comparativement à T1, T3 a entraîné une augmentation de 1032 kg/ha. Pour ce qui est de T4 comparé à T2 cette augmentation était de 966 kg/ha soit une augmentation de plus de 100% dans chacun des cas. Par ailleurs, entre les traitements T3 et T4, c'est le T3 qui a enregistré le rendement le plus élevé avec 486 kg de plus. Les mêmes tendances étaient observées sur le site de Sika pour les traitements T3 et T4 avec des différences de rendement grain de 926 kg en faveur de T3 et de 698 kg en faveur de T4 comparativement à T1 et T2 respectivement.

Pour le rendement paille dans le site de Loaga, les traitements T3 et T4 ont permis d'obtenir de meilleur rendement paille ($p < 0,00$). Les hausses ont été respectivement de 2 902 kg et 2 456kg entre T3 et T1 et entre T4 et T2. La même tendance a été observée à Sika ($p < 0,00$) où les traitements T3 et T4 ont engendré des hausses respectives de 3 078,2 kg et 2 155 kg comparé à T1 et T2.

Tableau 5 : Rendement grain et paille obtenu dans le village de Loaga en kg/ha (n=5)

Traitements	Rdt grain/ha	Rdt paille/ha
T1	916 <i>c</i>	1140 <i>b</i>
T2	496 <i>d</i>	964 <i>b</i>
T3	1948 <i>a</i>	4042 <i>a</i>
T4	1462 <i>b</i>	3420 <i>a</i>
Probabilité	0,00	0,00
Signification	HS	HS

HS : Hautement Significatif. Les moyennes dans la même colonne suivie de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon le test de Newman Keuls.

T1 : Semence améliorée ; **T2** : Semence locale ; **n** : nombre de répétitions.

T3 : Zaï compost et Semence améliorée ; **T4** : Zaï compost et Semence locale ;

Tableau 6: Rendement grain et paille obtenu dans le village de Sika en kg/ha (n=5)

Traitements	Rdt grain/ha	Rdt paille/ha
T1	668 <i>bc</i>	848 <i>b</i>
T2	376 <i>c</i>	666 <i>b</i>
T3	1594 <i>a</i>	3926,2 <i>a</i>
T4	1074 <i>b</i>	2820,8 <i>a</i>
Probabilité	0,00	0,00
Signification	HS	HS

HS : Hautement Significatif. Les moyennes dans la même colonne suivie de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon le test de Newman Keuls.

T3 : Zaï compost et Semence améliorée ; **T4** : Zaï compost et Semence locale ;

T2 : Semence améliorée ; **T1** : Semence locale ; **n** : nombre de répétitions.

4 DISCUSSION

Les pH élevés obtenus au niveau des différents traitements T3 (6,9) et T4 (6,8) comparativement aux traitements T2 et T1 sont dus probablement au fait que l'application de la matière organique aurait permis de fixer certains ions acidifiants tels que l'aluminium, ce qui a réduit leurs teneurs dans la solution du sol. Lompo [14] note en effet une diminution de la teneur en aluminium échangeable suite à des apports de fumier. En outre, d'autres études [15] ont aussi montré que le fumier est la forme d'apport qui, de par sa teneur en bases, permet le meilleur maintien du pH et limite ainsi l'acidité des sols. Aussi, l'application de la fumure organique permet-elle d'augmenter la capacité de rétention des ions dans le sol ce qui a pour conséquence la fixation des ions acidifiants sur le complexe absorbant. Par rapport aux traitements T1 et T2 dans les deux sites, les traitements T3 et T4 ont engendré une accumulation de la matière organique de 56% et 44% sur le site de Sika et de 69% et 70% sur le site de Loaga. Cette accumulation de la matière organique dans les Traitements T3 et T4 s'expliquerait par son apport localisé dans les poquets de Zaï qui permettrait son utilisation optimale et la limitation des pertes dues au ruissellement. En effet, les microtopographies créées par les trous de Zai à la surface du sol en plus de favoriser la collecte de l'eau permettent aussi celle des particules fines dont la matière organique. Ces mêmes constats ont été faits par des travaux précédents dans les mêmes conditions agro-climatiques [16] ; [17] ; [18] ; [19] ; [20]. En lien avec les changements climatiques, l'accumulation de la matière organique augmente le pool de carbone du sol; ce qui est un aspect positif. Aussi, l'amélioration du profil hydrique du sol dans les traitements T3 et T4 permet aux plants de résister mieux aux poches de sécheresse. En effet, ces poches de sécheresse qui sont une des manifestations des changements climatiques induisent des réductions sévères des rendements dans la zone sub-sahélienne.

Concernant les éléments majeurs (N, P et K), malgré leur tendance élevée dans les traitements T3 et T4, il n'y avait pas eu de différences significatives par rapport à T1 et T2. Cela s'explique par le fait que ces éléments sont progressivement absorbés par les plants de sorgho au fur et à mesure de leur libération. Aussi, le fait que les Zaï améliorent le profil hydrique du sol dans les traitements T3 et T4, cela optimise l'utilisation de ces éléments nutritifs avec pour conséquence l'amélioration des performances agronomiques des plants de sorgho qui s'y trouvent.

Les traitements zaï ont significativement augmenté les rendements et ses composantes par rapport aux traitements sans Zaï (T1 et T2) dans les deux sites. Ces résultats sont en accord avec ceux des [21] et [22] qui indiquaient que l'apport de la MO entraînait une amélioration du nombre d'épis total à l'hectare et une augmentation du poids de 1000 grains. En effet, la matière organique, en se dégradant libère les éléments minéraux essentiels pour la nutrition de la plante. Elle améliore également la capacité de rétention en eau du sol comme précédemment mentionné. La conjugaison de ces facteurs améliore la production de matière sèche qui se traduit par des plantes de bonnes vigueur résistant mieux aux aléas climatiques avec pour conséquence de meilleurs rendements. L'utilisation de la variété améliorée a optimisé l'effet positif du Zai susmentionné. C'est pourquoi le traitement T3 a donné un meilleur rendement par rapport au T4 où la variété locale de sorgho a été utilisée. Les faibles valeurs des composantes du rendement dans les traitements T1 et T2 seraient dues à la croissance lente et au faible développement de l'appareil végétatif des plants. Dans la présente étude, beaucoup de plants n'ont pas atteint le stade d'épiaison et certains ont flétri sous l'effet des poches de sécheresse. Cette tendance du développement des plants pourrait s'expliquer aussi par le faible niveau de fertilité des sols dans ces traitements. Le fait que certains plants de sorgho ne puissent boucler leur cycle végétatif dans les parcelles sans Zai à cause des poches de sécheresse a été rapporté par [23] ; [10]. Le faible nombre de grain par épi et le faible poids de 1000 grains pour les traitements T1 et T2 pourraient s'expliquer aussi en partie par l'insuffisance d'eau au moment de l'épiaison; ce qui aurait entraîné un mauvais remplissage des grains.

Les résultats obtenus démontrent l'intérêt de la technique du zaï comme un ouvrage de conservation des eaux et des sols. La semence améliorée (Sariasso 11), associée à cette technique, permet d'améliorer efficacement le rendement du sorgho dans les zones d'étude grâce aux potentiels de la semence qui s'adapterait mieux aux variations climatiques.

5 CONCLUSION

Cette étude conduite au Centre-Nord du Burkina Faso montre que la combinaison du zaï et de la semence améliorée de sorgho (sariasso 11) peuvent être vulgarisée en zone Soudano-sahélienne où la pluviométrie est comprise entre 400 -700 mm par an. Cependant, l'apport de la fumure organique est la clef déterminante du succès de ces mesures de conservation des eaux et des sols. Sur le plan de la fertilité, les traitements incluant le Zai (T3 et T4) ont contribué de manière significative à l'accumulation de la matière organique, et à maintenir le pH du sol. Sur le plan de la production, les traitements T3 et T4 ont permis un développement plus rapide du sorgho et des augmentations des rendements grains 3 fois (T3) et 1,5 fois (T4) supérieurs aux Traitements sans Zai (T1 et T2). Ces résultats montrent que, la technique du zaï avec compost et l'utilisation de la semence améliorée de sorgho peuvent être un instrument d'intensification de la production agricole au Centre-Nord du

Burkina Faso dans le contexte actuel des changements climatiques. Au vu de ces résultats le paquet technologique Zai + Compost + Variété améliorée (Sariasso 11) pourrait être une alternative sérieuse pour l'augmentation de la résilience des producteurs dans la zone Sub-sahélienne.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé grâce à l'appui financier de l'Organisation Non Gouvernemental Self Help Africa (SHA) dont le bureau régionale en l'Afrique de l'Ouest est basé au Burkina Faso, dans le cadre de son programme d'adaptation au changement climatique.

REFERENCES

- [1] K.Traoré et A.Toé, *Capitalisation des initiatives sur les bonnes pratiques agricoles au Burkina Faso*, Direction de la vulgarisation et de la recherche développement, Ouagadougou, Burkina Faso, 98p, 2008.
- [2] M, Traoré, H. Belo, B. Ousmane, T. Souaréet T. G. Ouattara, Community Soil Resources Management for Sub-Saharan West Africa: Case Study of the Gourma Region in Burkina Faso. *Journal of Agricultural Science and Technology*, vol. 2, pp. 24-39, 2012.
- [3] FAO, *Le sorgho et les mils dans la nutrition humaine*, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, Italie.198 p, 2005.
- [4] B. M. Moussa, A. Diouf, S. I. Abdourahamane, N. S. Jangorzo, A. Mahamane, J. A. Axelsen and J-M. K. Ambouta, Soil Physicochemical Characteristics Under Different Ecosystems in Western Niger. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* vol. 4, n°4, pp. 375-383, 2015.
- [5] K. E Ouédraogo, *Les changements climatiques et leur impact sur les rendements du maïs*. Mémoire d'ingénieur en agrométéorologie. Centre AGRHYMET, Niamey, Niger, 47p, 2007.
- [6] J. Fontes et S. Guinko, *Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Notice explicative*. Toulouse, Institut de la Carte Internationale de la Végétation ; Ouagadougou, Institut du Développement Rural - Faculté des Sciences et Techniques, 67 p, 1995.
- [7] E. Roose, V. Kaboré et C. Guenat, Le zaï: fonctionnement, limites et amélioration d'une technique traditionnelle de réhabilitation de la végétation et de la productivité des terres dégradées en région soudano-sahélienne (BF). *Cahiers ORSTOM, sér. Pédol.*, vol.28, n°2, pp. 159–173,1993.
- [8] D. S. Kaboré, *Amélioration de la production végétale des sols dégradés (Zippellés) du Burkina Faso par la technique des poquets (zaï)*. Thèse de docteur sciences présenté au département de génie rurale, Lausanne, EPFL, 195p, 1995.
- [9] R. Zougmore, Z. Zida et F.N. Kambou, Réhabilitation des sols dégradés : rôles des Amendements dans le succès des techniques de demi-lune et de zaï au Sahel. L'influence de l'homme sur l'érosion, volume 1 à l'échelle du versant. *Erosion*, vol. 19, pp. 536-549, 1999.
- [10] J.T. Yaméogo, A.N. Somé, A. Mette Lykke, M. Hien et H.B. Nacro, Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et des cordons pierreux à l'Ouest du Burkina Faso, *TROPICULTURA*, vol.31, n° 4, pp. 224-230, 2013.
- [11] C.P.C.S., *Classification des sols*. INRA, Paris. 87 p, 1967.
- [12] C. Feller, *La matière organique dans les sols tropicaux à argile 1: 1.Recherche de compartiments organiques fonctionnels. Une approche granulométrique*. Edition ORSTOM, PARIS, 653 p, 1994.
- [13] L. Dakio, *Contribution à l'analyse des critères de durabilité du zaï dans le Yatenga : Effets du zaï sur le niveau organique et minéral des sols et sur les rendements du sorgho dans le Yatenga et le Zandoma*. Mémoire d'Ingénieur. Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso. Burkina Faso, 96p, 2000.
- [14] F. Lompo, *Effets induits des modes de gestion de la fertilité sur les états du phosphore et solubilisation des phosphates naturels dans deux sols acides du Burkina*. Thèse de doctorat en sciences naturelles. Université de Cocody. Abidjan, Cote d'Ivoire. 219 p, 2009.
- [15] B. V. Bado, M. P. Sedogo, M. P. Cescas, F. Lompo et A. Bationo, Effet à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina Faso. *Cahiers Agricultures*, vol. 6, N° 6, pp. 571 – 575, 1997.
- [16] R. Zougmore, K. Ouattara, A. Mando, B. Ouattara, Rôle des nutriments dans le succès des techniques de conservation des eaux et des sols (cordons pierreux, bandes enherbées, zaï et demi-lunes) au Burkina Faso, *Sécheresse*, vol. 15, n°1, 2004.
- [17] J. T. Yaméogo, *Réhabilitation d'écosystème forestier dégradé en zone soudanienne : Impacts des techniques de conservation des eaux et des sols/défense et restauration des sols à l'ouest du Burkina Faso*. Presses académiques francophones, Sarrebruck, Allemagne, 234 p, 2016.
- [18] E. Roose, Méthodes traditionnelles de gestion de l'eau et des sols en Afrique occidentale soudano-sahélienne. Définitions, fonctionnements, limites et améliorations possibles. *Érosion*, vol. 10, pp. 98-107, 1989.

- [19] K. T. Aldridge, J. D. Brookes and G. G. Ganf, Rehabilitation of Stream Ecosystem Functions through the Reintroduction of Coarse Particulate Organic Matter. *Restoration Ecology*, vol. 17, n° 1, pp. 97–106, 2009.
- [20] M. Fosu, R.F. Kühne et P.L.G. Vlek, Recovery of cover-crop-N in the soil-plant system in the Guinea savannah zone of Ghana. *Biol. Fertil. Soils*, vol. 39, pp. 117-122, 2003.
- [21] B. Koulibaly, T. Traoré, D. Dakioet P.N. Zombré, Effets des amendements locaux sur les rendements, les indices de nutrition et les bilans culturaux dans un système de rotation coton-maïs dans l'Ouest du Burkina Faso. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, vol.13, pp. 103-111, 2009.
- [22] K. S. Diane, *Effet de techniques de CES sur les composantes du rendement du sorgho et les propriétés chimiques du sol à l'Ouest du Burkina Faso*. Mémoire d'Ingénieur. Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso. Burkina Faso. 69p.2010.
- [23] H. Sawadogo, L. Bock, D. Lacroix et N.P. Zombré, Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, vol.12, pp. 279-290, 2008.

LITERATURE IN ACTION THROUGH SHI FOLK MUSIC

Jean-Pierre POLEPOLE BICUNCUMA

Junior lecturer at Walungu Teacher Training College, Institut Supérieur Pédagogique de Walungu, Republic of the Congo

Copyright © 2017 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 is entitled “literature in action through Shi folk music”. Literature and Music are two inevitable and inseparable elements in the traditional Shi folklore. They always go together. In this way, dealing with the present paper we wanted to side with **Eno BELINGA** who confirmed that “In their traditional aspect, literature and Music are in Black Africa (...) so intimately all together that they most of the time constitute one and same activity. To talk of one without the other is to practice an artificial division that nothing can legitimate” (1965:19). To bring more light to this, we have described some useful musical instruments and collected a folk song entitled **Segese** which was translated from Mashi, the mother tongue of the minstrel who sang it into English. Thanks to the song in question, it was noticed that the features are highly various, complex and related to both literature and music. We have disclosed along our study that Shi folk Music bears numerous situations and other occurrences which can be interpreted in a literary way.

KEYWORDS: literature, folk, satire, enigma, personification.

1 INTRODUCTION

We have been motivated by a number of reasons to choose the topic under discussion. Firstly, most people think that Shi folk music is only useful for singing and dancing. That is, they fail to push their thinking further so as to know what music is actually made of or how it functions. Secondly, the same people do not know that literature can intervene in Shi folk music. They mostly keep in mind that literature is only a matter of reading or writing novels. Thirdly, many people fail to recognize that literature and Shi folk music can function simultaneously.

Even though some people are interested in literature and folk music, both of the latter are still known vaguely by innumerable other societies and countries. This is the reason why when a person who is not of Shi tribe listens to a Mushi Minstrel (Shi folk singer) singing, he deduces that the Shi folk music is not interesting, ignoring that literature is being performed at the same time. And **Francis BEBEY** affirms: “...if it is true that the ignorance of where African musical art is performed can be a serious handicap for a foreigner who needs to penetrate it, it is also true that African Music is one of the most attractive music to those who makes an effort to understand it” (1969:13)

How can people know that literature is deeply rooted in Shi folk music? What can really prove that even Shi folk music constitutes itself literature?

In attempting to deal with “literature in action through Shi folk music”, we have based the work on the following hypotheses:

- It is difficult to separate literature from Shi folk music;
- Figurative language prevails in Shi folk music;
- Taking into consideration the content of Shi folk music, the latter is itself literature.

To collect the data of this work, we have used some techniques, such as interview and documentation. First, concerning the interview, we consulted a famous Shi folk musician. He has sung many songs among which we have chosen one, **Segese**, being considered as the most satisfactory. We had to record the song first; then copy it down and afterwards translated it

from Mashi to English. We should recall that only the translation of the song into English appears in the present paper so as to be shorter. Second, we read some books related to our topic, especially those talking fully about music and literature.

The present study enables people to discover the reasons why literature is said to act through Shi folk music. The same study also helps people discover and understand figurative language which exists in literature and that prevails in Shi folk music. The study which is dealt with at present helps as well people recognize that all of Shi musical instruments, the singers (minstrels), the audiences, and the folk songs are the main contributors to Shi folk music's literariness.

It has been quite impossible to study all folk songs existing in Bushi. Hence, the only song, **Segese**, is taken as a sample of other Shi folk songs. Besides, we could not deal with all elements of literature that exist in Shi folk music in toto. For this reason we found it better to get a glimpse of some literary terms which often manifests themselves in Shi folk music, including personification, imagery and especially enigmas that are the most detailed along the work.

In this research, our objective is to:

- prove fully that literature go together with Shi folk music;
- reveal that Shi folk music is dominated by literary elements;
- present clearly Shi folk music as literature in itself.

In our research, we came up against a lot of problems when carrying this work out. The collection of data from informants could not be done smoothly. Some informants who could provide us with more information were already dead or moved to unknown settings; the others could ask for some money. Sometimes, it was not easy to have access to books.

Fortunately, the data that we got were suitable and satisfactory to fulfill this paper.

The present work is subdivided into three sections. The first section consists of the introduction. The second section deals with the description and functions of some Bashi's musical instruments. The third section concerns the literary view of **Segese**, a Shi folk song.

2 DESCRIPTION AND FUNCTIONS OF SOME BASHI'S MUSICAL INSTRUMENTS

Both musical sounds and voices express songs whereas musical instruments give musical sounds. However, the combination of musical instruments and human voice touch the whole sensation of somebody's being. Musical instruments are not exclusively the privilege of white people. Africans also possess them. African musical instruments can be categorized as follows: stringed-instruments, wind-instruments, instruments of reverberation etc. Indeed, Bushi is one of African areas but it is not concerned by all existing African musical instruments. In addition to those above-mentioned categories of musical instruments, there is a more detailed classification which includes instruments of strips, drums with membranes etc. As regards Shi folk musical instruments, we can classify the following: stringed instruments, instruments of strips, and human voice.

2.1 STRINGED INSTRUMENTS

In Bushi, stringed instruments take up a very wide geographical area. These musical instruments provide harmonious musical sounds.

2.1.1 "LULANGA" OR EIGHT-STRINGED HARP

"Lulanga" is a kind of musical instrument with a hollow wooden body and strings which are stretched alongside the frame. Its serrated extremities are intended for holding cord in position.

None can definitely state when "Lulanga" came into being in Bushi. But it is definite that this musical instrument existed in pharaonic Egypt for a long time. "Lulanga" rhythm does not cease to crystallize Shi customs. It helps the Bashi act in keeping with moral standards, to follow basic precepts and people's advice. So, by dint of hearing Lulanga virtuosos, the Bashi learn through chronicles, myths, enigmas, legends, etc. about their ancestors' lives and achievement. A Shi minstrel sings about life or mirrors people's everyday life, including in what **Piersen William D.** calls "*African satire*" when he says: "*for a long time, Africanists recognize the cultural importance of satire in African societies and the impact of a derisive song as a safety-valve in the society (...). Almost in the whole Africa, songs favour the equilibrium of the societies...*" (1988:23-24).

In fact, **Segese** is a satire intended to show people's immaturity and thoughtlessness. The Shi folk song, **Segese** is a satire showing the way people sacrifice their own properties for the success of their fanciful plans. The same satire denounces

authorities' misbehaviors towards their men. In Bushi, however, the satire was often expressed by means of "*likembe*", a disappearing musical instrument and that legends, chronicles, epics, etc. were and are still expressed by means of "*Lulunga*".

2.1.2 "NZENZE" OR TWO-STRINGED INSTRUMENT

The word "NZENZE" is a Shi version, but it is a word from West African Kora which is the most used by the Bashi. However, "Nzenze" has two strings and a wooden resonance chamber. A "Nzenze" player plays so more rapidly than a "Lulunga" player. Meanwhile the audience goes further personifying the musical instrument, saying: "*this Nzenze is speaking fast*".

In this case, the instrument is given the quality of a human being, just as it is said: "*personification*" is "*the representation of a thing or a quality as a person, in literature or art*" (*Longman Dictionary of contemporary English, 1998:1054*)

The "Nzenze" player takes advantages of his musical instrument to boast, to express love, lyricism. Then he is compared to a lyricist.

2.2 INSTRUMENTS OF STRIPS

Along all musical instruments used in black Africa, the most known is certainly "*Likembe*" that the Bashi call also "*kasayi*" and which is called "*Sanzo*", "*Ezanzo*" in Western Africa (for example in Guinea). It has a wooden resonance box whose size varies according to the "*likembe*" player. "*Likembe*" has a sounding board on which strips of steel are fixed. The sonority of the "*likembe*" depends, especially on what the strips are made of. "*Likembe*" is not very successful to be admired for a "*likembe*" player often sings and dances on his way while he is walking. Most of the time people check the way the performer is dancing, whether it is good or bad, attractive or not. You may sometimes hear them say: "he dances but he does not eat the knee". They use this symbolic imagery to mean that the performer does not dance well. For the Bashi, to dance well (to eat the knee) is to put the knees in vertical position or make them upright repetitively that they can near the mouth during the dancing.

2.3 HUMAN VOICE

It may seem paradoxical not to speak of human voice for the human voice plays an important role in musical production. And **Francis BEBEY** affirms: "*...among all musical instruments, the human voice is the one the black African mostly makes use of*". In the same way, **Eno BELINGA** adds: "*with his mouth shut, the solist or the choir hums the whole song (...). The human voice, the dwelling place of the word and song is therefore generative of literature and music*"(1965:20). That is, in Shi folk music, the performer produces both literature and music. When a "*lulunga*" player plays it very nicely, his admirers say that he has the mastering of his art. They go further saying that "*olulunga lumuli omu minwe n'omu kanwa*" to mean that the song of "*Lulunga*" called "*olulunga*" is in his fingers and the mouth. What they use here is simply imagery to mean that "*olulunga*" (here the song) is in the fingers and the mouth. In a word, the audience admires the sheer verve of the player's performance. Then the artist captivates his audience by varying melody; there can appear syncopation, sometimes recitations and pantomimes.

It should be worth mentioning that like **COLLE, Alan MERRIAM**, presents the names of different musical instruments used in Bushi as we have just shown some of them. He sometimes talks about "*techniques used by musicians when playing those musical instruments*". As a recall the Bashi are people who belong to Shi tribe (one of the tribes of the Democratic Republic of Congo, in the East, in South-Kivu province). Then Bushi is the area occupied by the Bashi.

3 THE LITERARY VIEW OF SEGESE, A SHI FOLK SONG

3.1 TRANSLATED SONG: SEGESE

I am BACIOLERE Ntamwira

The son of BWISERA, BWISERA the son of MWILARHE. I live in Chagala; in chief NTAGANO'S village. I am true Munyambala. I am of Kaziba origin. I am going to play my music, **Segese**.

5. Look, Segese lived among other people,

He was rich enough;

- Segese was milking hundred cows;
Thousand else were about the drop;
And he had one thousand female calves;
10. He had twelve children,
Among them Sarugigi that
He wanted to curse assuming that
He was puny-looking;
But his people beseeched him that
15. Instead of cursing him
He had better send him to the pasture,
And so he did.
Then the Rwandans became jealous of Segese's wealth,
They went to talk with Rwabugiri, their Mwami (King)
20. They told him, "Segese has grown rich" ee;
They added, "e chief! Deprive him of his wealth,
And pierce him with a spear".
At that time the chief (Rwabugiri) answered,
"How can I deprive a richman of his wealth and pierce him?"
25. They answered, "ask him to give you what he cannot find;
He also replies, "What cannot he find that I can ask him for?"
They said, "tell him to give you a "world protector",
Then tell him to give you a "Mwami-protector",
Then tell him to give you a barren fat cow slaughtered without being dismembered,
30. Then tell him to give you a formless thing,
Then tell him to give you a grey-haired old Woman whose hair turned grey overnight,
Then tell him to give you a grey-haired old man whose hair turned grey overnight wee,
Then tell him to give you a sword which cuts of water ahe e,
Then tell him to give you a worthless thing.
35. Segese was summoned to royal court,
Courtiers told him what he would give the chief,
Segese bowed and held his head high,
He began to think.
Segese was unable to know what they meant.
40. The chief told his people,
I am scared, evil spirits must have been sent to me wee ajeee!
They answered: "where are they, our chief?"
He replied: "they ask me for what I cannot find"

They retorted, what cannot you find, you, our chief?

45. He said, they want me to give them a “world-protector”,

They want me to give them a “Mwami protector”,

They want me to give them a barren fat cow slaughtered without being dismembered,

They want me to give them a formless thing,

They want me to give them a grey haired old man whose hair had turned grey overnight.

50. They want me to give them a grey-haired old woman whose hair had turned grey overnight,

They want me to give them a sword which cuts off water,

They want me to give them a worthless thing,

Oh oh I am going to be deprived of my wealth weeee

At that moment he called for his people and his children.

55. His sons asked him, what had happened?

“I am going to be deprived of my wealth and be pierced”,

They asked him how that could be possible;

He replied: they ask me for what I do not know;

He once more told them what he was being asked for.

60. His people said: “we do not know either what you are being asked for”

His children said: “we do not know either ho! Ho! Ho! We are afraid, our father is going to die weeee

He sent his messengers out to the pasture.

He said: “tell that fool Sarugigi that I am going to die”

Sarugigi asked, “what is my father dying of?”

65. “Does my father lack young cows?

Does my father lack old cows?

Does my father lack bulls?

They went back home:

The messengers told Segese what Sarugigi said.

70. He said that you do not lack young cows,

That you do not lack old cows or old bulls,

Then he said again, I come there alone to see what my father is dying of,

The following day, Sarugigi went there by himself;

He asked: “what are you dying of father?”

75. And his father answered: “hold on!”

I am going to tell you what I am dying of, son.

His father went on: “they asked me for a world-protector,

And they asked me for a mwami-protector,

And they asked me for a barren fat cow slaughtered without being dismembered.

80. And they asked me for a formless thing,

And they asked me for a grey-haired old man whose hair had turned grey overnight,
 And they asked me for a grey-haired old woman whose hair had turned grey overnight;
 And they asked me for a worthless thing,
 And they asked me for a sword which cuts off water.

85. His son asked: "is that all?"

"Yes, that is all my son",
 His son exclaimed twice
 "You see! You see!"
 You see how much your people claim to be old because their hair turns grey!

90. Yet they are immature!

Father! The world-protector they want you to give them is a cow with a white skin and its calf;
 And the "Mwami-protector" they want you to give them is a cow with a brown skin and its calf,
 And the formless thing is beeswax,
 And the old woman with grey hair is cassava which has mould on it.

95. And the old man with the grey hair is sorghum which grows again after it has been harvested,

A worthless thing is a very young child because he can unconsciously piss on a chief whereas a grown-up cannot,
 A fat barren cow slaughtered without being dismembered is a bunch of bananas,
 The sword which cuts off water is a straw,
 His father enquired: "how am I going to take all these things to them?"

100. He replied: "hands everything over to me so that I can take it to them for. You said I am to be cursed,

When Sarugigi arrived at the evil spirits' place he was given a thousand cows because of his success,
 The Rwandans addressed the chief Rwabugiri again:
 "Chief, tell him this once more"
 Our metal which we made use of in the solving of the problem has become blunt.

105. They called for Segese and told him: "you are needed in the chief's home"

When he arrived at the chief's home he was told this:
 "Our metal we made use of in the solving of the problem has become blunt".

Segese was about to bow when his son Sarugigi told him:

"Please father, let me report this to Rwabugiri in person"

110. Tell him: look for your people's hair,

Look for your people's tears,
 After burning your people's hair, you keep the ash in a sack,
 After getting your people's tears, you keep them in a mortar.
 Rwabugiri collected all his people for the matter but he failed the test.

115. When they called for Sarugigi and gave him thousand of cows;

A few days later they once more plotted against Segese;
 They said: "build for us a house in the sky"

When Segese wanted to bow down and think about it,
Sarugigi intervened: "let me tell the chief of the Rwandans, father".

120. Ask Rwabugiri to look for someone to get to the roof,
He has to look for someone to reach the top of that house and build it.
Then a person who can do so will become the chief of Rwanda.
They looked for the person in question but they could not find him.
When they failed, they gave Sarugigi a thousand cows.

125. Another plot against Segese is made by Rwabugiri's men;
They told Rwabugiri to call for Segese,
Then they brought the eggs,
They said: "May Segese also bring an egg he has laid by himself",
When Segese arrived, he found seven eggs already there.

130. "Lay your own egg here" they asked him.
Segese cackled like a hen and realized that it fit him.
They told him: "then, lay an egg"
When he tried, he found himself unable to lay it,
Rwabugiri's people said: "this time, Segese is caught"

135. Sarugigi told his father: "let me keep you alive, father".
Sarugigi asked: "who is now the cock?"
The chief of Rwanda and his people lacked the cock;
Then Sarugigi crowed like a cock,
And he said: "Segese (my father) and I have laid these eggs.

140. However, Sarugigi who was supposed to be fool has become wiser and more appreciated by all the others,
He is asked to get married;
He was engaged to the daughter of Semahoro
Semahoro has twelve daughters, among which Sarugigi married one,
Once at Sarugigi's home,

145. Her mother-in law told her this: "cook one bean"
Mmm, aha a a a e dear mother! Ahe he he he
How can one cook a bean?
In the end, she decided to cook it,
And went back to her parents' home forever.

150. Then Sarugigi married the sister of the first who disappeared.
This second was also required to cook one bean;
This too, went back to her parents;
He took then the third from the same family;
This third woman was also requested to cook one bean;

155. She went back to her parents as well.

Later on, Sarugigi got married to the youngest sister of all.

When she was told to cook one bean,

She found wiser to cook many beans instead.

Then the mother of Sarugigi (the youngest's mother-in-law),

160. Agreed with this one and said: "this is the true wife"

He gave the bride price to the family of his wife,

He brought thousands of cows and sheep;

And it is he who happened to inherit his father's properties,

Though he had been assumed to be idiot formerly.

3.2 DEFINING SOME LITERARY TERMS

It is worth defining some literary terms before going on with the next point.

When **Romain KONKA** defines literary, he says: *"It is in general, the whole of oral and written cultural expressions of people. It is the social reading of that people. It is concrete through the word (oral literature) or works (written literature) (1983:9)*

"Folk" is known as what is *"traditional and typical of the ordinary people who live in a particular area"* (Longman Dictionary of Contemporary English 1998:543). However, when we talk of Shi folk music we mean the traditional music that has been played by ordinary people in Bushi for a long time.

"Enigma" is *"someone or something that is strange or mysterious and difficult to understand or explain"* (Longman Dictionary of Contemporary English 1998:451). It is sometimes defined as a question that is deliberately very confusing and usually has a humorous or clever answer.

Then *"satire"* is defined as *"a way of talking or writing about something, for example politics and politicians, in which you deliberately make them seem funny so that people will see their faults"* (Longman Dictionary of Contemporary English 1998:1260)". It is agreed that a play, book, story etc. written in this way is a satire.

3.3 THE CHARACTERS IN SEGESE

- Segese: a king, living in Bushi. He is the father of Sarugigi who is thought to be idiot. He is wealthy and has millions of cows. He is from Rwandan origin.
- Sarugigi: son of Segese. He proved in the end that he was wise. He answered all the questions asked to his father by leading the latter.
- Rwabugiri: King (mwami) of the Rwandans. He has many skilled warriors; these warriors pushed their king to deprive Segese of his wealth. Rwabugiri failed to do so because of Sarugigi's wisdom.
- The mother of Sarugigi: She asked sarugigi to test daughters of Semahoro in order to find a girl to marry among them.

3.4 ENIGMAS IN SEGESE

Here is a matter of trying to grasp the aspect of enigmas in **Segese**. We have paid much more attention to the meaning of an enigma than to its beauty. Yet literature is expressive and persuasive. It also has beauty like the Bashi oral culture.

It is true that the literary treasure of the Bashi do not all contain in books. Most of them are still within living memory and are expressed when the right time happens. This is why shi literature is considered to belong to oral tradition. And this literature has got a meaningful language in which enigmas prevail. However, in the song of **Segese**, enigmas prevail over any other literary genre. The enigmas which are found in Segese reach the definition given in the work of **Buhendwa MULUM'ODERWA** saying that an enigma is a *"puzzle, word game, guessing game and hidden meaning"*. It is noticeable that

Segese continues to recall the enigma of Sphinx: “what is the animal that has four feet in the morning, two at noon and three in the evening?”

Only Oedipus gave a satisfactory answer when he said: “that animal was a human being who during his childhood which regarded as the morning of life often uses his feet and hands to move. The noon when the child begins to grow, he needs only his feet; but the evening, it means during his old age, he needs a staff as a third foot”.

In fact, Shi folk music bears a whole of customs which are often transmitted from one generation to another. As for Shi minstrels, they do not create anything new. And **Bulambo ISALIMYA** said: “*in the domain of oral literature in general and epic in particular, the oral art makes people think of minstrels and narrators*” (1976:20). Nevertheless, grown-ups also contest among themselves in specific circumstances. In such cases, the function of the enigma is no longer to entertain people, but it plays a judicial function. This function is put into practice in Segese where the people of Rwabugiri influence him to use enigmas in order to lay hands on Segese’s properties. Afterwards Rwabugiri’s courtiers ask him to summon Segese together with other people who will be present at his verdict. In **Segese**, the characters consider enigma as an effective means of outmatching one’s opponent.

Segese, the king is asked to explain meaningful things but he fails to do so. As no enigma is devoid of sense, Sarugigi, the son should give good answers to all the questions. Thereafter are some quotations from enigmas that Segese was asked to explain:

Question 1: Our metal which we made use of in the solving of the problem has become blunt (see verse 100...)

Answer: ... your people’s hair

..... your people’s tears

And make a banana leaf ready in which your people’s hair will be put.

Question 2: They said: “build for us a house in the sky” (see verse 115...)

Answer: - the chief has also to find someone who will get to the roof

- The chief has to find someone to reach the top of that house to build it.

The mother of Sarugigi as well makes use of enigmas to test her daughter-in-law (see verse 145).

Generally speaking, Shi folk songs are full of enigmas, proverbs or parables.... Therefore to grasp the meaning of Shi folk musical language, one should not limit oneself to studying structural processes but rather to understanding. In addition, Shi folk music like any other literary work possesses a content which sometimes belongs to a certain order to follow. Thus, Shi folk music matches with what has been said at a meeting set in Yaoundé (Cameroon) about African music: “*the African knows his music so to speak at home*”.

He lives out his music, he perceives it with intensity that a non African can hardly reach. In other words, it is the “poetic content” of that music, it is what is very much alive”(ALMEIDA & Alii.1970:5)

An enigma proper comprises a double problem:

- The first problem is in the question, an obstacle that a person collides with when he is asked the question;
- The second is the answer that the contestant gives after he has brushed aside the obstacles at the psychic level.

In **Segese**, the question is very important because it has the predicate which contains the enigmatic feature. So the question is the enigmatic part proper. In addition, the question is divided into two constituents: the subject and the predicate. It is the subject that symbolizes the metaphoric representative of the answer to the question, for instance: ... a grey-haired old man whose hair turned grey overnight (see verse 80...) (**subject**). Otherwise, the predicate contains everything that is asked in the question, it means for example: ... a grey-haired old man whose hair went grey overnight (**predicate**).

FAIK NZUJI M. adds: “*Enigmas, in the Congo may take on the following forms: interrogative, affirmative, negative or imperative*” (n°104/76:236).

After skimming through the song **Segese**, we noticed that enigmas contained in it take on only imperative and affirmative forms.

Examples: - Affirmative form:

Question: ... our metal which we made use of in solving of the problem has become blunt (see verse 100...)

Answer: look for your people's hair

Look for your people's tears

After burning your people's hair, you keep the ash in a sack

After getting your people's tears, you keep them in a mortar.

- Imperative:

Question: ... tell him to give you a formless thing (see verse 30)

Answer: beeswax

Question: Build for us a house in the sky (see verse 115...)

Answer: ... look for someone to get to the roof. Look for someone to reach the top of that house and build it.

Segese was always failing, fortunately his son Sarugigi was helping him. For instance, when they asked Segese to say what the "world-protector" was (see verse 25...), it is Sarugigi who asked him to say that it is a "white skin cow and its calf".

Another question to Segese:

- Tell what a "mwami-protector" is (see verse 25...)

Answer: it is a brown skin cow and its calf".

Question: say what a "barren fat cow killed without being dismembered" is (see verse 25...)

4 CONCLUSION

This paper was entirely about "literature in action through Shi folk music". In dealing with the present topic, we have provided Shi musical instruments and some details about them. Then we pointed out useful literary elements that the instruments in question bear. We showed for example that there is often symbolic imagery or metaphor when a Shi folk singer is playing a "kasayi". We also disclosed that a Shi folk singer becomes a lyricist when he plays a "Nzenze". We also displayed that the human voice which is the most prolific musical instrument bears metaphor and satire when a "lulanga" is played. We went on explaining fully how figurative language dominates Shi folk music. Thanks to Segese, a Shi folk song, we furnished some literary genres. We noticed personification, and especially enigmas that are always prevailing elements in Shi folk music. From all this, we have shown that literature and Shi folk music remain inseparable; we have gone on revealing figurative language since it is inevitable in Shi folk music; we have afterwards shown that even Shi folk music is in itself literature because it mirrors Shi people's everyday life. In the end, we have agreed that literature acts in Shi folk music.

REFERENCES

- [1] ALMEIDA&Alij, La musique Africaine, Réunion de Yaoundé (Cameroun), 23-27 Février, Paris, éd. Richard-Masse 1970
- [2] BEBEY, F. Musique de l'Afrique, France, Ed. Horizons, 1969.
- [3] BELINGA, E. Littérature et musique populaire en Afrique noire, Ed. Cujas, 1965.
- [4] COLLE, P. Essai de Monographie des Bashi, Bukavu, Centre d'Etude des langues Africaines, 1971.
- [5] FAIK NZUJI M. « art oral traditionnel au Zaïre » : II. La devinette à inférence ou Enigme : ZAIRAF n°104/76.
- [6] ISALIMYA B. L'épopée MUSEME (essai d'étude littéraire), Bukavu, ISP 1983.
- [7] KONKA R. Histoire de la littérature Camerounaise, I. Paris, Ed. Rue Lamartine, 1983.
- [8] LONGMAN DICTIONARY OF CONTEMPORARY ENGLISH, Longman Group Limited : Great Britain 1995.
- [9] MERRIAM ALAN P. "African Music Reexamined in the Light of new Materials from the Belgian Congo and Rwanda Urundi" in Zaïre, June 1955, p748-750.
- [10] MULUM'ODERHWA B. Children formation through some enigmas. Case of Shi society, Bukavu, ISP 1994.
- [11] PIERSEN, W. "on met le vieux Missié en Pièces: la Satire Africaine dans le nouveau monde" see: Daniel J. CROWEL, Folklore Africain en Amérique, pp 23-39.

Évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux naturelles de la région de Fès (Maroc) et risque sanitaire lié à leur consommation

[Evaluation of physico-chemical and bacteriological quality of natural waters in the Fez region (Morocco) and health risk associated with their consumption]

Rida HAJJI HOUR¹, Bouchra SALAME², and Mohammed EL HASSOUNI¹

¹Equipe de biotechnologie microbienne, Laboratoire de Biotechnologie, Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc

²Laboratoire de Biotechnologie et Préservation des Ressources Naturelles, Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Because of the shortage of drinking water in some parts of Morocco, people are resorting to the consumption of natural waters. In the majority of cases, those waters pose potential health risks, because few studies focus on their quality. In this regard, our study consists to evaluate physicochemical and bacteriological quality of both types of natural waters used for food by people. A well's water in the region of Ain Chgague, and source's water of Sid Bettare, both located near the Fez city. According to standardized norms, we evaluated the physico-chemical and bacteriological quality of those waters. The physico-chemical quality of those waters is studied by measuring temperature, pH, dissolved oxygen, nitrate, ammonium and total phosphorus. As for the bacteriological quality, is evaluated by counting the revivable germs at 37 °C, total coliforms, fecal coliforms, intestinal enterococci, and sulfite-reducing anaerobes. The results obtained show a difference of parameter values analyzed in water to another. For the physicochemical study, all parameters are conforming to standards. While, the majority of bacteriological parameters studied, far exceed the drinking water quality standards. Indicating a microbial pollution, that represents an alarming health risk for consumers of these waters.

KEYWORDS: well water, source water, physicochemical quality, bacterial contamination, health risk.

RESUME: A cause de la pénurie de l'eau potable dans certaines régions du Maroc, les habitants font recours à la consommation des eaux naturelles. Dans la majorité des cas, ces eaux représentent des risques sanitaires potentiels, car peu d'études qui sont s'intéressées à leur qualité. A cet égard, notre étude consiste à l'évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique de deux types d'eaux naturelles destinées à l'alimentation des habitants, une eau de puits localisée dans la région d'Ain Chgague et une eau de source de Sid Bettare, situées toutes les deux près de la ville de Fès. Selon des normes standardisées, nous avons évalué la qualité physicochimique et bactériologique de ces eaux. La qualité physicochimique de ces eaux, est étudiée par mesure de température, pH, oxygène dissous, nitrates, ammonium et phosphore total. Quant à la qualité bactériologique, est évaluée par le dénombrement des germes revivifiables à 37°C, coliformes totaux, coliformes fécaux, entérocoques intestinaux et bactéries anaérobies sulfite-réductrices. Les résultats obtenus montrent une différence des valeurs des paramètres analysés d'une eau à une autre. Pour l'étude physicochimique, tous les paramètres répondent aux valeurs limites fixées par les normes en vigueur. Tandis que, la majorité des paramètres bactériologiques dépassent largement les normes de potabilité de l'eau. Indiquant une pollution d'origine microbienne, ce qui représente, donc, un risque sanitaire alarmant pour les consommateurs de ces eaux.

MOTS-CLEFS: Eau de puits, eau de source, qualité physicochimique, contamination bactérienne, risque sanitaire.

1 INTRODUCTION

L'eau est un élément essentiel pour les êtres vivants, et en particulier pour l'Homme [1]. Depuis très longtemps, la qualité de l'eau d'alimentation présente une préoccupation majeure de santé, en particulier dans les pays en développement [2]. Environ 250 millions d'infections annuelles, qui se traduisent par 10 à 20 millions de décès dans le monde entier, sont d'origine hydrique [3]. Selon l'estimation de l'OMS, environ 1,1 milliard de personnes boivent globalement l'eau insalubre et la grande majorité (88%) des maladies diarrhéiques signalées à travers le monde est attribuable à l'eau insalubre, et le manque d'assainissement et d'hygiène [4]. Ce qui se termine par la mort de millions de personnes dans les pays en développement chaque année. Où la diarrhée est la principale cause de la mort de plus de 2 millions de personnes par le monde entier chaque année, dont la majorité sont des enfants âgés de moins de 5 ans [4].

Au Maroc, l'utilisation de l'eau des puits non protégés et la méconnaissance des règles élémentaires d'hygiène, favorise la propagation des maladies à transmission oro-fécales et peut causer des maladies graves telles que les gastro-entérites et la typhoïde [5]. La région de Fès est caractérisée par l'abondance des puits et de source d'eaux. Ils représentent pour presque la totalité de la population des zones rurales et une grande partie de la population des zones périphériques démunies, une importante source d'approvisionnement en eau, comme eau de boisson et/ou pour des activités domestiques. Cependant ces eaux sont exposées à des risques de contamination par des polluants chimiques et microbiologiques, d'origine naturelle et anthropique [6].

Le Ministère de la santé marocaine a déclaré que le nombre de cas de typhoïde confirmé et signalé dans la préfecture de Fès sont respectivement 58 ; 69 et 69, en 2006 ; en 2007 et en 2008 [7 ; 8 ; 9]. Ces données alarmantes, nous a poussé à publier les résultats de ce travail réalisé en 2007, dans l'objectif de coordonner les travaux et apporter d'éléments de réponse à cette problématique grandissante. En effet dans cette étude on s'est intéressé à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de puits située dans une région rurale de Ain Chgague près de la ville de Fès et les eaux de source de Sid Bettare, située dans la zone urbaine de la même ville. Ces eaux sont consommées par les populations avoisinantes.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 ECHANTILLONNAGE

Dans ce présent travail, on s'est intéressé à l'étude de la qualité de deux types d'eaux (puits et source) dans la région de Fès. Le choix de ces eaux a été fixé à la lumière d'une enquête préliminaire. La fréquence d'utilisation par la population, ainsi que l'éloignement géographique entre les points d'étude, sont les critères qui nous ont guidés dans ce choix. Où, nous avons pris comme échantillon une eau de puits qui se trouve dans le village d'Ain Chgague, environ 23 km de la ville de Fès. Cette eau est utilisée pour l'alimentation humaine et l'irrigation. Quant à l'eau de la source, nous avons pris comme échantillon, l'eau de la source Sid Bettare qui se trouve dans la région de Ben Souda à Fès. L'eau de cette source est utilisée pour l'alimentation par certaines personnes.

L'échantillonnage a été réalisé durant la période printanière de l'année 2007, selon les recommandations de Rodier [10]. Les échantillons d'eaux destinés aux analyses bactériologiques ont été prélevés selon la même fréquence que ceux des paramètres physico-chimiques, ont été recueillis aseptiquement dans des flacons stériles de 500 ml, selon les normes de Rodier [10], transportés au laboratoire dans une enceinte isotherme à 4°C et analysés dans les huit heures qui suivent le prélèvement. Le reste des flacons des échantillons est stocké pour faire les analyses physico chimiques avant 24 heures, comme il est recommandé par Rodier [10].

2.2 ETUDE DE LA QUALITE PHYSICOCHIMIQUE

Afin de bien appréhender la qualité physicochimique des eaux étudiées nous avons analysé certains paramètres tels que : la température, mesurée *in situ*, à l'aide d'un thermomètre gradué de 0-100°C. Le pH, l'oxygène dissous, les nitrates, l'ammonium et le phosphore total, sont dosés au laboratoire selon les protocoles standardisés de Rodier [10].

2.3 ETUDE DE LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE

L'étude bactériologique est portée essentiellement sur le dénombrement des germes revivifiants à 37°C, coliformes totaux (CT), coliformes fécaux (CF), entérocoques intestinaux (EI) et les bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR). La quantification de ces germes a été effectuée selon les normes marocaines indiquées dans le tableau 1.

Tableau 1. Méthodes d'analyse bactériologiques des eaux de puits et de source selon les normes marocaines

Germes dénombrés	Méthode d'analyse	Normes
Germes revivifiants à 37°C	Ensemencement en profondeur d'1 ml d'eau sur la gélose nutritive	NM 03.7.005 (ISO 6222)
Coliformes Totaux et coliformes fécaux	Filtration de 100 ml d'eau et culture sur Tergitol - 7-agar	NM 03.7.003 (ISO 9308-1)
Entérocoques intestinaux	Filtration de 100 ml et culture sur milieu Slanetz et Bartely	NM 03.7.006 (ISO 7899-2)
Bactéries anaérobies sulfito-réductrices	Filtration de 50 ml d'eau ; la membrane est placée dans une boîte de pétri la face supérieure tournée vers le bas, sur laquelle une couche du milieu SPS préalablement refroidi à environ 50 °C est versée	NM 03.7.004 (ISO 6461-2)

3 RESULTATS

3.1 ETUDE DE LA QUALITE PHYSICOCHIMIQUE

Les résultats d'analyses physicochimiques des eaux étudiées, ainsi que les valeurs limites de la qualité de ces paramètres selon la norme marocaine 03-07-001 sont illustrés dans le tableau 2.

Tableau 2. Résultats des analyses physicochimiques des eaux du puits et de la source étudiés et les Valeurs Maximales Admissibles (VMA) selon la norme marocaine 03.07.001(2006)

Paramètres	Eau de puits	Eau de source	VMA (N.M 03.07.001)
Température (°C)	17	18	-
pH	6,62	7,15	6,5<pH<8,5
Oxygène dissous (mg/l)	3,36	7,2	5< O ₂ <8
Nitrates (mg/l)	10,43	3,26	50
Ammonium (mg/l)	0,00064	0	0,5
Phosphore total (mg/l)	0,084	0,034	0,3

Les résultats de cette étude physicochimique montrent que les eaux analysées présentent des valeurs de température presque similaire et sont de l'ordre de 17°C et 18°C respectivement dans les eaux du puits et de la source. Pour le pH, les deux types d'eaux possèdent des valeurs admissibles par la norme marocaine en vigueur (tableau 2). Concernant l'oxygène dissous, les eaux du puits renferment des teneurs légèrement inférieures à la valeur minimale admise par la norme marocaine de la potabilité de l'eau. Contrairement aux eaux de la source dont la teneur de cet élément répond à cette norme et présente une concentration comprise entre 5 et 8 mg/l. Généralement, les concentrations des ions nitrates dans les eaux du puits et de la source sont inférieures aux valeurs limites fixées par la norme marocaine 03.07.001. Ces concentrations se diffèrent d'une eau à une autre, où 10,43 mg/l est enregistrée dans les eaux du puits et 3,26 mg/l mesurée dans les eaux de la source (tableau 2). Aussi, la concentration de l'ammonium (NH₄⁺) dans les eaux étudiées est largement inférieure à la valeur maximale admise fixée par la norme (0,5 mg/l). De même, pour le phosphore total, où les concentrations obtenues sont largement inférieures à la valeur maximale fixée par la norme en vigueur.

3.2 ETUDE DE LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE

Sur le plan bactériologique, les résultats obtenus révèlent que les eaux étudiées sont contaminées par la plupart des bactéries recherchées, avec des différences des charges microbiennes entre ces eaux (tableau 3). Pour les germes revivifiables à 37°C, les eaux de la source sont les plus chargées par ces bactéries avec une teneur de 20 UFC/ml, qui est égale à la valeur maximale admise par la norme marocaine de la potabilité de l'eau. En revanche, les taux assez importants des bactéries indicatrices de la pollution fécale sont enregistrés dans les eaux du puits. Où les valeurs sont de l'ordre de $1,5 \cdot 10^4$ UFC/100ml pour les coliformes totaux ; de $1,3 \cdot 10^3$ UFC/100ml pour les coliformes fécaux et de $3 \cdot 10^3$ UFC/100ml pour les entérocoques intestinaux (tableau 3). Alors que les deux types d'eaux étudiées sont exempts des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR).

Tableau 3. Résultats des analyses bactériologiques des eaux du puits et de la source étudiées et les Valeurs Maximales Admissibles (VMA) selon la norme marocaine 03.07.001(2006)

Germes dénombrés	Eau de puits	Eau de source	VMA (NM 03.07.001)
Germes revivifiables à 37°C (UFC/ml)	9	20	20
Coliformes totaux (UFC/100ml)	$1,5 \cdot 10^4$	10^4	0
Coliformes fécaux (UFC/100ml)	$1,3 \cdot 10^3$	80	0
Entérocoques intestinaux (UFC/100ml)	$3 \cdot 10^3$	0	0
Bactéries anaérobies sulfito-réductrices (UFC/100ml)	0	0	0

4 DISCUSSIONS

Les résultats de notre étude fournissent une première description de l'état de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux d'un puits situé dans une région rurale (Ain chgague) et des eaux d'une source située dans une région urbaine de la ville de Fès au centre Nord du Maroc. D'après ces résultats, il apparaît clairement que les eaux analysées ont une température très rapprochée et acceptable pour ce type d'eau. La légère différence constatée entre les pH des eaux étudiées pourrait être expliquée par la différence de la nature géologique des terrains traversés par ces eaux. Car le pH des eaux naturelles dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat traversé par ces eaux [11].

L'oxygène dissous (O_2) est très important par le fait qu'il conditionne l'état de plusieurs sels minéraux, la dégradation de la matière organique et la vie des animaux aquatiques [12]. Il favorise la croissance des micro-organismes qui dégradent la matière organique. C'est un paramètre important à prendre en considération, car il renseigne sur l'état des eaux naturelles. En général, les valeurs faibles de l'oxygène dissous favorisent le développement des germes pathogènes [13]. Contrairement aux eaux de la source, les eaux du puit ne répondent pas à la norme de concentration des eaux de consommation en oxygène dissous. La faible teneur mesurée dans les eaux du puits étudiées pourrait être expliquée par la profondeur et la diminution de la surface d'échange de ces eaux avec l'air. Car, la présence de l'oxygène dissous dans les eaux naturelles est déterminée entre autres, par les échanges air-eau.

Généralement, les eaux étudiées ont des faibles concentrations en ions nitrates et ammonium et sont largement inférieures aux normes admises pour les eaux de consommation humaine qui sont de 50 mg/l pour les nitrates et 0,5 mg/l pour l'ammonium [14 ; 15]. D'une façon globale, les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques ou des engrais de synthèse ou naturels [16]. Cela expliquerait la teneur élevée des nitrates dans les eaux du puit situé dans une région rurale à activité agricole dominante. Les concentrations de l'ammonium dans ces eaux sont minimales. Elles sont inférieures à 0,2 mg/l, confirmant ainsi les travaux de [17], citant que les concentrations naturelles d'ammonium dans les eaux souterraines et de surface sont généralement inférieures à 0,2 mg/l.

Il apparaît clairement que les eaux étudiées ne sont pas sujette à un risque de pollution par le phosphore total, car la concentration de cet élément chimique dans ces eaux est largement inférieure à la valeur maximale admise fixée par la norme de la potabilité de l'eau.

D'une manière globale, les résultats de l'analyse physico-chimique obtenus lors de cette étude peuvent être considérés admissibles et ne présentent aucune incidence sur la qualité physico-chimique de ces eaux.

Les résultats de l'étude bactériologique permettent de mettre en évidence la non-conformité des eaux analysées aux normes de la potabilité de l'eau. Ces derniers exigent l'absence totale des germes indicateurs de la contamination fécale dans

les eaux destinées à l'alimentation humaine. Les eaux du puits et de la source étudiées présentent une contamination importante par les coliformes totaux et les coliformes fécaux. L'existence de ces micro-organismes dans l'eau traduit d'une part, une pollution fécale d'origine anthropique et constitue d'autre part, un indicateur d'une présence potentielle de microorganismes entéro-pathogènes [18 ; 19].

Les entérocoques intestinaux, bactéries également indicatrices d'une contamination fécale, sont absents dans les eaux de source, alors qu'elles sont présentes dans les eaux de puits avec une charge de $3 \cdot 10^3$ UFC/100ml. Selon [20] la détection d'entérocoques dans une nappe d'eau souterraine ou dans des puits soupçonne sérieusement une contamination d'origine fécale et la présence de micro-organismes entéropathogènes. La présence de ces bactéries dans l'eau constitue un risque accru de développer une gastro-entérite avec un nombre relativement restreint (3 à 10 bactéries/100 ml) [18]. Quant à [21] suggère de ne pas consommer une eau naturelle dans laquelle des entérocoques ont été identifiés. Ce qui reflète le risque sanitaire que représente la consommation de ces eaux.

En effet l'utilisation des déchets animaux comme fertilisants dans les activités agricoles, ainsi que la répartition des fosses septiques dans la région rurale où se trouve le puits étudié, expliquerait, sans doute, la charge plus élevée des CT, CF, EI dans les eaux du puits par rapport aux eaux de la source.

On note une absence des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) dans les échantillons d'eaux étudiées.

5 CONCLUSION

Les résultats de l'étude de la qualité physico-chimique des eaux de puits et de la source situées dans la région de Fès montrent que la majorité des paramètres analysés sont conformes à la norme marocaine relative à la qualité des eaux destinées à l'alimentation humaine (03.07.001). Sauf exception, dans les eaux de puits les teneurs de l'oxygène dissous sont inférieures à la valeur minimale admise par la norme en vigueur. Cette diminution serait principalement due à la profondeur de ce puits ainsi que la nature des terrains géologiques traversés.

Du point de vue bactériologique, les eaux étudiées présentent des taux très élevés en germes indicateurs de la contamination fécale. Avec une différence d'un point à un autre. Ceci constitue, sans doute, une menace sanitaire et des risques de maladies à transport hydrique pour les consommateurs de ces eaux.

Pour les eaux de puits, leur situation géographique dans une région rurale, où il y a des fosses septiques et des activités agricoles intenses, pourraient expliquer leur forte charge bactérienne que les eaux de la source. Notre étude prouve, donc, que les eaux étudiées sont vulnérables à la pollution d'origine anthropique.

Cette étude révèle aussi, la nécessité de la sensibilisation des populations avoisinantes par ces risques bactériologiques menaçants. La désinfection de ces eaux, par eau de javel ou ébullition, avant leurs consommations s'avèrent nécessaires pour éviter tout risque sanitaire lié à leur consommation. L'application des normes de protection des puits et des sources, tels que leur aménagement et le respect de la distance minimale de quinze mètres qui les éloigne aux latrines, avec des contrôles de qualité permanents sont nécessaires.

REFERENCES

- [1] R. Hajji Hour, J. Anissi, and M. El Hassouni, Rapid assessment of bacteria and Escherichia coli in different water's sources. International Journal of Innovation and Applied Studies. Vol. 16 No. 4 Jun. 2016, pp. 697-703. 2016.
- [2] M. Yasin, K. Tsige and K. Bacha. Physico-chemical and bacteriological quality of drinking water of different sources, Jimma zone, Southwest Ethiopia. BMC Research Notes 8:54. 2015.
- [3] M. Zamxaka, AG. Pironchev, NYO. Muyima. Microbiological and physicochemical assessment of the quality of domestic water sources in selected rural communities of the Eastern Cape Province, South Africa. Water SA.30:33–340. 2004
- [4] WHO. The World Health Report. Switzerland: World Health Organization; 2002.
- [5] A. Aitmelloul, O. Amahmid, L. Hassaniet K. Bouhoum. Health effect of human wastes use in agriculture in El Azzouzia (the wastewater spreading area of Marrakech city, Morocco) International Journal of Environment al Health Research 12: 17– 23. 2002.
- [6] Aka N, Bamba SB, Soro G, Soro N, 2013. Étude hydro chimique et microbiologique des nappes d'altérites sous climat tropical humide : Cas du département d'Abengourou (Sud-Est de la Cote d'Ivoire) Larhyss Journal, n°16, pp. 31-52.
- [7] Ministère de la Santé. Santé en chiffre. Direction de la planification et des ressources financières, www.santé.gov.ma. 2006.
- [8] Ministère de la Santé. Santé en chiffre. Direction de la planification et des ressources financières, www.santé.gov.ma. 2007.

- [9] Ministère de la Santé. Santé en chiffre. Direction de la planification et des ressources financières, www.santé.gov.ma. 2007.
- [10] J. Rodier, C. Baszin, J.P. Broutin, P. Chambon, H. Champsaur, et L. Rodi, Analyse physico-chimique des eaux naturelles. Analyse microbiologique des eaux In : Quilbé J.M (eds.), Analyse de l'eau: 'eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer'. Chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation de résultats. 8^{ème} édition. Dunod, Paris. 149,194, 189, 203, 205,752-753. 1996.
- [11] Bermond et Vuichard. Les paramètres de la qualité des eaux. Documentation Française, Paris, 179p. 1973.
- [12] Haut Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD). Etude diagnostique de la zone humide AL Massira-Faija, cercle d'EL Brouj et Cercle de Settat (Maroc), 242p. 2007.
- [13] M.L. Belghiti, A. Chahlaoui, D. Bengoumi, R. El Moustaine. Etude de la qualité physico-chimique et bacteriologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). Larhyss/Journal n° 14, Juin 2013. pp. 21-36. 2013.
- [14] Norme Marocaine 03.07.001. Qualité des eaux d'alimentation humaine. 2006.
- [15] OMS. Directives de qualité pour les eaux de boisson. Volume1-Recommandation. Organisation mondiale de la santé 2^e édition. 1994.
- [16] Samake H. Analyse physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001, 77p. 2002.
- [17] O.B. Yapo, M. Véronique, A. Seka. M.J.A. Ohou, F. Konan, V. Gouzile, A.S.Tidou, K.V. Kouame et P. Houenou. Evaluation de la qualité des eaux de puits à usage domestique dans les quartiers défavorisés de quatre communes d'Abidjan (Côte d'Ivoire) : Koumassi, Marcory, Port-Bouet et Treichville. Int. J. Biol. Chem. Sci. 4 (2): 289-307. 2010.
- [18] D. Zmirou, J.P. Ferley, JF. Collin, M. Charrel et J. Berlin. A follow-up study of gastro-intestinal diseases related to bacteriologically substandard drinking water. American journal of public health, 77:582-584. 1987.
- [19] C. Boutin. L'eau des nappes phréatiques superficielles, une richesse naturelle mais vulnérable. L'exemple des zones rurales du Maroc. Sciences de l'eau, 6(3) : 357-365. 1993.
- [20] Simmons G., V., Hope, G., Lewis, J., Whitmore et W., Gao, (2001). Contamination of potableroof-collected rain water in unckland, New Zealand. Water Research, 35:1518-1524.
- [21] SC. Edberg, EW. Rice, RJ. Karlinet MJ. Allen, *Escherchia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of Applied microbiology, 88: 106S-116S. 2000.

La décision de l'externalisation: Enjeux et risques d'une redéfinition des frontières entre entreprises

[Decision of outsourcing: Issues and Risks of a redefinition of the boundaries between companies]

Khalid MEFTAH and Imad EL HADAD

¹Laboratoire de recherche en management stratégique,
Université Mohammed V, Faculté des sciences juridiques, économiques et sociales,
Rabat, Maroc

²Laboratoire GECIAS, Equipe de recherche ESI,
Université Hassan II, Faculté des sciences juridiques, économiques et sociales,
Casablanca, Maroc

Copyright © 2017 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: Outsourcing isn't recent as managerial practice. However, this phenomenon of outsourcing has increased significantly in recent years. Two main factors have contributed to explain this development. First, the need to create more value for shareholders and customers, and secondly, the emergence of a market of specialized providers with skills to provide businesses with property and custom services.

The main objective of this article is to explain the phenomenon of outsourcing through the transaction cost theory and resource theory, highlighting the determinants and risks of this management practice.

The literature review shows that the search for flexibility, productivity gains, quality and focus on the heart of the trade are the major determinants of operations outsourcing. Moreover, the risks are mainly: loss of control, loss of quality, cost problem and the difficulties in the management of human resources.

KEYWORDS: Outsourcing; Strategic outsourcing, saving transaction costs, resources theory, flexibility.

RESUME: L'externalisation comme pratique managériale n'est pas nouvelle. Toutefois, ce phénomène de l'externalisation s'est sensiblement accru depuis quelques années. Deux principaux facteurs ont contribué à expliquer cette évolution. Premièrement, la nécessité de créer plus de la valeur pour les actionnaires et les clients, et deuxièmement, l'émergence d'un marché de prestataires spécialisés disposant de compétences leur permettant de fournir aux entreprises des biens et services sur mesure.

L'objectif de cet article, est d'expliquer le phénomène de l'externalisation à travers la théorie des coûts de transaction et la théorie des ressources, en mettant en exergue les déterminants ainsi que les risques de cette pratique managériale.

L'examen de la revue de littérature, montre que la recherche de la flexibilité, des gains de productivité, la qualité et le recentrage sur le cœur du métier sont les déterminants majeurs des opérations de l'externalisation. Par ailleurs, Les risques encourus sont principalement : la perte de contrôle, la perte de qualité, le problème de coûts, et les difficultés dans la gestion des ressources humaines.

MOTS-CLEFS: Externalisation, Externalisation stratégique, Economie des coûts de transaction, théorie des ressources, Flexibilité.

1 INTRODUCTION

Confrontées à un environnement complexe et en mouvement permanent dans lequel la réactivité et la flexibilité sont capitales, les entreprises recourent de plus en plus à l'externalisation. Cette tendance est motivée par les politiques de réduction de coûts, du recentrage sur le cœur du métier et de rationalisation des entreprises.

Réservée initialement à des fonctions à faible valeur ajoutée, l'externalisation a étendu son périmètre d'influence. Elle concerne désormais des fonctions stratégiques fortement créatrices de valeur ajoutée. Bien que cette pratique managériale procure des avantages importants pour les entreprises, elle ne reste pas une option sans risques.

Quels aspects distinguent-ils l'externalisation d'autres pratiques managériales ? quels sont les fondements théoriques de ce phénomène ? Et quels sont les principaux risques qui peuvent en résulter ?

Pour répondre à ces préoccupations, nous allons dans un axe introductif, définir l'externalisation en mettant en relief, les principaux traits qui la différencient d'autres pratiques managériales et organisationnelles. Dans un second axe, nous allons présenter les théories explicatives de l'externalisation. Enfin, nous en retraçons les principaux risques.

2 DÉFINITIONS ET ÉVOLUTION DE L'EXTERNALISATION

Cette section s'attache à définir la notion de l'externalisation et à retracer son évolution.

2.1 DÉFINITIONS DE L'EXTERNALISATION

La recherche sur le thème de l'externalisation, nous offre de nombreuses définitions de cette pratique managériale stratégique. Nous retenons ici, deux définitions, qui nous semblent descriptives et complémentaires.

D'après l'AFNOR (1995) « l'externalisation est un service défini comme le résultat de l'intégration d'un ensemble de services élémentaires, visant à confier à un prestataire spécialisé tout ou partie d'une fonction de l'entreprise "client" dans le cadre d'un contrat pluriannuel, à base forfaitaire, avec un niveau de service et une durée définis »

Plus simplement, l'externalisation, selon Barthélemy (2007), consiste à « confier une activité et son management à un fournisseur ou à un prestataire extérieur plutôt que de la réaliser en interne ».

Ces deux définitions, présentent l'intérêt de bien distinguer l'externalisation d'autres pratiques managériales et organisationnelles (sous-traitance, reengineering...). Toutefois trois traits essentiels caractérisent l'externalisation :

D'une part, l'activité externalisée doit obligatoirement avoir fait partie du portefeuille de l'entreprise pour prétendre pouvoir être externalisée (Barthélémy J, Donada C. 2007), en ce sens l'externalisation modifie de façon durable les frontières de la firme,

D'autre part, l'externalisation revêt la plupart du temps un aspect stratégique (Barthélemy T. 2010) en remettant en cause la configuration des ressources en vue d'accroître sa capacité à générer de la valeur. Enfin, selon Lacity et Hirshman (1993), une opération d'externalisation s'accompagne du transfert du personnel, et d'actifs matériels et immatériels indispensables au périmètre d'activité concernée par l'externalisation (Quelin B. 2007)

2.2 DE L'EXTERNALISATION CLASSIQUE A L'EXTERNALISATION STRATEGIQUE

L'analyse de Quelin (1997) permet d'approfondir le terme d'externalisation. Ainsi, l'auteur distingue deux types d'externalisation : « externalisation classique » et « externalisation stratégique ». L'externalisation classique concerne des activités pas ou peu créatrices de valeur (nettoyage, restauration, maintenance,...). Quant à l'externalisation stratégique, elle touche des fonctions importantes par leur taille et leur place dans le processus de création de valeur ajoutée. (Les achats, la logistique, la GRH, le SAV, ...). Et même parfois la recherche et développement (Dumoulin R, Martin A. 2003)

Estimation de la Fréquence actuelle de l'externalisation

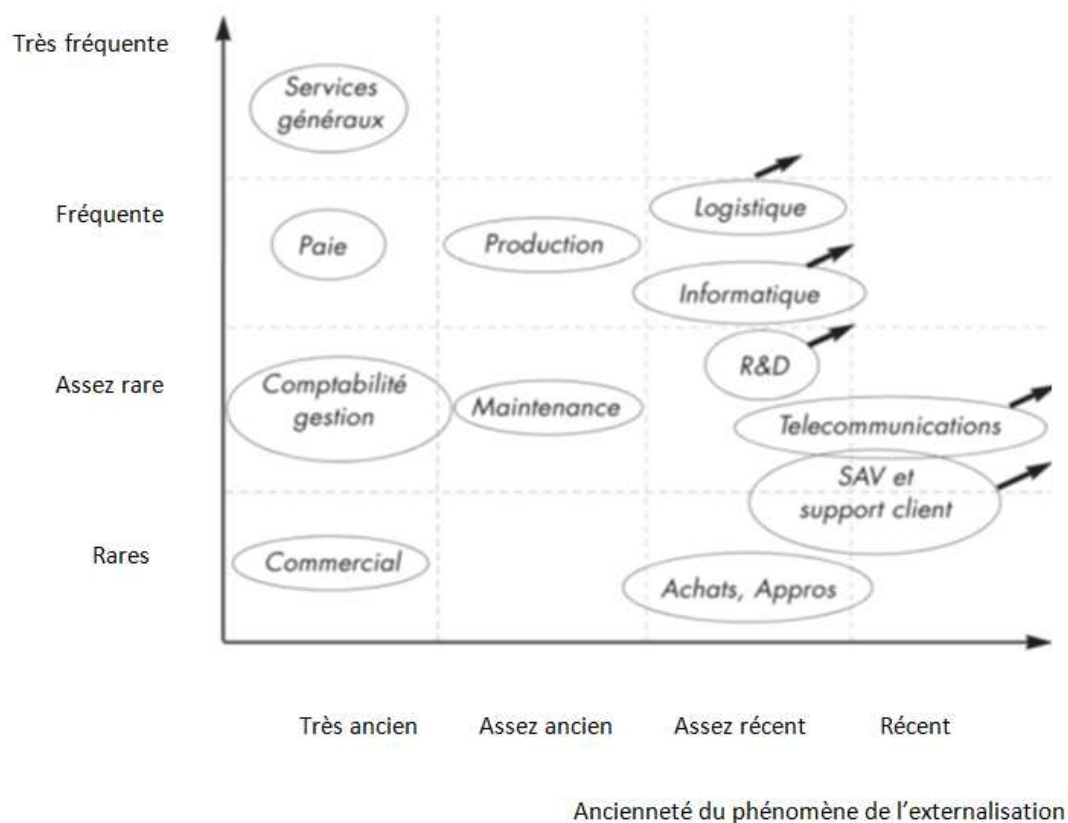


Fig. 1. Fréquence et ancienneté du phénomène de l'externalisation

Source : d'après Bassard consultants(1997)

Comme le montre le schéma ci-dessus, l'externalisation a étendu son périmètre d'influence. Elle concerne désormais des fonctions à forte valeur ajoutée.

3 LES FONDEMENTS THÉORIQUES DE L'EXTERNALISATION

Deux voies d'analyse sont privilégiées par les chercheurs en sciences de gestion, pour juger de pratiques qui relèvent, du choix d'un mode de gouvernance d'une fonction :

- La première est celle de Coase (1937), Williamson(1985) qui stipule qu'une entreprise choisira de faire elle-même (internalisation) ou de «faire-faire» par un tiers (externalisation), selon une analyse combinée des écarts de coûts de production et coûts de gouvernance entre la hiérarchie et le marché.
- La seconde est celle des ressources et compétences (Wernerfelt B.1984), qui part du postulat que les ressources des entreprises sont limitées, et à ce titre elles doivent être utilisées pour les activités à forte valeur ajoutée.

D'autres approches (théorie de l'agence, théorie de contingence,...) proposent également des voies d'analyse complémentaires (Coeurderoy R, Quélin B.1998). Il nous semble, cependant, que l'essentiel de l'argumentation tient dans ces deux approches dont nous reprenons les principaux arguments dans cette contribution.

3.1 ECONOMIE DES COÛTS DE TRANSACTION

Cherchant à appréhender la question d'externalisation, Williamson(1985) a proposé un modèle appelé théorie des coûts de transaction (TCT). Il indique qu'une entreprise choisit ou non d'externaliser une fonction, en procédant à un arbitrage entre deux types de coûts : coûts de coordination liés à la gestion de la fonction par l'entreprise elle-même, et les coûts de transaction liés au choix du marché (coûts de négociation et de rédaction de contrat, coûts d'engagement,...)

Or cet arbitrage est influencé par un ensemble de paramètres : le degré de spécificité des actifs, la fréquence des transactions et l'opportunisme possible du prestataire.

Ainsi, d'après Williamson(1985), il existe quatre types de spécificités d'actifs : la spécificité géographique, la spécificité de destination, spécificité d'actifs physique et la spécificité d'actifs humains. L'auteur indique que la spécificité des actifs est le principal déterminant de faire ou de faire-faire. En effet, l'entreprise qui externalise une activité reposant sur des actifs spécifiques est exposée à deux risques majeurs :

Lorsque le niveau de spécificité des actifs est élevé, il est difficile de réintégrer une activité externalisée ou de changer de prestataire. Ce dernier, en effet, pourra être tenté de se comporter de façon opportuniste en réduisant la qualité de sa prestation ou en augmentant ses tarifs (Barthélémy J, et Gonard.2003).

Pour obtenir des économies d'échelle significatives, le prestataire est contraint de mutualiser les ressources utilisées pour ses différents clients.

Outre la spécificité des actifs, et la fréquence de la transaction, un autre attribut de la TCT doit être pris en considération dans le cadre de la décision d'externalisation : il s'agit de l'opportunisme. Ainsi dans de nombreuses circonstances les contrats conclus entre les parties sont incomplets au sens où ils ne définissent pas de manière précise les obligations réciproques des parties dans les circonstances pertinentes pour la réalisation de la transaction (Brousseau E.1993)

3.2 LA THEORIE DE LA RESSOURCE ET DES COMPETENCES

Cette approche part du postulat qu'une «entreprise est une collection de ressources productives». Chaque entreprise étant dotée de ressources propres. Or celle-ci ne possède pas nécessairement toutes les ressources et les compétences (Brulhart Franck et al.2010). Pour pallier ce manque, trois possibilités s'offrent alors à elle :

- Développer ces ressources et compétences en interne (croissance organique)
- Racheter une entreprise qui dispose ces ressources et compétences (croissance externe)
- Recourir à l'externalisation.

L'externalisation est souvent un moyen rapide d'accéder à des ressources et des compétences dont on ne dispose pas en interne (Barthélemy J.2007). Toutefois les compétences permettront d'assurer la pérennité d'un avantage concurrentiel, et auront un aspect stratégique, si elles remplissent principalement les conditions suivantes : la rareté, la valeur, et l'immuabilité.

D'après la perspective fondée sur les ressources, l'externalisation est une décision stratégique qui peut être utilisée pour combler un vide entre les compétences souhaitées et les compétences réelles. En d'autres termes, l'externalisation serait un moyen permettant d'améliorer sa base de ressources et compétences sans avoir les développer en interne.

Actuellement, les entreprises cherchent à devenir plus compétitives sur leur (s) cœur (s) de métier. Ce recentrage permet de focaliser les ressources sur les compétences spécifiques, au travers d'opérations d'externalisation (Quellin B.2007).

4 LES PRINCIPAUX RISQUES LIES A L'EXTERNALISATION

L'externalisation ne présente pas que des avantages. Il faut veiller à ce que les avantages de l'externalisation (amélioration de la qualité, économie d'échelle, gains de productivité,...) ne conduisent pas à en sous-estimer les limites et les risques. Ainsi Quinn et Hilmer (1994) distinguent trois risques majeurs atténuant l'efficacité de la délégation : [1] l'entreprise perd de sa flexibilité stratégique dans l'introduction de nouvelles pratiques, puisque le changement dépend désormais du prestataire ; [2] l'entreprise est privée de l'interaction fonctionnelle des compétences entre le service externalisé et les autres départements ; [3] l'externalisation, entraînant l'abandon de l'autorité hiérarchique pour une gouvernance par le marché, ne permet pas à l'entreprise cliente d'assurer un contrôle direct sur les comportements potentiellement dysfonctionnels du prestataire (Bérenghère G, Caroline S.).

Le tableau suivant, résume les principaux risques liés à l'externalisation en cinq éléments.

Tableau 1. Les inconvénients de l'externalisation

Perte de contrôle	23%
Perte de qualité	15%
Problème de coûts	18%
Difficultés dans la gestion des ressources humaines	19%
Perte de savoir-faire et de compétences	15%

Source : Ernst & Young, Barometre Outsourcing 2005.

Comme l'indique le tableau, les risques liés l'externalisation sont de nature diverse :

La perte de contrôle : le problème qui se pose ici est celui de la sécurité et de la confidentialité des informations échangées.

La qualité : Ce type de risque est attaché aux compétences du prestataire. Il constitue un sujet d'inquiétude. La crainte provient du fait que le prestataire délivre un service qui ne correspond pas aux spécifications définies dans le contrat. Dans ce cas, le client subit un dommage, voire une perte.

Les coûts : Il s'agit ici d'éventuelles augmentations du prix lors des renégociations périodiques (Medan P, Gratacap A 2008). En ce sens, l'entreprise peut se sentir enfermée et prisonnière dans une relation bilatérale où il est difficile et coûteux de sortir rapidement.

La gestion des ressources humaines : Afin de coordonner les efforts, les décisions et les stratégies, des réunions régulières sont prévues avec le prestataire (Medan P, Gratacap A 2008). Parfois, une équipe de cadres est transférée temporairement chez le prestataire pour s'assurer que tout se passe comme prévu.

Perte de savoir faire : La question de la perte du savoir-faire est capitale pour les entreprises externalisatrices. Le transfert d'équipements spécifiques et d'une partie du personnel vers le prestataire implique une perte de compétences individuelles et organisationnelles. Le risque associé est que cette perte de compétences revête un caractère irréparable. Elle implique la perte d'informations et de connaissances opérationnelles au niveau de l'activité externalisée.

Outre les risques évoqués dans le tableau chiffré précédant, il existe d'autres risques tels que les risques de dépendance et de réduction du pouvoir de négociation (Medan P, Gratacap A 2008).

5 CONCLUSION

Le recentrage sur le cœur de métier, la baisse des coûts opérationnels et la flexibilité restent des critères déterminant dans le choix d'externaliser certaines activités de l'entreprise.

L'externalisation est aujourd'hui considérée comme un facteur important de flexibilité de compétitivité, et de meilleure réactivité pour répondre aux exigences de l'environnement. Cette stratégie n'a cessé de croître depuis les années quatre vingt et quatre vingt-dix. Elle concerne aussi bien les activités industrielles que les activités tertiaires. Toutefois, L'engouement actuel pour l'externalisation ne doit pas faire oublier l'existence de certains risques liés à cette pratique managériale.

REFERENCES

- [1] AFNOR, Association Française de Normalisation (1995), *Référentiel Infogérance*, devenu *Norme AFNOR Z.67 801-1 & 2*, Afnor
- [2] Barthélemy J., *Stratégies d'externalisation*, 3e édition, Paris, Dunod, 2007.
- [3] Barthélemy Jérôme et Donada Carole, « Décision et gestion de l'externalisation » Une approche intégrée, *Revue française de gestion*, 2007/8 n° 177, p. 101-111.
- [4] Barthélemy Jérôme et Gonard Thierry, « Quels déterminants pour les frontières de la firme ? », *Revue française de gestion*, 2003/2 no 143, p. 67-80.
- [5] Bérengère GOSSE Caroline SARGIS-ROUSSEL., Les changements organisationnels liés aux stratégies d'externalisation: le cas d'une entreprise industrielle. *Université de Valenciennes*
- [6] Berthet Thierry, « Externalisation et gouvernance territoriale des politiques actives de l'emploi », *Revue Française de Socio-Économie*, 2010/2 n° 6, p. 131-148.

- [7] Brulhart Franck et. Gilles Guieu, Lionel Maltese, Frederic Prevot. « Théorie des ressources » Débats théoriques et applicabilités, *Revue française de gestion*, 2010/5 n° 204, p. 83-86.
- [8] Coase R.H (1937) The Nature of the Firm, *Economica*, New Series, Volume 4, Issue 16, p 386-405.
- [9] Dumoulin Régis et Martin Aude, « L'externalisation de la R&D : une approche exploratoire », *Revue française de gestion*, 2003/2 no 143, p. 55-66.
- [10] E. Brousseau, *L'économie des contrats*, P.U.F., Paris, 1993.
- [11] Ernst & Young (2005), Le baromètre Outsourcing 2005: Pratiques et tendances du marché de l'externalisation en France. <http://solexusa.com/Outsourcing-Externalisation.pdf>
- [12] Lacity M.C. et Hirschheim R. (1993), « The Information Systems Outsourcing Bandwagon », *Sloan Management Review*, Autumn, p. 73-86.
- [13] Medan Pierre et Gratacap Anne, « Logistique et Supply chain management », *Dunod*, Paris, 2008
- [14] Quélin Bertrand, « Externalisation stratégique et partenariat : de la firme patrimoniale à la firme contractuelle ? », *Revue française de gestion*, 2003/2 no 143, p. 13-26.
- [15] Quélin Bertrand, « L'externalisation : de l'opérationnel au stratégique », *Revue française de gestion*, 2007/8 n° 177, p. 113-128.
- [16] Quinn J.B. et Hilmer F.G. (1994), « Strategic Outsourcing », *Sloan Management Review*, Summer, Pages 43-55
- [17] R. Coeurderoy et B. Quélin, « L'économie des coûts de transaction : un bilan des études empiriques sur l'intégration verticale », *Revue d'Économie Politique*, vol. 107, n° 2, 1997, p. 145-18.
- [18] Wernerfelt B. (1984) "A resource-based view of the firm", *Strategic Management Journal*, vol. 5, , p. 171-180.
- [19] Williamson O.E. (1985), *The Economic Institutions of Capitalism*, The Free Press, New York.

Contribution de l'aménagement des bas-fonds à la production rizicole dans la Commune de Boukoubé (Nord-Ouest du Bénin)

[Contribution of the installation of the underworld to the rice production in the Commune of Boukoubé (North-Western of Benin)]

Frédéric M. KOMBIENI, Ansèque GOMEZ COAMI, Isidore YOLOU, and Natta Prospère NATTA

Département de Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT),
Université de Parakou, BP. 123 Parakou, Bénin

Copyright © 2017 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: Agriculture is the base of the economic growth of Benin. So the improvement of the outputs became a permanent concern of all the actors of the agricultural sector. Present research aims at studying the contribution of the installation of the underworld to the productivity of rice in the Commune of Boukoubé. The adopted methodological approach is articulated around the document retrieval, the investigations of ground, the processing the data and the analysis of the results. The use of the Active Method of Participative Research (MARP) made it possible to collect information near the targeted made up actors of 50 producers, 20 persons in charge of groupings and 05 agents of rural framing. It arises from the study that the Commune of Boukoubé has 67 underworld with a total surface area of 2106 ha whose 12 sites are arranged corresponding to a surface of 320 ha. The average outputs obtained for the two varieties are approximately 2.9380 t/ha on the level of the arranged underworld and 1.3073 t/ha for the non made-up underworld. The installation of the underworld thus represents a strategic axis for the increase in the especially rice agricultural productivity in the sector of study.

KEYWORDS: Agricultural hydro installation, output, rice, Boukoubé (Benin).

RESUME: L'agriculture est la base de la croissance économique du Bénin. De ce fait, l'amélioration des rendements est devenue une préoccupation permanente de tous les acteurs du secteur agricole. La présente recherche vise à étudier l'apport de l'aménagement des bas-fonds à la productivité du riz dans la Commune de Boukoubé. L'approche méthodologique adoptée s'articule autour de la recherche documentaire, les enquêtes de terrain, le traitement des données et l'analyse des résultats. L'utilisation de la Méthode Active de Recherche Participative (MARP) a permis de collecter des informations auprès des acteurs ciblés constitués de 50 producteurs, 20 responsables de groupements et 05 agents d'encadrement rural. Il ressort de l'étude que la Commune de Boukoubé dispose de 67 bas-fonds avec une superficie totale de 2106 ha dont 12 sites sont aménagés correspondant à une superficie de 320 ha. Les rendements moyens obtenus pour les deux variétés sont d'environ 2,9380 t/ha au niveau des bas-fonds aménagés et 1,3073 t/ha pour les bas-fonds non aménagés. L'aménagement des bas-fonds représente donc un axe stratégique pour l'accroissement de la productivité agricole surtout rizicole dans le secteur d'étude.

MOTS-CLEFS: Aménagement hydro agricole, rendement, riz, Boukoubé (Bénin).

1 INTRODUCTION

Le développement de l'agriculture dans les pays du Tiers-Monde dépend pour la plupart des techniques de production. Il est également tributaire des conditions climatiques en général et de la pluviométrie en particulier [1]. La gestion traditionnelle des terres par la culture itinérante sur brulis et principalement la non maîtrise des techniques de conservation des sols et la gestion de l'eau conduisent à la dégradation de la plupart des terres avec pour corollaire une baisse de la fertilité des sols et des rendements de plus en plus faibles [2].

Ainsi, selon [3], la sous-alimentation constitue le problème majeur auquel sont confrontées les populations des pays en voie de développement. Les causes en sont multiples : croissance démographique, déficit des ressources en eau, changement climatique, dégradation des sols. Or, c'est avant tout par l'agriculture que l'essentiel des besoins alimentaires accrus ces dernières années peut être satisfait. Au Bénin, l'analyse de la situation montre que les disponibilités alimentaires résultent des productions nationales mais également des importations. Ces importations concernent majoritairement le riz et les produits d'origine animale tels que le poisson, les œufs, la viande.

Pour briser ce cercle vicieux de dépendance de l'extérieur et favoriser la croissance économique, il serait donc nécessaire d'éliminer la faim de façon durable en assurant un développement rapide du secteur agricole. Selon [4], la lutte contre la pauvreté avec ses conséquences sur le continent passe nécessairement par la sécurisation de la production agricole, l'accroissement de la productivité et de la compétitivité du secteur afin de générer des revenus stables et comparables à ceux de l'industrie et du commerce. Cet accroissement de la productivité ne peut se faire sans l'utilisation des technologies appropriées, adaptées aux réalités socioéconomiques de chaque terroir. C'est dans cette perspective de sécurisation de la production agricole que le Bénin, avec l'aide de ses partenaires au développement, s'est lancé depuis plus de deux décennies dans la promotion des aménagements de bas-fonds au profit de la riziculture, notamment dans la partie septentrionale du Bénin incluant ce secteur d'étude.

L'accent pour un rendement optimal a été mis sur les bas-fonds qui sont des milieux complexes présentant des spécificités agro-écologiques. Par conséquent, il est nécessaire pour contribuer à cette volonté d'appuyer les producteurs qu'une étude soit réalisée sur l'incidence de l'aménagement des bas-fonds sur la production du riz.

La Commune de Boukoubé, concernée par la recherche, est située à l'Ouest du département de l'Atacora entre 10° et 10°40' de latitude nord et 0°05' et 1°50' de longitude est. D'une superficie de 1036 km², elle occupe 5,05 % de la superficie de l'Atacora et environ 1 % du territoire national. Elle est limitée au Nord-Est par la Commune de Tanguieta, au Nord-Ouest par la Commune de Coby, au Sud et Sud-Ouest par la République du Togo et à l'Est par les Communes de Natitingou et de Toukountoua. Elle compte 71 villages regroupés en sept (07) arrondissements que sont : Koussoucoingou, Boukoubé, Korontière, Dipoli, Natta, Manta et Tabota. La figure1 présente la situation géographique du secteur d'étude.

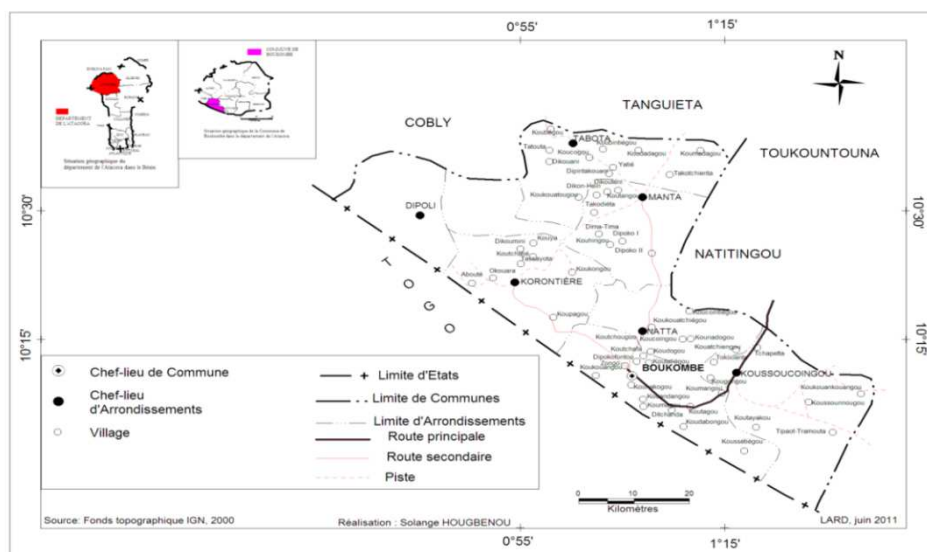


Fig. 1. Situation géographique de la Commune de Boukoubé

2 MATERIELS ET METHODES

La démarche méthodologique utilisée concerne la collecte, le traitement des données et l'analyse des résultats.

2.1 MATERIELS

Les matériels de collecte des données utilisées sont constitués essentiellement de fiches d'enquête, de guides d'observation, de cartes topographiques et géologiques à l'échelle de 1/200 000, d'un GPS (Global Positioning System) Garmin et d'un appareil photographique pour la prise des vues instantanées.

2.2 COLLECTE DES DONNEES

Elle s'est basée sur la recherche documentaire et les enquêtes de terrain.

La recherche documentaire a consisté à identifier, à recenser et à parcourir les ouvrages en rapport avec le sujet à travers différents centres de documentation et bibliothèque. Elle a été complétée par des statistiques agricoles obtenues au Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche et sur place dans la commune, les données démographiques de l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique, des relevés climatologiques de l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne pour l'Afrique et le Madagascar, des supports planimétriques de l'Institut Géographique National du Bénin. A ceci s'ajoute l'usage de l'Internet à travers les sites appropriés permettant de consulter des ouvrages et travaux généraux relatifs au sujet.

La phase des enquêtes de terrain a permis la collecte des données complémentaires relatives à l'inventaire et l'identification des sites des bas-fonds, aux types d'aménagements effectués et au rendement de la production du riz. Ainsi, un échantillon d'enquête constitué 50 producteurs, 20 responsables de groupements et 05 agents des services d'encadrement agricole a été déterminé. La technique d'échantillonnage utilisée repose sur un choix raisonné. A cet effet, le choix des groupes cibles est basé sur les critères suivants :

- être producteur du riz de bas-fond ;
- appartenir aux groupements villageois de production de riz dans la commune ;
- être élu local ou agent d'encadrement agricole ;
- avoir une bonne connaissance du secteur.

Ces critères sont cumulatifs ou non. La technique d'enquête utilisée au sein des groupements et producteurs s'est appuyée sur la Méthode Active de Recherche Participative (MARP) pour ce qui concerne les enquêtes socio-économiques.

2.3 TRAITEMENT DES DONNEES

Le traitement des informations recueillies repose sur le dépouillement manuel du questionnaire, des guides d'entretien et les résultats intégrés à l'ordinateur. Les logiciels utilisés pour le traitement informatique sont Word pour le traitement des textes, Arc View 3.2 pour la réalisation des cartes, Map Source pour le traitement des coordonnées géographiques et le tableur Excel a permis la réalisation des figures.

Les traitements cartographiques et statistiques ont permis de rendre plus expressives les idées exprimées à travers les textes.

Ces matériels et méthodes ont permis d'aboutir aux résultats ci-dessous présentés.

3 RESULTATS

3.1 CONDITIONS NATURELLES ET CULTURE DU RIZ A BOUKOUMBE

La Commune de Boukoumbé présente un relief accidenté marqué au Nord-Est par la chaîne de l'Atacora. La partie centrale du territoire communal est dominée par une plaine surmontée d'affleurements rocheux par endroits dont les successions donnent lieu à des paysages vallonnés. La zone Ouest est caractérisée par une plaine d'inondation avec des pentes douces et des bas-fonds qui favorisent la production du riz.

Le régime climatique est de type atacorien (influence de la chaîne de l'Atacora) à une saison de pluie (5 à 6 mois) et une saison sèche (7 à 6 mois). Les précipitations depuis une décennie varient entre 779,17 mm et 1469,52 mm. Avec des périodes

d'alternance de pluviométrie, d'harmattan et la période de la chaleur, la température à Boukoubé oscille respectivement entre 18°C, 25°C et 33°C avec une moyenne annuelle de 25°C. Ce climat est favorable à l'installation humaine et à la pratique des activités agricoles [1].

Le réseau hydrographique est très dense et constitué de trois principales rivières : Koumagou, Koupokou et Kouniti. L'ensemble des points d'eau de surface a un régime temporaire caractérisé par des crues violentes d'août à septembre. La quantité d'eau de pluie qui tombe dans la Commune de Boukoubé annuellement, permet de disposer des cours d'eau qui gardent par endroit de l'eau jusqu'à la nouvelle saison des pluies.

Sur le plan pédologique, les sols sont de types ferrugineux tropicaux lessivés regroupant les sols minéraux bruts (profondeur inférieure à 10 cm) qui occupent les crêtes des montagnes et les affleurements rocheux ; les sols peu évolués (profondeur de 10 à 30 cm) sur les mi-versants et sur les collines ; les sols ferrugineux tropicaux lessivés (profondeur de 30 à 100 cm) sur les bas-versants ; les sols hydromorphes (40 à 100 cm) des bas-fonds. Tous ces sols sont appropriés aux aménagements rizicoles. Ces sols se caractérisent par leur faible teneur en matière organique, une texture sableuse à sablo-limoneuse établis sur des versants accidentés les exposant à une forte érosion. Mais la présence de nombreux bas-fonds jouxtant ces pentes joue le rôle d'accumulation des matières lessivées qui constituent un atout pour la production agricole, surtout du riz.

La végétation du secteur d'étude a subi de profondes modifications sous l'action anthropique. La pression démographique agit négativement sur le couvert végétal et diminue sa superficie. Ces modifications ont abouti à la disparition des formations végétales naturelles. La végétation est composée de la savane boisée et de quelques forêts naturelles en voie de disparition. Le couvert végétal est dominé par les mosaïques de cultures et de jachères laissant un paysage très ouvert et dénudé par endroit où ne subsistent que quelques rares bosquets sacrés et galeries forestières. Les espèces ligneuses arborées sont principalement *Anogeissus leicarpus*, *Isobertia doka*, *Diospyros mespiliformis*, *Kaya senegalensis*, *Azizelia africana*.

Selon le troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitation de 2002, la population de Boukoubé est estimée à 60 568 habitants dont 51,26 % de femmes et 48,74 % soit un accroissement annuel de 3,617%. Cette population est répartie dans 71 villages regroupés en 7 arrondissements et composée de 10 737 ménages [5]. Le groupe socio-culturel Otammari est majoritaire et représente 92,4 % de la population. Les autres groupes représentent 7,6 % et se composent de Lamba, Gangamba, Bèberbè, Djerma, Peuhls, Fon, Adja, Bariba, Dendi, Yoruba, Cotocoli. La religion traditionnelle est dominante dans la commune et occupe 92,8 % de la population. Après viennent le catholicisme (3,9 %), l'islam (1,7 %), les protestants et autres chrétiens (1,4 %).

Par ailleurs, l'économie de la Commune de Boukoubé repose sur l'agriculture. Elle est la principale source de revenu de la plupart des ménages. Les terres disponibles sont rocheuses, pauvres et difficiles à cultiver aussi bien sur les pentes que dans les vallées. L'agriculture, de type extensif, est caractérisée par des rendements cultureux faibles, tributaires des aléas climatiques et de la faible utilisation des techniques modernes de production. Les principales cultures sont le riz, le fonio, le sorgho, le mil, le maïs, le coton, le voandzou, l'arachide, le niébé et l'igname. A Boukoubé, l'élevage occupe la seconde position après la production végétale. Il est pratiqué de façon traditionnelle et extensive dans tous les arrondissements. Il concerne surtout la volaille, les ovins, les porcins et les bovins. La pêche n'est pas développée dans la commune bien que des potentialités existent. Elle est pratiquée traditionnellement au niveau des cours d'eau. La chasse concerne les espèces animales de la catégorie de petits gibiers comme le francolin, le lièvre, les rats. Il est rencontré parfois des animaux comme l'aulacode, la biche et d'autres espèces qui proviennent des montagnes et des réserves forestières du Togo.

En gros, l'avènement de l'aménagement des bas-fonds vient améliorer les conditions naturelles pour la production du riz dans le secteur d'étude.

3.2 CARACTERISTIQUES DES BAS-FONDS

La Commune de Boukoubé, de par son relief, est caractérisée par la présence de plusieurs bas-fonds qui favorisent, grâce à leur bonne fertilité, le développement de la culture de riz, du manioc, de l'igname et d'autres cultures. Ces bas-fonds présentent des caractéristiques variées et sont parfois exploités anarchiquement ou sous-exploités. Ils sont généralement marqués par des formes plates et des formes concaves, n'entraînant aucune difficulté pour son exploitation. Comme indiqués ci-haut, ses sols sont de type argilo-limoneux, argilo-sableux ou limono-sableux très riches en éléments fertilisants grâce aux apports alluvionnaires.

L'intérêt pour ces bas-fonds s'est manifesté dans les années 90 par l'Etat et les partenaires au développement à travers les projets comme Projet d'Appui à la Sécurité Alimentaire dans les départements de l'Atacora et de la Donga, Projet d'Appui au Diversification Agricole, Fonds d'Investissement pour la Promotion de l'Agriculture, Facilité d'Appui aux Filières Agricoles, Projet d'Appui à la Filière Riz. Ainsi, douze bas-fonds ont été identifiés et ont fait l'objet d'aménagement pour la production du riz. La superficie des bas-fonds aménagés est de 320 ha contre une superficie estimée à environ 1790 ha non encore aménagée.

Les bas-fonds pris en compte dans le cadre de cette recherche sont présentés par la figure 2.

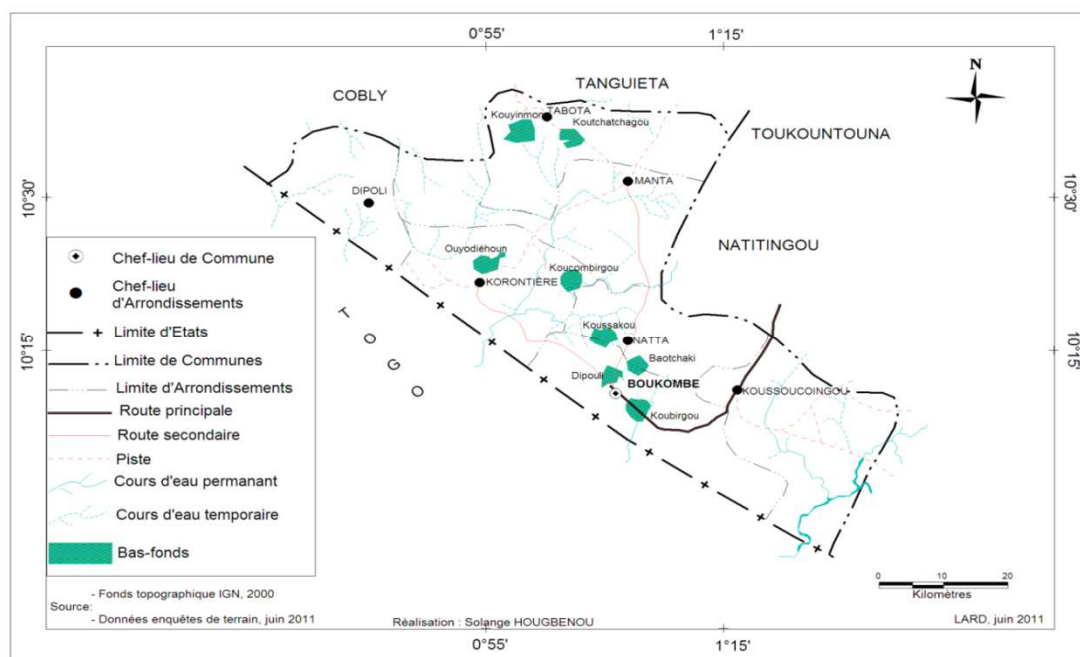


Fig. 2. Localisation des bas-fonds étudiés dans la Commune de Boukoubé

Source : Résultats d'analyse des données d'enquête de terrain, octobre 2015

La figure 2 présente les huit bas-fonds objet de l'étude. Il s'agit de ceux de Koubirgou dans l'arrondissement de Kounadougou, Dipouli à Koussétiégou, Ouyodiéhou à Tassayota, Koucombirgou à Koucongou, Baotchaki à Kounacogou, Koucoua à Koussagou, Koutchachagou à Koucôgou et Kouyinnon à Tatouta. L'analyse de cette figure permet de déduire que ce sont des bas-fonds situés à proximité des agglomérations humaines qui sont priorisés pour l'aménagement. Cela permet la facilité d'accès aux sites d'exploitation à toutes les couches de la population et aussi de rentabiliser la production.

3.3 TYPES D'AMENAGEMENT DES BAS-FONDS

Il existe divers types d'aménagement hydro agricoles en fonction des conditions du milieu. Selon [6], les aménagements proposés constituent des solutions techniques répandues et éprouvées permettant de prendre en compte la diversité du milieu. Ils peuvent être des diguettes en courbe de niveau, des diguettes déversantes simples sans courbes de niveau, des diguettes en courbes de niveau avec déversoirs centraux ou latéraux, des diguettes déversantes sans masque d'étanchéité, des diguettes déversantes avec masque d'étanchéité et des ouvrages de diversion pour l'épandage des crues et pour le soutien de la nappe.

Les types d'aménagement des bas-fonds les plus rencontrés dans la Commune de Boukoubé sont les diguettes construites en courbes de niveau et les diguettes déversantes simples en courbes de niveau. Ces diguettes sont munies d'ouvrages de vidange doublés de diguettes de cloisonnement le tout formant des casiers rizicoles ou clos. Les modèles de diguettes rencontrés sur le terrain sont ci-dessous présentés.

3.3.1 DIGUETTES DE RETENTION OU DIGUETTES PRINCIPALES

Les diguettes de rétention encore appelées diguettes principales sont installées perpendiculairement aux versants de la vallée et ont pour rôle de capter les eaux de ruissellement de manière à créer de petites retenues d'eau. Elles permettent, en effet, l'infiltration de l'eau et sa répartition de façon diffuse. Les diguettes en ralentissant la vitesse de l'eau empêchent ainsi la formation des ravinements et émoussent l'érosion du sol. La photo représente les diguettes principales construites à l'aide des pierres sèches ou moellons.



Photo 1 : Diguettes principales avec pierres sèches à Koubirgou

Prise de vue : NATTA, juin 2015

Les photos 1 et 2 illustrent des diguettes installées à l'aide des moellons pour l'aménagement des bas-fonds sur les sites de Koubirgou. Les pierres sont alignées de façon à canaliser le mouvement de l'eau et d'éviter sa déperdition. Ces diguettes ont une hauteur variant entre 50 à 100 centimètres de hauteur avec une base large de plus d'un mètre.

3.3.2 DIGUETTES INTERMEDIAIRES

Les diguettes intermédiaires ont une forme identique aux diguette principales. Elles sont présentées par la photo 3.



Photo 3: Diguettes intermédiaires sous formes de casiers rizicoles à Baotchaki

Prise de vue : NATTA, mai 2015

La photo 3 présente des diguettes intermédiaires organisant la superficie exploitée du bas-fond en casiers rizicoles. Ce sont des diguettes qui viennent suppléer les diguettes principales en vue d'améliorer l'étalement de la lame d'eau au niveau du talweg ou sur les pentes douces des versants. Elles ont presque les mêmes caractéristiques que les premières mais d'emprise moins importante et facilitent le planage à l'intérieur des clos ou casiers. Elles peuvent épouser ou non la même orientation que les diguettes principales. Elles donnent l'allure d'un damier.

3.3.3 DIGUE D'AMORTISSEMENT DE CRUE

C'est un ouvrage hydro agricole de hauteur maximale d'un mètre installée en tête de l'aménagement de manière à amortir la crue créant ainsi une retenue d'eau qui est mise en utilisation dès que le besoin se fait sentir au niveau des cultures. La digue est munie de batardeau et d'ouvrages d'alimentation afin de récupérer les faibles écoulements d'eau au profit des cultures. Pendant la période de crue, les batardeaux sont enlevés pour permettre l'évacuation des crues.

3.3.4 VANNES DE VIDANGE

Ce sont des vannettes dont le tablier est en bois dur, de dimensions variables tenant compte du débit d'eau à évacuer (photo 4).



Photo 4 : Vanne de vidange ouverte

Prise de vue : NATTA, Juin 2013

La photo 4 illustre un cas d'aménagement muni de vannettes. Elles sont incrustées dans les supports en béton ayant une rainure large et profonde. Tous ces aménagements impactent la production du riz dans le secteur d'étude.

3.4 INCIDENCE DE L'AMENAGEMENT DES BAS-FONDS SUR LA PRODUCTION DU RIZ DANS LA COMMUNE DE BOUKOUMBE

Pour apprécier les effets induits par l'aménagement des bas-fonds dans la Commune de Boukoubé, une étude comparative a été faite entre les rendements du riz des producteurs dont les parcelles ont été aménagées à ceux des producteurs dont les parcelles n'ont pas connu d'aménagement. Les variétés de riz utilisées pour les comparaisons des rendements sont le BERIS-21 et le BL-19, tous de variétés à cycle court (2 à 3 mois environ) et à hauts rendements. Les cultures et les récoltes ont été faites dans la même période et sur des parcelles de superficies plus égales. Le tableau I présente les rendements sur les différentes parcelles.

Tableau 1 : Rendements sur les parcelles aménagées et non aménagées

Variétés de riz	Parcelle non aménagée	Parcelle aménagée	Ecart de rendement
BERIS-21	1,300 à 1,800 t/ha	2,900 à 5,500 t/ha	1,600 à 3,700 t/ha
BL-19	0,900 à 1,700 t/ha	2,5 à 5,900 t/ha	1,600 à 4,200 t/ha

Source : Travaux de terrain et SADC Boukoubé, 2013.

Du tableau I, il ressort que les rendements sont plus élevés sur les parcelles aménagées pour les deux variétés de riz. Pour la variété BERI-21, l'écart entre le rendement de la parcelle de riz aménagée et celle non aménagée varie entre 1,600 à 3,700 t/ha. Cette différence est de 1,600 à 4,200 t/ha pour la variété BL-19. Les rendements moyens obtenus pour les deux variétés sont estimés à 2,9380 t/ha au niveau des bas-fonds aménagés et à 1,3073 t/ha pour les bas-fonds non aménagés, soit plus du double. Il s'en déduit que l'aménagement des bas-fonds apporte une plus value très importante à l'amélioration des rendements agricoles dans la Commune de Boukoubé.

Cette augmentation de rendement se justifie par la maîtrise partielle de l'eau et sa distribution sur la surface cultivée. En dehors des nouvelles conditions hydriques, il y a aussi des adaptations des itinéraires techniques de la part des riziculteurs. Ainsi, lorsqu'un aménagement est fonctionnel et qu'on applique les techniques culturales améliorées (semis en ligne, respect de la densité des plants, gestion de l'eau dans les casiers, l'utilisation d'intrants, etc.), on arrive dans la majorité des cas à minimiser l'influence des aléas climatiques sur les résultats. L'intérêt de l'aménagement de bas-fonds tient au maintien d'une lame d'eau sur l'ensemble du bas-fond et à la régulation des inondations par les casiers rizicoles et favorise la gestion des adventices. Alors que ce n'est pas le cas dans les bas-fonds non aménagés.

Dans la perspective de l'amélioration de la productivité du riz dans la Commune de Boukoubé, il importe de faire l'inventaire des bas-fonds, d'identifier les contraintes liées à leur aménagement et à mettre en œuvre des actions concrètes pour le développement de la filière riz. Pour y parvenir, une bonne politique agricole s'avère indispensable avec la participation des bénéficiaires et pour leurs intérêts.

4 DISCUSSION

Les zones humides comme les bas-fonds, les vallées ont des fonctions écologiques vitales. Elles assurent la régénération des régimes hydrographiques et abritent une très grande diversité biologique. Grâce aux atouts qu'ils offrent, les rendements de la culture du riz des superficies aménagées ont presque doublé ceux des parcelles non aménagées. Ces résultats confirment ceux obtenus par [7] qui déclarent que les bas-fonds ont une valeur économique, culturelle, scientifique et récréative, d'immenses richesses à exploiter et dans le même temps s'efforcer de préserver.

Pour [8], les bas-fonds sont des pivots d'une intensification agricole en Afrique tropicale humide. Ils sont généralement des zones humides, souvent considérés comme des milieux fertiles qui peuvent après un aménagement judicieux, porter des cultures permanentes et intensives. Selon les mêmes auteurs, les bas-fonds en Afrique et au Bénin sont généralement peu cultivés, certains voient en eux une réponse à la pression foncière croissante sur les terres pluviales, une contribution à la production de surplus alimentaire pour le marché, voire un moyen de sédentariser les agriculteurs pratiquant l'abattis brûlis. Dans ce même ordre d'idée, [9] a montré qu'à Faranah les paysans ayant aménagé leurs bas-fonds ont produit plus de riz de bas-fonds et ont étendu leurs cultures de rente de coteau grâce aux surfaces et au temps dégagé.

Selon [10], l'aménagement va en général de pair avec un changement de système de culture (maîtrise de l'eau, passage au repiquage, voire apparition d'une double culture de maraîchage). Les gains de rendement après aménagement mesurent donc un effet global, résultant à la fois des nouvelles conditions hydriques et des adaptations des itinéraires techniques, qui sont eux-mêmes la réponse des paysans, en fonction de leurs logiques économiques, à ces nouvelles conditions hydriques.

D'après les résultats de son étude, les rendements de riz dans les bas-fonds aménagés sont supérieurs à ceux des bas-fonds n'ayant pas bénéficié d'un aménagement hydro agricole [11].

Pour [12], le riz de bas-fonds, en Afrique de l'Ouest, est cultivé dans des systèmes de production qui peuvent être différenciés à la fois par la zone agro-écologique, le niveau de maîtrise de l'eau et l'objectif de production. Une forte variabilité des rendements est un dénominateur commun à tous ces systèmes [13], [14].

Du point de vue économique, l'aménagement des bas-fonds peut être adopté par les gouvernants pour assurer l'autosuffisance alimentaire, engendrer des revenus substantiels et lutter contre la pauvreté. Pour [5], aménager un bas-fond, c'est investir du travail et/ou du capital dans la terre, pour transformer durablement le milieu. Pour lui, un tel investissement doit donc se rentabiliser, par des gains accrus, par des économies de travail se reportant sur d'autres cultures.

5 CONCLUSION

Au terme de cette étude, il convient de retenir que l'aménagement des bas-fonds contribue à l'accroissement des rendements de riz dans la Commune de Boukoubé. Cet accroissement de la récolte se justifie par la mise en place des

infrastructures constituées de diguettes, de digues et des vannettes dont l'agencement favorise la maîtrise de l'eau dans ces milieux.

A ce jour, sur une superficie totale des bas-fonds évaluée à 2106 ha, 320 ha ont été impactés. Il est donc nécessaire que la politique agricole dans le pays penche sur les aménagements des terres cultivables en l'occurrence des bas-fonds pour la production de riz en vue d'une meilleure rentabilité et de l'autosuffisance alimentaire.

REFERENCES

- [1] S. K. F. N'tcha, Impacts socio-économique et environnemental de la production agricole dans la Commune de Boukoubé, mémoire de maîtrise, Université d'Abomey-Calavi, 151p, 2004.
- [2] A. C. Djihinto, Contribution à l'amélioration des systèmes d'aménagement et de mise en valeur des bas-fonds de Tchakalakou et Kabakoudengou dans le département de l'Atacora, thèse d'Ingénieur Agronome, Université Nationale du Bénin, Abomey-Calavi, 152 p, 1997.
- [3] S. Hougbenou, Aménagement hydro agricole des bas-fonds et production de riz dans la commune de Boukoubé au Bénin, mémoire de thèse d'Ingénieur Agronome, Université d'Abomey-Cavi, 88 p, 2011.
- [4] Protos, Appui à la maîtrise et à la gestion des aménagements et les ressources en eau, 158 p, 2012.
- [5] INSAE, Recensement général de la population et de l'habitation 3 Atlas monographique, Cotonou, Bénin, 272 p, 2002.
- [6] C. Hounkpétin, Contribution à la mise en valeur du bas-fond d'OKEITA dans la Commune de Pobè (Département du Plateau), mémoire de thèse d'Ingénieur Agronome, Université d'Abomey-Calavi, 134 p, 2003.
- [7] DGR/CBF, Inventaire et mise en valeur des bas-fonds au Bénin, Cotonou, 70 p, 2002.
- [8] Delville et Boucher, *Les bas-fonds en Afrique tropicale humide : Guide de diagnostic et d'intervention*, CF, CTA, GRET, Dijon, France, 415 p, 1996.
- [9] S. Berton, La maîtrise des crues dans les bas-fonds. Petits et micro-barrages en Afrique de l'Ouest, Dossier n° 12 CF/GRET/ACCT, 474 p, 1988.
- [10] CeCPA-Boukoubé, Rapport d'évaluation des rendements de la culture de riz sous Supervision de l'ONG Alpha & Oméga Environnement prestataire de service du ProCGRN dans la Commune de Boukoubé au Bénin, Boukoubé, 16 p, 2007.
- [11] S. Hougbenou, Aménagement hydro agricole des bas-fonds et production de riz dans la commune de Boukoubé au Bénin, mémoire de thèse d'Ingénieur Agronome, Université d'Abomey-Calavi, 88 p, 2011.
- [12] A. Touré, Approche diagnostique des interventions culturales dans les bas-fonds rizicoles de la Côte d'Ivoire, Agronomie Africaine Association of Crop Science, Uganda, 2009.
- [13] ProCGRN-Boukoubé, Rapport de fin de phase GTZ Mai 2005 à Juin 2007, Cotonou, 98p, 2007.
- [14] M. Raunet, Bas-fonds et riziculture, Actes du séminaire de Tananarive, ACCT/CIRAD/ORSTOM/FOFIFA, 1993.

Analyse floristique et phytogéographique de la végétation du littoral et sublittoral dans le Kouilou (République du Congo)

[Floristic and phytogeographical analysis of coastal and subcoastal vegetation in the Kouilou Department (Republic of Congo)]

Edmond Sylvestre Miabangana¹⁻³, Gilbert Nsongola¹, Ben Urban²⁻⁵, Margaretha van Rooyen², Noel Van Rooyen², and Jérôme Gaugris²⁻⁴

¹Herbier National du Congo, Institut National de Recherche en Sciences Exactes et Naturelles (IRSEN) B.P. 2400-Brazzaville, Republic of the Congo

²FLORA FAUNA and MAN, Ecological Services Ltd., Tortola, British Virgin Islands

³Laboratoire de Systémique, Biodiversité et Conservation de la Nature, Département des Sciences et Génie de l'Environnement, Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa, B.P 190 Kinshasa XI, RD Congo

⁴Centre for Wildlife Management, University of Pretoria, Pretoria, South Africa

Copyright © 2017 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 zone of study is located north of Pointe noire town, in the Department of Kouilou, in Republic of Congo. In order to better understand the floristic richness and chorology of the study site of interest, an analysis on a flora, of the autoecological and phytogeographical spectra of species was undertaken. This analysis is based on the floristic material from different botanical surveys carried out in 2012, and deposited at the National Herbarium of the Congo (IEC). Over a study area of 202'700 ha investigated through 243 phytosociological plots, a matrix of 580 specific and subspecific taxa, distributed in 386 genus and 119 families, were inventoried. Seven species, of which one for the science, were new for the flora of Republic of Congo. The families of Fabaceae, Poaceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae, of Malvaceae and Annonaceae and are the most diversified in species. The ecological spectrum highlights the strong preponderance of the phanerophytes, sarcochores and mesophiles, thereby confirming the dominance of the forest biodiversity compared to grasslands. From a phytogeographical perspective, the preponderance of the base element identified as well as three families and eleven genus of endemic nature integrate the flora within the Guineo-Congolian centre of endemism.

KEYWORDS: Flora, autoecological and phytogeographical spectra, Kouilou, Republic of the Congo.

RESUME: La zone d'étude est située au nord de Pointe noire, dans le Département du Kouilou, en République du Congo. Pour mieux connaître la richesse floristique et la position chorologique du site d'intérêt, une analyse sur la flore, des spectres autoécologiques et phytogéographiques des espèces a été entreprise. Cette analyse est basée sur le matériel floristique issu de différentes prospections botaniques effectuées en 2012, et déposé à l'Herbier National du Congo (IEC). Sur une superficie de 202.700 hectares prospectée, au travers de 243 relevés phytosociologiques, une matrice floristique de 580 espèces et taxons infra spécifiques réparties en 386 genres et en 119 familles, a été retenue. Sept nouvelles espèces, dont une nouvelle pour la science, sont des ajouts à la flore du Congo. Les familles des Fabaceae, des Poaceae, des Rubiaceae, des Euphorbiaceae, des Malvaceae et des Annonaceae et sont les plus diversifiées en espèces. Les spectres écologiques mettent en relief la forte représentativité des phanérophytes, des sarcochores et des mésophylles, confirmant de facto la prépondérance de la biodiversité forestière par rapport aux formations herbacées. Sur le plan phytogéographique, la

prépondérance de l'élément base décelé ainsi que la présence de trois familles et de onze genres endémiques, intègrent bien cette flore au Centre d'endémisme guinéo-congolais.

MOTS-CLEFS: Flore, spectres autoécologiques, spectres phytogéographiques, Kouilou, République du Congo.

1 INTRODUCTION

La République du Congo dispose d'énormes potentialités en ressources forestières, inégalement réparties sur le pays. Elles sont évaluées à 22 millions d'hectares, soit près de 60 % du territoire national et 10 % des forêts denses humides d'Afrique centrale. Elles sont réparties en trois massifs principaux : Mayombe (1,5 M ha), Chaillu (3,5 M Ha) et Nord-Congo (15 M Ha) [1]. Cependant, il est également l'un des rares pays d'Afrique centrale qui ne dispose d'aucune flore, si ce n'est un inventaire des plantes vasculaires [2], complété par la liste de [3], et révisé récemment par [4]. Ce qui porte le potentiel de la flore vasculaire du Congo à environ 4.538 espèces, alors que la mission ACCT [5] l'estimait à 6.500. Il ne reste cependant aucun doute que de nombreuses espèces restent à découvrir.

Sur le plan de la chorologie nationale, l'esquisse de la carte de territoires phytogéographiques du Congo [6], inspirée de la carte des régions naturelles du Congo [7], reste le seul cadre de référence. Elle découpe le pays en 11 districts floristiques qui sont peu connus botaniquement, tout comme les différents groupements végétaux associés. Cette lacune pose un problème dans l'appréciation de l'indice de connexion du matériel floristique entre les différentes entités chorologiques. Les prospections botaniques supplémentaires et la caractérisation des groupements végétaux, à l'échelle nationale, s'avèrent nécessaires pour affiner cette répartition chorologique.

En raison de son histoire géologique, le littoral congolais, sous tutelle administrative du Département du Kouilou, concentre de nombreuses ressources extractives. En dehors des occurrences métallogéniques, cette entité administrative abrite aussi trois aires protégées :

- La Réserve de biosphère de Dimonika dans le massif montagneux du Mayombe ;
- Le Parc National de Conkouati-Douli ;
- La Réserve naturelle de Tchimpounga.

Et dans la politique de diversification de l'économie, certains permis miniers ont été concédés à des multinationales, sur la zone terrestre dudit Département. En agrément avec la législation nationale (Décret N° 86/775), rendant obligatoire les études d'impact sur l'environnement, des études de base sur la biodiversité ont été entreprises dans plusieurs zones d'intérêt en 2012 de manière à évaluer la flore du site.

La présente étude se focalise sur la connaissance de la biodiversité végétale de la zone d'intérêt au Nord de la ville de Pointe Noire. L'objectif général de l'investigation est d'améliorer la connaissance de la flore de ce milieu et de son déterminisme. Pour y parvenir il est proposé comme objectifs spécifiques :

- Etudier la florule vasculaire du site ;
- Analyser les spectres écologiques des espèces végétales ;
- Analyser le statut chorologique du matériel floristique.

Pour atteindre ces objectifs, quelques hypothèses thématiques ont été abordées :

- Les études floristiques peuvent déceler des espèces nouvelles pour le Congo, en référence au catalogue des plantes vasculaires [2], ainsi que pour cette entité chorologique;
- L'analyse des spectres écologiques de la flore, peut confirmer la typologie des formations végétales de la dition ;
- L'analyse des spectres phytogéographiques permet d'intégrer le Kouilou au Centre d'endémisme guinéo-congolais.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ETUDE

Le site d'étude est localisé en République du Congo, dans le Département du Kouilou, au nord de la ville côtière de Pointe Noire. La zone couvre 202.700 ha et se situe au Nord du fleuve Kouilou, entre ce dernier et le parc National de Conkouati-Douli et s'étire d'ouest en est depuis la côte vers le piémont du massif montagneux du Mayombe (fig.1). Sur cette zone se

répartissent 11 types de végétation forestière décrits par [8] et sept types de végétation de savane décrits par ce dernier dans un rapport préliminaire [9].

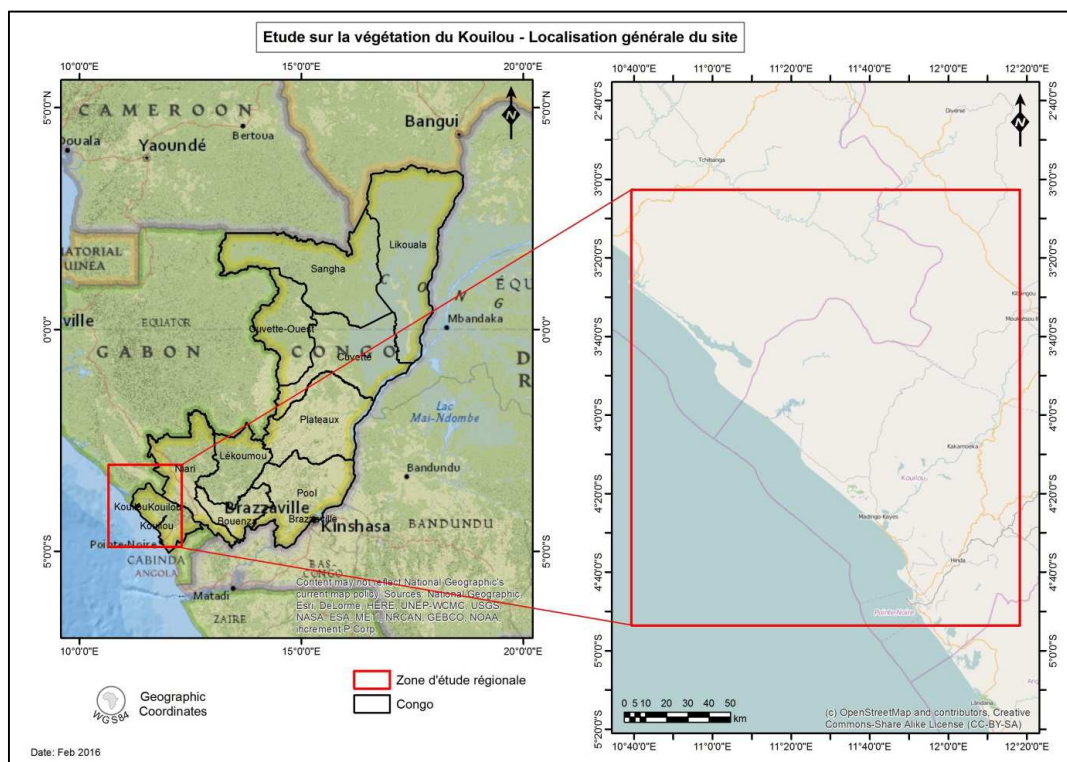


Fig. 1. Carte de la zone d'étude

2.2 METHODES DE COLLECTE ET DE TRAITEMENT DE DONNEES

2.2.1 FLORE

Le matériel floristique provenant de 243 relevés phytosociologiques et structuraux et des différentes prospections botaniques, a été récolté pendant deux saisons végétatives entre mai et août 2012. L'aire minimale retenue dans l'exécution des relevés est de 650 m². Le choix des placettes a été établi au préalable selon une approche stratifiée semi aléatoire à plusieurs stades [10]. Pour chaque espèce récoltée et identifiée in situ, le type biologique est noté.

Le matériel floristique a été déposé à l'Herbier National du Congo (IEC), avec une collection de 700 exsiccata. Nous avons poursuivi l'identification des idiotaxons, par la consultation des Flores d'Afrique centrale (F.A.C), du Gabon (F.G), du Cameroun (F.C) et d'autres ouvrages très illustratifs d'auteurs, tels ceux de [11], [12], [13], [14], [15].

La consultation de ces ouvrages scientifiques a été faite concomitamment avec la comparaison d'exsiccata d'herbiers conservés à l'Herbier National (I.E.C). Ceci nous a aussi permis l'identification des types de diaspores et des aires de distribution.

La nomenclature ptéridophytique et lycophytique adoptée est celle de la séquence linéaire des familles et genres [16], alors que celle des Angiospermes suit l'APG III [17], en appui des travaux de [18]. Le site APG III est accessible et régulièrement mis à jour sur le site web.

Deux indices ont été calculés pour la flore. Le premier concerne le quotient spécifique de Szymkiewicz [19], formulé par $I = Sp/G$; dans lequel Sp signifie le nombre d'espèces et G, celui des genres. Il est utilisé pour apprécier la maturité de la flore ; plus sa valeur est relativement basse, plus la flore est stable. Quant au deuxième, il se rapporte au quotient ptéridophytique ($QPt. = \text{Nombre des Pteridophyta} / \text{Nombre des Spermatophyta} \times 100$). Il est calculé pour apprécier la diversité des Trachéophytes à spores, et de facto renseigner sur le microclimat du site, en particulier l'hygrométrie. La valeur supérieure ou égale à 10%, est retenue pour une bonne occurrence de la flore ptéridophytique [20].

2.2.2 CARACTERISTIQUES AUTOECOLOGIQUES

2.2.2.1 LES TYPES BIOLOGIQUES (T.B)

L'examen des types biologiques permet de déterminer les stratégies adaptatives ainsi que la physionomie de la végétation. Nous avons adopté les types biologiques définis d'après la classification de [21] et modifiée par [22] pour les régions tropicales :

- Phanérophytes (Ph) : arbres, arbustes et arbrisseaux, lianes ;
- Chaméphytes (Cham) : sous-arbrisseaux ;
- Hémicryptophytes (Hc) : herbacées pérennes ;
- Géophytes (Géo) : plantes à tubercules, rhizomes ou bulbes ;
- Thérophytes (Th) : plantes annuelles et des hydrophytes (Hydro) : plantes aquatiques.

2.2.2.2 LES TYPES DE GRANDEUR FOLIAIRE (T.F)

Les types des grandeurs foliaires ont été inspirés du système de [21], repris par de nombreux auteurs : [23], [24], [25], [26], [27], [28]. Il s'agit des types suivants :

- Les aphylls (Aph) : plantes sans feuilles ;
- Les leptophylles (Lepto) : surface de la feuille inférieure à $0,2 \text{ cm}^2$;
- Les nanophylles (Nano) : $0,2 - 2 \text{ cm}^2$;
- Les microphylles (Micro) : $2 - 20 \text{ cm}^2$;
- Les mésophylles (Més) : $20 - 200 \text{ cm}^2$ (2 dm^2) ;
- Les macrophylles (Macro) : $2 - 20 \text{ dm}^2$.

2.2.2.3 LES TYPES DE DIASPORES (T.D)

Les types de diaspores renseignent sur le mode de dissémination des espèces. Huit catégories de diaspores définies par [29] ont été retenues :

- Ballochores (Ballo) : diaspores expulsées par la plante elle-même ;
- Barochores (Baro) : diaspores sèches ou charnues, lourdes ;
- Desmochores (Desmo) : diaspores adhésives, épineuses ou accrochantes, hérissées ;
- Pogonochores (Pogo) : diaspores à appendices plumeux ou soyeux, poils aigrettes ;
- Ptérochores (Ptéro) : diaspores à appendices aliformes ;
- Sarcochores (Sarco) : diaspores totalement ou partiellement charnues ;
- Sclérochores (Scléro) : diaspores minuscules, légères, sans caractères particuliers et dont la masse est inférieure à 1 gramme
- Pléochores (Pléo) : diaspores munies d'un dispositif de flottaison.

2.2.3 LES GROUPES PHYTOGEOGRAPHIQUES (GP)

Les groupes phytogéographiques des espèces inventoriées permettent de déterminer la position phytogéographique de notre dition. En se référant aux subdivisions phytochorologiques de l'Afrique Centrale, telles que proposées par [30], [31] et affinées par [32] pour le sous-centre Bas-Guinéen, nous avons retenu les catégories suivantes :

- Les espèces à très large distribution qui sont répandues dans plusieurs parties du monde, soit les espèces :
 - Pantropicales (Pant) : espèces répandues en Afrique, Amérique, Asie tropicale et en Australie (régions intertropicales) ; ex : *Cyathula prostrata* (L.) Blume
 - Afro-néotropicales (Ant) [Afro-Américaines (AA)] : espèces existant en Afrique et en Amérique tropicale ; ex : *Carapa procera* DC. var. *procera*
 - Paléotropicales (Pal) : espèces rencontrées en Afrique et en Asie tropicale ainsi qu'à Madagascar et en Australie = ancien monde tropical ; ex : *Trema orientalis* (L.) Blume

- Les espèces africaines à large distribution autres que les espèces régionales. Elles sont répandues dans plusieurs régions phytogéographiques du continent, notamment les espèces :
 - Afro-tropicales continentales (At) : rencontrées dans plusieurs phytochories en Afrique tropicale continentale ; ex : *Pseudospondias microcarpa* (A.Rich.) Engler
 - Afro-malgaches (AM) : distribuées en Afrique, au Madagascar et les îles voisines ; ex : *Harungana madagascariensis* Lam.ex Poir.
- Les espèces endémiques du centre régional d'endémisme guinéo-congolais :
 - Les espèces bas-guinéennes (BG) ; cantonnées dans le domaine bas-guinéen ; ex : *Dacryodes pubescens* (Vermoesen) H.J. Lam
 - Les espèces Bas-guinéennes-Atlantiques (BGA) : qui correspond au secteur nigéro-camerounais ou biafréen [33], qu'est celui des collines atlantiques. Au niveau de la chorologie nationale, ce secteur intègre la zone d'occurrence de l'Okoumé (le massif du Chaillu et une partie du Mayombe) ; ex : *Aucoumea klaineana* Pierre
 - Les espèces bas-guinéo-congolaises (BGC) : présentes dans les sous-centres bas guinéen et congolais ; distribuées du sud du Nigéria en République Démocratique du Congo, ex *Staudtia kamerunensis* Warb.var. *gabonensis* Warb. Fouilloy
 - Les espèces Bas-guinéo-côtières (BG Cot) : distribuées le long du littoral bas-guinéen, dans le secteur du bassin sédimentaire côtier ; ex : *Croton dybowski* Hutch.
 - Les espèces du sous-centre congolais (C) au sens de [30], [34], [24], [35] ; espèces répandues dans le bassin hydrographique du fleuve Congo, auxquelles nous intégrons les anciennes Centro-guinéo-congolaises ; ex : *Guibourtia demeusei* (Harms) Léonard
 - Les espèces guinéennes (G) : distribuées dans les domaines de la Haute et de la Basse Guinée ; ex : *Sacoglottis gabonensis* (Baill.) Urb.
 - Les espèces guinéennes côtières (G Cot) : distribuées le long du littoral du golfe de Guinée ; ex : *Rhizophora racemosa* G. Mey.
 - Les espèces omni-guinéo-congolaises (GC) : observées dans toute la région guinéo-congolaise ou encore espèces pluri domaniales ; ex : *Plagiostyles africana* (Müll.Arg.) Prain
- Les espèces des zones de transition régionale :
 - Les espèces bas-guinéo-zambéziennes (BG-Z) : distribuées dans le domaine bas-guinéen et dans la région zambézienne ; ex : *Celosia loandensis* Baker
 - Les espèces congolo-zambéziennes (C-Z) : distribuées dans le domaine congolais et dans la région zambézienne ; ex : *Trichopteryx fruticulosa* Chiov.
 - Les espèces de transition guinéo-congolaises-soudaniennes (GC-S) : espèces rencontrées dans la zone de transition guinéo-congolaise- soudaniennes ; ex : *Cissus aralioides* Planch.
 - Les espèces guinéo-congolaises-zambéziennes (GC-Z) : espèces rencontrées dans la zone de transition guinéo-congolaise- zambézienne ; ex : *Haumannia liebrechtiana* (De Wild. and Th. Dur.) Léonard

3 RESULTATS

3.1 RICHESSE FLORISTIQUE

Après traitement du matériel floristique, une matrice d'au moins 580 espèces et taxons infra-spécifiques a été retenue. Elles se répartissent en 386 genres et 119 familles. Les Spermatophyta (97%) dominent largement les Pteridophyta et Lycophyta (3%) dans cette flore. Les Angiospermae (99,9%) dominent très largement les Gymnospermae, réduites à la seule famille des Gnetaceae, et recelant l'unique espèce, *Gnetum africanum* Welw. Les Fabaceae, les Poaceae, les Rubiaceae, les Euphorbiaceae sont les familles les plus diversifiées de la flore en nombre d'espèces. Les autres familles (ayant au moins 10 espèces) sont reprises dans la figure 2.

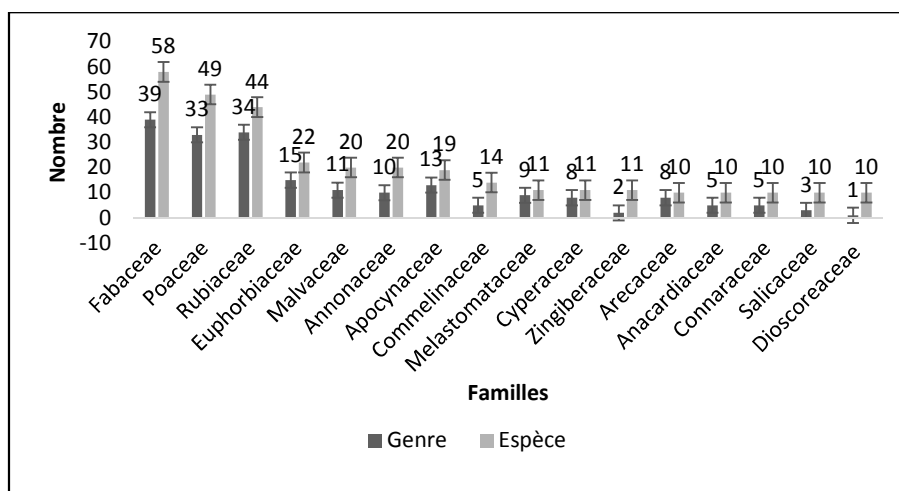


Fig. 2. Familles les plus représentatives de la florule

Chez les Angiospermae, le clade des Eudicots (70%) est très représentatif par rapport à ceux des Monocots et des Magnoliidae, tels que repris dans la figure 3.

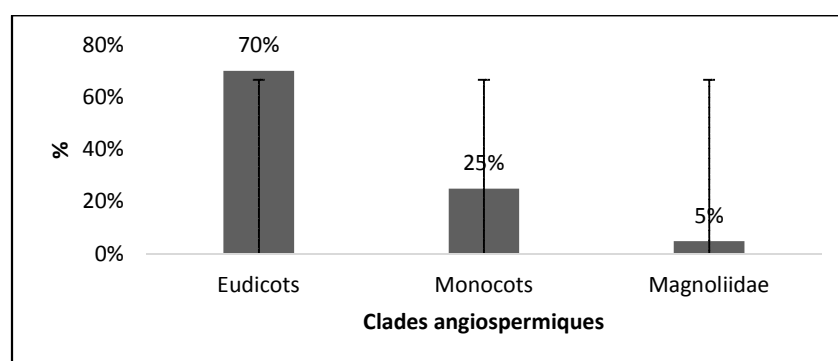


Fig. 3. Clades angiospermiqes de la florule

Le quotient spécifique de Szymkiewicz donne la valeur de 1,5 dans cette florule, alors que le quotient ptéridophytique est de 3,2%.

3.2 CARACTERISTIQUES AUTOECOLOGIQUES

3.2.1 TYPES BIOLOGIQUES

L'analyse quantitative des types biologiques montre que les Phanérophytes (67%) sont le type dominant de la florule. Les autres catégories sont faiblement représentées et reprises dans la figure 4.

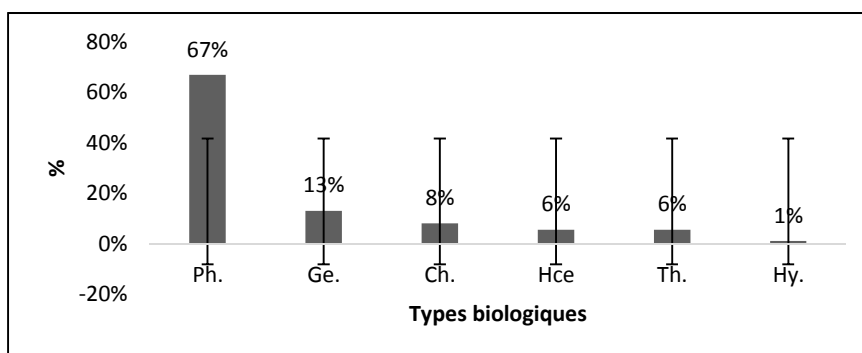


Fig. 4. Spectres des types biologiques

3.2.2 TYPES DE GRANDEURS FOLIAIRES

Tous les types de Raunkiaer ont été décelés dans cette florule, et le type mésophylle (51%) domine les autres, tels que consignés dans la figure 5.

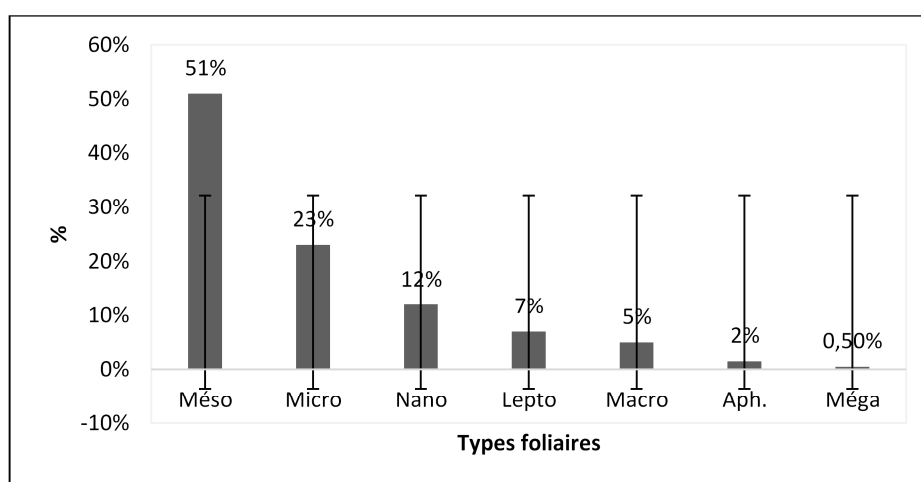


Fig. 5. Spectres des types foliaires

3.2.3 TYPES DE DIASPORES

L'analyse des types de diaspores montre que les Sarcophores (61%) sont le type dominant de la florule ; suivies des Sclérochores. La figure 6 reprend les spectres de toutes les catégories inventoriées.

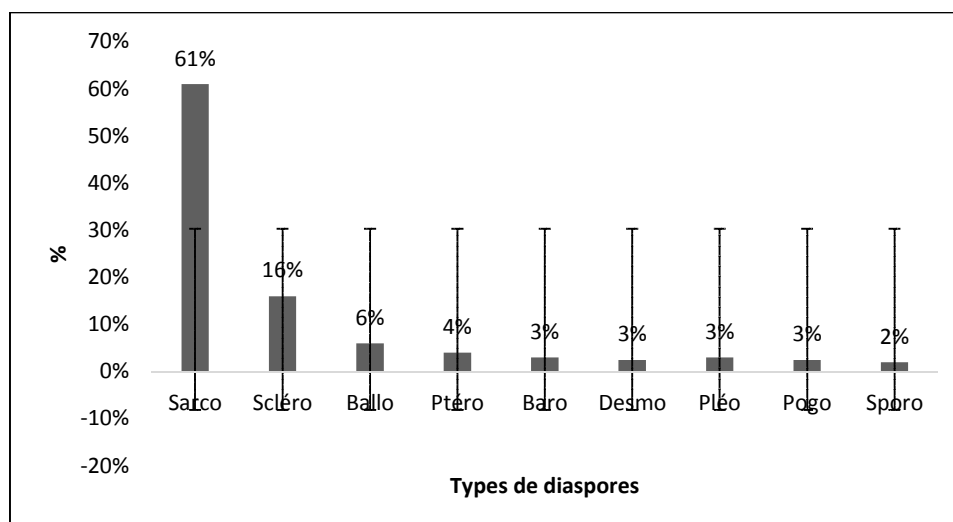


Fig. 6. Spectres des types de diaspores

3.3 GROUPES PHYTOGEOGRAPHIQUES

L'analyse des spectres chorologiques montre que les espèces endémiques sont plus représentées dans cette florule (62%). Elles sont suivies avec une répartition presque équilibrée des espèces africaines à large distribution (16%) et des espèces à très large distribution (14%). Le tableau 1, en donne les différentes proportions des catégories phytogéographiques.

Tableau 1. Catégories phytogéographiques de la florule.

Catégories phytogéographiques	Nombre	%
Espèces endémiques (Guinéo-congolaises)	361	62%
BG	15	
BGA	3	
BGC	67	
BG Cot	4	
C	38	
G	6	
G Cot	1	
GC	227	
Espèces africaines à large distribution	86	16%
AM	26	
At	60	
Espèces de transition régionale	49	8%
BG-Z	5	
C-Z	3	
GC-S	14	
GC-Z	27	
Espèces à très large distribution	84	14%
AA	9	
Cosm.	2	
Pal.	28	
Pant.	45	

4 DISCUSSION

Les proportions centésimales représentant 97% pour Spermatophytes et 3% pour Ptéridophytes et Lycophytes, ne sont guère surprenantes. Elles reflètent le quotient ptéridophytique qui est de 3,2%. La valeur numérique de ce quotient se rapproche de celle de [20] et de [24], qu'est de l'ordre de 4%. Cette valeur étant inférieure à 10, prouve que les Trachéophytes à spores, de nature hygrophile, sont faiblement représentés par rapport aux Trachéophytes à graines. Trois arguments permettent d'expliquer cette distribution :

- Les forêts de plaine, dont la faible hygrométrie ne favorise pas la diversification des Fougères ;
- L'immensité des formations herbacées, qui n'hébergent que deux espèces, *Pteridium aquilinum* (L.) Kühn. et *Pteridium centrali-africanum* (Hiern) Alst. ;
- La lithologie sableuse, substrat de capacité hygrométrique médiocre, due au faible pouvoir de rétention d'eau ; demeure moins réceptive vis-à-vis des Ptéridophytes.

Parmi les familles les plus représentatives, les ligneux se recrutent parmi les Fabaceae, les Rubiaceae et les Euphorbiaceae. La prépondérance de ces trois familles est également signalée par quelques auteurs ayant travaillé dans des stations forestières dans le bassin du Congo : [36], [37], [38], [26], [27], [39].

Ces observations sont également rapportées dans la Haute Guinée, dans les forêts mésophiles au Bas-Cavally en Côte d'Ivoire [40]. Cependant ces trois dernières familles, dans notre dition, sont contrebalancées par la famille des Poaceae. L'abondance des Graminae dans notre dition s'explique par l'existence des vastes étendues herbacées péri forestières et intercalaires décelées, et dont l'hypothèse de l'origine paléo climatique est avérée [41]. Ces observations sont également mentionnées dans le Bas-Kasaï, en République Démocratique du Congo [27].

Dans la famille des Leguminosae, on note une répartition équilibrée des Caesalpinioideae et des Faboideae, qui ont toutes deux 23 espèces. La première sous-famille est plus cantonnée dans les stations forestières, alors que la deuxième présente une grande amplitude écologique, allant des formations forestières aux milieux herbacés ; avec comme types morphologiques les arbustes et les herbes ; confirmant de facto les observations de [19] dans la Cuvette centrale.

Le quotient spécifique de Szymkiewicz donne la valeur de 1,36 dans cette flore, témoignant de sa maturité, vu le statut d'aire protégée du site. On peut rapprocher ce quotient à celui de [23], [42], [39], respectivement dans la réserve de Luki en République Démocratique du Congo, dans le Parc National de l'Ivindo, au Gabon et sur une des îles forestière du fleuve Congo ; ditions moins perturbées par l'action anthropique.

Notre effort d'échantillonnage sur 202.700 hectares ; et qui ne prend pas en compte le cours du fleuve Kouilou, comme corridor de dissémination de l'élément guinéen dans le littoral ; a permis de déceler une richesse floristique, supérieure à celle de la liste originelle de [43], qui ont inventorié 343 espèces sur 131.000 hectares. Ensuite, dans l'analyse du matériel floristique, six espèces n'avaient jamais été signalées dans la flore du Congo, en référence au catalogue des plantes vasculaires [2]. Il s'agit des espèces : *Aframomum elegans* Lock, *Agelaea palmata* Jongkind (Connaraceae), *Guibourtia leonensis* J. Léonard (Fabaceae-Caesalpinioideae), *Newtonia devredii* G.C.C. Gilbert and Boutique (Fabaceae-Mimosoideae), *Coccinia subhastata* Keraudren (Cucurbitaceae) et *Haumannia danckelmania* (Braun and K.Schum.) Milne-Redh (Marantaceae). Jusque-là les trois dernières espèces n'étaient signalées que dans la partie septentrionale du pays [44]. Enfin une espèce nouvelle pour la science, *Baphia vili* Cheek (Fabaceae-Faboideae), cantonnée dans les fourrés littoraux du Congo, du Gabon et probablement du Cabinda [45], a été inventoriée dans notre dition.

Cependant la brièveté de la mission n'a pas permis d'évaluer tout le potentiel floristique du site. D'autres nouvelles espèces pourraient être inventoriées dans la fraction ripicole de certains lacs et du fleuve Kouilou jusqu'à la zone d'épandage de son cours, en amont de l'estuaire, où se profile un gradient composite thermique, de densité et de composition physico-chimique entre les eaux douces et saumâtres.

Les spectres écologiques de la florule inventoriée, mettent en évidence la supériorité numérique des phanérophytes, des mésophylles et des sarcochores. Ce trait témoigne que les stations forestières sont les plus diversifiées en espèces, comparativement aux formations herbacées. De nombreux auteurs abondent dans le même sens : [37], [23], [27], [46]. En sus le type sarcochore, est étroitement lié à la zoochorie comme agent éventuel de dissémination, ceci en relation avec la diversité faunistique du site, qui bénéficie d'une protection légale. La faune mammalienne est très impliquée dans ce processus (*Loxodonta africana*, *Hyemoschus aquaticus*, *Syncerus caffer nanus*, *Tragelaphus spekii*, *Gorilla gorilla*, *Pan troglodytes*).

Sur la base de nos résultats, nous constatons que 62% d'espèces sont strictement confinées au centre régional d'endémisme guinéo-congolais, ce qui démontre la faible altération de la flore, surtout forestière. Ce pourcentage

n'approche pas malheureusement la prévision faite par [31]. Ce dernier considère que la flore guinéo-congolaise est remarquablement pure, avec plus de 80% d'endémiques et seulement environ 10% d'espèces de liaison. La souche endémique, est plus représentée par les omniguinéo-congolaises (63%), et de loin par les bas-guinéo-congolaises (18,5%). Ces dernières, distribuées à la fois dans les domaines Congolais et Bas-Guinéen, indiquent l'uniformité des conditions éco climatiques anciennes [47], qui favorisent l'extension des espèces sur l'ensemble de l'aire. Ces observations ont aussi été relayées par [24] dans le secteur phytogéographique du Kasai, en République Démocratique du Congo.

La présence remarquable des idiotaxons typiquement bas-guinéens, auxquels nous associons les bas-guinéens atlantiques et côtiers, justifie la position de notre dition, à l'interface entre les secteurs du Mayombe et celui du littoral Guinéen [6].

Tout de même, La prépondérance de l'élément base susmentionné et la présence dans la florule de trois familles (Dioncophyllaceae, Pandaceae et Pentadiplandraceae) et de onze genres (*Afrobrunnichia*, *Amphimas*, *Aneulophus*, *Anthonotha*, *Aucoumea*, *Buchholzia*, *Calpocalyx*, *Coelocaryon*, *Coula*, *Fegimanra* et *Gilbertiodendron*) endémiques [31], confirment sans ambiguïté son appartenance au centre d'endémisme guinéo-congolais.

5 CONCLUSION

Cette étude sur la contribution à la connaissance de la biodiversité végétale dans le Bassin littoral et sublittoral dans le Kouilou et de son déterminisme a décelé une richesse floristique d'au moins 580 espèces, dont sept constituent des apports à la flore nationale. Ce qui renforce l'intérêt de la conservation de la phytodiversité du site. Les Angiospermes dominent largement cette florule, avec les Eudicotylédones comme clade le plus représentatif. Les familles les mieux représentées sont les Fabaceae, les Poaceae, les Rubiaceae, les Euphorbiaceae, et les Apocynaceae. Les spectres écologiques mettent en évidence la supériorité numérique des phanérophytes, des sarcochores et des mésophylles, confirmant la supériorité de la richesse spécifique des stations forestières par rapport aux formations herbacées.

De même, la forte représentativité de l'élément florale endémique, ainsi que celle de trois familles et onze genres endémiques attestent le lien chorologique avec le centre d'endémisme guinéo-congolais.

Ce travail, encore préliminaire, vient de répondre aux hypothèses formulées. Cependant des investigations supplémentaires sur la frange ripicole du fleuve Kouilou, des différents lacs du site et des collines prémayombiennes ; pourraient affiner le gradient floristique et phytogéographique de cette végétation. De même, le traitement des données, en cours, émanant des différents relevés phytosociologiques pourront affiner la connaissance sur cette biodiversité, en ce qui concerne les groupements végétaux et la structure des différentes unités de la sère.

REFERENCES

- [1] FAO. 2006. Global Forest Assessment 2005, FAO Forestry paper 147. FAO, Rome.
- [2] Sita, P. & Moutsamboté, J.M. 1988. Catalogue des plantes vasculaires du Congo. C.E.R.V.E./ORSTOM, Brazzaville: 195p.
- [3] Champluvier, D. & Dowsett-Lemaire, F. 1999. Liste commentée des plantes vasculaires du Parc National d'Odzala nouvelles pour le Congo Brazzaville. Syst. Geogr.Pl. 69:9-28.
- [4] Lachenaud, O. 2009. La flore de des plantes vasculaires du Congo : nouvelles données. Syst. Geogr.Pl. 79 :199-214
- [5] Adjanohoun, E.J., Ahyi, A.M.R., AkéAssi, L., Baniakina, J., Chibon, P. Cusset, G., Doulou, V., Enzanza, A., Eyme, J., Goudote, E., Keita Mbemba, C., Mollet, J., Moutsamboté, J.M., Mpati, J., and Sita, P. 1988. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques en République populaire du Congo. Mission ACCT. Paris : 605p.
- [6] Kimpouni, V., Lejoly, J. and Lisowski, S. 1992. Les Euriocaulaceae du Congo., Frang, Flor. Geobot. 37 (1) 127 – 145.
- [7] Descoings, B. 1969. Esquisse phytogéographique du Congo, 2p 54 x 62 cm, in Atlas du Congo. ORSTOM, Paris, 1 carte 2/2.000.000^e.
- [8] Van Rooyen, M., Van Rooyen, N., Orban, B., Nsongola, G., Miabangana, E.S. and Gaugris, J.Y. 2016. Floristic composition, diversity and structure of the forest communities in the Kouilou Department, Republic of Congo. Tropical Ecology 58.
- [9] Van Rooyen, M., Van Rooyen, N., Orban, B., Moutsamboté, J.M., Nsongola, G., Miabangana, E.S. and Gaugris, J.Y. 2016. Botanical studies baseline report 1: vegetation of the Sintoukola Project study area. FLORA FAUNA and MAN, Ecological Services Ltd. Unpublished baseline report
- [10] Bourgeron, P.S., Humphries, H.C. and Jensen, M.E. 2001. Representativeness assessments. Pp 292 – 306. In: A guidebook for integrated ecological assessment. Eds: Jensen, M.E. and Bourgeron, P.S. Springer Verlag.
- [11] Tailfer, Y. 1990. La forêt dense d'Afrique Centrale. Identification pratique des principaux arbres. T I and II. Wagenningen, Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale (CTA).

- [12] Pauwels, L. 1993. Nzayilu N'ti. Guide des arbres et arbustes de la région de Kinshasa-Brazzaville. Meise, JBNB: 495 p.
- [13] Hawthorne, S.W. and Jongkind, C. 2006. Woody plants of western African forest. A guide to the forest trees, shrubs and lianes from Senegal to Ghana. Kew, Royal Botanic Gardens, Kew: 1023 p.
- [14] Hawthorne, S.W. and Gyakary, N. 2006. Photoguide for the Forest Trees of Ghana. A tree-spotter's field guide for indentifying the largest trees. Oxford Forestry Institute, Dpt of Plant Sciences, UK: 432 p.
- [15] Harris, D.J. and Wortley, A.H. 2008. Les arbres de la Sangha. Manuel d'Identification illustré. Traduction française de Frachon, N. Royal Botanic Garden, Edinburg, United Kingdom : 300p.
- [16] Christenhusz, M.J.M., Xian-Chun, Z. and Schneider, H. 2011. A linear sequence of extant families and genera of lycophytes and ferns. *Phytotaxa* 19: 7–54, Magnolia Press.
- [17a] APG III. 2009. *An update of Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants*. Botanical Journal of the Linnean Society 161, 105-121.
- [17b] APG III. 2009. *A phylogenetic classification of the land plants to accompnay APG III*. BJLS 161, 122-127.
- [17c] APG III. 2009. *The Linnean Angiosperm Phylogeny Group (LAPG) III: a linear sequence of the families in APG III*. BJLS 161, 128-131. (Lien: Missouri Botanical Garden: <http://www.tropicos.org>)
- [18] Lebrun, J.P. and Stork, A.L. (1991-2012). Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale. Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, 4 volumes.
(Lien: <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/recherche.php?langue=fr>).
- [19] Evrard, C. 1968. Recherches écologiques sur le peuplement forestier des sols hydromorphes de la Cuvette Centrale Congolaise. INEAC, série scientifique n° 110.
- [20] Lebrun, J. 1960. Sur une méthode de délimitation des horizons et étages de végétation de montagne Au Congo oriental. Bull. Jard. Bot. Etat, Bruxelles, 30: 75-94.
- [21] Raunkiaer, C. 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford Univ.Press, Oxford.
- [22] Lebrun, J. 1947. La végétation de la plaine alluviale de au Sud du Lac Edouard. Inst. Parcs nat. Congo belge, Mission J. Lebrun, T.1 et 2, 800 p.
- [23] Lubini Ayingweu, C. 1997. La végétation de la réserve de biosphère de Luki au Mayombe (Zaire). Opera Botanica Belgica, vol. 10, Meise, Jardin Botanique National de Belgique : 155 p.
- [24] Lubini Ayingweu, C. 2001. Analyse phytogéographique de la flore forestière du secteur du Kasai au Congo-Kinshasa. Syst. Geogr. Pl. 71 :859-872.
- [25] Masens Da-musa Yung, B. 1997. Etude phytosociologique de la région de Kikwit (Bandundu, Rép. Dém. Du Congo) Université Libre de Bruxelles, Thèse en sciences, Bruxelles : 320 p.
- [26] Nshimba, S.M. 2008. Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani, (R.D.Congo), Thèse de doct ULB, Bruxelles : 272 p.
- [27] Belesi, H. 2009. Etude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la végétation du Bas-Kasai (République Démocratique du Congo). Thèse de doctorat, Université de Kinshasa, Département de l'Environnement, Kinshasa : 328 p + annexes.
- [28] Habari Mulawa, J.P. 2009. Etude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la végétation de Kinshasa et des bassins des rivières Djili et Nsele en République Démocratique du Congo. UNIKIN, thèse de Doct., Kinshasa : 273 p.
- [29] Dansereau, P. and Lems, K. 1957. The grading of dispersal types in plant communities and their ecological significance. Contrib.Inst. Bot.Univ. Montréal, 71:52pp.
- [30] White, F. 1979. The guineo-congolian Region and its relationships to other phytochoria. Bull.Jard.Bot.Nat.Belg., 49:11-55.
- [31] White, F. 1986. La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de la végétation de l'Afrique. UNESCO/AETFA/UNSO, ORSTOM-UNESCO: 384p.
- [32] Lejoly, J. 1996. Synthèse Régionale sur la biodiversité végétale des ligneux dans les 6 sites du Projet ECOFAC en Afrique 81 p. Groupement AGRECO-CTFT, projet ECOFAC, Rapport technique.
- [33] Letouzey R., 1968. Etude phytogéographique du Cameroun. Ed. P. Lechevalier, Paris. 511p.
- [34] Robyns, W. 1948. Les territoires phytogéographiques du Congo belge et du Rwanda Urundi. In Atlas Général du Congo belge : 410. 1. Inst. Roy. Col. Belge.
- [35] Yongo, O. and de Foucault, B. 2001. Analyse phytogéographique de la forêt de Ngotto (République centrafricaine). Syst. Geogr. Pl. 71 : 847-857.
- [36] Sita, P. 1980. La végétation du Stanley-Pool en relation avec celle des plateaux voisins. Thèse de doct. d'Université, Bordeaux III : 200p, III annexes, 1 carte et 9 pl.
- [37] Mandango, M.A. 1982. Flore et végétation du fleuve Zaïre dans la Sous-Région de la Tshopo (Haut-Zaïre), Tome I and II, Thèse de doctorat, Université de Kisangani, Fac des sciences : 425p.
- [38] Robbrecht, E. 1988. Tropical woody Rubiaceae. Characteristic features and progressions. Contributions to a new subfamilial classification. Opera Bot.Belg.1:271 p.

- [39] Miabangana, E.S. 2012. Etude floristique, écologique et phytogéographique de la forêt de l'île Loufézou à Brazzaville (République du Congo). Mémoire de DEA. Faculté des Sciences, Université de Kinshasa. 125 p.; 6 cartes, 31 fig.; 10 planch.phot. and 15 Tabl.
- [40] Guillaumet J.L. 1967. Recherches sur la végétation du Bas-Cavally (Côte d'Ivoire). Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer, ORSTOM Paris, 247p.
- [41] Schwartz, D., Dechamps, R., Elenga, H., Lanfranchi, R., Mariotti, A. and Vincens, A. 1995. Les savanes du Congo : une végétation spécifique de l'Holocène supérieur. 2^e Symposium de Palynologie africaine, Tervuren (Belgique) Publ. Occas. CIFEG, 1995/31, Orléans, CIFEG, p.99-108.
- [42] Boupoya-Mapikou, C-A. 2011. Flore et végétation des clairières intraforestières sur sol hydromorphe dans le Parc National de l'Ivindo (Nord-Est Gabon). Thèse de doct, ULB, Bruxelles : 283 p.
- [43] Heeketsweiler, P. and Mokoko-Ikonga, J. 1991. La Reserve de Conkouati : Congo, Le secteur sud-est. UICN, Gland, Suisse. 323 p.
- [44] Lejoly, J. and Lisowski, S. 1997. Flore du Parc National d'Odzala (Congo-Brazzaville). Meise Jardin botanique national de Belgique : 448 p.
- [45] Cheek, M., Kami, E. & Kami, T. 2014. *Baphia vili* (Leguminosae: Papilionoideae), a new species from coastal thicket in the Republic of the Congo and Gabon. – Willdenowia 44: 39–44.
- [46] Moutsamboté, J.-M. 2012. *Etude écologique, phytogéographique et phytosociologique du centre et du nord Congo-Brazzaville* (Plateaux, Cuvette, Likouala et Sangha). Thèse d'Etat, Université Marien Ngouabi, Brazzaville : 632 p.
- [47] Maley, J. and Brenac, P. 1998. Vegetation dynamics, palaeoenvironments and climatic changes in the forest of West Cameroon during the last 28,000 years. Rev. Palaeobotany and Palynology, 99: 157-188.

Etude de contamination métallique au niveau du sédiment de l'Oued Martil: Impact de l'activité anthropique

[Study of metallic contamination of the sediment Oued Martil: Impact of the anthropological activity]

Z. Djebary Tahiri¹, A. Raissouni¹, M. Raissouni¹, A. EL Arrim¹, H. Er-raoui², and S. Bouzid²

¹Laboratoire d'Océanologie, Environnement et Risques Naturels, Département des Sciences de la Terre, FST de Tanger, BP 416, Tanger, Morocco

²Laboratoire de Biologie Appliquée et Sciences de l'Environnement, Département des Sciences de la Terre, FST de Tanger, BP 416, Tanger, Morocco

Copyright © 2017 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: As many rivers crossing urban region in Morocco, Martil's river feeding the cities of Tetouan and Martil suffers from an organic and metallic pollution problem under the effect of a rising anthropological pressure. In fact the recent study has detected a surprising phenomenon of sediment enrichment exceeding 280 ppm for Cooper (1, 21 mg/l), 90 for Lead (0, 35 mg/l), and 3 ppm for Cadmium (0,016 mg/l) downstream. The present work objective is to examine the reality of this metallic pollution and to understand the nature of the polluting sources. The metallic elements analyses have been done in sediment with an appropriate technical means. Results interpretation has been used by indices of contamination: Factor of enrichment, to identify the metal origin enriching sediment. This work has shown that the municipal dump situated at the river shore has a moderate and located impact on sediment for: Cu, Pb, and Zn. On the rest of the zone of study no other impact by the Pb has been detected, but the result indicated the existence of a diffusing geogenic source, recording relatively elevated degrees of the seven metallic elements in comparison to the upstream of the river.

KEYWORDS: Martil, Sediment, The metallic elements, Factor of enrichment, Pollution.

RESUME: Comme beaucoup de cours d'eau traversant des régions urbanisées au Maroc, l'Oued Martil alimentant les villes de Tétouane et Martil souffre un problème de pollution organique et métallique sous l'effet de la pression anthropique croissante. Par ailleurs, l'étude récente a détecté un phénomène surprenant d'enrichissement des sédiments dépassant les 280 ppm (1, 21 mg/l) pour le Cu, 90 (0,35 mg/l) ppm pour le plomb et 3 ppm (0,016 mg/l) pour le cas du Cadmium, à l'aval de l'Oued. Le présent travail a cherché à vérifier la réalité de cette pollution métallique et à comprendre la nature des sources polluantes. Des mesures d'éléments traces métalliques (ETM) ont été effectuées dans les sédiments au moyen de techniques propres. L'interprétation des résultats s'est appuyée sur le calcul d'indice de contamination Facteur d'enrichissement pour identifier l'origine des métaux traces ayant enrichi les sédiments. Ce travail a montré que la décharge municipale, située en bordure de la rivière, avait un impact modéré et localisé sur les sédiments pour Cu, Pb et Zn. Sur le reste de la zone d'étude, aucun autre impact par le Pb n'a été constaté, mais les résultats obtenus indiquent l'existence d'une source géogénique diffuse enregistrant des valeurs relativement élevées par rapport à l'amont du Oued enrichissant les sédiments superficiels avec les sept éléments métalliques étudiés à l'aval du cours d'eau.

MOTS-CLEFS: Martil, Sédiment, Eléments métalliques, Facteur d'enrichissement, Pollution.

1 INTRODUCTION

Fragile et vulnérable, le littoral marocain regorge des richesses écologiques et naturelles. Long de 3 500 km, il est en effet de plus en plus exposé aux risques de dégradation menaçant son équilibre. L'urbanisation et les rejets industriels et domestiques sont les éléments responsables de la détérioration de cet écosystème. Les zones côtières sont le lieu d'activités nécessitant des eaux de bonne qualité physico-chimique : usages récréatifs, aquaculture et pêche.

La région Tanger-Tétouan n'échappe pas à ce phénomène. Elle y est soumise à des degrés variables. Ainsi, les eaux domestiques et industrielles sont déversées directement dans les cours d'eau, sans aucun type de traitement, introduisant ainsi dans le milieu naturel ouvert des quantités importantes en micro-organismes et en micropolluants les plus redoutés dans l'environnement notamment les métaux lourds, ce qui provoque alors une dégradation de l'écosystème.

Les sédiments sont capables de conserver l'empreinte d'une pollution jusqu'à modification des conditions du milieu pouvant conduire à une éventuelle remobilisation des métaux associés aux sédiments, et présenter ainsi des risques majeurs pour les écosystèmes [1; 2]. Par conséquent, on peut les considérer comme la mémoire d'une pollution continue ou intermittente.

Au Maroc, peu de chercheurs se sont intéressés par la caractérisation métallique des rejets et leur impact sur les milieux récepteurs. Le présent travail vise à évaluer le degré de contamination de milieu récepteur (Oued MARTIL), à travers une étude spatio-temporelle des teneurs des métaux : Cuivre, Zinc, Plomb, Fer, nickel, cadmium et le manganèse dans les sédiments, et de mettre en évidence le risque sanitaire des effluents industriels sur la qualité des eaux de l'Oued Martil (milieu récepteur).

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 SITUATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

L'Oued objet d'étude est l'Oued de Martil, allant de l'est de Tétouan jusqu'à Martil avec un bassin versant de 1220 km² et un débit moyen annuel de 14,7 m³ / s, l'Oued Martil est compté parmi les plus importants réseaux hydrographiques du versant méditerranéen du Rif. Né dans le massif de Beni-Lait, l'Oued Martil prend sa source dans des formations marno calcaires à 1000 m d'altitude. Il se subdivise en un tronçon supérieur à pente raide qui traverse la dorsale calcaire et un autre à pente faible qui longe la ville de Tétouan, pour se jeter finalement dans la mer Méditerranée au niveau de la ville de Martil. D'après la classification des climats du Maroc, le littoral méditerranéen occidental se situe dans l'étage bioclimatique humide à sub humide [3], avec un été sec et chaud. Cette sécheresse estivale suffisamment prononcée a été estimée, soit par le critère [4] $PE/M < 5$ (PE =précipitations estivales et M = moyenne des maxima du mois le plus chaud), soit par celui de [5], $P < 2T$ (P = précipitations moyennes mensuelles et T = températures moyennes mensuelles). L'influence de la mer méditerranéenne et l'océan atlantique se traduit par une douceur de climat ; hiver doux et été rafraîchi (température moyenne maximale 25 °C, température moyenne minimale 10 °C).

2.2 ECHANTILLONNAGE ET PRÉLÈVEMENTS

Des échantillons de sédiments ont été prélevés en 2 campagnes, en période hivernal Janvier et aout 2011 pour l'époque estivale. Ces échantillons ont été prélevés dans les mêmes points pour les deux campagnes de prélèvements afin de suivre l'évolution des teneurs en métaux. Les positions des stations de prélèvements ont été déterminées à l'aide d'un GPS (tab 1) et le cour d'eau a fait l'objet de plusieurs prélèvements dans des zones à sédimentations calmes et riches en matériaux fins et en dépôts organiques (fig. 1).

Tableau 1 : Caractéristiques morphologiques des stations de prélèvements

	ALTITUDE	LONGITUDE	LATITUDE
MC1	176,32	W005°30'56,178	N35°30'1,135
MC2	7,66	W005°28'05,226	N35°33'13,788
MK1	115,9	W005°30'3,720	N35°41'18,529
MK2	4,14	W005°28'40,033	N35°34'48,919
MH1	182,17	W005°29'24,000	N35°23'27,732
MH2	4,3	W005°25'46,260	N35°32'48,582
MM1	7,32	W005°24'45,636	N35°33'38,190
MM2	-0,12	W005°20'25,434	N35°34'22,418
MM3	-0,57	W005°16'38,196	N35°36'28,455

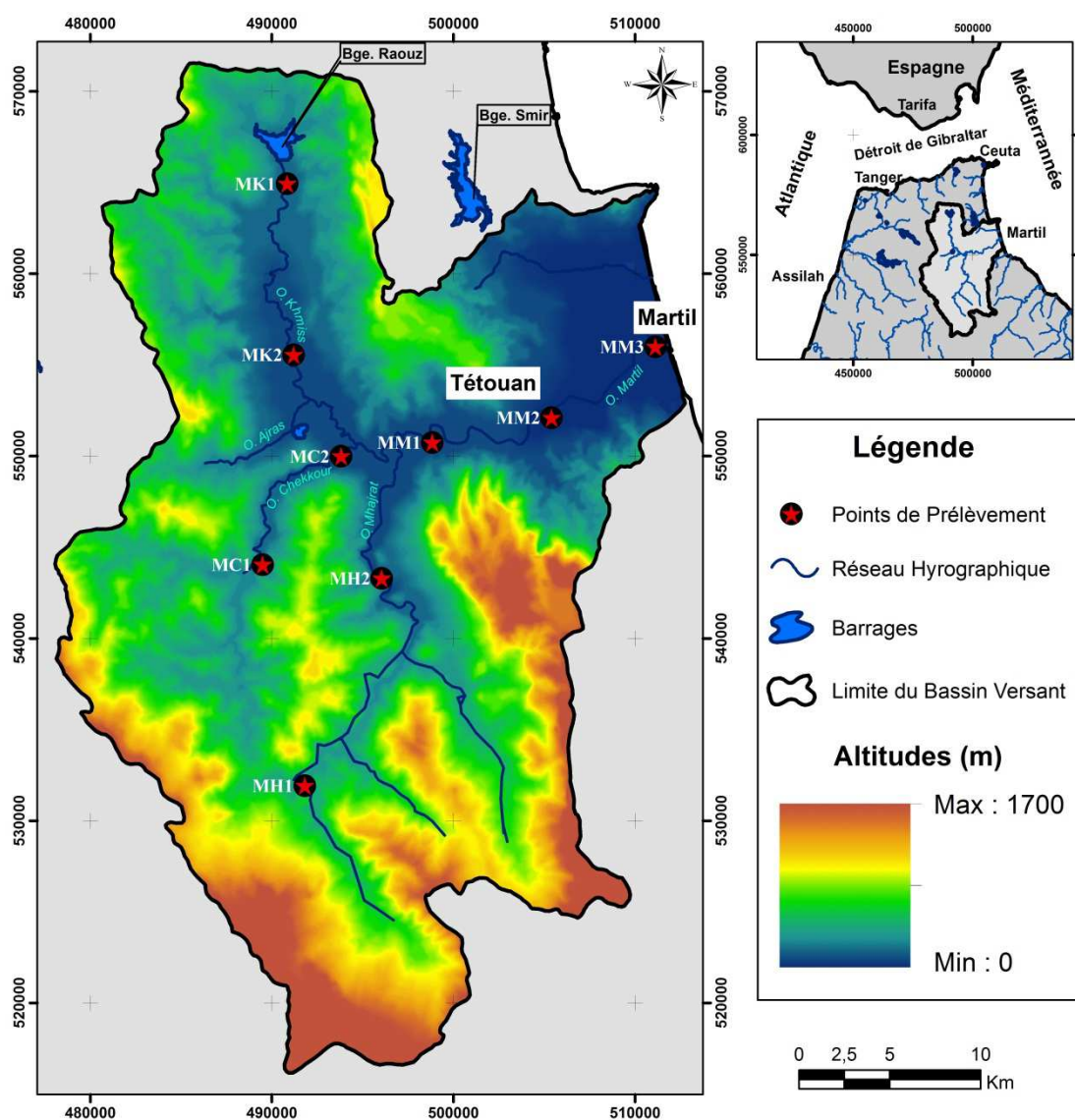


Fig. 1. Carte de prélèvement du sédiment Oued Martil

L'échantillonnage des sédiments a été effectué au moyen d'une pelle, sur une profondeur variant entre 20 et 30 centimètres. Les sédiments collectés ont été placés immédiatement dans une glacière, pour limiter les réactions de dégradations photochimiques, thermiques et bactériennes de la matière organique.

Dès leur arrivée au laboratoire, les sédiments sont immédiatement stockés dans la chambre froide à +4 °C, à l'obscurité, à fin d'empêcher toute évolution des échantillons par l'activité biologique des micro-organismes. Après séchage à l'étuve à 70 °C (jusqu'à déshydratation totale), un tamisage a été effectué (3 mm de mailles) pour éliminer les débris végétaux et les éléments très grossiers.

Les teneurs en métaux lourds dans les sédiments dépendent fortement des caractéristiques granulométriques. [6], ont montré que la distribution des métaux dans les sédiments dépend du contenu en sables, en silts et en argiles. Dans d'autres études réalisées par [7], sur la distribution des métaux dans les sédiments de la rivière de Orogodo (Nigeria), il a été cité que la concentration en Zinc est proportionnelle à la fraction des argiles dans le sédiment. Donc on a estimé la concentration des métaux lourds dans la totalité de sédiment par l'utilisation de la fraction fine < 63 µm. De ce fait on a procédé à réaliser un tamisage humide des échantillons à 63 µm, l'opération consiste à faire passer l'échantillon par le tamis sous un jet d'eau suffisant, la fraction fine est alors séparée de la fraction grossière puis, après décantation, on élimine l'eau et on transfère la phase solide vers l'étuve à 40°C. Finalement l'échantillon sec est broyé à l'aide d'un mortier agate et conservé dans des sachets de plastiques jusqu'à l'analyse.

Les mesures de métaux par ICP-AES, nécessitent des échantillons liquides à cause de l'existence d'un capillaire amenant l'échantillon au nébuliseur. Il faut donc traiter les échantillons de manière à les passer sous forme liquide et rendre alors leurs analyses possibles. [8].

Le protocole suivi pour la digestion des sédiments par le moyen de l'étuve conventionnel est illustré dans la figure ci-dessous. À 0.2 g de sédiment sec (fraction fine préalablement broyé), introduite dans un récipient de téflon, on ajoute 4 ml d'acide nitrique concentré et 1 ml d'acide fluorhydrique concentré. Le réacteur fermé est porté à 105 °C dans une étuve pendant 24 heures. (fig.1). Après le chauffage, le contenu filtré, est transféré dans un matras et jaugé avec l'eau distillée à 50 ml. Les dissolutions sont gardées dans des flacons de polyéthylène à 4°C jusqu'à leur analyse.

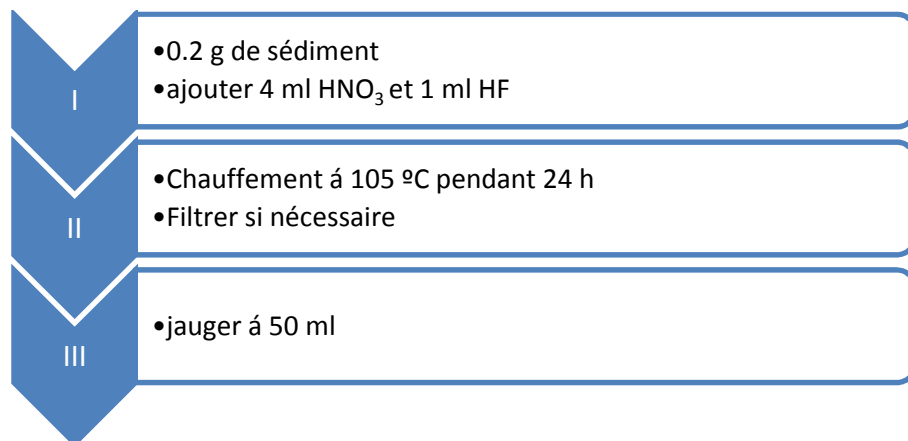


Fig. 2. Digestion des échantillons de sédiments par l'étuve.

Pour la mesure des concentrations en métaux traces dans les sédiments superficiels des cours d'eau, les solutions obtenues après digestion ou extraction séquentielle ont été analysées par ICP-AES (Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectroscopy). Le choix des méthodes d'analyses s'est porté sur cette technique car l'ICP-AES présente l'avantage d'être une technique rapide multi élémentaire dont nous disposons rapidement.

Les mesures en ICP-AES ont été faites à l'UATRS (unité d'appui technique à la recherche scientifique) du CNRST (centre national des recherches scientifiques et techniques à Rabat).

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 GRANULOMÉTRIE

Dans les échantillons analysés, les teneurs de la fraction fine (<63 µm) varient généralement entre 7% et 93 %. Une évolution anormale de la distribution de la fraction fine est observée pour le sédiment de l'Oued Martil, des pourcentages relativement élevés de la fraction fine sont remarqués notamment pour les stations MH2 et MM3.

Tableau 2 : Teneurs des fractions argileuses et grossières des sédiments de l'Oued Martil

Echantillons	% Fraction fine	% Fraction grossière
MC1	7,05%	92,95%
MC2	25,92%	74,08%
MK1	30,70%	69,30%
MK2	26,72%	73,28%
MH1	50,31%	49,69%
MH2	93,98%	6,02%
MM1	61,75%	38,25%
MM2	65,10%	34,90%
MM3	82,26%	17,74%

L'étude granulométrique montre :

Un dépôt par des courants irréguliers;

Un sédiment déposé après un faible parcours et qui n'est pas encore trié;

Un mélange de sédiments de diverses provenances.

La comparaison entre l'étude granulométrique dans les sédiments superficiels entre l'amont et l'aval, indique l'existence d'un apport de matières fines récentes, ceci ne peut être attribué qu'aux activités humaines influencées par les régimes fluvial et éolien.

3.2 TENEURS EN MÉTAUX

En comparant les résultats (tab 3) obtenus dans les différents sites de prélèvement pour le sédiment d'Oued Martil, on note que les teneurs les plus élevées sont enregistrées au niveau des points MM1, MM2 et MM3 situés au centre d'agglomération urbaine à la sortie de la décharge municipale MM1, à proximité de la zone industrielle MM2 et à l'aval du cours d'eau MM3, la distribution de la teneur des métaux est presque semblable pour le Fe, Pb, Cd et le Cu, et à un degré moins pour Zn, Ni et le Mn. Les valeurs les plus fortes sont enregistrées à partir du point MM1 situé à la sortie de la décharge municipale de Tétouan.

Ces résultats indiquent un enrichissement assez considérable pour le Fer enregistrant une valeur de 148 mg/l qui continue à augmenter en traversant la zone industrielle de Kouilma et la ville de Martil enregistrant un maximum de 173 mg/l à l'aval de l'Oued, cette même tendance est observée pour le plomb, cadmium, qui représentent parfois le triple des valeurs enregistrées à l'amont de l'Oued, pour le cas du cuivre les résultats sont très surprenants puisque ces valeurs dépassent largement d'autres études réalisées dans d'autres estuaires marocains [9, 10]. Pour les autres éléments une distribution assez irrégulière et peu significative est remarquée, des valeurs très faibles sont enregistrées prouvant un appauvrissement de ces éléments dans le sédiment de ce cours d'eau. On peut attribuer les concentrations obtenues à la nature des terrains traversés, l'évolution dans le temps est peu significative pour les sept éléments étudiés puisque on note que les résultats obtenus ont presque les mêmes valeurs.

Tableau 3 : Teneur en métaux au niveau du Sédiment Oued Martil. 2011 en mg/l

Echantillons	Campagne	Fer	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Mn
MC1	juin-11	84,844	0,101	0,008	0,354	0,397	0,072	0,168
	janv-11	83,996	0,094	0,008	0,351	0,441	0,071	0,188
MC2	juin-11	102,664	0,148	0,004	0,366	0,469	0,103	0,223
	janv-11	79,051	0,125	0,004	0,410	0,46	0,102	0,225
MK 1	juin-11	89,204	0,117	0,005	0,218	0,437	0,052	0,205
	janv-11	99,908	0,115	0,005	0,192	0,459	0,057	0,201
MK2 (Aval)	juin-11	147,992	0,180	0,006	0,408	0,492	0,105	0,257
	janv-11	149,472	0,183	0,006	0,510	0,587	0,116	0,156
MH1	juin-11	95,940	0,110	0,007	0,386	0,449	0,080	0,134
	janv-11	71,955	0,097	0,007	0,284	0,94	0,100	0,133
MH 2 (Aval)	juin-11	89,640	0,121	0,005	0,266	0,652	0,119	0,166
	janv-11	88,744	0,119	0,005	0,247	0,522	0,131	0,164
MM 1 (Aval)	juin-11	148,900	0,281	0,012	0,369	0,85	0,173	0,285
	janv-11	131,032	0,239	0,012	0,464	0,62	0,190	0,279
MM 2	juin-11	160,888	0,357	0,010	0,596	0,88	0,141	0,245
	janv-11	157,670	0,364	0,010	0,445	0,96	0,135	0,242
MM 3 (Aval)	juin-11	173,280	0,353	0,014	0,513	1,012	0,125	0,281
	janv-11	169,814	0,346	0,016	0,512	1,121	0,098	0,247

3.3 FACTEUR D'ENRICHISSEMENT

Le facteur d'enrichissement (FE) permet d'évaluer l'intensité d'une pollution métallique en séparant le signal anthropique du signal naturel. Le calcul de cet indicateur ne peut se définir que par rapport au fond géochimique naturel, correspondant aux teneurs métalliques pré anthropique [11, 12; 13; 14]. Certains auteurs utilisent les concentrations de la croûte (UCC) continentale comme fond géochimique naturel [15 ; 16; 17]. Cependant, les différences entre les teneurs de la croûte terrestre et la composition chimique des roches mères locales peuvent conduire à des conclusions erronées [18 ; 14]. La définition du fond géochimique local peut pallier à ce problème en tenant compte des particularités géochimiques et minéralogiques de la roche mère locale. Ainsi, les concentrations de fond de Pb, Cu, Mn, Zn, Cd, Ni et Fe dans le schiste argileux moyen obtenu de [19] sont utilisées dans cette étude. Parallèlement, la normalisation des teneurs en métaux par la concentration d'un élément conservatif est une étape nécessaire dans le calcul du facteur d'enrichissement. Elle permet de corriger l'effet des variations de la composition minéralogique et granulométrique des sédiments sur la distribution du contaminant. Plusieurs éléments conservatifs sont envisageables: Al [20 ; 21 ; 22], Li [20], Cs [23; 24], Sc [25; 26], Fe [27; 28], MO [29], Th [30], Fe [31].

Dans le cas de cette étude, la normalisation a été réalisée avec le Fe puisqu'il est un constituant majeur des minéraux argileux et un bon traceur de la fraction fine.

Ainsi, le facteur d'enrichissement (FE) d'un élément trace métallique est calculé selon la formule suivante :

$$EF = ((Me/Fe) \text{ sample}) / ((Me/Fe) \text{ average shale value}).$$

Les résultats (tab 4) montrent que les valeurs les plus faibles du FE ($FE < 2$) sont obtenues pour les éléments Zn, Ni et Mn indiquant ainsi une absence de contamination anthropique par ces éléments, les valeurs de FE indiquent une contamination modérée pour le Pb, la tendance avec l'espace souligne une augmentation de la pollution métallique par cet élément en allant de l'amont vers l'aval. Un enrichissement significatif par rapport au fond géochimique local est enregistré pour le Cd et Cu, caractérisé par des valeurs surprenantes de Cu qui atteignent la valeur de 6,52 à l'aval de l'Oued.

Tableau 4 : Valeurs obtenues du FE pour le sédiment de surface de l'Oued de Martil.

Echantillon	[Fe] mg/Kg	Fe (%)	[Pb]	[Cd]	[Zn]	[Cu]	[Ni]	[Mn]
MC1	21105	2,1105	2,726	14,910	1,113	5,206	0,588	0,117
MC2	22714,375	2,2714375	3,546	6,927	1,139	5,362	0,783	0,137
MK1	23639	2,3639	2,895	8,320	0,578	4,970	0,400	0,119
MK2	37183	3,7183	2,880	6,347	0,823	3,805	0,516	0,077
MH1	20986,8	2,0986	2,910	13,119	1,064	8,677	0,744	0,088
MH2	22298	2,2298	3,175	8,820	0,767	6,903	0,973	0,103
MM1	34991,5	3,4991	4,384	13,489	0,794	5,508	0,900	0,112
MM2	39819,7	3,98197	5,341	9,878	0,871	6,058	0,601	0,085
MM3	42886,7	4,28867	4,808	13,757	0,797	6,521	0,451	0,085
Echelle d'intensité de pollution en fonction des intervalles de valeurs du Facteur d'enrichissement FE (Sutherland, 2000)								
	FE ≤ 2		Enrichissement anthropique inexistant ou faible					
	2 < FE < 5		Enrichissement modéré					
	5 < FE < 20		Enrichissement significatif					

4 CONCLUSION

En conclusion, les résultats obtenus dans ce travail montrent clairement l'impact des rejets des villes de Tétouan et Martil sur les sédiments de l'Oued Martil, ces résultats sont supérieures à ceux mesurées au niveau du sédiment de Saidia [32], et celui de l'estuaire du fleuve Comoé Grand-Bassam Sud-Est de la Côte d'Ivoire [33]. L'analyse des données géochimiques met en évidence la présence d'une association métallique (Pb, Cu et Cd) d'origine anthropique. Les fortes concentrations le long de l'Oued étudié sont situées à la proximité immédiate des différentes unités industrielles, et au niveau des stations à fort taux de matière organique (décharge publique de Tétouan), où elle joue un rôle prépondérant dans l'accumulation des métaux. Ces données sont comparées par une étude de facteur d'enrichissement prouvant la nature anthropique des métaux étudiés dans le sédiment du cours d'eau, indiquant la zone d'étude comme une zone de double influence naturelle et anthropique (déchets liquides et / ou solides industriels et domestiques). Sur le plan Eco-social ces données peuvent servir comme étant un paramètre essentiel concernant l'aménagement de la zone pour une meilleure gestion environnementale au bénéfice du développement de la zone. Par ailleurs la nécessité d'implanter une station d'épuration des différents rejets reste une priorité absolue pour améliorer la qualité des eaux et par la suite de contribuer à améliorer l'environnement marin du littoral méditerranéen.

REFERENCES

- [1] Jouanneau, J.-M., Latouche, C., 1981. The Gironde Estuary. In: Fürchtbauer, H., Lisitzyn, A.P., Millerman, J.D., Seibold, E. (Eds.), 1981. Contribution to Sedimentology, vol. 10. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, pp. 1e115.
- [2] Tanner CC & Clayton JS (1990) Persistence of arsenic 24 years after sodium arsenite herbicide application to Lake Rotorua, Hamilton, New Zealand. N Z J Mar Freshw Res, 24: 173–179.
- [3] COMBE M.; FERRE M. et THAUVIN J.P., (1975) -Ressources en eau du Maroc, plaines et bassins du Maroc atlantique. Not.Mem.Ser.2éd. Maroc, 231, 2, p.144-171.
- [4] EMBERGER L. (1955). Une classification biogéographique des climats. Rec. Trav. Lab. Bot? Géol. Zool. Fac. Sci. Montpellier, Série Bot.; 7 : 3 – 43p.
- [5] BAGNOULS-GAUSSIN (1953). Saison sèche et indice xéothermique. Bull. Soc. Hist. Toulouse ; 88 (3 – 4) : 193 – 239.
- [6] Förstner, U., Ahlf, W., Calmano, W., 1989. Studies on the transfer of heavy metals between sedimentary phases with a multi-chamber device: combined effects of salinity and redox variation. Marine Chemistry 28, 145-158.
- [7] Puyate YT, Rim-Rukeh A, Awatefe SI (2007). Metal pollution assessment and particle size distribution of bottom sediment of Orogodo River, Agbor, Delta State, Nigeria. J. Appl. Sci. Res., 3(12):2056–2061.
- [8] Alvarez, E.A., Callejon Mochon M., Jimenez Sanchez J.C., Ternero Rodriguez M., 2002. Heavy metal extractable forms in sludge from wastewater treatment plants, Chemosphere, 47: 765-775.
- [9] Morhit M., Fekhaoui M., Serghini M., Blidi S., Abidi A., Bennaakam R., Yahyaoui A., Jbilou M., Impact de l'aménagement hydraulique sur la qualité des eaux et des sédiments de l'estuaire du Loukkos (côte atlantique, Maroc) Bulletin de l'Institut Scientifique 30 (2008) 39-47.
- [10] Morhit M., Fekhaoui M., Abidi A., Yahyaoui A., Hamdani A., Impact des activités humaines sur la dégradation de la qualité des sédiments de l'estuaire de Loukkos (Maroc), Déchets Sciences Techniques. 61 (2012) 8-17.

- [11] Trefrey, J.H., Presley, B.J., 1976. Heavy metals in sediments from San Antonio Bay and the northwest Gulf of Mexico. *Environmental Geology* 1, 282–294.
- [12] Alexander, C., Smith, R., Calder, F., Schropp, S., Windom, H., 1993. The historical record of metal enrichment in two Florida estuaries. *Estuaries* 16, 627–637.
- [13] Sutherland, R. A., 2000. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. *Environmental Geology* 39 611–627.
- [14] Mil-Homens, M., Stevens, R. L., Abrantes, F., Cato, I., 2006. Heavy metal assessment for surface sediments from three areas of the Portuguese continental shelf. *Continental Shelf Research* 26, 1184– 1205.
- [15] Hofmann, A.W., 1988. Chemical differentiation of the earth: the relationship between mantle, continental crust and oceanic crust. *Earth and Science Letters* 90, 297-314.
- [16] Soto-Jiménez M. F., Páez-Osuna F., 2001. Distribution and normalization of Heavy metal Sotoconcentrations in mangrove and lagoonal sediments from Mazatlán Harbor (SE Gulf of California). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 53, 259-274.
- [17] Pekey, H., 2006. Heavy metal pollution assessment in sediments of the Izmit Bay, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 123, 219–231.
- [18] Reimann C., De Caritat P., 2005. Distinguish between natural and anthropogenic sources for elements in the environment: regional geochemical surveys versus enrichment factors. *Science of the Total Environment* 337, 91-107.
- [19] Turekian, K.K., 1978. Cobalt. - Dans: Wedepohl, K.H. (éd.). *Handbook of geochemistry*, vol. II-3, Springer- Verlag, Berlin, 27-B-1 à 27-O-1.
- [20] Loring, D. H., 1990. Lithium-a new approach for the granulometrical normalization of trace metal data. *Marine Chemistry* 29, 156-168.
- [21] Aloupi, M., Angelidis, M.O., 2001. Normalization to lithium for the assessment of metal contamination in coastal sediment cores from the Aegean Sea, Greece. *Marine Environment Research* 52, 1–12.
- [22] Tessier, E., Garnier, C., Mullot, J. U., Lenoble, V., Arnaud, M., Raynaud, M., Mounier, S., 2011. Study of the spatial and historical distribution of sediment inorganic contamination in the Toulon bay (France). *Marine Pollution Bulletin* 62, 2075–2086.23.
- [23] Ackerman, F., 1980. A procedure for correcting the grain size effect in heavy metal analyses of estuarine and coastal sediments. *Environmental Technology Letters* 1, 518-527.
- [24] Roussiez, V., Ludwig, W., Probst, J.L., Monaco, A., 2005. Background levels of heavy metals in surficial sediments of the Gulf of Lions (NW Mediterranean): an approach based on 133Cs normalization and lead isotope measurements. *Environmental Pollution* 138, 167–77.
- [25] Shumilin, E-N., Carriquiry, J-D., Camacho-Ibar, V-F., Sapozhnikov, D., Kalmykov, S., Sanchez et al., 2002. Spatial and vertical distributions of elements in sediments of the Colorado River delta and Upper Gulf of California. *Marine Chemistry* 79, 113-131.
- [26] Hernandez, L., Probst, A., Probst, J.L., Ulrich, E., 2003. Heavy metal distribution in some French forest soils: evidence for atmospheric contamination. *Science of the Total Environment* 312, 195–219.
- [27] Schiff, K.C., Weisberg S.B., 1999. Iron as a reference element for determining trace metal enrichment in Southern California coastal shelf sediments. *Marine Environment Research* 48, 161–76.
- [28] Boszke, L., Sobczynski, T., Glosinska, G., Kowalski, A., Siepak, J., 2004. Distribution of mercury and other heavy metals in bottom sediments of the Middle Odra River (Germany/Poland). *Polish Journal of Environmental Studies* 13, 495–502.
- [29] Hissler, C., Probst, J.L., 2005. Impact of mercury atmospheric deposition on soils and streams in a mountainous catchment (Vosges, France) polluted by chlor-alkali industrial activity: the important trapping role of the organic matter. *Science of the Total Environment* 361, 1–3.
- [30] Larrose, A., Coynel, A., Schäfer, J., Blanc, G., Massé, L., Maneux, E., 2010. Assessing the current state of the Gironde Estuary by mapping priority contaminant distribution and risk potential in surface sediment. *Applied Geochemistry* 25, 1912–1923.
- [31] Barkai O., Nga L. E., Ondo A. D. B., Évaluation du niveau de pollution par les métaux lourds des lacs Bini et Dang, Région de l'Adamaoua, Cameroun *Afrique Science*. 10 (2) (2014) 184-198.
- [32] 32. Fahssi A., Chafi A., contribution à l'étude de la bioaccumulation métallique dans les sédiments et les organismes aquatiques du littoral de saidia (maroc oriental), *European Scientific Journal*. 11 (2015) 334-360.
- [33] 33. Keiba N. K., Siaka B. B., Gbombélé S., Nagnin S., Bernard S. M., Biemi J., Concentration en métaux lourds des sédiments de l'estuaire du fleuve Comoé à Grand-Bassam (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences* Volume 61: 4530 - 4539. (2013).

Assessment of groundwater flow dynamic using GIS tools and 3D geological modeling: Case of Sisseb El Alem-Nadhour Saouaf basin, Northeastern Tunisia

Mohamed HAMDI^{1,2,3}, Jamila TARHOUNI¹, Mohamed Faouzi ZAGRARNI³, Ghassen LAAOUINI⁴, and Hans Werner Müller⁵

¹Department of Geology, Faculty of Sciences of Bizerte, Tunis, Tunisia

²Rural Engineering Department, National Agronomic Institute of Tunisia, Tunis, Tunisia

³Department of Geology, Higher Institute of Water Sciences and Techniques, Gabes, Tunisia

⁴The Tunisian Company of Petroleum Activities, Tunis, Tunisia

⁵Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, Hannover, Germany

Copyright © 2017 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: Sisseb El Alem-Nadhour Saouaf (SANS) basin, is located in the Northeastern Tunisia, where groundwater systems are often exposed to rapidly reserve overexploitation, changing recharge amounts and quality degradation. A three-dimensional (3D) regional hydrogeological model of SANS basin was developed in order to understand the geometry of subsurface and its implications on groundwater dynamics. The 3D model was built by the interpretation of 2D seismic reflection profiles, calibrated by wire line logging data of oil wells, hydraulic wells and geologic field sections. After checking efficiency of interpolation methods by geostatistical tools, validated model highlighted the impact of faults system on the aquifer geometry and structure. Thus, Plioquaternary and Oligo-Miocene aquifers in the study area represent important geometric variations and cumulated thickness affected by intensive fractures which divided the system into 4 sub-basins (Bled Ktifa, Sisseb, El Alem and Nadhour Saouaf). Moreover, vertically, geological modeling shows 11 hydrogeological layers, with different hydrodynamic characteristics. This study was benefic to propose a conceptual model for the SANS system and to identify the recharge zones and the over-pumped areas which are affected by a significant evaporation rates and reveal large fluctuations of flow dynamic. These results suggest the critical importance of building a various GIS database and testing numerical geological models on groundwater flow dynamic assessment.

KEYWORDS: SANS basin, 3D geological model, geophysics, groundwater flow, Conceptual Model.

1 INTRODUCTION

In order to ensure sustainable management and continuing supply of the population's water resources, the increasing demand for groundwater needs to be organized and monitored on the basis of an overall assessment that includes the quantity and the quality of groundwater [22], [36].

Recent hydrogeological research confirms that depletion of groundwater reserves constitutes the most common problem for groundwater in many arid areas around the world [39], [40], [35], [23], [29]. Therefore, a sustainable groundwater management strategy requires a deeper comprehension of geological frame and reserve quantification in order to guarantee continuous supply for future generations. Groundwater resources management, preservation strategies, and subsequently ecology and human life, are highly influenced by the comprehension of hydrosystems.

Groundwater dynamic are classified as a response to many external forces, including rainfall, exploitation, evaporation, contamination and as an output of the groundwater system [52]. it is essential to understand the process and the

phenomena controlling the response of groundwater system exposed on these stresses. Many approaches were used for simulation and prediction of the groundwater dynamic [46], [50], [41], but, the geometry of aquifer systems are often not highlighted despite of its importance on the groundwater reserve estimation. In fact, the internal organization of the basin, their interactions and their boundary conditions are usually the results of approximations due to the misunderstanding of the geological context or a simplification of the geometry adopted by the hydrogeologists. Indeed, the subsurface geology has a major impact on the groundwater levels variability. The geometrical heterogeneity of aquifers and the presence of lithologic varied layers make difficult the comprehension of the hydrodynamic process of aquifers. Similarly, the evolution of tools that new technologies, especially mathematical modelling, provide today are very helpful to facilitate the building of 3D geological models, the comprehension and the conceptualization of aquifer system.

The main purpose for this study is to develop a conceptual model to assess the groundwater chemistry and to understand the groundwater flow, using surface and subsurface data such as geophysical, hydrological and hydrodynamic. Actually, to date, no comprehensive regional study on groundwater proprieties and geochemical characteristics of SANS basin have been elaborated. Thus, in this region, it is difficult to access to the subsurface data, like lithology, geological structure, fracture systems and stratigraphy, due to the heterogeneity of geological frame and the scarcity of geophysical prospection. This study shows that it is advantageous to combine different approaches (geologic structure, geochemical tracers and geophysical prospections) to develop a comprehensive hydrogeological conceptual model.

2 STUDY AREA

Kairouan, Central Tunisia, is characterized by a succession of plains and mountains. It is limited, in the East, by many Sebkhass (Cherita, Kelbia and Sidi El Hani). In fact, it is divided into two under different geographical regions; in the East, a plain with a little bumped relief and on the West, a very variable topography, where exist several heights giving rise to the Nebhana basin. This basin is located, according to the UTM projection system (Carthage zone 32N), between the coordinates 540000 and 3900000 Eastward and 615000 and 4005000 Northward. The study area covers 1650 Km², in which 550 000 of habitants supply on groundwater via municipal and individual wells (INS, 2014). The topographic elevation ranges between 0m, on Sebkhath El Kelbia, and 1340m on Djebel Serdj.

The surface drainage network, which is very dense, is constituted by several perennial and non-perennial wadis (Nebhana, Essid, Amor, El Hamra, Ermal, Rogal, El Khioua, El Ouja). It contributes enormously to the groundwater recharge. The surface water of these rivers is carried to the large continental depression named Sebkhath El Kelbia. The region of SANS is characterized by an arid to semi-arid climate. The precipitation varies considerably from year to year. The amount of precipitation is less than 402 mm/year with high temporal and spatial variability. Daily mean temperature varies between 9°C in the winter to 34°C in the summer with July and August being the hottest months. The potential evapotranspiration is about 1460mm/year. In fact, this basin is subject to several climate changes and most hydroclimate simulations show an increase in temperature and a decrease in precipitation.

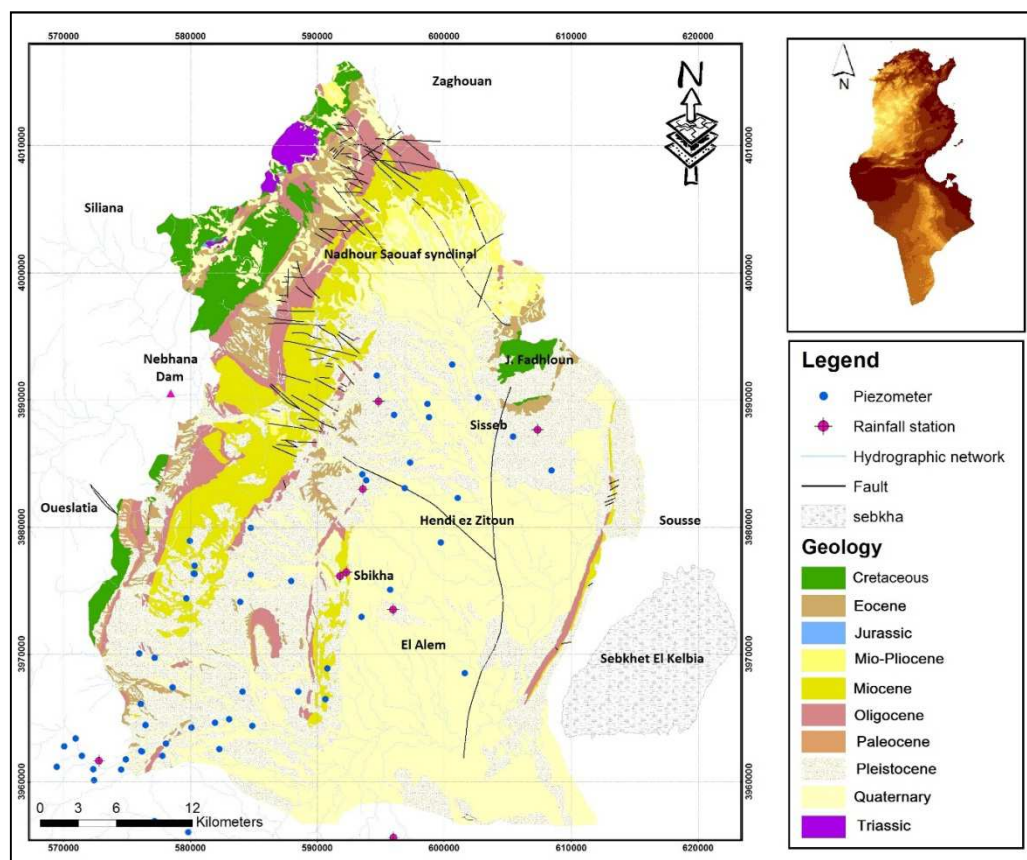


Fig. 1. Location map and regional geology of Sisseb El Alem – Nadhour Saouaf basin

2.1 REGIONAL GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL SETTING

The geology of the Tunisian Atlassic “Dorsale” and the NS axis, which Nebhana basin belongs, have been the object of several studies [16], [14], [27], [28], [44], [15], [49], [47], [12], [17], [4], [38], [1], [18].

Despite these numerous studies, aquifer characterization using geophysical data and geochemical tracers, remain limited [4], [8], [30], [31], [21].

On the structural plan, Sisseb El Alem – Nadhour Saouaf basin extends of the basin of Ouesslatia on the West, up to the plain of Djebibina Alem basin, in the East. The basin is boarded on the west by an orographic axis Ouesslet Edjahaf of direction N30 [18]. It includes the structures of the orogenetic complex Ouesslet Bou hajar. Its Northern continuation, characterized by the structure of Edjahaf, comes to hug against a second orogenetic axis. Besides, the sector is situated in the South of the continuation of the NS axis, which makes the study area a crossroad between two major tectonic accidents [45], [1].

The stratigraphic series outcropping within the SANS basin are generally of Trias to Quaternary in age. In fact, Boudabbous and Fkirine mountain are pierced by Triassic evaporites. Those Triassic outcrops consist of two important facies: Saliferous (clay, sandstone, gypsum) and grey to dark grey limestone. Jurassic deposits outcrop on Ben saidane, Fkirine, kef El Azaiez and Zaress mountain [15]. It is characterized by thick stratigraphic series of interbedded limestone, with 215 m of thickness on Fkirine mountain.

Cretaceous deposits outcrop on Ouesslet and Bou Hajar mountains, on the NO of the basin on the Nadhour Saouaf synclinal and Fadheloun mountain. Paleocene series consist on green marls with intercalations of sandy limestone, gypsum and glauconite clays. It outcrops especially on Bou Hajar mountain and on Nadhour Saouaf synclinal. On Bou Dabbous and Jebil mountains, Eocene deposit are characterized by carbonaceous deposit represented by marl and nummulitic limestone of Ypresian and/or early Lutettian age. For the Oligocene series, they are exposed enormously on the Dekhila, Draa Souatir

and Boumorra regions. It consists on interbedded fine sandstone, sands, gypsiferous marls and discontinuous sandy marl lenses [1].

The central area of the basin is overlaid by detrital deposits of late Tortonian Messinian age. It comprises conglomerates, gravels, sands and silty sands. These continental deposits, becomes rich in clays layers towards the North of the basin. Quaternary deposits are known by important changes in the lithology and thickness. It is screened in the detrital layers of continental sands, clay, gravels and conglomerates. It lies in many regions of Sisseb El Alem – Nadhour Saouaf basin uncomfortably on older sediments in age.

The aquifers of the SANS basin are particularly spread in the Plioquaternary and Oligo-Miocene detrital series which is known by its important accumulated thicknesses and high porosity (25% and 30%). Field works and subsurface prospection highlights sandy local aquifers with important petrophysical and hydrodynamic characteristics. In fact, Oligocene and Miocene deltaic deposits present the most important deep reservoirs in the Northeastern Tunisia [24], [7], [33], [6], [5], [25].

In the SANS basin, through hydraulic wells pumping test, different hydrodynamic parameters (T, K, Q) are calculated for the aquifer layers, using OUAIP software (BRGM). Hydrodynamic parameters are presented in the table below (Table 1).

Groundwater flow of the aquifers in the SANS basin is directed from North to South to the Sebkhate of Kelbia.

Table 1. groundwater hydrodynamic parameters in SANS basin (Internal report of hydraulic wells, DGRE)

Aquifers	Hydraulic parameters		
	Transmissivity (m^2/s)	Permeability (m/s)	Exploitation (l/s)
Oligocene Sisseb El Alem	$2 \cdot 10^{-3}$	$10^{-5} - 10^{-1}$	10 – 40
Miocene Sisseb El Alem	10^{-3}	$10^{-3} - 10^{-5}$	10 – 20
Plio-Quaternaire El Alem	$5 \cdot 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^{-5}$	10 – 15
Oligocene Nadhour Saouaf	$2 \cdot 10^{-3}$	$10^{-5} - 10^{-1}$	10 – 40

3 METHODOLOGY

3.1 DATA ACQUISITION AND HYDROGEOLOGICAL DATABASE DESIGN

– Climate data

Climate data used in the current study includes data describing temperature, rainfall, relative humidity and the evapotranspiration. The rainfall data were kindly made available by 9 rainfall stations from the General Direction of Water Resource.

– Geological and geophysical data

The geological setting of SANS basin is very complex, and well geological data range from sparse, on the region of Nadhour Saouaf, to very concentrated, on the region of Sisseb and El Alem. Subsurface data such as geostructural, geophysical and hydrological data are very important in groundwater flow comprehension. However, it is difficult to access to the subsurface data, like lithology, geological structure, fracture systems and stratigraphy, due to the heterogeneity of geological frame. Although, geophysical methods have been developed so that prospections cover larger areas.

Moreover, geophysical data are an excellent source of information in areas with scarce borehole data and heterogeneous frame. To reach the aim of the study, a various database was collected and performed in order to prepare the inputs for the numerical model. This data base consists of 2D seismic sections and 23 wire line logging of petroleum well from The Tunisian Company of Petroleum Activities. The interpretation was done by means of the following tools: SMT, PETREL and ROCKWORKS.

To identify the aquifer layers, fields sections and the Vertical Seismic Profiles (VSP) of the oil wells were used to calibrate the geo-seismic interpreted sections. The choice of the interpolation methods was guided by a geostatistical study which considers the correlation coefficient and the anisotropy ratio. In our case, kriging was used. It is one of the most used statistical methods to create geological models, isochron and isobaths maps. Using the Neuralog software, logging curves were digitalized in the appropriate scale and then reconstructed using Interactive Petrophysics (IP) for lithostratigraphic interpretation.

Hydrological data

The hydrological data considered in this research consists of stream networks and watersheds characterization. Hydrologic information was extracted from the SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) of SANS basin using the Arc Hydro tool. These data are characterized by a good efficiency and a high spatial resolution 30 x 30 m which make it very suitable for use in stream network and watershed delineation.

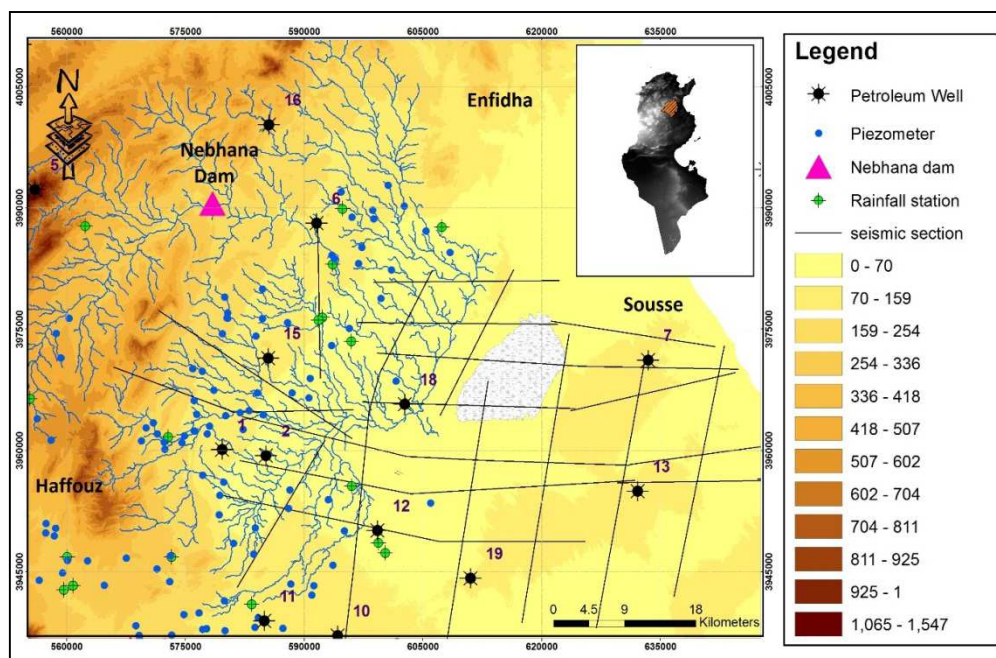


Fig. 2. location of seismic sections, hydraulic and petroleum wells piezometer, and sampling point

3.2 GIS MAPPING TECHNIQUES

GIS mapping techniques, which are based on geostatistics approaches, constitute an excellent tool for analyzing the spatial variability of hydrodynamic parameters, geological data, geochemical trends and water quality. Here, the ArcMap package was very useful to superpose the different layers of information and make the interpretation easier.

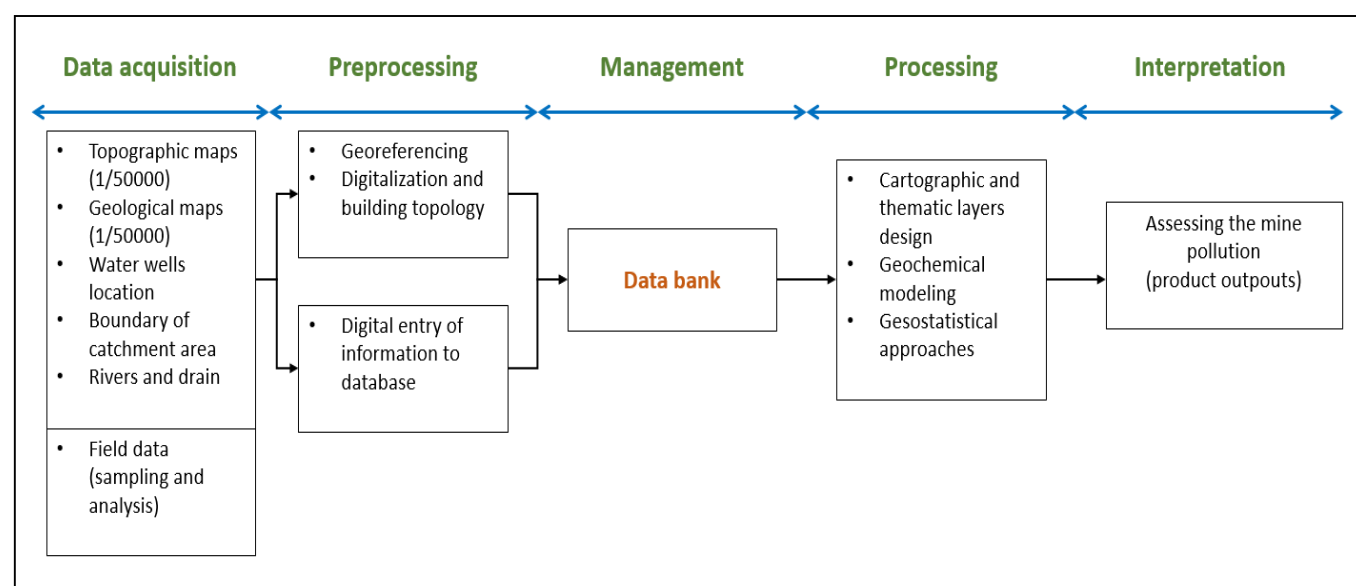


Fig. 3. Gis mapping process

3.3 THREE-DIMENSIONAL MODELING

Integrated mathematical modelling proves significantly successful, owing to an unusual wealth of available geological, geophysical, geochemical and hydrogeological data. The 3D stratigraphic model is built in order to understand the aquifer geometry and illustrate the complexity of the hydrogeology setting of the study area. For that, the “solid modeling” package provided by Rock Works software is used. The resolution of the model is 1000 m × 1000 m × 5 m. the resulting grid consists of 44 X-nodes × 31 Y-nodes × 45 Z-nodes so the model contains 61380 nodes.

When dealing with the geological modeling, it is necessary to determine the appropriate interpolation method. The most used statistical method is kriging. Several mathematical models were performed to adjust the interpolation method and both simple kriging represent the same accuracies as well as ordinary kriging. So that, we have chosen the simple one.

4 RESULTS AND DISCUSSIONS

4.1 3D HYDROSTRATIGRAPHIC MODELING

The 3D hydrostratigraphic model was developed in this study to assess the geometry of aquifers and their vertical relationships.

– Stratigraphic interpretation

Seismic reflexion is the most used method to highlight the aquifer structures; it has been performed in many studies to reconstitute the aquifers architecture [13], [34], [31], [6], [5], [25], [26], [43].

In this paper, we suggest the interpretation of a seismic section L1 (Figure 4).

The direction of the first section L1 is NNE-SSW (Figure 4). It is located in the middle of the SANS basin. The line shows 3 sub-basins separated with NW-SE faults in flower form. The sub-basins are in compressive structure and seems to be controlled by the triassic activity in the zone. To the north, the geo-seismic section shows the Ktifa-Guelta synclinal which is bedded by the thick series of the Lower Eocene. Along the monoclonal of Draa Souatir, the Plioquaternary filling of Ktifa-Guelta synclinal relies on an anticlinal poured towards the west, named the Ktifa anticlinal. It is in fact the continuity of the Fadheloun mountain and present in the Draa Souatir side a major fault which represent a hydrogeological impermeable limit between two different sub-basins, the Sisseb and the El Alem basins. To the north of Ktifa structure, NE-SW faults affected a little syncline where the Plioquaternary, Oligocene and Miocene series are not very thick (100-200 m). Further south, the Kairouan-El Hadedja syncline present very thick stratigraphic series and it can reach 700 m of thickness on the El Hadedja area. It is limited to the south by the structure of Zlama and Bir Ben Zina. The Zlama synclinal is crossed by the ZAW-1 well, it shows important Plioquaternary, Miocene and Oligocene thicknesses, it is about, respectively, 500 m, 630 m and 300 m.

Many seismic lines are oriented EW and shows the structure of El Alem, Sebkhat El Kelbia and Kondar. These lines show important thicknesses of the Plioquaternary, Oligocene and Miocene deposits. The majority of the faults are, strike-slip NE-SW and EW faults and bordered the structure of el Alem, Sebkhat El Kelbia and Kondar basin. The structure is in fact in horst and grabens. The geometry of these complex horsts and grabens, detected on the studied seismic lines, is known in the SANS folded basin. In fact, at the Oligocene, dextral and sinistral transtensional movements began and continued until the Tortonian, when the thick sedimentary series were taken again in transpressional movements generating echelon folds within the grabens (Nebhana graben).

The Miocene (Burdigalian – Serravallian, the late Tortonian, and the Messinian) is characterized by several intensive geodynamic events [31]. Actually, most normal faults reach the Neogene layers and are likely to have been reactivated during the later Tortonian, generating a change in the tectonic process and thus a stress field in a compressional and transpressional context. Intensive tectonic movements are also observed on the Miocene and Pliocene. As a result, many faults were than reactivated. [31] explained the role of these tectonic events on inherited fault and the coexistence of extensive and compressive structures. These high potential tectonic activities are the cause of many hydrogeological implications, the aquifer systems are divided into small sub-basin and the Collapsed compartments have accumulated significant quaternary deposits. The difference in thickness is closely linked to erosion and sediment yield of mega structures formed.

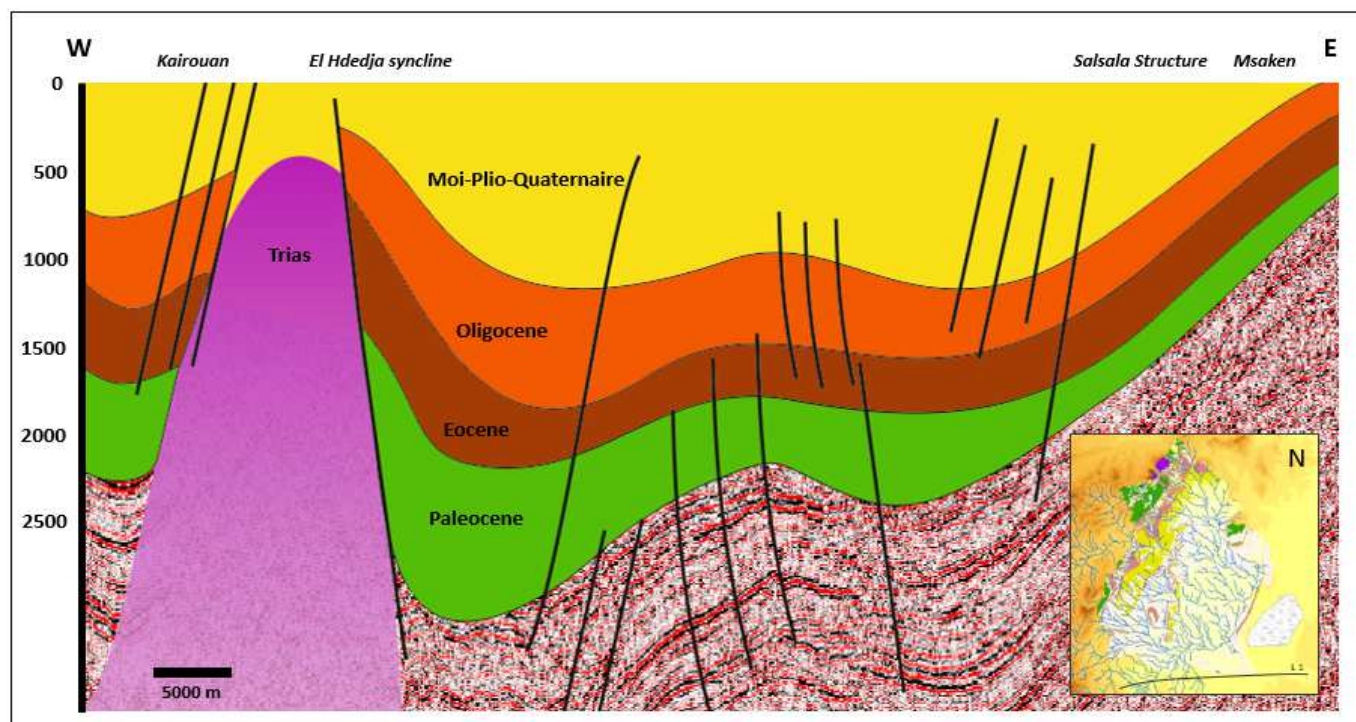


Fig. 4. Example of interpretation of the seismic section L1

– Aquifer layer lithologic characterization

The robustness and the efficiency of the 3D hydrostratigraphic model is relative to the detail required by the geological data to be modeled. The model established is based on many geophysical data and also verified with previous sedimentologic field sections [16], [8], [1], [31], [26]. One of the initial steps in the setup of hydrogeological classification is identifying appropriate lithologic units and consequently stratigraphic units. However, the lithologic units as textural characteristics provide important information like depositional conditions and primary control on water transmissivity and aquifer potential. This characterization was developed using the internal reports of ETAP and DGRE. The 3D hydrostratigraphic model of SANS shows 11 distinct lithostratigraphic layers.

Unit 1: The El Haria formation consists of claystone with occasional thin marly limestone interbeds and strings down to 850 m on Kairouan plain. The top part of El Haria consists of a light grayish-green claystone with light gray calcareous rich interbeds becoming predominately light to medium gray.

Unit 2: lower Eocene (Ypresian), represented by the Boudabbous formation and El Gueria Formation. The upper part of the formation consists of a light to medium grey, firm to moderately hard, calcareous to slightly dolomitic shale. This shale is organic rich and downward to argillaceous, bioclastic, limestone mudstone with glauconite and pyrite. These sediments were deposited in a shallower open marine environment. These folded limestones of this formation, with the marl bedrock is in fact a discontinuous confined aquifer in the region.

Unit 3: The Upper Eocene deposits of the Souar formation are very thin and can reach 600 m and 800 m of thickness. It consists on thin bedded marl layer (Burolet, 1956) and forms an extensive bedrock for the Oligo-Miocene aquifers and it is crossed by many drilling wells [24]. In the syncline Nadhour - Saouaf the Souar formation was intersected from 330 m by Sidi Abdelkader well (IRH: 10475/2), located 2 km west of Jebel Fadheloun.

Unit 4: Oligocene (Rupelian – Chattian) is represented predominantly by shales with interbedded sandy shales and sandy dolomites. A zone of interbedded shales and limestones exists at the base these deposits. The shales are vari-colored at the top grading to dark brown and grey. It forms the lower section of the Fortuna formation. The thickness of these deposits can reach 300 m and it outcrops in the monclinal structure of Dekhila, Draa Souatir, Jebel El Batene and Bou Morra synclinal. It represents low permeability and it forms a potential aquifer capted by numerous deep boreholes.

Unit 5: The Oligocene - lower Miocene represent the middle unit of the Fortuna formation. It is characterized by dolomites with shale intercalations. The dolomites are light grey, hard to very hard, crystalline to sucrosic and occasionally grade to sandy dolomites. The thickness of these layers can touch 220 m.

Unit 6: the lower Miocene (Aquitainian – Burdigalian) is represented by sand with minor shale interbedded and argillaceous intercalations. The sands are clear to translucent to white and light grey, fine to very coarse grained, moderately to well sorted with occasional glauconite rich zones. It forms the Upper section of the Fortuna formation and represent 60 m of thickness. It outcrops on the Nadhour Saouaf basin.

Unit 7: The Middle Miocene (Langhian) consists on dolomite with thin interbeds of shale. The dolomite is light grey to grey, slightly anhydritic with a sucrosic texture. The interbedded shales are medium to dark grey. The thickness of these deposits is over 15 m and constitute an aquitard between the Oligocene and the Miocene aquifer. Never the less, it could be permeable in many areas since its reduced thickness [48].

Unit 8: the middle Miocene (Langhian – Serravallian) is represented by clay layers which are generally soft, amorphous to blocky, very carbonaceous with abundant coal fragments. These sediments were deposited in a shallow marine environment with probable periods of fluvial influence and sub-aerial exposure.

Unit 9: The upper Miocene (Serravallian – Tortonian) consists on the Beglia formation which is represented by massive sandstone and coarse, sometimes brittle with clay levels. The sandstones predominate at the base and clay intercalations are more toward the top with continuous passage to lignite. The thickness of these sediments reached 360 m and represent a high hydrodynamic potential.

Unit 10: The Saouaf formation [9], [8], consists of alternating sand or sandstone, marl and lignite. The rare interbedded thin lignite in the lower part, become thicker towards the top. The power of this formation is of 480 m on Henchir El Gonnara area.

Unit 11: The Upper Miocene-Pliocene and Quaternary deposits consist of interbedded unconsolidated sands silts, and clays with occasional limestone interbeds [14]. Below 330m the sand content increases and the grain size increases from fine to medium in the upper part to coarse to gravel near the base. The total power of these series can reach 600m in the Hdjedja region and to Kairouan area and it constitute a potential aquifer. The unconformities mark these deposits since it is bedded in one time by the Upper Eocene and the Souar formation in Henchir Nahal and Jebel Fadheloun and in an another time by the Saouaf formation and Beglia in the Hdjedja area.

	Chronostratigraphy		Formation	Max thickness (m)	Lithology	Hydraulic Conductivity (m/s)
N E O G E N E	Quaternary	Pleistocene	Alluvium	200		$10^{-3} < k < 10^{-1}$
		Villafranchian		16		$10^{-9} < k < 10^{-7}$
	Pliocene	Piacenzian	Segui	1200		$10^{-5} < k < 10^{-3}$
		Zanclean				$10^{-10} < k < 10^{-8}$
	Miocene	Messinian	Oum Dhouil	820		$10^{-9} < k < 10^{-7}$
		Tortonian				$10^{-3} < k < 10^{-1}$
		Serravallian				$10^{-3} < k < 10^{-2}$
		Langhian	Ain Ghrab	20		$10^{-5} < k < 10^{-3}$
		Burdigalian				$10^{-8} < k < 10^{-7}$
		aquitainian				$10^{-8} < k < 10^{-7}$
P A L E O G E N E	Oligocene	Chattian	Fortuna	500		$10^{-5} < k < 10^{-3}$
		Rupelian				$10^{-3} < k < 10^{-1}$
	Eocene	Priabonian	Souar	600		$10^{-10} < k < 10^{-8}$
		Bartonian				
		Lutetian	Boudabbous	400		$10^{-5} < k < 10^{-3}$
	Paleocene	Ypresian				
		Thanetian	El Haria	50		$10^{-10} < k < 10^{-8}$
		Danian				

Fig. 5. hydrostratigraphic chart of SANS basin

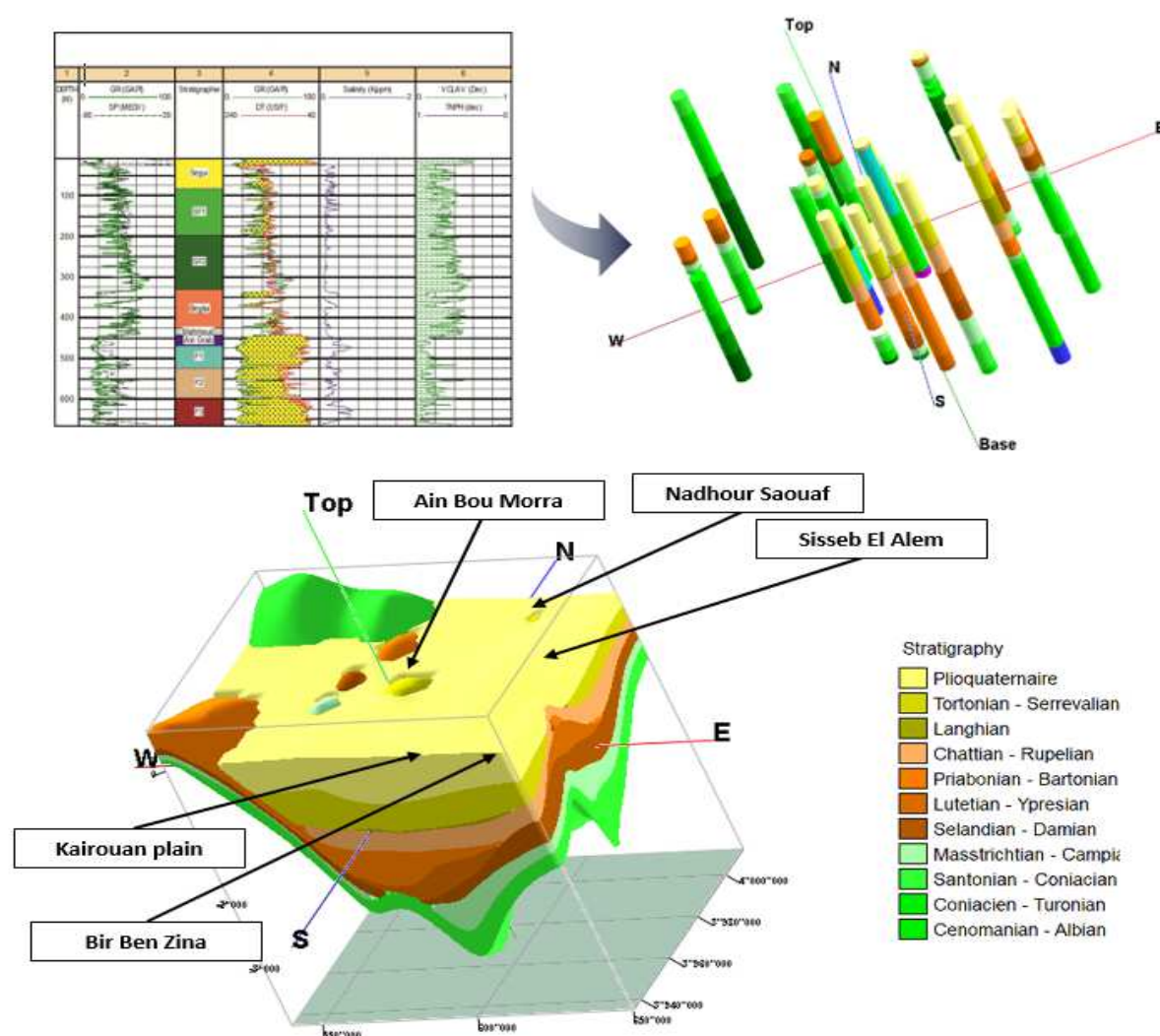


Fig. 6. 3D hydrostratigraphic model of SANS basin

4.2 GROUNDWATER FLOW DYNAMIC IN THE SANS BASIN

The geological study reveal that there is 5 aquifer layers (Segui, Oum Dhouil/Beglia, Ain Ghrab, and Fortuna formations), These potential aquifers are divided into 4 lateral sub-basins due to the intensive tectonic activity in the SANS basin.

Elaborated hydrostratigraphic models of fractured sub-basins based on a discrete approach offer good resolution characterization of structural properties of these aquifers, Groundwater flow is determined by the characteristics of the fracture network, including properties such as fracture density, length, orientation, aperture and connectivity.

General direction of groundwater flow is NW-SE, the piezometric levels are increasing all over the years, In general, tendency of piezometric curves remained variable, The piezometric level presents an irregular evolution, characterized by a continuous drop during the last years under the influence of the irregularity of precipitation, the evaporation ratio and the overexploitation.

The direction of groundwater flow coincides appreciably with the direction of streams, piezometric curves present a speed, generally, convex (Fig. 11) indicating a linear supply insured by infiltrations of surface water.

In the region Nadhour-Saouaf, piezometric contours are very tight and the hydraulic gradient range between 0,021 and 0,007, which confirms the good circulation of groundwater in the Oligo-Miocene aquifer, this speed of curves is caused by

good transmissivity ($2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$), amplified by the high topographic slope, to southward, hydraulic gradient became more and more low and can reach 0,0004.

To the Southeast, in the El Guelta area, the piezometric level coincides with the topographic elevation, especially at Henchir Ain Fkirine area, indicating its emergence, it is also the case of Bled Saadia, which is an accumulation zone of surface water, Indeed, it represents a potential area of aquifer recharge, this finding is validated with the DEM data and the flow accumulation instruction of the arc hydro tool.

In Sisseb region, hydraulic gradient is about 0,001, This region present thick deep Oligocene layers (100 - 250 m), Award the NW, hydrodynamic parameters are very important due to the homogeneity of lithologic series, To the south, in El Alem area, lithostratigraphic reservoirs layers become more heterogenic and lenticular and hydraulic gradient is less important (0,0003).

Combining these finding, a conceptual model for SANS basin was established, Actually, the foundation of this hydrogeological investigation is based on sufficient reliable information and modeling results to develop an understanding of how a definite groundwater system works.

Piezometric study highlights the impact of subsurface geometrical setting and topographic slope on groundwater flow dynamic, Actually, groundwater flow in a regional point of view is divergent and it is difficult to understand its tendency, the current study shows that:

- (1) the most important recharge rates are located in the north, in Nadhour Saouaf synclinal, where Oligocene sandstone series outcrops, the infiltration coefficient is about 13,5% of effective rainfall.
- (2) In the region of Djebibina, along the Khrioua and Keseb flood, rain water reach directly to the Oligo-miocene aquifer, it is not the case for Oued El Ogla and Oued Sahel because the implementation of two dams, is about 9,7 Mm³/year.
- (3) Since the implementation of Nebhana dam, recharge ratio is decreasing and it is about 2,43 Mm³/year.
- (4) To the west of Djebibina, Eocene marl constitute a no-flow boundary.
- (5) In the monoclin of Sbikha, and Draa Souatir area, recharge rates increase and reach 13,5 % of effective rain, in fact, Oligocene sandstone outcrops in these areas and it forms a permeable limit, In the south of Jebel Fadheloun, Eocene and cretaceous limestone outcrops and constitute a permeable limit also.
- (6) in Sisseb El Alem area, hydraulic gradient is very low, the decrease of groundwater levels highlighted that El Alem and Ktifa sub-basin are two separated basins and can never be the same hydrogeological system.
- (7) the SANS system cannot be separated to Kairouan plain system, they are connected and there is an important flow exchanged, it constitutes a head dependent flow boundary (Cauchy or mixed condition).

5 CONCLUSIONS

The objective of this study was to establish links between geological framework, groundwater quality, groundwater residence times, and piezometric fluctuations on the scale of SANS basin.

To attain this objective, the study combined geological modeling, fracture system, with groundwater chemistry and groundwater residence time.

At the sub-basin scale, it is extremely important to assess utility of geological modeling in the comprehension of groundwater flow dynamic, Refereeing to hydrostratigraphic model, SANS basin is composed by 4 sub-basins: Nadhour Saouaf, Sisseb, El Alem, which are connected and Guelta-Ktifa which constitute an independent compartment, At a lithologic point of view, SANS basin contains 11 lithologic units, which represent heterogenic values of permeability and hydraulic conductivity, Combined with structural model and fracture system given by seismic section interpretation, lithostratigraphic study highlighted 4 superposed thick aquifers contained in permeable units (Segui, Beglia or Oum Dhouil, Ain Ghrab and Fortuna formations), Thickness of these aquifer vary between 23 m for Ain Ghrab aquifer and 400 m for Fortuna aquifer.

Porosity values varies between 20% and 35% for the Fortuna aquifers, 25% and 30% for Beglia aquifers.

Global exploitable resources are calculated using difference between the Eocene bedrock, given by the 3D stratigraphic model, recharge ratio and piezometric fluctuation and it is estimated to 20,3 Mm³/year.

It is clearly important to understand regional and local hydrostratigraphic setting of fractured sub-basins to build a comprehensive groundwater flow model, characteristics of the fracture network, structural geometry such as fracture

density, length, orientation, aperture and connectivity, are very important in the groundwater flow dynamic comprehension, General flow direction is directed from West to East to the Mediterranean Sea and from North to South to Sebkhath El Kelbia, Hydraulic gradient is high in Nadhour Saouaf area and very low around Sisseb El Alem area, This deviation of hydraulic gradient values is due to the multi-scale undulation of the water table, which generally induces a hierarchically nested flow structure formed by local flow systems.

Indeed, geochemical tracers are linked with the local geology to more understand groundwater flow directions, It shows that TDS represent high values and increase groundwater moves rapidly along short and shallow pathways within local flow systems and slowly along long and deep pathways within intermediate or regional flow systems.

These pathways affect the amount of time during which the groundwater and rock interact, and subsequently determine the physical and chemical properties of the groundwater.

Therefore, the interpretation of response of aquifer to the stresses should be done with consideration of factors including aquifer type, paleogeography setting, regional tectonic activity, petrophysic parameters, geochemical tracers, and in-situ filed piezometric measurement.

This study brings a new and original understanding of the groundwater system within the context of its geological history, It not only characterizes the natural groundwater flow dynamic of the study area, but also contributes to better understanding the hydrogeological frame and conceptualizing SANS aquifer system, for future numerical hydro-meteorological and hydrodynamic modeling.

REFERENCES

- [1] Abbes C., 2004 "structurations et évolutions tectono-sédimentaires mésozoïques et cénozoïques, associées aux accidents reghmatiques, à la jonction des marges téthysiennes et nord-africaine (chaîne Nord-Sud-Tunisie centrale) ", thèse d'Etat, Université Tunis II, Faculté des Sciences Tunis, p, 435, 2004.
- [2] Ajay S., 2014 "Groundwater resources management through the applications of simulation modeling: A review ", Science of the Total Environment 499 (2014), p 414–423, 2014.
- [3] Amjad A., Al-Khatib I., 2015 "Hazard and risk assessment of pollution on the groundwater resources and residents' health of Salfit District, Palestine ", Journal of Hydrology: Regional Studies, pp, 472–486, 2015.
- [4] Bedir M., 1995 "Mécanismes géodynamiques des bassins associés s aux couloirs de coulissements de la marge atlasique de la Tunisie, séismostratigraphie, séismo tectonique et implications pétrolières", Thèse Es-Sciences, Université de Tunis-II, Tunis, Tunisie, 412 p, 1995.
- [5] Bedir M., Khomsi S., Houatmia F. 2015, "Basin Dynamics and Sedimentary Infilling of Miocene Sandstone Reservoir Systems in Eastern Tunisian African Margin", European Geoscience Union General Assembly, 12-17 April 2015, Vienna, 2015.
- [6] Bedir M., Lachaal F., Chebbi M.R., Gharsalli R., Khomsi S., Zouaghi T., Soussi M., 2012. Geophysics and Geologic Deep Water Reservoir Characterization and Evaluation in Eastern Tunisia", American Water Resource Association Conference. 12-15 November, Jacksonville, Florida, USA, 2012.
- [7] Bedir M., Soussi M., Chebbi M.R., Khomsi S., Gharsalli R., Shimi J., Lachaal F., 2008 "Deep hydrogeologic reservoirs investigations by surface and subsurface analyses in Eastern Tunisia", The International Geological Congress, Oslo, August 6–14th, 2008.
- [8] Bedir M., Tlig S., Bobier C, Aissaoui N., 1996," Sequence stratigraphy, basin dynamics and petroleum geology of the Miocene from eastern Tunisia", AAPG Bull. 80 (1), pp, 63–81, 1996.
- [9] Bedir M., 1995, "Mécanismes géodynamiques des bassins associés aux couloirs de décrochements de la marge atlasique de la Tunisie. Séismo-stratigraphie, séismo-tectonique et implications pétrolières", thèse d'Etat, Université de Tunis, p 407, 1995.
- [10] Bielek A., Rakus M., Robinson P., et Salaj J., 1972, "Essai de corrélation des formations miocènes au Sud de la dorsale tunisienne", Notes Service Géologique, Tunisie, n° 26, pp. 257-261, 1972.
- [11] Boujamaoui M., 2000, "Stratigraphie séquentielle et sismique des faciès du Miocène de la Tunisie nord-orientale. Compilation des données sismiques, diagénétiques et sédimentologiques", Thèse de Doctorat, Université de Tunis II, Faculté des Sciences Tunis, 201 p, 2000.
- [12] Boujamaoui M., Inoubli M.H., 1999a, "Stratigraphie sismique et séquentielle du Miocène de la Tunisie nord-orientale", 15ème Colloque des bassins Sédimentaires Marocains, Oujda 27-29 Avril, 1p, 1999.

- [13] Boukadi N., 1994, "Structuration de l'Atlas de Tunisie : signification géométrique et cinématique des noeuds et des zones d'interférences structurales aux contacts des grands couloirs tectoniques", Thèse d'Etat, Université de Tunis, p 249, 1994.
- [14] Bradford J.H., Sawyer D.S 2002, "Characterizing shallow s with seismic reflection, part 507 II- prestack depth migration and field examples ", *Geophysics Journal* 67, 98–109, 2002.
- [15] Burollet, P. F., 1956, "Contribution à l'étude stratigraphique de la Tunisie Centrale", *Annuaire des Mines Géologique.*, 18, p 352, 1956.
- [16] Caire, A., 1970, "Tectonique de la méditerranée centrale", *Ann. Soc. Géol. du Nord*, t. XC, fax, n°4, Lille, 90, p 307–346, 1970.
- [17] Castany, G., 1951, "Sur l'âge récent de la phase ultime de diastrophisme majeur de l'Atlas tunisien original", In : *IXXe Congrès A. F. A. S. de Tunis.*, 1, p 103-105, 1951.
- [18] Chihi, L., 1995, "Les fossés néogènes à quaternaires de la Tunisie et de la mer pelagienne: Etude structurale et leur signification dans le cadre géodynamique de la méditerranée centrale", Thèse de Doctorat d'Université, Tunis. El Mannar II, pp, 185, 1995.
- [19] Dhahri F., Boukadi N., 2010. The evolution of pre-existing structures during the tectonic inversion process of the Atlas chain of Tunisia. *Journal of African Earth Sciences* 56, pp, 139–149, 2010.
- [20] F, Liu, X, Song, L, Yang, D, Han, Y, Zhang, Ying Ma, H Bu, 2015, "The role of anthropogenic and natural factors in shaping the geochemical evolution of groundwater in the Subei Lake basin, Ordos energy base, Northwestern China ", *Science of the Total Environment* 538, pp, 327 -34, 2015.
- [21] Ghanmi, M., 2003, "Géodynamique de la plateforme saharienne et sa marge septentrionale au Crétacé. Son évolution vers l'Atlas septentrionale, interférences du rifting et d'halocinèse", Habilitation spécialité géologie Université de Tunis El Manar, Faculté des Sciences Tunis, p 347, 2003.
- [22] Gharsalli R., Zouaghi T., Soussi M., Chebbi R., Khomsi S., Bédir M., 2013, "Seismic sequence stratigraphy of Miocene deposits related to eustatic, tectonic and climatic events, Cap Bon Peninsula, northeastern Tunisia ", *Comptes Rendus Geoscience* 345, 401–417, 2013.
- [23] Goldscheider, N., 2005, "Karst groundwater vulnerability mapping: application of a new method in the Swabian Alb, Germany ", *Hydrogeology Journal*, 13, 555–564, 2005.
- [24] Grassi S, Cortecci G, Squarci P, 2007, "Groundwater resource degradation in coastal plains: the example of the Cecina area (Tuscany—Central Italy) ", *Applied Geochemistry*, 2, 2273–2289, 2007.
- [25] Hamza M., 1992, "Géologie du bassin sédimentaire de Sisseb El Alem", DGRE, Tunis, 47p, 1992.
- [26] Houatmia F., Khomsi S., Malayah A., Andolssi M., Bedir M., 2014. Neogene: geochemistry and structuring in the Sidi Saad basin, central Tunisia. *Arabian Journal of Geosciences*, 2014.
- [27] Houatmia, F., Khomsi, S., Bedir, M., 2015, "Oligo-Miocene reservoir sequence characterization and structuring in the Sisseb El Alem–Kalaa Kebira Regions (Northeastern Tunisia) ", *Journal of African Earth Sciences*, 2015.
- [28] Jauzein, A., 1962, "Contribution à l'étude géologique de la Tunisie septentrionale", Thèse Sciences, Paris, 1962.
- [29] Jauzein, A., 1967, "Contribution à l'étude géologique des confins de la dorsale tunisienne (Tunisie- septentrionale) " *Annuaire des Mines Géologique Tunisie*, n° 22, p 475, 1967.
- [30] Jorgensen N., O. Jorgensen, M.S. Andersen, P., 2008, "Engesgaard Investigation of a dynamic seawater intrusion event using strontium isotopes ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ", *Journal of Hydrology*, 348, pp. 257–269, 2008.
- [31] Khomsi S., Bedir M., Ben Jemia M.G., 2005, "Structural style, petroleum habitats and thermal maturation related to Late Cretaceous-Paleo-gene basins in the North Kairouan Permit ", *IXth Tunisian Petroleum Exploration and Production conference*, EPS Appl. Geochem. Basin Model, 43–44, 2005.
- [32] Khomsi S., Echihi O., Slimani N., 2012, "Structural control on the deep hydrogeological and geothermal s related to the fractured Campanian-Miocene reservoirs of north-eastern Tunisia foreland constrained by subsurface data ", *Comptes Rendus Geoscience*, 19 p, 2012.
- [33] Konikow LF, Kendy E., 2005, "Groundwater depletion: a global problem ", *Hydrogeology Journal*, 13(1), 2005.
- [34] Lachaal F., Bédir M., Tarhouni J., Ben Gacha A., Leduc C., 2011, "Characterizing a complex system using geophysics, hydrodynamics and geochemistry: A new distribution of Miocene s in the Zéramdine and Mahdia-Jébéniana blocks (east-central Tunisia) ", *Journal of African Earth Sciences*, 60, 222– 236, 2011.
- [35] Larroque F., Dupuy A., 2004, "Apports de la méthode sismique 598 réflexion haute résolution à l'identification des structures profondes des formations tertiaires en Médoc (Gironde, France) : implications hydrogéologiques", *Comptes Rendus Geoscience*. 336, 1111–1120, 2004.
- [36] Leboeuf, P., Pulido-Bosch, A., Calvache, M. L., Vallejos, A., & Andreu, J. M., 2003, "Strontium and SO_2 4 Cl and $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ ratios as tracers for the evolution of seawater into coastal aquifers. The example of Castell de Ferro Aquifer (SE Spain) ", *Comptes Rendus Geoscience*, 335, 1039–1048, 2003.

- [37] Leyland, R.C., 2008, "Vulnerability Mapping in Karst Terrains, Exemplified in the Wider Cradle of Humankind World Heritage Site ", Master thesis, University of Pretoria, South Africa, 2008.
- [38] M A. Caraballo, F Macías, J M Nieto, C Ayora, 2016, "Long term fluctuations of groundwater mine pollution in a sulfide mining district with dry Mediterranean climate: Implications for water resources management and remediation ", Science of the Total Environment, 539, 427–435, 2016.
- [39] Morgan, M-A.; Grocott, J., et Moody, R-T-J., 1998, "The structural evolution of the Zaghouan–Ressas belt, Northern Tunisia ", Geology society, London, special publications, January 1, 132 (1), p 405-422, 1998.
- [40] M Ketata, F Hamzaoui, M Gueddari, R Bouhlila, L Ribeiro, 2011, "Hydrochemical and statistical study of groundwaters in Gabes-south deep aquifer (south eastern Tunisia) ", Physics and Chemistry of the Earth 36, 187–196, 2011.
- [41] N Ben Cheikh, K Zouari & B Abidi, 2012, "Application des outils chimiques et isotopiques à l'étude de la relation hydrodynamique entre les aquifères profonds de Sfax et de la Djeffara de Gabès Nord (Sud-Est tunisien) ", Hydrological Sciences Journal, 57:8, 1662-1671, 2012.
- [42] Nayak, P.C., Rao, Y.S., Sudheer, K., 2006. Groundwater level forecasting in a shallow aquifer using artificial neural network approach. Water Resour. Manag. 20 (1), 77–90.
- [43] Parkhurst, D.L. and Appelo, C.A.J., 1999, "User's guide to PHREEQC (version 2) ", US Geol. Surv. Water Resour. Inv. Rep. 99-4259, 312p, 1999.
- [44] Raiber, M., Webb, J.A., Cendón, D.I., White, P.A., Jacobsen, G.E., 2015, "Environmental isotopes meet 3D geological modelling: conceptualising recharge and structurally controlled aquifer connectivity in the basalt plains of south-western Victoria, Australia ", Journal of Hydrology, 2015.
- [45] Richert, J-P., 1969, "Mise en évidence de quatre phases tectoniques successives en Tunisie", Notes Service Géologiques, Tunisie, 34, travaux Géologique, Tunis, 4, p 114 – 121, 1969.
- [46] Rigane A., 1991, "les calcaires de l'Ypresien en Tunisie Centro-septentrionale : Cartographie, cinématique et dynamique des structures". Thèse es-sciences, Univ. Franche-Comte, 214 p, 1991.
- [47] Rodríguez, L.B., Cello, P.A., Vionnet, C.A., 2006, "Modeling stream–aquifer interactions in a shallow aquifer, Choele Choel Island, Patagonia ", Argentina. Hydrogeol. J. 14, 591–602, 2006.
- [48] ROLLAND, G., 1985, "Sur la montagne et la grande faille de Zaghouan (Tunisie) ", C. R. Acad. Sc. Paris, t. 101, p 1187-1190, 1985.
- [49] Saadi M., 1997, "Géodynamique des bassins sur relais de décrochement au crétacé-Cénozoïque et géométrie des séquences génétiques du bassin Oligo-Aquitain de Saouaf, Tunisie centro-orientale", Thèse de Doctorat, Univ. Tunis II, Fac Sci. 348 p, 1997.
- [50] Turki, M-M., 1988, "Polycinématique et contrôle sédimentaire associé sur la cicatrice Zaghouan- Nebhana", Mémoire, Vol. 7, Centre des sciences de la terre, Institut National de Recherche Scientifique et Technique- Tunisie, 1988.
- [51] Xu, X., Huang, G., Zhan, H., Qu, Z., Huang, Q., 2012, "Integration of SWAP and MODFLOW-2000 modeling groundwater dynamics in shallow water table areas ", J. Hydrol. 412, 170–181, 2012.
- [52] Yang, Q., Hou, Z., Wang, Y., Zhao, Y., Delgado, J., 2014, "A comparative study of shallow groundwater level simulation with WA-ANN and ITS model in a coastal island of south China ", Arab. J. Geosci. 1-11, 2014.
- [53] Zouaghi T., Bédir M., Melki F., Gabtni H., Gharsalli R., Bessiod A., Zargouni F., 2011, "Neogene sediment deformations and tectonic features of northeastern Tunisia: evidence for paleoseismicity", Arabian Journal of Geoscience 4, 1301–1314, 2011.

Méningite à *Streptococcus agalactiae* chez un patient diabétique

[Meningitis *Streptococcus agalactiae* in a diabetic patient]

Asmae Lamrani Hanchi¹⁻², L. Taoufik¹⁻², F. Moussair¹⁻², A. Elkhalfi¹⁻², N. Louhab¹⁻³, N. Kissani¹⁻³, A. Hachimi¹⁻⁴, and N. Soraa¹⁻²

¹Faculté de médecine et de pharmacie, Université Cadi Ayyad Marrakech, Morocco

²Laboratoire de Bactériologie Virologie, Hôpital Arrazi, CHU Marrakech, Morocco

³Service de Neurologie, Hôpital Arrazi, CHU Marrakech, Morocco

⁴Service de Réanimation, Hôpital Arrazi, CHU Marrakech, Morocco

Copyright © 2017 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: *Streptococcus agalactiae* or group B streptococcus (GBS) is a common agent of maternal and neonatal infections. Invasive diseases due to GBS are increasing in non-pregnant adults, mainly for immunodepressed adults with a mortality rate ranging from 20% to 50%. Among these infections, meningitis *Streptococcus agalactiae* are exceptional. This observation reports the case of meningitis *Streptococcus agalactiae* in a diabetic patient. The urinary tract was the starting point of the invasive infection due to GBS.

KEYWORDS: *Streptococcus agalactiae*, GBS, meningitis, diabetes.

RESUME: Le *Streptococcus agalactiae* ou streptocoque beta hémolytique du groupe B (SGB) est un agent habituel d'infections materno-fœtales et néonatales. Cependant, Il existe une augmentation des infections invasives à SGB chez l'adulte, principalement sur des terrains d'immunodépression avec un taux de mortalité qui varie de 20 à 50 %. Parmi ces infections, les méningites à *Streptococcus agalactiae* restent exceptionnelles. Cette observation rapporte le cas d'une méningite à *Streptococcus agalactiae* compliquant une bactériémie à point de départ urinaire chez un patient diabétique.

MOTS-CLEFS: *Streptococcus agalactiae*, SGB, méningite, diabète.

1 INTRODUCTION

Le *Streptococcus agalactiae* ou streptocoque bêta hémolytique du groupe B (SGB) est une cocci à gram positif, commensal occasionnel de la peau, du tube digestif et des voies génito-urinaires (20 à 30% des femmes) [1]. Il est connu pour son implication dans certaines infections graves du nouveau-né et de la femme enceinte. Cependant on constate une augmentation de l'incidence des infections invasives à SGB au cours de ces dernières années chez l'adulte suggérant une modification du spectre des infections à ce germe [2]. Les méningites à SGB restent exceptionnelles et constituent moins de 2% de ces infections invasives chez l'adulte [2,3]. Cette observation rapporte le cas d'une méningite à SGB, et met le point sur les facteurs favorisant de ces infections invasives au SGB.

2 OBSERVATION

Un homme âgé de 69 ans a été admis en neurologie le 17/01/2015 à l'Hôpital Arrazi du CHU Mohamed VI de Marrakech pour une prise en charge d'un syndrome de Guillain Barré évoluant depuis un mois. Le patient est suivi pour un diabète sans autres antécédents pathologiques notables. L'examen clinique a trouvé un malade conscient en décompensation acido-cétosique et présentant une paraparésie ascendante d'installation progressive évoluant dans un contexte de fièvre. Le bilan infectieux a objectivé une hyperleucocytose sanguine à $22000/\text{mm}^3$ à prédominance polynucléaires neutrophiles, une lymphopénie à $600/\text{mm}^3$, et une CRP à 220mg/l . Un ECBU a été demandé, et le patient a été mis sous Ciprofloxacine. **L'ECBU réalisé a mis en évidence une culture pure de *Streptococcus agalactiae* (SGB) sensible aux pénicillines mais résistant aux fluoroquinolones.** Dans le cadre du Guillain Barré, une ponction lombaire a été réalisée pour la recherche de la dissociation albumino-cytologique (caractéristique du syndrome de Guillain Barré) et a objectivé une réaction leucocytaire à 6 éléments/ mm^3 , une hypoglycorachie à 0.65g/l (glycémie concomitante : 3g/l) et une hyperprotéinorachie à 2.6g/l . **La culture du LCR était positive à SGB.** A noter que le patient ne présentait pas de syndrome méningé clinique. **L'hémoculture concomitante réalisée a isolé également un SGB** avec le même profil de sensibilité aux antibiotiques. **Le traitement a été réadapté et le patient a été mis sous Ceftriaxone à dose méningée.** Devant la dégradation de son état clinique et l'apparition de troubles respiratoires et de déglutition, le patient a été transféré en réanimation.

L'évolution a été marquée par le décès suite aux complications liées au syndrome de Guillain Barré à J5 de son hospitalisation.

3 DISCUSSION

Les infections invasives à SGB sont définies par l'isolement du SGB dans un prélèvement bactériologique d'un site normalement stérile associé aux signes cliniques et biologiques d'infection aiguë [4]. L'importance des infections invasives à SGB chez l'adulte a été soulignée par plusieurs auteurs notamment en raison de leur gravité et leur survenue sur terrain débilisé [4,5]. Leur incidence est d'environ 4 cas pour 100 000/an chez les adultes hors parturientes [4]. Cette incidence est en augmentation croissante avec l'âge [6,7,8]. L'augmentation de l'incidence d'infections invasives à SGB chez l'adulte suggère une modification du spectre des infections à ce germe [2].

Le SGB ne peut franchir la barrière hémato-encéphalique que chez les nouveaux nés [6]. La pathogénicité des méningites à SGB chez l'adulte n'est pas complètement élucidée [1,6].

Le scénario physiopathologique des infections à SGB implique donc que cette bactérie puisse adhérer et envahir les cellules épithéliales constituant les barrières physiologiques de l'hôte, échapper aux défenses immunitaires de l'hôte, et s'adapter rapidement à des conditions «environnementales» très différentes (pH, température, carences nutritives...)[1]. Les sérotypes capsulaires Ia, III et V représentent les deux tiers des souches isolées des infections invasives à SGB [6]. Le sérotype II est le plus souvent incriminé dans les atteintes infectieuses méningées de l'adulte [2]. Le SGB possède un éventail important de déterminants et de facteurs de virulences lui permettant d'échapper au système immunitaire, en l'occurrence la capsule polysaccharidique et l'hémolysine. Le rôle d'autres produits bactériens, comme la superoxyde dismutase et l'acide D-alanyl-lipotéichoïque a été évoqué [1,2].

L'analyse des génomes des principaux sérotypes retrouvés en pathologie a mis en évidence une grande diversité génétique qui règne au sein des populations de SGB. Cela permet d'envisager son étude pour la caractérisation de nouveaux facteurs de virulence pouvant constituer des nouvelles cibles vaccinales ou des outils diagnostiques en l'occurrence la recherche du clone hyper-virulent ST-17 [1].

Parmi les infections invasives à SGB on distingue par ordre de fréquence décroissant : les infections de la peau ou des tissus mous (20 %), les sepsis (15 %), les arthrites (15 %), les pneumopathies (5-10 %) et moins de 5%, les ostéomyélites, les endocardites, les pyélonéphrites, les péritonites ou les infections sur cathéter [9]. Les méningites représentent uniquement 2% de ces infections invasives à SGB [3,6]. Son incidence est de 0.15 cas /100000 habitants adultes par an [8].

Des facteurs de risque indépendants ont pu être individualisés dont le premier semble être un âge avancé, mais ce sont surtout les antécédents de diabète, d'infarctus, de cirrhose, de néoplasie (en particulier le cancer du sein), d'insuffisance rénale chronique, d'alcoolisme, d'hépatopathie ou de séropositivité VIH qui favorisent les infections invasives à SGB [6,9].

Domingo et al ont revu 64 cas de méningite à SGB, 58% des patients étaient âgés de plus de 50 ans. Une comorbidité a été retrouvée dans 89.5% des cas. Le diabète en était le chef de file (18%), suivi des pathologies auto-immunes (17%), des hépatopathies 12.5%, affections malignes 10%, pathologies cardiovasculaires 10%, l'insuffisance rénale 6.2% [8]. Les méningites à SGB surviennent spontanément dans 94% des cas, et dans la moitié des cas un foyer infectieux à distance a été

retrouvé [8]. C'est le cas chez notre patient âgé de 69 ans et diabétique. Une infection urinaire compliquée d'une bactériémie à SGB a été retrouvée chez lui. L'infection urinaire à SGB pourrait être favorisée par les troubles vésico-sphinctériens liés au Guillain Barré. L'immunodépression en rapport avec le diabète déséquilibré et la virulence de la souche de SGB auraient favorisé la survenue de la bactériémie et le franchissement de la barrière hémato encéphalique et ainsi la méningite.

De point de vue clinique, la symptomatologie est celle d'une méningite bactérienne purulente sans signes particuliers pouvant orienter vers ce germe [6]. Cependant 6.2% de patients présentent des pétéchie prôtant à confusion avec une méningite à *Meningocoque* [8]. Le cas de notre patient est très particulier car ce dernier ne présentait pas de syndrome méningé. L'étude du LCR a été faite dans le cadre du syndrome de Guillain Barré. On insiste sur le fait que les sujets diabétiques font des infections parfois graves et mortelles tout en étant pauci-symptomatiques. C'est ce qui fait toute la gravité chez cette catégorie de personnes très vulnérables.

De point de vue microbiologique, SGB reste sensible aux pénicillines, aux céphalosporines et à la vancomycine [4]. Les pénicillines sont les antibiotiques de choix pour le traitement et la synergie avec les aminoglycosides est préservée [4,6]. En revanche, les souches résistantes à la clindamycine et à l'érythromycine et aux fluoroquinolones sont observées dans 20 à 40 % des cas [4].

Le taux de mortalité relative au SGB est d'autant plus important que l'âge est avancé [2]. Il atteint plus de 50% pour les patients âgés de plus de 65 ans. Les méningites à SGB sont plus mortelles (34%) que les méningites à *Neisseria meningitidis* ou *Haemophilus*. Cependant ce taux de mortalité est comparable aux méningites à *Streptococcus pneumoniae*, bacille à gram négatif ou *staphylocoque* [8].

4 CONCLUSION

Les méningites à *Streptococcus agalactiae* restent rares, graves et potentiellement mortelles chez l'adulte. Le pronostic dépend de la précocité de la prise en charge et du terrain sous-jacent. La présente observation confirme le rôle du terrain sous-jacent dans l'émergence de l'infection à *Streptococcus agalactiae*, la gravité et l'extension de l'infection.

REFERENCES

- [1] C. Poyart, A. Tazi, S. Brinster, P. Trieu-cuot, : "Infections à streptocoques du groupe B, facteurs de virulence et pathogénie moléculaire". Association des anciens élèves de l'institut Pasteur 2008, 50 : 194.
- [2] M. Rafai, Chouaib N, S. Zidouh, H. Bakkli, L. Belyamani : "Méningo-encéphalite à *Streptococcus agalactiae* chez l'adulte non immunodéprimé ". The Pan African Medical Journal, 2015, 20 : 5.
- [3] Office of Disease Prevention & Epidemiology. Oregon Active Bacterial Core Surveillance (ABCs): "Group B *Streptococcus* Surveillance Report 2008",
- [4] N. Lefebvre -N. Lefebvre, E. Forestier, M. Mohseni-Zadeh, V. Remy, O. Lesens, C. Kuhnert, V. Poindron, P. Riegel, Y. Piémont, D. Christmann, Y. Hansmann: Invasive *Streptococcus agalactiae* infections in non-pregnant adults. Médecine et maladies infectieuses 2007 ; 37 : 796–801
- [5] A. Schuchat, Epidemiology of group B streptococcal disease in the United States: shifting paradigms. Clin Microbiol Rev 1998; 11:497-513
- [6] MS. Edwards and CJ. Baker: "Group B Streptococcal Infections in Elderly Adults". Clin infect dis, 2005, 41: 839-847
- [7] MM. Farley: "Group B Streptococcal disease in non pregnant adult". Clin infect dis, 2001, 33: 556-561
- [8] P. Domingo, N. Barquet, M. Alvarez, P. Coll, J. Nava, J. Garau : "Group B streptococcal meningitis in adults": report of twelve cases and review". Clin Infect Dis 1997, 25:1180–7.
- [9] C. Martinaud, T. Gaillard, B. Graffin, Y. Muzellec, P. Brisou Spondylodiscite à *Streptococcus agalactiae* ST-17. Ann Biol Clin 2008 ; 66 :1

Geomorphological analysis and estimating the water potential in the region of Sahel Doukkala (Morocco)

Vivien Romaric EKOUELE MBAKI¹, Ahmed BOUKDIR¹, Pavely MENGHA OKANDZA², Abdellah MAHBOUL³, Mohamed HILALI⁴, and Abdelhamid ZITOUNI¹

¹Laboratoire Génie industriel, faculté des sciences et techniques, Université Sultan Moulay Slimane, BP : 523, 23000, Béni Mellal, Maroc

²Chemical Engineering Department, Teesside University, School of Science and Engineering, Middlesbrough, England

³Agence du bassin hydraulique de l'Oum Er Rbia, BP: 511, 23000, Béni Mellal, Maroc

⁴Département de Géologie, faculté des sciences et techniques, Université Moulay Ismaïl, BP : 509, Boutalamine, 52000 Errachidia, Maroc

Copyright © 2017 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 use of water resources is steadily increasing with respect to the population growth. This theory also applies in the Kingdom of Morocco specifically in the Sahel-Doukkala region and therefore requires special attention as the water resources are in limited quantity. For industrial, agricultural and domestic reasons, aquifers of this region are subjected to excessive pumping, resulting in environmental harms such as declining groundwater level, which considerably affects both its quality and quantity. The agency of Oued Oum Er R'bia watershed has therefore established a number of strategies for a proper management of those aquifers among which an artificial aquifer recharge to reduce this imbalance; preventing irreversible degradation. This paper is thus devoted to explore solutions that can help characterizing components of the hydrological system of the region in order to determine the potential areas of surface water for its possible remobilization. With an area of 7700 Km², the semi-arid characteristics and the endoreism at certain location of the region, the geomorphological analysis from digital elevation model (DEM) and the modified equation of Beven-Kirkby index allowed us to locate useful wet and hydromorphic soils from their physical properties revealing remarkable traces of a regular water saturation.

KEYWORDS: Digital elevation model (DEM), wetness index, semi-arid, endoreism, sustainable management.

1 INTRODUCTION

Morocco's hydrological context is mainly influenced by an annual irregularity and a considerable variability in rainfall with a spatial disparity.

At first, we noticed that the total precipitation is mainly concentrated in autumn and winter, spreads over four months (November to February) with raining days ranging from 20 to 70 from south to north. There is an important disparity in the concentration of rainfall across regions in the entire country. In the North, wetter, we can record up to 2000 mm against 100 mm in the South [1]. This uneven distribution is mainly associated with the respective geographical position [2].

Secondly, the population growth in this region (Sahel Doukkala) has yield an excessive exploitation of the aquifer for industrial, agricultural and domestic needs. This situation makes the management of water resources very complex as studies have shown vulnerability of this groundwater in various regions [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10].

These two combined effects have the gift to accentuate problems related to water resources, making its management more complex [11]. Indeed, for industrial, agricultural and domestic consumption needs; underground water are subjected to excessive pumping causing environmental harm such as declining groundwater level followed by groundwater damage from quantitative and qualitative perspective.

Knowing that it is first necessary to have the resource to manage it, we decided to quantify the potentiality of water in the region in order to contribute to the planning of a sustainable management model.

2 BACKGROUND

2.1 DESCRIPTION OF STUDY AREA

Sahel Doukkala is located downstream the Oued Oum Er R'Bia watershed along the north and northeast boundaries. This is a coastal region located between latitudes $32^{\circ} 15'$ and $33^{\circ} 15'$ north and longitudes 8° and $9^{\circ} 15'$ covering an area of 7700 Km^2 with about 150 km of coastline. Southern Sahel Doukkala occupies a fragmented relief and underlines the base of the hills of Mouissate and the Rehamna primary massif (Figure 1). The region is divided in two parts; the first part is the eastern zone represented by Doukkala and the second, Sahel in close proximity to Atlantic Ocean.

The Sahel is an area, in which the prevalence by regular chain of dunes covers the inter-dunes, in which accumulate the meteoric waters. These hilltops completely covered by loamy and sandy soils follow each other, covering long distances giving them the appearance of Appalachians Mountains. [12].

And secondly the Doukkala; this concerns a loamy soils and large region on a sloping ground (2-3%), facing south-east to north-west with the altitude decreasing from 300 m along the Rehamna to 120 m at the Sahel Boundary. The hydrography of this region is typically influenced by variety depressions, in which surface waters often get lost forming endorheic basins.

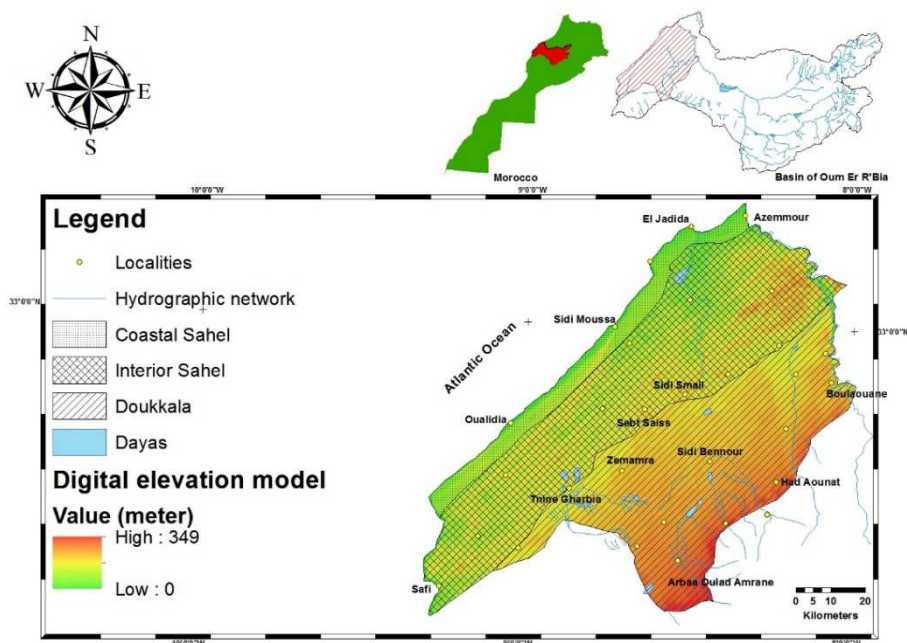


Fig. 1. Presentation of study area

HYDROGEOMORPHOLOGY CONTEXT

Very close to the ocean, its relief is almost negligible as regards the possible influence on the climate. Temperatures are moderate in areas near the ocean, and more contrasting inside from the classification of Morocco climates G. Debrach (1953), based on the temperature [13], [14]. Thus, the climate in the Sahel is moderate, while the plain Doukkala would be placed in the hot climate semicontinental characteristic of Morocco to the north of the Atlas.

Overall, the dune morphology is regular: the peaks are followed over long distances with the same SSW-NNE orientation, separated by depressions, filled with very sandy loams.

The hydrographic network includes two main wadis. It is much more developed in the Doukkala's plateaus (upstream) to the Sahel as well as evaporation values also decrease from upstream to downstream [13].

2.2 GEOLOGICAL CONTEXT

The geological context is well known. Indeed, the Sahel Doukkala belongs to the Mesata geological unit. It includes a tabular regime of secondary and tertiary deposits rests on Paleozoic formations highly folded by the effects of Hercynian orogeny. The Paleozoic basement consists mainly of shale and quartzite, appears to the northeast and east Doukkala, including in the Oum Er R'Bia valley. It should be furthermore noted that it is hidden by posterior deposits with the exception Cambrian outcroppings in El Jadida [15], [16], [17]

Data from studies that have been conducted enabled us to establish a simplified outline of the geology of the area (figure 2).

- The Permo-Triassic appears in Oum Er R'Bia valley in the form of clay deposits and red pelites with the basaltic flows. These formations are found together with carboniferous red conglomerates in M'Tal.
- Jurassic is only present in south of Doukkala however it crops out to constitute the Mouissate hills.
- Cretaceous extremely important and represents the bedrock almost continuous of Plio-Quaternary aquifer of Doukkala. Furthermore, some calcareous levels contain the most interesting concentration of groundwater in Sahel
- Lastly, a Neocomian transgression without interruption with Jurassic transgression extended much further north and east.

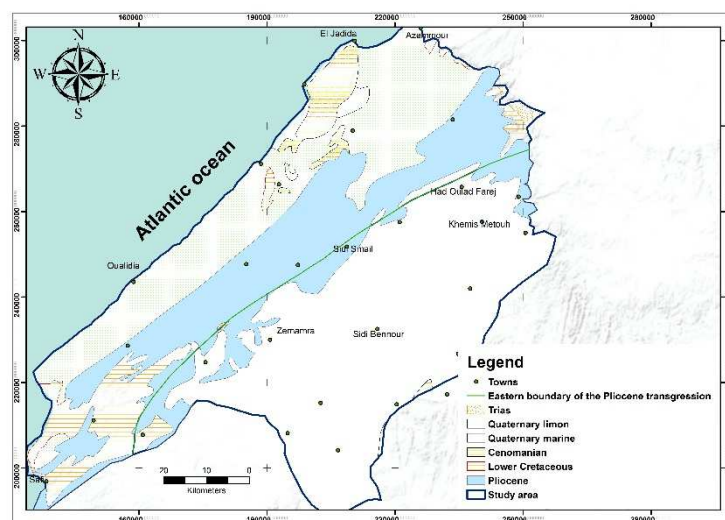


Fig. 2. Geological overview of the Sahel-Doukkala Elaborated from data of "carte géologique du Maroc 1982"

2.3 MORPHOLOGICAL CONTEXT

This is mainly composed of three elements:

- The plateaus: they have less regular topography and represent remains of the filling surface by lower clayey silt, with a thin layer (1 to 2 m) of recent silt. We also notify the presence of red clay heavily encrusted and banks whose origin could be related the tectonic or river.
- The valleys: they represent the water system basement, with bright and dead thalwegs constituting endorheic basins.
- Relief dune: Far from being a uniform area, we mainly found in the Sahel a series of high dunes similar to the Appalachians regions. In general, dune morphology is regular with hilltops following each other over a long distance with the same orientations separated by depressions between dunes filled up by sandy silt.

In addition to the previous morphological elements, we can also add significant amount of karst phenomena known for its influence in the surface and subsurface influx. They appear in the morphology, along the boundary between Sahel and Doukkala areas. The silty mantle forms a thick layer on top of limestone and gypsum formations allowing karsts development within plains [18], [10].

3 MATERIEL AND METHOD

3.1 PRESENTATION OF DEM

Sahel Doukkala area has a geomorphological diversity. We used digital elevation model (DEM) at the experimental scale in order to reproduce correctly the landscape features. DEM is a very useful tool, it was then used at various occasions in many previous works [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26]; enabling us to perform the followings:

- Extraction of field parameters
- Drawings of topographic profiles
- Modeling and prediction of water flow

3.2 ANALYTICAL METHOD

No previous work was dedicated to the quantitative analysis of hydric potential in Sahel Doukkala. We may find in old works ; representations based on investigations on neighbor domains [27], [28]. It is during the geophysical or topographic prospection that we report confidentially the neighborhood of the terrain.

On the other hand, considering new technologies, satellite's images bring elements capable of drawing up a map of an entire area. Disadvantage of this methods remains on its cost; satellite's images are too expensive and we may misinterpret results according to the season.

Indeed, a picture in summer in an arid or semi-arid region may lead to underestimation of a daya to a temporary pond.

Therefore, in view of all these parameters, and because of the stability of topography, we relied on the DEM of 30 meters of resolution to determine high potential zones of water.

The morphological structure affects the hydrological system by interacting with their physical characteristics [28], [20]. Indeed, resultants of altitudes gradient and dunes landscape can infer possible presence of dayas that may contain water (in the low area between the dunes) [18].

But this is not sufficient, due to the large surface area hence less precise; it may be a river, wadi, hydromorphic soil rich in clay or simply moist soil [30].

Like many ecosystems, these are particular environments. They are characterized by their complexity, changing conditions, and uncertainty. They play a significant role in ensuring an environmental safety but also a sustainable development of areas [31], [32]. ArcGIS was used to determine wetness topographical index by Beven-Kirkby method [33], [34]. It is a mathematical expression showing the capacity of soils to accumulate water.

$$ln = \left[\frac{(a + 1) \cdot p}{tanb} \right] \quad (1)$$

Where:

- b : Local slope (radian)
- a : Specific area (Km²)
- p : Pixels surface (depending of DEM, and projection)

4 RESULTS AND DISCUSSION

Modeling was performed in several steps

4.1 SLOPE AND ORIENTATION

A Full range of conditions was identified from which are observed the spatial slopes distribution including their orientations (Figures 3)

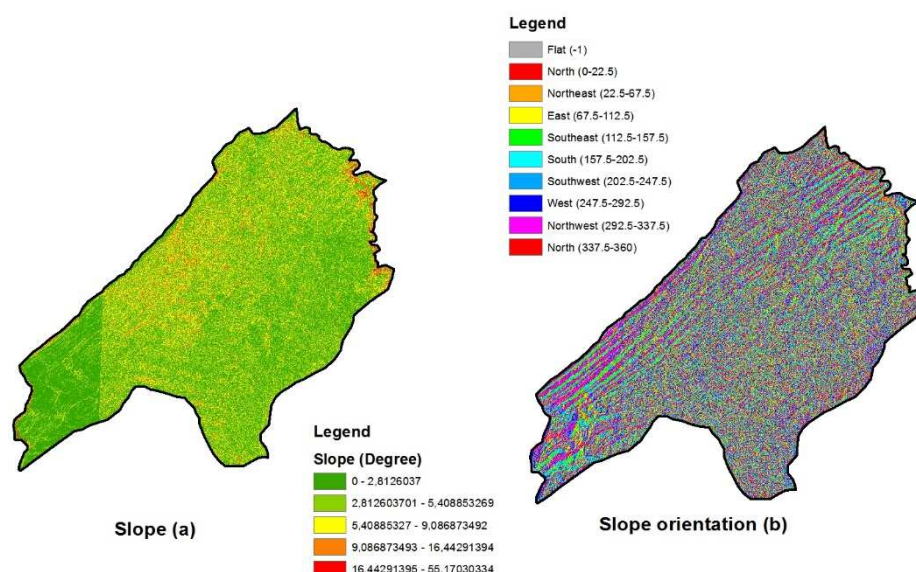


Fig. 3. Representative slope map of Sahel-Doukkala (a) and orientations of slopes (b)

Calculation of upslope area depends on the way the accumulated area of upstream cells is routed to downstream cells. Traditionally, the area from a cell has been transferred in the steepest downslope direction to one of the eight neighbouring cells. Quinn et al. (1991) [23] introduced a multidirectional flow algorithm that allowed the area from one cell to be distributed among all neighbouring downslope cells, weighted according to the respective slopes

The (figure 3.a) above represents an average slope of 4 ° with a variation from 0 to 56 degrees. The higher slopes are indeed mainly situated in the North, especially in Oum Er R'Bia valley but also between Oualidia and Sidi Moussa located on the coast (Sahel). Towards the South, slopes values are less than the average. Understanding the channel head location is useful in understanding the associated geomorphology as well as the various components of catchments hydrological response [35].

We also see a rather peculiar slope orientation, parallel between them, but also in the littoral. This is the dune terrain located in particular in the Sahel and can present a barrier.

The first idea is that the cord interdunal accumulate more water. The idea would be to find these points of moisture brands.

We can say that this is a series of anticlines and synclines reputed on one side, by the quality of underground reservoir, and on the other side by the ridgelines determining the path of the meteorological waters.

This antagonist gives this region an endorheic character and thus constitutes a barrier surface sewage.

4.2 DETERMINING THE FLOW DIRECTION

Specific area is the surface onto which water flows on the soil. It consists of either simple or multiple flow under the Jensen, Domingo approach (1988) [36], [37] ; which is determined in two steps: the flow direction first and then the flow accumulation method.

The direction of flow is one of the key aspects responsible of the derivation of hydrological features of each raster pixel surface. Nevertheless, flow accumulation allows the calculation of accumulated flow in the form of cumulated average of all pixels moving through each pixel in downslope raster depending on direction code.

We should nevertheless clarify that the water system is temporary and that only the Oum er R'Bia River flows to the ocean.

Using this equation (1), we obtained the following results

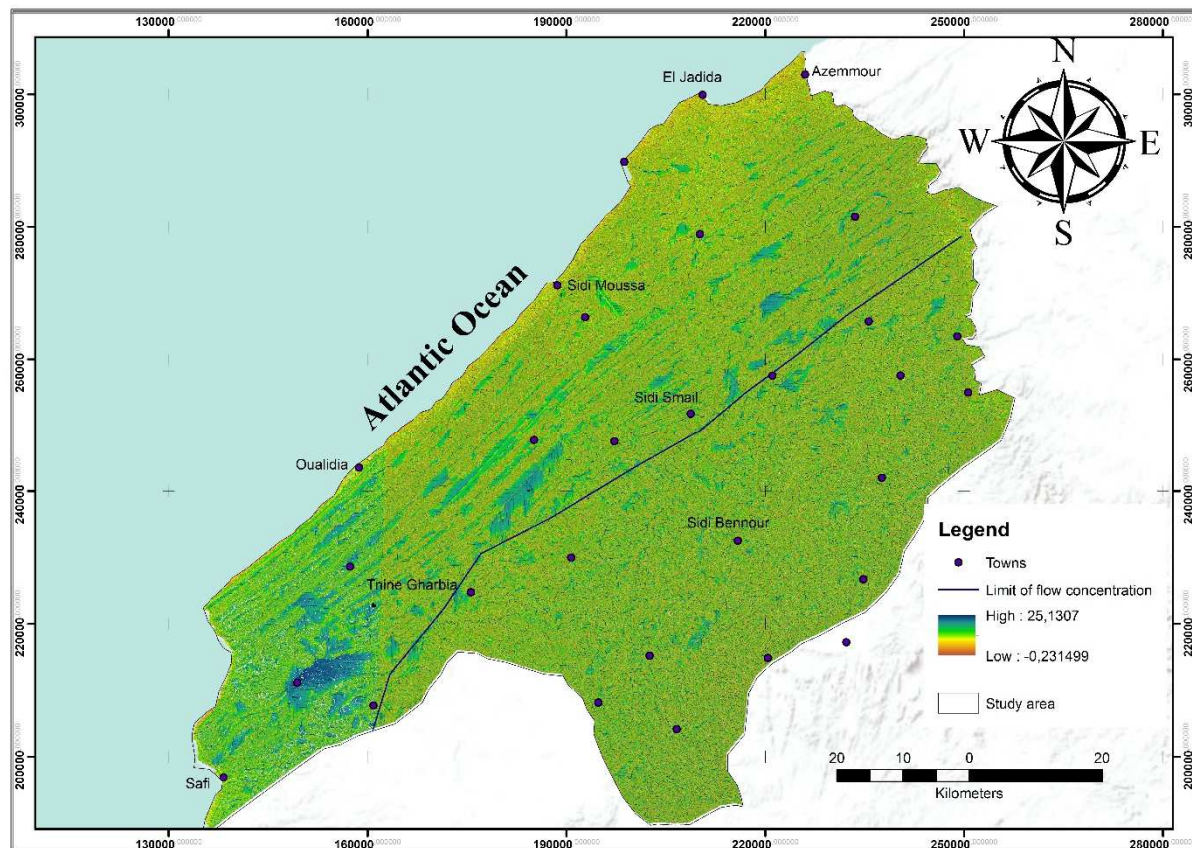


Fig. 4. Topographic wetness index map of Sahel Doukkala

The index value varied from 0 to 25.13; with an average of 7.23 reflecting a low drainage coefficient.

4.3 DISCUSSION

The first observation is consistent with previous studies notifying the lack of permanent watercourses from which was derived the following hypothesis:

- Existence of karst system
- High permeability of the soil
- Higher evaporation compared to the water supplies

Secondly, the index spatial distribution reveals a low water points in average across the area of study (7.23) and a standard deviation of 3.93 synonyms of large disparity. It arises primarily from non-uniform nature of the field; alternating the active and passive thalwegs present in the area.

Thirdly, zones with high indices are most of the time beyond the Pliocene transgression boundary (downstream). The dune system of Sahel is endowed with several points with high index values depending on the spaces between the dunes.

These areas indicate the presence of water at least marked by a rain period. It may also consist of moist and hydromorphic soils in some areas with physical marks of regular water saturation due to the low altitude (low slope), its proximity with rivers, specific vegetation (reeds) revealing the presence of clay and spots synonyms of anoxia in damp weather [38].

4.4 ESTIMATION OF THE EXPLOITABLE POTENTIAL

It was based on two field trip in period of high water and low water for two consecutive years (2014 and 2015) in order to perform a checking test. The aim is to identify wetlands before determining the threshold coefficient.

In order to appreciate the importance of these fields, we proceeded to the quantification of zones with high index ; greater than or equal to 10 because of the much lower average.

After screening, we obtained 54 zones with varied surfaces; an average of 10.49 km² and two zones beyond 50 km² (figure 5).

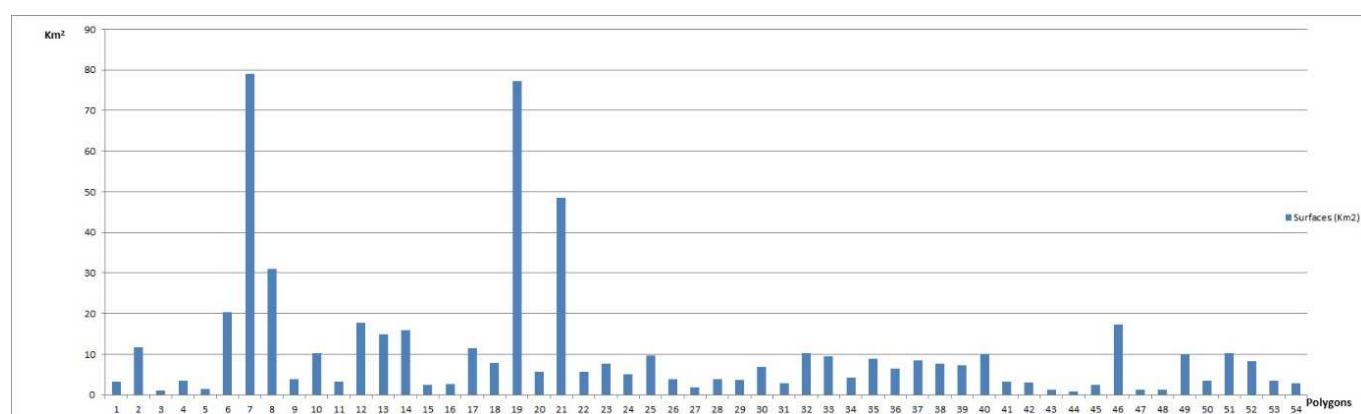


Fig. 5. Evaluation of surfaces with high index

The estimation of accumulated surfaces are up to 567 km². They allowed us to review the situation because they represent 7.36 % of the region, which is not completely unimportant knowing the average rainfall of the region (350 mm).

These zones do not correspond to the irrigated areas which are situated upstream. When considering a perfect rain (according to the raindrop distribution) on the whole region, we obtain the following table (Tableau 1).

	Surface (Km ²)	Percentage	Volume (m ³)	Debit (m ³ /s)
Total surface	567	1	198282770	6,283
>10 Km²	386,14	0,68	135148057	4,283
< 10 Km²	180,38	0,32	63134713.25	2

Due to their physical characteristics, these zones have potential porosity and can therefore store water in a large quantity, in varying proportions depending on the annual rainfall, possible topographic variations and by the various anthropic activities.

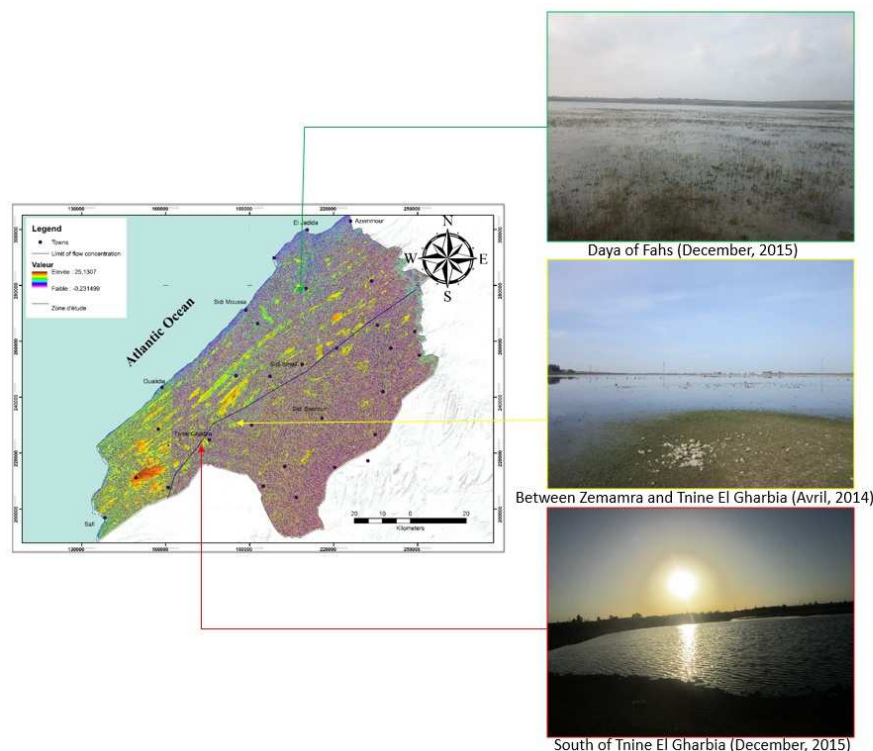


Fig. 6. Overview of wetlands in Sahel Doukkala

5 CONCLUSION

In conclusion, the Sahel - Doukkala is a semi-arid region with varied topography and slight dominance of altitudes between 0 to 64 meters

It plays a key part in the hydrological system and consequently hydrogeologic system. We noticed that the climate and the successive dunes contribute to the weak drainage capacity of the region despite the presence of the Oued Oum Er R' Bia in the North [40].

The topographic wetness index has allowed us to notify the apparent difference between Doukkala upstream in which we find wadis (the system of intermittent streams) in diffuse flow and the Sahel located downstream and characterized by dune relief acting as a natural dam in flows.

The depressions, often endorheic suggests that waters undergo two effects; the infiltration and evaporation. We find several major days in Sahel, beyond the limit of transgression of the Pliocene which informs us about the soil characteristics; essentially hydromorphic, and rich in clay bands in some places approaching the Atlantic Ocean. According to this distribution, one can refer to vertical infiltration and hence the presence of unsaturated zone in groundwater (the space to be filled), for a possible recharge.

This method constitutes a decision-making support and in this way, we will proceed by the implementation of:

- Scenarios near potential places (Sahel) so as to mitigate the problems of logistics
- Infiltration basin, rather than inject through drilling.

Groundwater evaluation aimed at maintaining sustainable use constitutes a challenge in applied hydrology, in particular in drylands where this resource is crucial to socioeconomic development and, in some cases, for human survival [41]

The geographical information system tools (DEM) played a significant role in this study to the extent that it has allowed us to target areas which have the potential water resources for remobilization. Furthermore, it reduces logistical costs, pollution and the operating time.

ACKNOWLEDGMENT

This study is funded by the Basin Agency of Oum Er R'bia, the Natural Resources Research Unit Environment and Health (RNES), Sultan Moulay Slimane University, Faculty of Science and Technology. So, we want to thank all the teams who contributed to the development of this document.

REFERENCES

- [1] Ministère délégué auprès du ministre de l'énergie, des mines de l'eau et l'environnement, chargé de l'eau, 2015. [Online] available: <http://www.water.gov.ma/index.cfm?gen=true&id=13> (April 2015)
- [2] Global Water Partnership (GWP), 2015. [Online] available <http://www.gwp.org/en/gwp-in-action/Mediterranean/#>, (April 2015)
- [3] M. Boughriba, A. Melloul, Y. Zarhloule, A. Ouardi, "Extension spatiale de la salinisation des ressources en eau et modèle conceptuel des sources salées dans la plaine des Triffa (Maroc nord-oriental)". *C. R. Geoscience*, 338, 768-774, 2006. doi:10.1016/j.crte.2006.07.007
- [4] R. El Bardai, K. Targuisti, and K. Aluni, "A Contribution of GIS Methods to Assess the Aquifer Vulnerability to Contamination: A Case Study of the Calcareous Dorsal (Northern Rif, Morocco)." *Journal of Water Resource and Protection*, 7, 485-495, 2015. <http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2015.76039>
- [5] A. Fadili, K. Mehdi, J. Riss, S. Najib, A. Makan, K. Boutayab, "Evaluation of groundwater mineralization processes and seawater intrusion extension in the coastal aquifer of Oualidia, Morocco: hydrochemical and geophysical approach." *Arabian Journal of Geosciences*. Volume 8, Issue 10, pp 8567-8582, 2015. doi: 10.1007/s12517-015-1808-5
- [6] A. Fekkoul, Y. Zarhloule, M. Boughriba, A. Barkaoui, A. Jilali, S. Bourri; "Impact of anthropogenic activities on the groundwater resources of the unconfined aquifer of Triffa plain (Eastern Morocco)." *Arabian Journal of Geosciences*, Vol 6, pp 4917- 4924, 2013. doi:10.1007/s12517-012-0740-1
- [7] M. Ibnoussina, M. El Haroui, A. Maslouhi; "Expérimentation et modélisation de la lixiviation de l'azote nitrique dans un sol sableux" *C. R. Geoscience* 338, pp. 787-794, 2006. doi:10.1016/j.crte.2006.07.002 <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2006.07.002>.
- [8] N.-E. Laftouhi, M. Vanclooster, M. Jalal, O. Witam, M. Aboufirassi, M. Bahir, E. Persoons; "Groundwater nitrate pollution in the Essaouira Basin (Morocco)" *C. R. Geoscience* 335, pp. 307-317, 2003.
- [9] M. Lghoul, A. Maqsoud, R. Hakkou, A. Kchikach; "Hydrogeochemical behavior around the abandoned Kettara mine site, Morocco" *Journal of Geochemical Exploration* 144, pp. 456-467, 2014
- [10] G. Varnier; Une terre marocaine en péril : Le Sahel des Doukkala. CHEAM. SL. (Ronéo), (Microfiche CND, Rabat, N° 2786.), p.2, 1952.
- [11] World Bank, Making the most of scarcity: accountability for better water management results in the Middle East and North Africa. MENA development report, 2007
- [12] A. Kabbaj et M. Combe, Présentation du domaine Atlantique, in : Ressources en Eau du Maroc Tome 2 Plaines et bassins du Maroc atlantique. éditions du service géologique du Maroc rabat, 1975
- [13] D.R.H.T., Elaboration d'un schéma d'exploitation des eaux souterraines du Sahel (Maroc).Rapp. Projet : DRPE-FAO. TCP/MOR/2251, 1994.
- [14] Debrach BRACH J., Notes sur les climats du Maroc occidental. – Maroc médical, 342: 1122-1134, 1953
- [15] G. Choubert, Note sur la géologie des terrains récents des Doukkala. Notes Serv. géol. Maroc, t. 13, n° 128, pp. 9-46, 1955.
- [16] G. Choubert, F. Joly, M. Gigout, J. Marcais, J. Margat and R. Raynal, Essai de classification du Quaternaire continental du Maroc. C.R. Acad. Sci., Paris. t. 243, n° 5, pp. 504-506, 1956.
- [17] M. Gigout, Etudes géologiques sur la méséta marocaine occidentale (Arrière pays de Casablanca, Mazagan et Safi). 2 tomes, Travaux de l'Institut Scientifique Chérifien, Rabat, 1951.
- [18] M. Ferre, et J.-P. RUHARD, « Les bassins des Abda-Doukkala et du Sahel de Azemmour à Safi ». In Ressources en eau du Maroc : Plaines et bassins du Maroc atlantique. Rabat : Notes et mémoires du service géologique, 231, 261-298. p. 261, 1975.
- [19] A.B. Ariza-Villaverde, F.J. Jiménez-Hornero, E. Gutiérrez de Ravé; "Influence of DEM resolution on drainage network extraction: A multifractal analysis". *Geomorphology*, Vol 241, pp 243-254, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.03.040>
- [20] Costa-Cabral Mariza C. and Burge Stephen J., "Digital elevation model networks (DEMON): A model of flow over hillslopes for computation of contributing and dispersal areas", *Water Resources Research*, Vol. 30, No. 6, pp. 1681-1692, 1994. <http://dx.doi.org/10.1029/93WR03512>

- [21] G. R. Hancock, K.G. Evans; "Channel head location and characteristics using digital elevation models", *Earth Surf. Process. Landf.*, 31 (7), 809 – 824, 2006a.
- [22] Z. Li, Q. Zhu, and C. Gold; *Digital Terrain Modelling: Principles and Methodology*, Boca Raton: CRC Press, 2005
- [23] P. Quinn, K. Beven, P. Chevalier, O. Planchon; "The prediction of hillslope flow paths for distributed hydrological modeling using digital terrain models", *Hydrol. Process.*, 5, pp. 59-79, 1991.
- [24] Tarboron David G., "A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models", *Water Resources Research*, Vol. 33, No.2, pp. 309-319, 1997.
- [25] Tahri M., Hakdaoui M., Maanan M., "The evaluation of solar farm locations applying Geographic Information System and Multi-Criteria Decision-Making methods: Case study in southern Morocco", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 51, 1354–1362, 2015.
- [26] Jarihanian Abdollah A., Callow John N., McVicar Tim R., Van Niel Thomas G., Larsen Joshua R. Satellite-derived "Digital Elevation Model (DEM) selection, preparation and correction for hydrodynamic modelling in large, low-gradient and data-sparse catchments", *Journal of Hydrology*, Vol 524, pp. 489–506, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.02.049>
- [27] Choubert G., *Le réseau hydrographique des Doukkala au Quaternaire récent (Würmien)*. C.R. Acad. Sci., t. 237 n°16, pp. 919-921, Paris, 1953.
- [28] Ferre M., *Etude hydrologique de l'Oued Aouja*. Rapp. Inéd. MTPC/DH/DRE, 10pp, 1966,
- [29] Castany G., *Principes et méthodes de l'hydrogéologie* Dunod Paris, 1982
- [30] Lei S., Chen H., Bian Z., Liu Z., Evaluation of integrating topographic wetness index with backscattering coefficient of TerraSAR-X image for soil moisture estimation in a mountainous region, *Ecological Indicators* 61, 2016, 624–633
- [31] Bazairi H., Bayed A., Glémarec M., Hily C., "Spatial organisation of macrozoobenthic communities in response to environmental factors in a coastal lagoon of the NW African coast (Merja Zerga, Morocco)", *Oceanol Acta*, 26, 457–471, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S0399-1784\(03\)00041-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0399-1784(03)00041-0)
- [32] Zhiago Sun, Wenguang Sun, Chuan Tong, Congsheng Zeng, Xiang Yu, Xiaojie Mou, "China's coastal wetlands: Conservation history, implementation efforts, existing issues and strategies for future improvement", *Environment International*, vol 79, pp 25–41, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2015.02.017>
- [33] Beven K. J. and Kirkby, M. J., A physically based, variable contributing area model or basin hydrology. *hydrol. Sci. Bull.*, 24, 43-69, 1979. <http://dx.doi.org/10.1080/02626667909491834>
- [34] Beven, K.J. and Moore, I.D. (eds.), *Terrain analysis and Distributed Modelling in Hydrology*, Chichester: John Wiley & Sons, 1991
- [35] Greenlee, D. D., "Raster and Vector Processing for Scanned Linework", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 53,(10): 1383-1387, 1987.
- [36] Jenson, S. K. et J. O. Domingue, "Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54 (11) 1988: 1593-1600
- [37] Tarboton, D. G., R. L. Bras, Rodriguez-Iturbe I., "On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data". *Hydrological Processes* 5: 81–100, 1991. DOI: 10.1002/hyp.3360050107
- [38] Ferronato C., Falsone G., Natale M., Zannoni D., Buscaroli A., Vianello G., Vittori Antisari L., "Chemical and pedological features of subaqueous and hydromorphic soils along a hydrosequence within a coastal system (San Vitale Park, Northern Italy)", *Geoderma* 265, 141–151, 2016
- [39] Turcotte R., Fortin J.-P., Rousseau A.N., Massicotte S., Villeneuve J.-P., "Determination of the drainage structure of a watershed using a digital elevation model and a digital river and lake network", *Journal of Hydrology* 240, pp. 225–242, 2001. doi:10.1016/S0022-1694(00)00342-5
- [40] Dresch J., Gigout M., Joly F., Le Coz J., and Raynal R., *Aspects de la géomorphologie du Maroc*. Notes & M. Serv. géol. Maroc, 1952, n° 96, 173 p
- [41] Kovalevskii, V.S., "Effect of climate changes on groundwater", *Water Resour.* 34, 140–152, 2007

