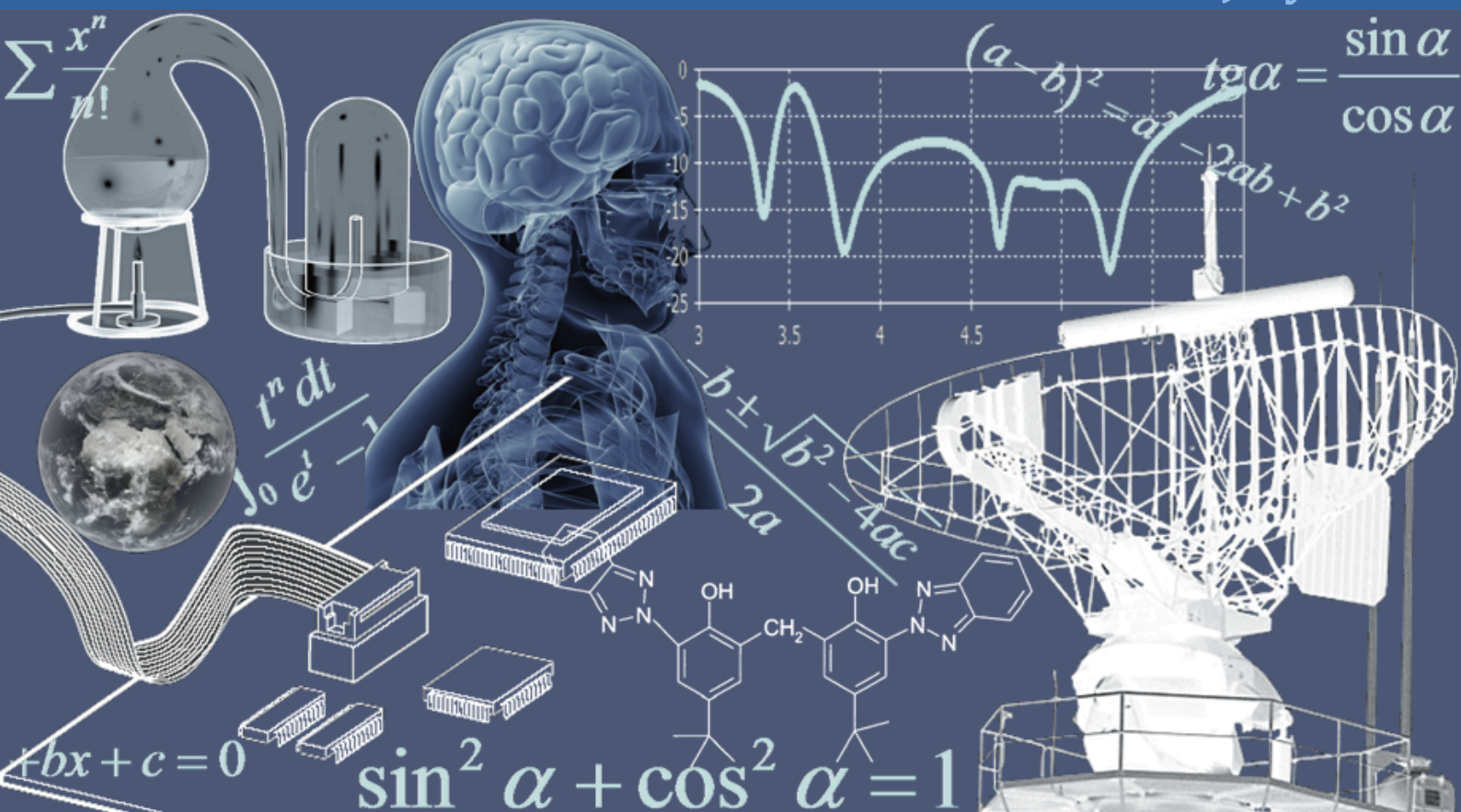


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 17 N. 2 July 2016



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

Solid biofuels: Environmental concern and integrated analysis of energy sustainability	341-351
Tumeur Mucineuse Borderline de Type Intestinal de l'ovaire : à propos d'un cas	352-356
The Importance of Prenatal Diagnosis in the Management of Vassar Praevia: A Case Report and Literature Review	357-360
Successful term pregnancy in a patient with Wegener's granulomatosis complicated with renal failure: A Case report	361-363
Etalonnage du modèle conceptuel TANK dans le bassin versant Oubanguien	364-372
Contribution à l'élaboration d'un catalogue ethnobotanique de la commune rurale d'Aguelmous (Province de Khénifra, Maroc)	373-387
Busting the Kitchen Accident Myth: Case of burn injures in India	388-393
Caractéristiques géochimiques des eaux de surface dans un environnement agricole : cas des bassins versants de la Gascogne (Région Midi Pyrénées, S-W de la France)	394-406
Apport des champs de Markov à la classification des images multispectrales landsat TM, ETM+ et OLI du département de Sinfra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)	407-423
Dietary Intake of Pesticides Based on Import Animal Liver Consumption: A Case Study, Cairo, Egypt	424-431
Planification stratégique et profil des PME marocaines	432-446
Concentration en métaux lourds des eaux de surface dans le bassin versant de Martil débouchant dans la méditerranée occidentale marocaine	447-459
Severe Cutaneous adverse reactions Caused by Black Henna in Morocco - Series cases report	460-463
La compétitivité des entreprises exportatrices et les contraintes de financement: cas du Maroc	464-473
Fragmentation des écosystèmes forestiers: Définitions des concepts et évolution des méthodes d'évaluation	474-486
Premiers essais d'élevage d'un Siluriforme africain: Transfert et stockage de Schilbe intermedius (Rüppell, 1832)	487-495
Caractérisation physicochimique des graines de quatorze variétés de niébé (Vigna unguiculata L. Walp) de Côte d'Ivoire	496-505
Screening phytochimique de deux variétés de pamplemousse: citrus paradisi yellow et blood	506-512
Foreign Direct Investment and Trade Openness: The Case of South Asian Economies	513-521
Reproduction de la seiche commune Sepia officinalis (Linnaeus, 1758) de la zone économique exclusive de la Côte d'Ivoire	522-530
Time-scale characteristics of Kasai river hydrological regime variability for 1940-1999	531-547
Conservation status assessment method for habitat types at Site of European Community Interest scale	548-555
Implantation et mise en application d'un nouveau tableau de bord en santé sécurité au travail dans une entreprise d'accueil	556-578
Présentation et explicitation des triplets {Objectif, Variables d'action, Indicateur de performance} d'un nouveau Tableau de Bord Prospectif en Santé Sécurité au Travail	579-614
Défaillances hépatiques au cours des intoxications	615-626
Analyse moléculaire de deux génotypes de Medicago truncatula Gaertn. par le marqueur de séquence exprimée EST-SSR (MTIC 124) en réponse à la salinité	627-631
AN INTEGRATING OF MULTI-GROUP ANALYSIS IN QUALITY OF LIFE USING STRUCTURAL EQUATION MODELING	632-638
Effet antibactérien de deux huiles essentielles (Thymus vulgaris et Lavandula officinalis) sur des souches isolées d'un centre d'hémodialyse de la ville de Fès	639-645
Spatial distribution and contamination assessment of trace metals in agricultural soils around Sidi Ahmed Pb-Zn abandoned mine, Tunisia	646-661
Level of overexpression of metabolic enzymes (oxidase, esterases, and glutathion-S-transferase) involved in the resistance of vectors to insecticides in Benin	662-671

Évaluation de l'efficacité de traitement des eaux usées par le lagunage naturel: Cas de la station d'épuration d'Imzouren -MAROC-	672-681
Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des aquifères dans une zone minière : cas de la mine d'or d'Afema (Sud-est de la Côte d'Ivoire)	682-697
Mechanical behavior study of an ABS's sample damaged artificially	698-706
Education on environment and its pollution using life and earth sciences textbooks in Moroccan middle schools	707-717
Comparability of amino acids composition in leaves of Azolla filiculoides, Moringa oleifera and Dialium guineensis as sources of proteins in food of fish	718-725

Solid biofuels: Environmental concern and integrated analysis of energy sustainability

Cristian Bozzato, Md. Badiuzzaman Khan, and Bruno Pavoni

Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica,
Università Ca' Foscari Venezia,
Dorsoduro 2137, Venice 30123, Italy

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

ABSTRACT: A co-generative plant situated in Northern Italy (CPN) was used to test an approach for evaluating the environmental pros and contras of using wood chips of different origin as biofuel. The EROI (Energy Return On Energy Investment) of the plant was also assessed. Used woodchips were of the two main categories and were obtained from i) natural ligneous trees from energy crops and ii) uncontaminated ligneous biomasses from agriculture and forestry wastes. Woodchips were characterized by determining the relevant physical and chemical properties for the plant functioning. Biofuels used in CPN have different physical properties and this may be the reason explaining a lower performance of some features (LHV and bulk density) of the wood chips from energy crops compared to agriculture and forestry recovery materials. Although recovered material contained higher Cl, S and heavy metal levels than wood chips from energy crops, but LHV (Low Heating Value) and lower price of recovery materials suggested that this one could be a good alternative source of energy especially in developing countries. This observation demands frequent integrity checks of the pollutants in order to guarantee a low level of environmental risks. This results obtained enable a comparison between the different kinds of materials used and an energy analysis to assess sustainability in the studied territory.

KEYWORDS: Biofuels, wood-chips, Chemical characterization, EROI.

1 INTRODUCTION

Energy is a key factor for the generation of wealth and an important prerequisite for economic development. Globally, 80% of global energy production is based on fossil fuels like coal or oil [1]. However, adverse impact on human health and environment such as global warming and acid rain due to emissions from fossil fuels have stimulated the use of renewable energy resources (RESs) [2]. Moreover, the European Commission EU-20 strategy [20% reduction of greenhouse gases, 20% increase in the national energy production based on renewable sources and another 20% of improvement in energy efficiency] has forced the European countries to become more responsible for using renewable energy resources. Among the main RESs, including hydroelectric, solar (thermosolar and photovoltaic), wind and aeolian sources, biomasses appear to be the most versatile. In addition, according to the Kyoto Protocol, biomasses appear a dependable and environmentally safe energy supplier. In Italy, it was shown that biomasses may have a great role in achieving the objectives set out in the framework of the EU 2020 strategy [3]. However, there are several issues (especially long-term availability, technology, price changes, resource issues and logistics) that need to be improved to enable a partial or total replacement of fossil fuels. Currently, research is going on all over the world to identify more sustainable conversion technologies. Of course, like all technologies, the improvement of the process can only be achieved by knowing the full properties of the material. Moreover, energy production is also influenced by several factors, firstly, the physical and chemical properties of biomasses; secondly, biomass exploitation depends on logistic needs [4]. Physical properties have been described by a number of authors ([5], [6]) and the most important ones are bulk density, calorific value, particle size distribution, moisture and ash content. More details are added as *Supplementary material 1.1*.

On the other hand, various harmful pollutants such as Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), dioxins (PCDD/F), nitrogen oxides (NO_x), sulfur oxides (SO_x), and heavy metals (HMs) are emitted to the atmosphere from the direct combustion which is the most commonly used and suitable technology for a cellulose biofuel like wood chips.

Therefore, the characterization of physical and chemical properties of woodchips is essential to assess the environmental impact through woodchips burning emissions and to establish proper controls for natural biofuels in order to guarantee a certain security in bioenergetics production. Although RESs have a lower environmental impact [2], it is questionable whether to encourage RES adoption without a coherent analysis of environmental and energy advantages. So, an objective based evaluation by Life Cycle Assessment (LCA) [7] is necessary, because it considers environmental aspects and the potential impact of a product or a service system throughout its entire life cycle [8]. In the same way, NEA (Net Energy Analysis), which underpins Energy Return on Investment (EROI), permits to evaluate the amount of net energy obtained from a Primary Energy Source (PES) after the outputs (extraction, processing, delivering) to make it exploitable have been subtracted [9]. Moreover, society's economic growth and industrial processes depend on high EROI resources [10].

This research examines a co-generative plant situated in Northern Italy (CPN). The plant is supplied solely with mechanically treated wood chips obtained from two sources: (1) natural ligneous trees from energy crops, and (2) uncontaminated ligneous biomasses from agriculture and forestry wastes. Italian legislative Decree number 152/2006 lists allowed biofuels in the Italian territory. More Details of the co-generative plant are added as *Supplementary material 1.2*.

In this paper the tested approach was based on the following steps: (1) wood chips were characterized by determining the relevant physical and chemical properties for plant functioning; (2) HMs concentrations in wood chips were analyzed to assess a possible environmental pollution effect through emissions; and, (3) an approach to calculate EROI of CPN was suggested.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 BIOFUEL SAMPLES

Biofuel samples were of two categories. A first group included three kinds of natural wood chips from energy crops (A1, A2 and A3) and a second group was a mixture of wood chips obtained from agriculture and forestry recovery material (B1). The biofuel samples were collected directly from the stock area of CPN, producing a composite sample for every wood chip type. Samples were collected daily for five days and stored in laboratory conditions (15/22 [°C]), in sealed plastic bags to avoid moisture loss. Analyses were carried out using UNI, APAT (Agency for Environmental and Territory Protection) and EPA (Environmental Protection Agency) methods.

2.2 PHYSICAL PROPERTIES OF BIOFUELS

Particle size distribution was determined by sieving, as per UNI 15149-1:2011. Bulk density is based on the overall space occupied by an amount or a group of biomass particles. Calculations were made applying the UNI 15103:2010 Method. Bulk density was determined on dry weight basis with a digital balance (Kern 572-27) and a graduated container.

Calorific value was determined using a Mahler bomb calorimeter (UNI 14918:2010 Method). Benzoic acid was used for the calibration and pure oxygen 99.5 [%] to load the bomb.

Ashes, or the inorganic fraction, were determined by gravimetric analysis after desiccation at 550 °C, (UNI 14775:2010). A Muffle Gefran 1200 was used. Moisture content was determined on the same date of sampling by following the UNI 14774-2:2010 Method.

2.3 CHEMICAL ANALYSES OF BIOFUELS

Chemical components of the woodchips were also analyzed concurrently with the physical property determinations. Cl and S concentrations were determined by analyzing the moisture condensed on the wall of the Mahler bomb calorimeter by HPLC (UNI 15408:2006 and APAT 4020). The Portlab HPLC and Portlab Conductivity detector ID 510 were used. Concentrations of HMs (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, V, Zn, Se and Sn) were determined according to UNI 15297:2011 and 6020A US-EPA methods. After acid digestion of the sample with HNO₃ (67 [%]) and H₂O₂ (30 [%]), the solution obtained was analyzed by ICP-MS (7500 Series Agilent Technologies).

2.4 DETERMINATION OF CPN'S EROI

EROI (Energy-Return-On-Energy-Investment) is the ratio of how much energy is obtained from an energy production process to how much of that energy is needed to extract it ([11], [12]). It is defined by the following equation:

$$EROI = E_g / (E_c + E_{op} + E_d)$$

Where E_g stands for the constant gross flow of energy at rate over the whole lifetime, while E_c , E_{op} and E_d stands for total energy input to construct the system, the energy flow required to operate and maintain the system and the energy required for decommissioning, respectively.

All energy gains are included in the numerator, whereas all costs in the denominator. In theory, when the ratio is greater than one, energy output gives an effective yield or it could be regarded at least viable. Nonetheless, some researchers support the thesis that the social sustainability is achieved reaching the ratio of 3 at least ([13], [14]). Weißbach, who prefers economic threshold given by the society's GDP (Gross Domestic Product), establish this limit to 7 [15].

The EROI, in this article is substantially an energy balance calculation based on direct factors associated with wood chip use in CPN. Therefore, net electric energy produced and net thermal energy produced are two types of energy production and both work towards creating a positive EROI determination. Conversely, plant construction, equipment working, biofuel production, biofuel logistic charges and plant demolition, for instance, determine a negative EROI. We included the direct energy demand for processing the recovered biofuels, as indicated by Weißbach [15]. Moreover, an extended survey has been conducted to account the totality of "the upstream factors" [16] implicated in the direct energy and material inputs.

The information used in the research was based on data from the CPN control plan, reference values from the EPD (Environmental Product Declaration) of the materials used to build the energy plant and finally, interviews with staff directly involved in CPN operations. The reference method applied was drawn from attachment A of the Veneto Regional Decree n° 1713 dated 16 June 2006.

Based on the recent literature, the method adopted for this article can be assimilated to the Extended EROI ($EROI_{EXT}$) category [14], but only the amount of direct inputs relevant to make the energy usable to the final user was considered. It consists of a process analysis, as defined by Murphy [17] and the method could be classified as $EROI_{3,d}$, following his classification. In addition, where it was possible, the nomenclature has been harmonized with the one used by the same author and the energetic contributions have been explicated as indicated by Zhang [13].

The applied methodology doesn't comply with some important recommendations: (1) the energetic analysis doesn't consider indirect energy and material inputs, and (2) no energy quality adjustment has been done, although it was highly recommended by Murphy [17] and by Weißbach et al. [15] - the concept of exergy. These issues are matters for next investigations.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 CHARACTERISTICS OF BIOFUELS

The results are organized in the same order used to describe the analytical methods. Results from dimensional size distributions of samples (Fig. 1) are quite similar to those found in another article by Hartmann [18]. Jiris [18] states that a homogeneous distribution of dimensional classes favors the stability of the combustion process. In fact, particle dimensions, in addition to storage and desiccation processes, influence the regularity of the supply system in a combustion plant [19].

Bulk density was particularly high for B1 (Table 1), whereas significantly lower values were observed for A2 and A3. The percentage of ash (Fig. 2a) in the samples was higher, on average, than the values found in literature [20]. The peculiarity of B1 can be due to a larger amount of inorganic matter from soil attached to roots and to bark which is richer in inorganic fractions than wood [21]. It has been reported that ashes cause adverse effects toward plant equipment like fouling and corrosion. Considering that a portion of PM is generated by the inorganic fraction, a selection of cleaner biomasses would be advisable.

The calorific values of biofuels determined via the Mahler bomb calorimeter are shown in Fig. 2b. The values obtained are generally lower than those reported by other researchers ([6], [18]). LHV (Low heating value) is regarded as a more useful parameter in evaluating an energy yield. A1 shows the highest value, followed by B1, A2 and A3. Natural biofuels from energy crops, (material that is purchased) have a lower yield than B1 (not paid for).

Results from moisture analyses (not displayed) showed that the used on-field storage system of biomasses was unsatisfactory [4].

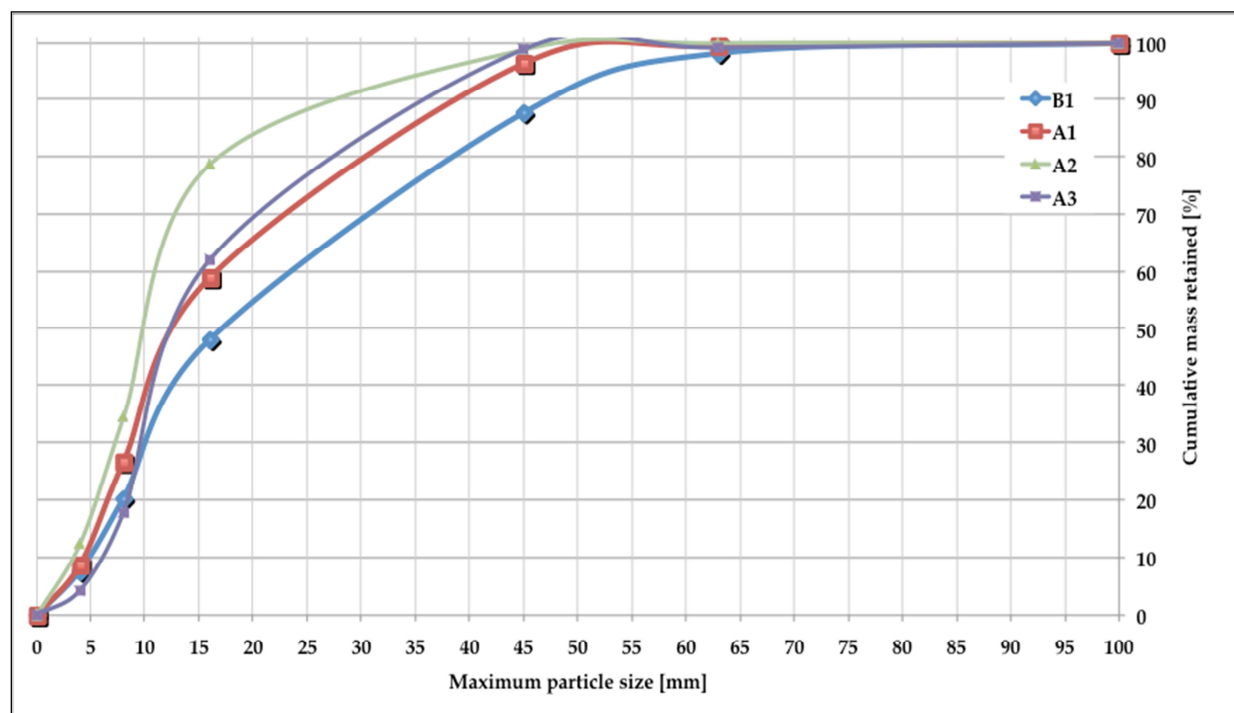


Fig. 1. Cumulative particles size distribution of test materials

Table 1. Bulk density of the tested materials

Dimensional class	Biofuel samples [Kg m^{-3}]							
	A1		A2		A3		B1	
	Mean	St. Dev.	Mean	St. Dev.	Mean	St. Dev.	Mean	St. Dev.
0-20	249.2	64	232.8	27.8	225.7	23.2	257.8	89.3
0-40	270.8	65.6	251.4	38.6	249.8	33.8	281.8	57.5
0-100	270.8	65.6	251.4	38.6	249.8	33.8	305.2	52.3

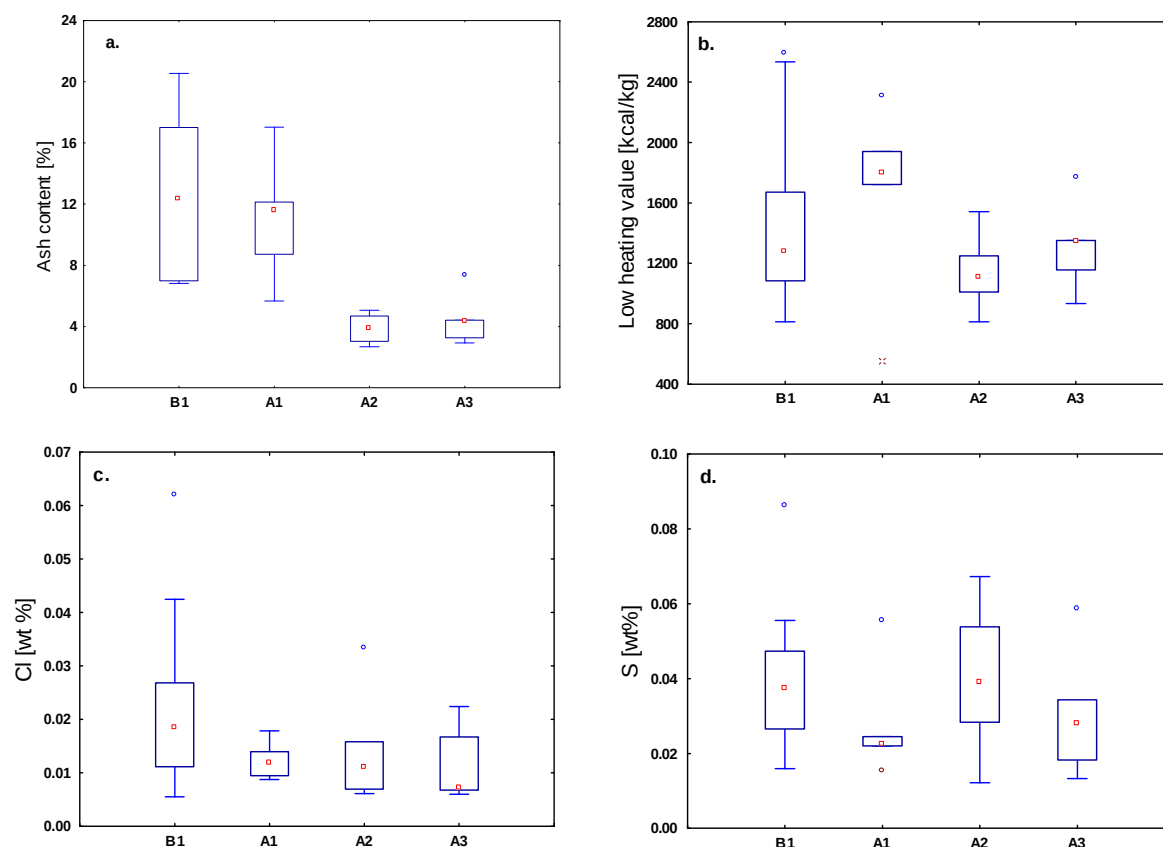


Fig. 2. Ash content (a), Low heating value (b), Chlorine (c) and Sulphur (d) concentration of the tested material

Moisture content is negatively correlated to the energy potential of the biofuel and values above 50 [%] make the process counterproductive [5]. Moreover, a high moisture content favors microbial proliferation and, consequently, natural biomass deterioration [22].

Chemical composition analysis focused on Cl, S and HMs concentrations, all calculated on dry matter basis. Cl and S were determined in mass percentage, whereas HMs are expressed in [mg/kg]. Cl (Fig. 2c) and S (Fig. 2d) concentrations are slightly higher than values reported by [23].

Higher values of Cl in B1 samples can be explained on the basis of their origin. In fact, a large fraction of B1 was collected from areas bordering the Venetian lagoon and high trafficked roads. Wind transported marine spray and sea salt used to prevent icing can reasonably explain a higher Cl content. Cl and S (Fig. 2a-b) do not exceed the limits suggested [6].

The presence of HMs in biofuels depends upon their source [24]. The composition of B1 clearly reveals its origin from high traffic zones (Fig. 3). HMs can be transported by the flow of gas produced during combustion and ultimately escape together with fly ash and vapors. HMs concentrations are similar to those previously reported [23]. Some technical features deserve consideration. During combustion HMs' behavior is different. Cd, Zn and Pb are mainly adsorbed onto fly ash [25], rather than onto bottom ash [6]. As and Cu are mainly in gas phase. Towards HMs, Cl operates similarly to alkaline metals [27] and, finally, HMs are accumulated mainly in the bark of plants [23].

High concentrations of HMs in dust emissions are conventionally related to biofuels containing wood from demolition activity and chemical treatments and not of natural origin [27]. A slight contamination could be derived from the mechanical treatment of wood (e.g.: cutting and crushing) during wood chip production. It is important to highlight that storage and transport act on biomass quality and, consequently, on financial costs. Moreover, environmental matters are directly related to the logistic phase, particularly, transportation.

Considering physical and chemical properties, it could be concluded that recovered waste (B1) could be a good alternative energy sources in developing countries as its physical and chemical properties are in compliance with stuffs of wood chips

and economically profitable. Production of energy from recovering waste material in developing countries may be an interesting opportunity and a crucial factor in reducing poverty [28]. In developing countries (especially in rural, remote and coastal areas), approximately 80% of the total energy consumption comes from biomass fuel [29]. However, agriculture and forest recovery materials are more suitable source of renewable energy instead of wood chips since most of the developing countries have shortage of wood fuels. For instance, Bangladesh has lack of fuel wood since forest land is decreasing due to urbanization, industrialization and cultivation [30]. Therefore, it would be wise to generate power from recovery materials as Bangladesh is very vulnerable to climate change and cutting of forest in a large scale will disrupt the eco-system balance. However, suitable measures should be taken during collection and selection of recovery materials, selection of energy conversion methods, energy utilization efficiency and economy of the biological system to make the biomass resources more efficient and useful to meet the energy requirement of the developing countries.

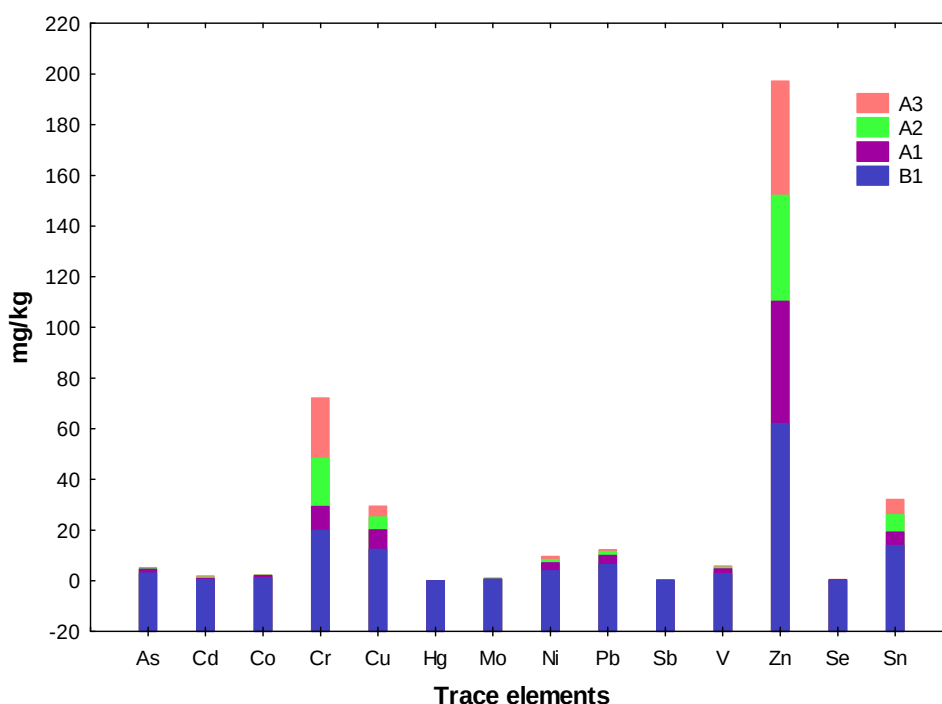


Fig.3. Trace elements concentrations of tested materials on a dry basis

3.2 EROI RESULT

An objective assessment of energy sustainability rises from a complete evaluation of the effects of RES exploitation including logistical issues, energy plant setting, environmental pollution, energy production and other secondary effects [17]. Energy charges and investment are both listed (Table 2). The lifespan of the plant was estimated to be 15 years.

During the life of CPN, working equipment and biofuel cultivation are weighed considerably on energy charges. The remaining energy charges are not so significant. Energy charges for the main building materials (a fraction of EC_{me}) used for CPN realization are extracted from the EPD of similar materials. The energy charge for the biomass production (EC_{bio}) is then calculated on the assumption that the biomass obtained from an energy crop is conserved for the whole period of the CPN lifespan. Transportation (a fraction of EC_{tmc} and the whole of $EC_{traspbio}$) is based on the effective equipment assigned to this service. Therefore, the approximations concerning maintenance and fuel provisioning suggested by Weißbach [15] could not be applied in this case.

The calculated EROI of CPN is 9.18 which correspond to a yield of nine times the investment. However, this EROI remains an optimistic value, because accidents and extraordinary maintenance have not been factored in, due to the fact that contingency prevision goes beyond the objectives of this research. A hypothetical scenario where the functioning of the CPN is totally based on recovered material will permit to add up to 4 additional points (a value of 13.24 instead of 9.18) to the EROI. This increase could be obtained by maintaining minimal distance between the site of supply and the CPN and the savings deriving from energy consumption of synthetic fertilizer production [10].

In accord with Murphy's classification an $EROI_{3,d}$ analysis has been conducted. Therefore, from a methodological perspective, the "state of the art" of EROI has not been reached in this paper, but a reasonable result has been achieved with the available amount of data.

The possibility of comparing the EROI determined in this paper with other results is quite difficult due to (1) the absence of an official standardized method and (2) the poor divulgation of other publications concerning the same specific issue. Although, the implementation of a standard method is "work in progress" since Murphy [14] has proposed a standard protocol. Method standardization could enable direct comparisons between bio-energy technologies and would avoid misleading results as suggested by several authors. Instead, it is advisable to increase the researches in biofuels exploitation, which likely could represent a deterrent during the transitional period from fossil fuels to more sustainable technologies like photovoltaic and wind turbines as presumed [14].

Table 2. Budget of EROEI

Entry	Result [MJ]
EC_{me}	6229230
EC_{tmc}	88
EC_{ma}	652032
EC_{imp}	2496690
EC_{att}	69258646
$EC_{bio} = \begin{cases} EC_{ceu} & 13526 \\ EC_{irr} & 19543 \\ EC_{conctot} & 68083 \end{cases}$	34796701
$EC_{traspbio}$	1651
EC_{mo}	163008
EC_{tm}	88
EI	113598134
ER	1043280000

Notes: energy charges for: building materials (EC_{me}); building materials transportation (EC_{tmc}); energy plant construction (EC_{ma}); plant equipment construction (EC_{imp}); plant working (EC_{att}); biofuels production (EC_{bio}); crop management per year per hectare (EC_{ceu}); crop irrigation per year per hectare (EC_{irr}); crop fertilization and defense ($EC_{conctot}$); biofuels transportation ($EC_{traspbio}$); energy plant demolition (EC_{mo}); demolition wastes transportation (EC_{tm}). Energy investment (EI). Energy gained (ER).

The final aim is to create a common platform to stimulate the discussion on energy technologies. Further, the method adopted requires detailed data collection in order to reach plausible results. On the other hand, the energy required for environmental reclamation, the energy to compensate pollutants emissions (i.e. the installation of the best available treatment technology) and other externalities are absent in the method adopted.

This last feature will increase the complexity to create a comprehensive EROI calculation [14], but it represents the milestone to reduce the EROI's gap between the RES and the fossil fuels. For instance, an additional consideration could be done with regards to the allocation of co-products obtained by the process. The fly ashes and bottom ashes produced during the combustion phase, represent an interesting binder for the technology known as stabilization/solidification (S/S) of solid wastes [a,b,c]. This could be a benefit: (1) in terms of energy saved from the production of additional clinker, reserved to waste management purposes; (2) it could be introduced in the energetic budget as highlighted by other authors ([13], [17]).

4 CONCLUSION

Biomasses are one of the most promising RES, even though there remains an evident yield efficiency difference with respect to fossil fuels. The biofuels selected for this study derived from energy crops and the recovery of natural materials from agriculture and forestry maintenance. Experimental activities showed that biofuels adopted in CPN have different properties and this is may be the reason explaining a lower performance of some features (LHV and bulk density) of the wood chips from energy crops than those from recovered materials (B1). LHV results demonstrate that economical and environmental benefits can be obtained by reusing residual biomasses, containing e.g. agricultural waste wood and braches

from pruned plants. In fact, LHV performances are not far from the results obtained with virgin stocks. This valorization could intercept a large amount of vegetal material preventing its landfill disposal. From the perspective developed in this case-study, recovery material represents the most preferable way to obtain benefits in several environmental spheres like CO₂ reduction, sustainable waste management and preservation of soil quality. However, this observation demands for more frequent integrity checks of pollutants (especially ash content) in order to guarantee a low level of environmental risks.

EROI acts as an objective indicator to assess the energy sustainability of a plant in a specific scenario and the results of this study can be taken as an indication for a more comprehensive study. The EROI of CPN - an EROI_{3,d} according to Murphy's classification - was found to be significantly positive (9.18), and this result can be a reference for other energy technologies in the same context. However the result should be refined by the use of extended analysis boundaries in order to include the direct and indirect energetic charges associated to CPN. If the inclusion of these further specifications could decrease the EROI performance of CPN, the allocation of the ashes for S/S purposes could partially compensate this reduction. A hypothetic scenario demonstrates that providing uniquely waste material an optimistic, but indicative, increment of EROI up to 13.24 could be reached. In addition, the exclusive exploitation of waste material may be a meaningful strategy where biofuels with low LHV are available. In conclusion, biofuels and in general RES deserve more attention and research as they are a promising energy source becoming more and more competitive or maybe essential to conserve the social well-being or to extend it to developing countries, where large amount of waste biological material may be available.

REFERENCES

- [1] Saidur, R., Abdelaziz, E.A., Demirbas, A., Hossain, M.S., Mekhilef, S. (2011). A review on biomass as a fuel for boilers. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 15(5), 2262-2289.
- [2] Panwar, N.L., Kaushik, S.C., Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1513-1524.
- [3] Zaghi, C.R.A. (2011). Republic (*Energy: Why focus on biomass*, page 14, section: BUSINESS FINANCE). March 28, 2011.
- [4] Rentizelas, A.A., Tolis, A.J., Tatsiopoulos, I.P. (2009). Logistics issues of biomass: The storage problem and the multi-biomass supply chain. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 13(4), 887-894.
- [5] McKendry, P. (2002). Energy production from biomass (part 2): overview of biomass. *Bioresource Technology*, 83: 46-54.
- [6] Demirbas, A. (2005). Heavy metal contents of fly ashes from selected biomass samples. *Energy Sources*, 27(13), 1269-1276.
- [7] Cherubini, F., Bird, N.D., Cowie, A., Jungmeier, G., Schlamadinger, B., Woess-Gallasch S. (2009). Energy and greenhouse gas-based LCA of biofuel and bioenergy systems: Key issues, ranges and recommendations. *Resources, Conservation and Recycling*, 53, 434-447.
- [8] Arvanitoyannis, I.S.: ISO 14040. (2008). Life Cycle Assessment (LCA) - Principles and Guidelines. In: Arvanitoyannis, I.S. (eds) *Waste Management for the Food Industries*, New York: ELSEVIER Academic Press.
- [9] Raugei, M., Carbajales-Dale, M., Barnhart C.J., Vasilis F. (2015). Rebuttal: "Comments on 'Energy intensities, EROIs (energy returned on invested), and energy payback times of electricity generating power plants' – Making clear of quite some confusion". *Energy*, 82, 1088-1091.
- [10] Atlason, R.S., Lehtinen, T., Davíðsdóttir B., Gísladóttir, G., Brocza, F., Unnþórsson, R., Ragnarsdóttir, K.V. (2015). Energy return on investment of Austrian sugar beet: A small-scale comparison between organic and conventional production, *Biomass and Bioenergy*. 75, 267-271.
- [11] Murphy, D.J., Hall, C.A.S. (2010). Year in review-EROI or energy return on (energy) invested. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 185(1), 102-118.
- [12] Atlason, R.S., Unnthorsson, R. (2014). Ideal EROI (energy return on investment) deepens the understanding of energy systems. *Energy*, 67, 241-245.
- [13] Zhang, Y., & Colosi, L.M. (2013). Practical ambiguities during calculation of energy ratios and their impacts on life cycle assessment calculations. *Energy Policy*, 57, 630-633.
- [14] Hall, C.A.S., Lambert, J.G.L., Balogh, S.H. (2014). EROI of different fuels and the implications for society. *Energy Policy*, 64, 141-152.
- [15] Weißbach D, Ruprecht G, Huke A, Czerski K, Gottlieb S, Hussein A. (2013). Energy intensities, EROIs (energy returned on invested), and energy payback times of electricity generating power plants. *Energy*, 52, 210-21.
- [16] Trainer, T. (2014). Some inconvenient theses, *Energy Policy*, 64, 168-174.
- [17] Murphy, D.J., Hall, C.A.S., Dale, M., Cleveland, C. (2011). *Order from Chaos: A Preliminary Protocol for Determining the EROI of Fuels*. *Sustainability*, 3, 1888-1907.

- [18] Hartmann, H., Bohm, T., Jensen, D.P., Temmerman, M., Rabier, F., Golser, M. (2006). Methods for Size Classification of Wood Chips. *Biomass & Bioenergy*, 30(11), 944-953.
- [19] Jirjis, R. (2005). Effects of particle size and pile height on storage and fuel quality of comminuted *Salix viminalis*. *Biomass & Bioenergy*, 28, 193-201.
- [20] Naik, S., Goud, V.V., Rout, P.K., Jacobson, K., Dalai, A.K. (2010). Characterization of Canadian biomass for alternative renewable biofuel. *Renewable Energy* 35(8), 1624-1631.
- [21] Saarela, K.E., Harju, L., Rajander, J., Lill, J.O. (2005). Elemental analyses of pine bark and wood in an environmental study. *Science of the Total Environment*, 343, 231-241.
- [22] Hellenbrand, E., Reade, A.E. (1992). Microorganisms Associated with Fuel Wood Chips and their Impact on Indoor Air Quality: a Review. *IntBiodeterioration& Biodegradation*, 29, 19-43.
- [23] Obernberger, I., Thek, G. (2004). Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behavior. *Biomass & Bioenergy*, 27(6): 653-669.
- [24] Khan, A.A., de Jong, W., Jansens, P.J., Spliethoff, H. (2009). Biomass combustion in fluidized bed boilers: Potential problems and remedies. *Fuel Processing Technology*, 90, 21-50.
- [25] Ghafghazi, S., Sowlati, T., Sokhansanj, S., Bi, X., Melin, S. (2011). Particulate matter emissions from combustion of wood in district heating applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 3019-3028.
- [26] Lind, T., Valmari, T., Kauppinen, E.I., Sfiris, G., Nilsson, K., Maenhaut, W. (1999). Volatilization of the heavy metals during circulating fluidized bed combustion of forest residue. *Environ Science & Technology*. 33(3), 496-502.
- [27] Narodoslawsky, M., Obernberger, I. (1996). From waste to raw material-the route from biomass to wood ash for cadmium and other heavy metals. *Journal of Hazardous Materials*, 50, 157-168.
- [28] Terrapon-Pfaff, J., Dienst, C., König, J., Ortiz, W. (2014). A cross-sectional review: Impacts and sustainability of small-scale renewable energy projects in developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 1-10.
- [29] Ravindranath NH, Hall DO. (1995). *Biomass, energy, and environment: a developing country perspective from India*. Oxford: Oxford University Press.
- [30] Halder P.K., Paul N., Beg, M.R.A. (2014). Assessment of biomass energy resources and related technologies practice in Bangladesh. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 444-460.
- [31] Demirbas, A.: Potential applications of renewable energy sources, biomass combustion problems in boiler powersystems and combustion related environmental issues. *Prog Energy Combust Sci.* **31**(2), 171-192 (2005).
- [32] McKendry, P.: Energy production from biomass (part 2): overview of biomass. *Bioresource Technol.* **83**, 46-54 (2002b).
- [33] McKendry, P.: Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource Technol.* **83**, 37-46 (2002a).
- [34] Obernberger, I., Thek, G.: Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behavior. *Biomass Bioenerg.* **27**(6), 653-669 (2004).
- [35] Prasertsan, S., Krukanont, P.: Implications of fuel moisture content and distribution on the fuel purchasing strategy of biomass cogeneration power plants. *Biomass Bioenerg.* **24**(1), 13-25 (2003).
- [36] Obernberger, I., Brunner, T., Barnthaler, G.: Chemical properties of solid biofuels--significance and impact. *Biomass Bioenerg.* **30**(11), 973-982 (2006).
- [37] Nielsen, H.P., Frandsen, F.J., Dam-Johansen, K., Baxter, L.L.: The implications of chlorine-associated corrosion on the operation of biomass-fired boilers. *Prog Energy Comb Sci.* **26**, 283-298 (2000).
- [38] Saidur, R., Abdelaziz, E.A., Demirbas, A., Hossain, M.S., Mekhile, S.: A review on biomass as a fuel for boilers. *Renew Sust Energ Rev.* **15**(5), 2262-2289 (2001).
- [39] Rentizelas, A.A., Tolis, A.J., Tatsiopoulou, I.P.: Logistics issues of biomass: The storage problem and the multi-biomass supply chain. *Renew. Sust Energ Rev.* **13**(4), 887-894 (2009).
- [40] Kanoglu, M., Dincer, I.: Performance assessment of cogeneration plants. *Energy Convers Manage.* **50**(1), 76-81 (2009).
- [41] Naik, S., Goud, V.V., Rout, P.K., Jacobson, K., Dalai, A.K.: Characterization of Canadian biomass for alternative renewable biofuel. *Renew Energ.* **35**(8), 1624-1631 (2010).
- [42] Biagini, E., Barontini, F., Togonotti, L.: Devolatilization of biomass fuels and biomass components studied by TG/FTIR technique. *Ind Eng Chem Res.* **45**, 4486-4493 (2006).
- [43] Kalac, P., Svoboda, L., Havliekova, B.: Contents of detrimental metals mercury, cadmium and lead in wild growing edible mushrooms: a review. *Energy Educ Sci Technol.* **13**, 31-38 (2004).

SUPPLEMENTARY MATERIALS

1.1 .BIOMASSES PROPERTIES AND THEIR EFFECTS ON THE COMBUSTION PROCESS

1. Physical properties influence energy conversion yield and are determined by two factors: (1) the types of biomass (the respective calorific value, e.g.) and (2) the treatment undergone during the logistic and processing phase. Physical properties have been described by a number of authors [1, 2, 3] and the most important ones are bulk density, calorific value, particle size distribution, moisture and ash content.
2. Bulk density has considerable value for technical and economic reasons in all the processing phases. Coal bulk density is higher compared to biofuel, consequently the latter requires more space to produce the same amount of energy.
3. Calorific value represents the potential energy releasable by a determined kind of fuel and it is identified in two types: high heating value (HHV) and low heating value (LHV). HHV corresponds to the total energy released from the combustion and, therefore, the maximal energy recoverable from an energy source. LHV, on the other hand, is determined by subtracting the heat of water vaporization from the HHV produced by the combustion [3].
4. Moisture content, or the water content, of a biomass can inhibit combustion [4], repressing the full oxidation of the reagents. Mathematical models have been developed to estimate this factor [5].
5. Particle size distribution is defined as the dimensional distribution of the particles of the biofuel. Wood chips are conventionally classified in five classes: 4-7, 8-15, 16-44, 45-62, 63-100 [mm].
6. Ash content is the inorganic fraction of biomasses or, in other terms, the residual substance produced at the end of combustion. Ashes are of two kinds: (1) the intrinsic fraction that relies on ash composition; and (2) the assimilated fraction that depends on both the site of plant development [6] and on the processing operations employed. Both classes are mainly composed of the following elements: Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, S, K, and P (Table 1).
7. Ash content ranges from 1 to 30-40 [%] of mass weight. This subject has been widely explored for its important implications in technical and environmental issues. Ash is the main factor in the mechanism of corrosion that consists in interphase reactions deteriorating the mechanical devices of plant components. The main elements involved in this process are: S, K and Cl where chlorine acts as the vector for the other corrosive elements. Corrosion reactions have been described and modeled in specific bodies of research [7]. The inorganic fraction is also associated with the other negative processes of fouling and slagging. Fouling consists in the accumulation of ashes on the surfaces of mechanical devices, whereas slagging is defined as the formation of waste matter with stony features due to heat radiation on the walls of the combustion chamber [8]. Fouling and slagging are favored by
8. The presence of alkaline (e.g. K and Na) and earth alkaline (e.g. Mg) metals in biomasses. These could potentially reduce the life cycle of a combustion plant.

1.2. CO-GENERATIVE PLANT

The supply chain of CPN is coherent with a multi-biomass approach [9]. Besides, cogeneration enables a simultaneous production of thermal and electric energy starting from the same source, so that considerable fuel saving [10] is obtained. CPN produces 900 [kW] of electric energy, which is sold to the national manager of the energy grid (GSE) and 1910 [kWt] of thermal energy which is used for soil reclamation purposes. The plant project estimates 13.500 tonnes of biofuel to be supplied per year [t/y]. The purification system of CPN includes a multicyclon and an ESP system. At present, energy production from biomasses is more expensive than that from fossil fuels. Despite this, improvements can be obtained by biofuel characterization [8, 11, 12]. In the same way, this operation permits to check the integrity of natural biofuels from HMs pollution which could be potentially dispersed during the combustion process.

Table 1. Typical mean values for the chemical composition of wood chips ashes (softwood, Wt [%] d.b.: dry weight basis per cent). Re-edited from: Obernberger et al., 2006[6]; Kalac et al., 2004[13].

Parameter	Unit	Values
Si	wt [%] d.b.	4 - 11
Ca	wt [%] d.b.	26 - 38
K	wt [%] d.b.	4.9 - 6.3
Mg	wt [%] d.b.	2.2 - 3.6
Na	wt [%] d.b.	0.3 - 0.5
SiO ₂	wt [%] d.b.	49.3
Al ₂ O ₂	wt [%] d.b.	9.4
Fe ₂ O ₃	wt [%] d.b.	8.3
MgO	wt [%] d.b.	1.1
Cl	wt [%] d.b.	0.8
Na ₂ O	wt [%] d.b.	0.5
K ₂ O	wt [%] d.b.	9.6
CaO	wt [%] d.b.	17.2
SO ₃	wt [%] d.b.	2.6
Cd	wt [%] d.b.	3 - 6.6
Zn	mg/kg d.b.	260 - 500

Tumeur Mucineuse Borderline de Type Intestinal de l'ovaire : à propos d'un cas

*Ibrahim Abdellahi¹, Majdouline Boujoual², Ali Osman¹, Meryem Rais³, Jaouad Kouach¹, Hafsa Chahdi³, Mohamed Oukabli³,
and Driss Rahali Moussaoui¹*

¹Gynécologie Obstétrique, Hôpital Militaire instructif Mohamed V (HMIMV) Rabat, Maroc

²Gynécologie Obstétrique, Faculté de Médecine Tanger, HMIMV, Rabat, Maroc

³Anatomie-Pathologique, HMIMV Rabat, Maroc

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

ABSTRACT: Les tumeurs borderline mucineuses de l'ovaire sont plus rares que les tumeurs séreuses. Elles posent au clinicien un problème de diagnostic préopératoire puisque l'imagerie n'est pas spécifique et leur définition histologique repose sur l'absence d'invasion. Le type intestinal est le plus fréquent, souvent découvert à un stade précoce mais nécessite toutefois l'élimination d'une métastase de tumeur extra-ovarienne. Le traitement de choix est chirurgical, doit permettre la stadification complète tout en préservant la fertilité chez les patientes jeunes. Bien que le pronostic soit assombri par les récurrences et l'association possible à un pseudomyxome péritonéal ou une tumeur appendiculaire, il reste excellent au stade I et justifie une surveillance longue et régulière.

KEYWORDS: Tumeur mucineuse de l'ovaire, Borderline, Type intestinal.

1 INTRODUCTION

Les tumeurs mucineuses borderline de l'ovaire s'observent entre 35 et 39 ans, elles sont souvent diagnostiquées à un stade précoce et ont un excellent pronostic. Elles présentent deux entités anatomo-cliniques : intestinale et endométriale [2]. En effet, le type intestinal est le plus fréquent [2], représente 10% des tumeurs ovariennes mucineuses et 30% à 50% des tumeurs borderline de l'ovaire épithéliales. Ces tumeurs sont hétérogènes pouvant montrer à la fois des régions à caractéristiques bénignes, borderline et malignes [1]. Du fait de leur rareté, de leur diagnostic difficile et leur âge de survenu précoce, elles posent un véritable enjeu de prise en charge thérapeutique et pronostique [3]. Nous rapportons un nouveau cas de tumeur mucineuse borderline de l'ovaire de type intestinal, nous insisterons, à travers une revue de littérature, sur les difficultés diagnostiques, thérapeutiques et évolutives.

2 PATIENTE ET OBSERVATION

Patiente de 38ans, 6ème geste 6ème pare sans antécédents pathologiques notables, ayant consulté pour l'augmentation du volume abdominal avec sensation de pesanteur, sans douleur ni de signes digestifs ou urinaires associés, le tout évoluant dans un contexte d'apyrexie et de conservation de l'état général. Son examen clinique a objectivé une distension abdominale par une énorme masse abdomino-pelvienne ferme, indolore, étendue du pelvis jusqu'aux hypochondres et bombant dans cul de sac douglas. L'échographie pelvienne et endovaginale a objectivé une masse abdomino-pelvienne étendue en sus et latéro utérin, hypervascularisée au doppler et d'échostructure hétérogène avec des zones tissulaires et kystiques contenant des bourgeons intra-kystiques, sans épanchement intra abdominal (Figure 1). A l'IRM abdomino-pelvienne: la masse mesurait 23cm et présentait de grandes loges liquidiennes avec 4 nodules de signal tissulaire hétérogène (Figures 2 et 3). Par ailleurs, les marqueurs tumoraux étaient normaux notamment : CA 125 à 33UI /L et α FP à 3UI /L.



Figure1 : Echographique pelvienne objectivant une masse kystique sus et latero utérine d'écho structure hétérogène comportant des bourgeons intra kystiques

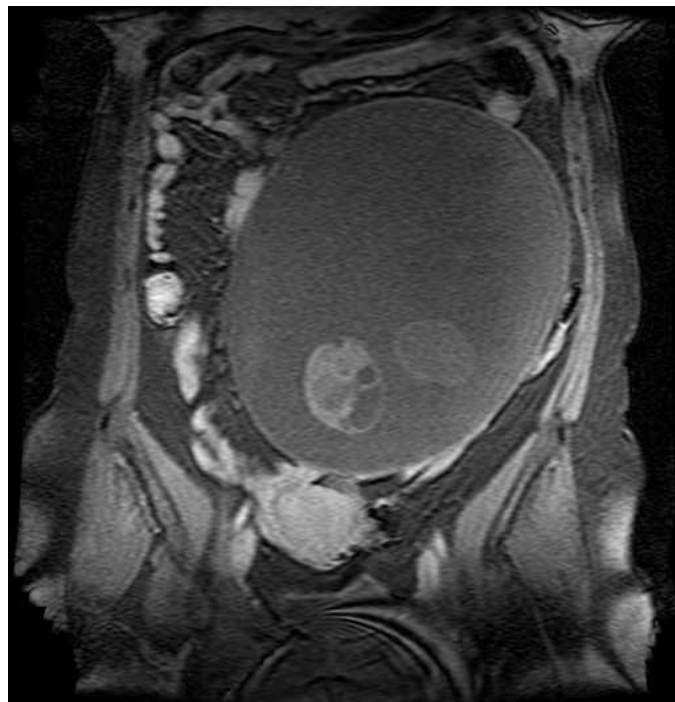


Figure 2 : IRM abdomino-pelvienne en coupe frontale montrant une masse mesurant 23cm et présentait de grandes loges liquidiennes avec 4 nodules de signal tissulaire hétérogène

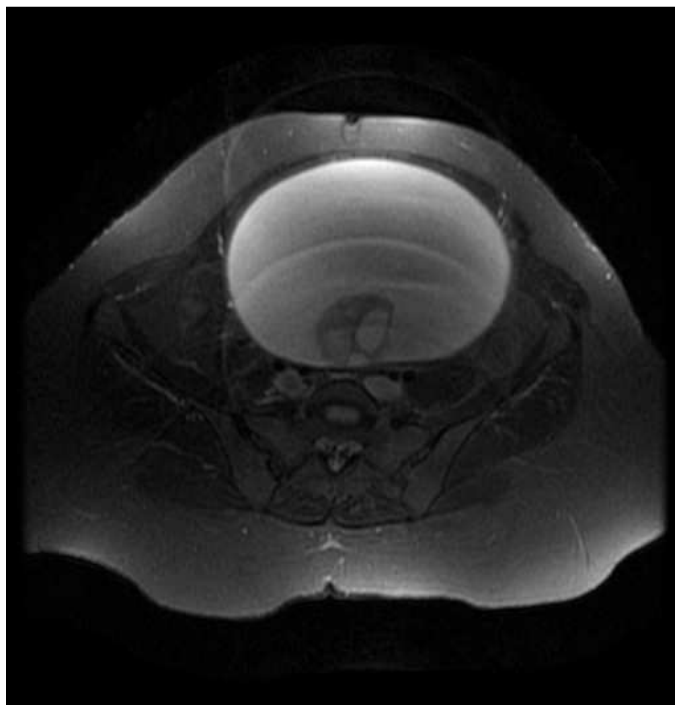


Figure 3 : IRM abdomino-pelvienne en coupe transversale montrant un processus ovarien kystique d'allure suspecte étendu en sus et latéro utérin

Une laparotomie exploratrice a été alors réalisée par une incision médiane sous ombilicale. A l'exploration, la masse était développée aux dépens de l'ovaire gauche, elle mesurait 25cm et présentait un aspect kystique (Figure 4). Le reste de l'exploration était sans anomalies. Une annexectomie gauche a été alors réalisée avec prélèvement de liquide de lavage péritonéal. L'étude macroscopique a montré un ovaire kystique à capsule intacte et contenu liquidien blanchâtre présentant des formations polypôides mesurant entre 3 et 7cm et une substance mucoïde. Son étude microscopique a mis en évidence une prolifération faite de kystes bordés par des cellules cylindriques mucineuses régulières avec présence de structures papillaires complexes et de zones de mucinose ovarienne sans atypies cellulaires ni d'anomalie du liquide péritonéal, en faveur d'une tumeur ovarienne mucineuse borderline de type intestinal (Figures 5 et 6).

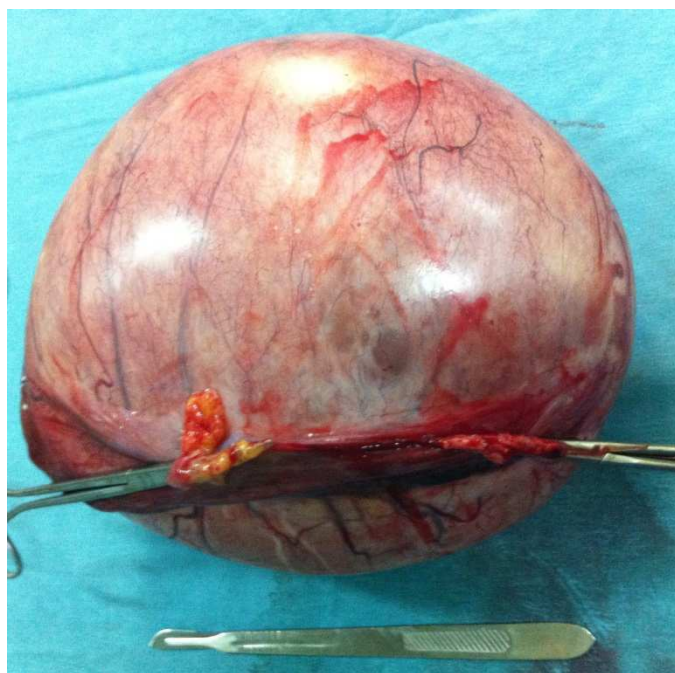


Figure 4 : Aspect macroscopique de la tumeur kystique de l'ovaire



Figure 5

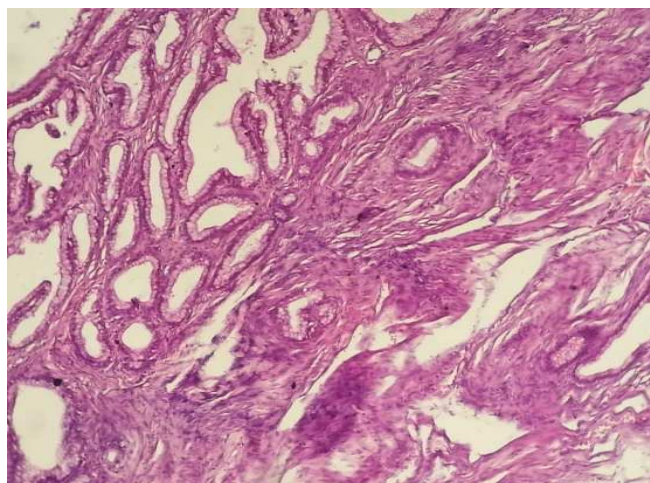


Figure 6

Vu la stadification incomplète, un complément thérapeutique a été alors réalisé en concertation avec la patiente par une hystérectomie totale avec annexectomie droite, appendicectomie et omentectomie dont l'étude anatomopathologique a montré qu'ils étaient indemnes de lésion spécifique ou tumorale. La patiente a présenté des suites simples, elle est actuellement suivie en consultation depuis un an sans récurrence notable.

3 DISCUSSION

Les tumeurs mucineuses borderline de l'ovaire sont définies par deux entités anatomo-cliniques : le type intestinal (85%), qui contrairement au type endocervical (15%)[2], survient chez les femmes relativement plus âgées de 40 à 50 ans, est rarement bilatéral, ne s'accompagne pas d'endométriose et peut se compliquer de pseudomyxome dans 17 % des cas. Il est souvent de grande dimension, multiloculaire, comportant fréquemment des cellules argyrophiles, sans implants péritonéaux [5], ce qui concorde avec notre cas.

Ces tumeurs se manifestent souvent par les douleurs pelviennes, l'augmentation du volume abdominal et la perception d'une masse abdominale [3]. Toutefois, leur diagnostic est difficile en préopératoire [4]. En effet, l'échographie n'est pas spécifique, elle précise la taille tumorale, sa bilatéralité, sa localité, la présence de zones solides, de métastase et d'ascite [4]. Quant à l'IRM, elle est intéressante en cas de lésion de grande taille incomplètement étudiée par l'échographie et pour la détection des implants péritonéaux, de l'invasion de la paroi abdomino-pelvienne et la présence d'adénopathies[4,8]. Par ailleurs le CA 125 prend intérêt en post opératoire [3,7].

Ces tumeurs posent également un problème de diagnostic différentiel, d'une part avec les tumeurs mucineuses extra-ovariennes métastatiques au départ de l'appendice, côlon, estomac, pancréas, et voies biliaires [1,6], ce qui nécessite alors un examen minutieux de l'intestin et appendice [5]. D'autre part avec le carcinome mucineux, qui présente une invasion franche du stroma, d'où l'intérêt de réaliser un important échantillonnage [12].

Leur diagnostic définitif est histologique [9]. Macroscopiquement, ces tumeurs ne comportent pas de nécrose ni d'hémorragie contrairement aux tumeurs invasives [12]. Sur le plan microscopique, elles sont composées de nombreuses glandes dilatées et kystes de différentes tailles avec des touffes et papillations épithéliales internes bordées par atypique de type épithélial mucineux intestinal [8].

Le choix de la voie chirurgicale représente un sujet de controverse. En effet, la coelioscopie expose aux risques de rupture du kyste, de dissémination de cellules tumorales, de métastases sur les orifices de trocart et de stadification incomplète [3,10]. Le diagnostic per-opératoire repose tout d'abord sur l'exploration de la cavité abdomino-pelvienne associée au besoin à l'examen extemporané et complétée par une cytologie péritonéale, des biopsies péritonéales, une omentectomie infracolique et une appendicectomie [2,3].

L'annexectomie représente le traitement de référence chez les patientes jeunes [9]. Quant à la nécessité d'un complément chirurgical après chirurgie conservatrice, elle est discutée en fonction du type histologique, le stade de la tumeur, le type de chirurgie conservatrice et le désir de la patiente [13].

En cas de patientes ménopausées ou non désireuses de grossesse, le traitement radical avec hystérectomie totale et annexectomie bilatérale est recommandé en raison de son excellent résultat [3]. Par ailleurs, les traitements adjuvants ne sont pas recommandés en raison de leur toxicité et importante mortalité [5].

Le pronostic des tumeurs borderline mucineuses de l'ovaire est bon mais peut être assombri par les récurrences, et l'association possible à un pseudomyxome péritonéal ou une tumeur appendiculaire [12]. En effet, le taux de survie à 5 ans au stade I varie de 95 à 97 %, alors qu'il diminue de 70 à 95 % à 10 ans en raison des récurrences sous forme borderline ou invasive. D'où l'intérêt d'une surveillance régulière combinant l'examen clinique, l'échographie endo-vaginale et le dosage du CA125 chaque trimestre pendant 2 ans, puis biannuelle pendant 3 à 5 ans puis annuelle après [5]. Aux stades avancés, le taux de mortalité est beaucoup plus élevé [3] avec une survie à 5 ans est de 65 à 87 % pour les stades II et III [5].

4 CONCLUSION

Les tumeurs mucineuses borderline sont souvent diagnostiquées chez les patientes jeunes, elles posent un problème de diagnostic préopératoire puisqu'elles peuvent mimer à la fois une tumeur bénigne ou invasive. Le type intestinal est le plus fréquent, souvent de diagnostic précoce et de très bon pronostic. Ces tumeurs posent également un problème thérapeutique puisque le traitement de choix est chirurgical, doit permettre la stadification complète tout en préservant la fertilité, et un problème pronostic en raison du risque de transformation maligne et des récurrences fréquentes qui justifient une surveillance régulière.

CONFLITS D'INTERETS :

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Tous les auteurs ont participé à la prise en charge de la patiente. Ibrahim Abdillahi et Majdouline Boujoual ont mené la recherche bibliographique et la rédaction de l'article.

REFERENCES

- [1] Acs G. Serous and mucinous borderline (low malignant potential) tumors of the ovary. *Am J ClinPathol*. 2005 Jun; 123 Suppl: S13-57.
- [2] Furukawa et al.: Port-Site Metastasis of Mucinous Borderline Ovarian Tumor after Laparoscopy. *Case Rep Oncol*. 2014 Dec 3; 7(3):804-9
- [3] Tulpin L, Akerman G, Morel O, Desfeux P, Malartic C, Barranger E, Prise en charge des tumeurs borderline de l'ovaire . *J GynecolObstetBiolReprod (Paris)*. 2008(2) Jul;37 Spec
- [4] Ushijima K, Kawano K, Tsuda N, Nishio S, Terada A, Kato H, Tasaki K, Matsukuma K M Epithelial borderline ovarian tumor: Diagnosis and treatment strategy *ObstetGynecol Sci*. 2015 May;58(3):183-7.
- [5] Fischerova D, Zikan M, Dunder P, Cibula D. Diagnosis, Treatment, and Follow-Up of Borderline Ovarian Tumors *Oncologist*. 2012; 17(12):1515-33.
- [6] Lalwani N, Shanbhogue AK, Vikram R, Nagar A, Jagirdar J, Prasad SR Current Update on Borderline Ovarian *AJR Am J Roentgenol*. 2010 Feb;194(2):330-6
- [7] Cosyns S, Leyder M, Bourgain C, De Sutter P. Invasive Recurrence of an Intestinal-Type Mucinous Epithelial Neoplasm of Low Malignant Potential: *Case Rep Oncol*. 2011 May-Aug; 4(2): 426–432.
- [8] Abascal-Saiz A, Sotillo-Mallo L, de Santiago J, Zapardiel I Management of borderline ovarian tumours: a comprehensive review of the literature. *Ecancermedicalscience*. 2014 Feb 17(8)403.
- [9] Renolleau C, Daraï E, Madelenat P, Benifla JL, Neu AM. [Laparoscopy and ovarian cancer: dangers and precautions] *Contracept Fertil Sex*. 1997 Sep;25(9):V-X.
- [10] Hart WR. Mod Pathol. Borderline Epithelial Tumors of the Ovary. *Pathol Int*. 2005 May; 55(5):231-43
- [11] Trillsch F, Ruetzel JD, Herwig U, Doerste U, Woelber L, Grimm D, Choschick M, Jaenicke F, Mahner S. Surgical management and perioperative morbidity of patients with primary borderline ovarian tumor. *J Ovarian Res*. 2013 Jul 9;6(1):48.
- [12] M-C . Vacher Lavenu. Histologie des kystes bénins borderline de l'ovaire et dystrophies sous péritonéales. *J.Gynécol. Obstétr Biol Reprod* 2001, 30 : 4S12-4S19.
- [13] PRIYA C, SUNESH KUMAR AND LALIT KUMAR. Borderline Ovarian Tumours : An Update. *INDIAN JOURNAL OF MEDICAL & PAEDIATRIC ONCOLOGY* Vol. 29 No 2, 2008.

The Importance of Prenatal Diagnosis in the Management of Vassar Praevia: A Case Report and Literature Review

Ibrahim Abdellahi, Ali Osman, Jaouad Kouach, Moussaoui Idrissi, and Mohammed Dehayni

Department of obstetrics & gynecology Military Training Hospital Mohamed V, Rabat, Morocco

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

ABSTRACT: Vasa praevia (VP) is an uncommon obstetric condition that can be associated with a low-lying placenta or placenta praevia and also associated with significant perinatal mortality and morbidity, it is one of the few causes of perinatal death that can be potentially prevented through prenatal detection and appropriate care.

KEYWORDS: vasa praevia; pregnancy; placenta praevia.

1 INTRODUCTION

Fetal vessels crossing or running in close proximity to the inner cervical os. These vessels course within the membranes (unsupported by the umbilical cord or placental tissue) and are at risk of rupture when the supporting membranes rupture.[1].

Haemorrhage after the vessels are torn following spontaneous or artificial membrane rupture can be result in a high fetal mortality within rate of about 75-100 %. [2].

The fetal mortality is potentially preventable if corrected prenatal diagnosis being made by ultrasound imaging including the use Doppler technology and pregnancy treatment done before the onset of labour or before membrane rupture [3].

There are two main forms of vasa praevia: in one there is velamentous insertion of the umbilical cord and in the other there is normal cord insertion with vessels running between placental lobes in a bilobed or succenturiate-lobed placenta. [4].

Here we present a case of vasa praevia who prenatally diagnosed in third trimester routine sonographic evaluation and managed successfully with elective cesarean section at 36th weeks of pregnancy.

2 CASE PRESENTATION

A healthy (Madam K) 36-year-old multiparous housewife. She has previously undergone two normal vaginal deliveries. Booking investigations showed non complicated Gestational Diabetes Mellitus and she was treated with diet therapy on an out-patient level and the target values of blood glucose levels were achieved during pregnancy.

The Screening scan at 22 showed parameters equal to dates and no foetal abnormalities. However, placenta was noted to be lower posterior reaching cervical os. A subsequent growth scan was satisfactory, but placenta was still low-lying, she is not presented uterine contraction or vaginal bleeding.

At 34 weeks ultrasound control showed a type 3 posterior **placenta praevia** with tip reaching cervical os with a presence anterior **succenturiate (accessory) lobe** of the placenta (**Fig.1**) also there were small vessels crossing the internal os raising the suspicion of **vasa praevia**, Doppler study was used to confirm the presence of vessels preavia (**see Fig. 2**). And decision was made delivery by elective caesarean section after 36th week of pregnancy and intramuscular betamethasone to improve foetal lung maturity was administered in anticipation of a preterm delivery should a massive antepartum haemorrhage occur.



Fig. 1. Transvaginal ultrasound of third trimester shows a bilobed type 3 posterior placenta praevia + anterior succenturiate placenta



Fig. 2. Doppler study shows presence of vessels previa that crossing the inner cervical os.

At 36 weeks +4 days patient was admitted for elective cesarean section without vaginal bleeding or others symptoms but two hours later she presented episode painless antepartum haemorrhage. Cardiotocograph demonstrated a reactive trace and weak irregular uterine contractions. Patient underwent an emergency caesarean section. Baby was delivered with Apgar score of 9 at 1 minute and 10 at 5 minutes. Birth weight was 3kg. Intraoperatively Placenta was posterior and lowlying and vasa praevia was confirmed (**Fig 3**).



Fig. 3. Show macroscopic evaluation of vasa praevia

Admission haemoglobin was 12g/dl and coagulation screen normal, fetal hemoglobin was.

3 DISCUSSION

Fetal vessels crossing or running in close proximity to the inner cervical os. [1].

In obstetric terms, vasa previa is defined as “fetal vessels crossing or running in close proximity to the inner cervical os. These vessels course within the membranes (unsupported by the umbilical cord or placental tissue) and are at risk of rupture when the supporting membranes rupture, which is a serious and often fatal (to the fetus) obstetric emergency [5].

The estimated incidence of vasa previa is approximately 1 in 2500 deliveries, but it is much higher (1 in 700) among patients who conceive through assisted reproductive technologies [2]. The aetiology is uncertain, but risk factors include bilobed or succenturiate lobed placenta, velamentous insertion of cord, second trimester placenta praevia, pregnancies resulting from in vitro fertilisation and multiple pregnancies [1].

We found that velamentous insertion in a previous pregnancy increases the risk of marginal insertion in the subsequent pregnancy (and vice versa), This suggests that these placental conditions share etiologic factors, and supports the assumption that velamentous and marginal cord insertions represent a continuum of conditions that occur as a consequence of an altered placental development and the concept of “trophotropism” has been introduced to explain the preferential development of the placental tissue at sites for optimal uterine perfusion, and more or less distant from the original insertion site [6].

The classic clinical picture combines a painless genital bleeding with acute fetal distress. It is usually due to rupture of an umbilical vessel, laceration of velamentous insertion in the expansion area, usually occur during spontaneous or induced rupture of membranes. These vessels are included in the membranes and are not protected by Wharton's jelly. They link the placenta or the umbilical cord to connect the accessory lobe. They expressed previa when located at the, the front of the fetal presentation the cervix area.[7]

Ultrasound is the method of choice for the antenatal diagnosis of vasa praevia, the first report of ultrasonographic diagnosis of vasa previa appeared in the literature in 1987, It can be suspected at the time of the mid-trimester scan and confirmed in the third trimester [7].

Although high-risk factors have been identified, baulies et al. reported that revealed the following associated factors in their study. In vitro fertilization (IVF) pregnancies, bilobate or succenturiate placenta, and second trimester placenta previa have been associated, therefore, if patients present with any of these risk factors, a concerted effort to detect vasa previa using ultrasound screening in the second trimester is necessary [2].

Some authors have also suggested that Magnetic Resonance Imaging (MRI) may be useful [8]. Some case of vasa previa which is diagnosed at second trimester screening may resolve spontaneously. But commonly vasa previa persists until term and caused fetal bleeding upon spontaneous or artificial rupture of the membranes. [1].

The relative rarity of VP and the severe morbidity and mortality associated with the condition, makes it difficult to conduct trials evaluating the appropriate management of affected pregnancies but when diagnosed during the antepartum period, treatment plans include tocolytics to inhibit any threatened pre-term labour and steroid treatment given to develop foetal lung maturity, in anticipation for any pre-term delivery. Patients should be advised to avoid sexual intercourse, vaginal examinations and heavy straining during bowel softeners [5].

Clearly, delivery by elective caesarean should be performed prior to rupture of membranes to avoid rupture of the exposed fetal vessels and fetal exsanguination. However, there is limited evidence available to determine the ideal timing of delivery, or whether expectant management is entirely appropriate, nonetheless, it is certain that if delivery is done after the membranes rupture, the fetal prognosis is poor [8].

4 CONCLUSION

Screening of vasa previa with transvaginal ultrasound in antenatal care, especially at high risk patients is a useful approach for the prevention of adverse perinatal outcomes.

COMPETING INTERESTS

The authors declare no competing interests.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

All authors read and approved the final manuscript.

REFERENCES

- [1] Yasmine D, Frantisek G, Philippe J. Vasa previa. *J Prenat Med*. 2007 Jan-Mar; 1(1): 2–13.
- [2] Kajimoto E, Matsuzaki S, Matsuzaki S, Tanaka Y, Kinugasa-Taniguchi Y, Mimura K, Kanagawa T, Kimura T, Challenges in diagnosis of pseudo vasa previa. *Case Rep Obstet Gynecol*. 2014; 2014: 903920.
- [3] Catanzarite V, Maida C, Thomas W, Mendoza A, Stanco L, Piacquadio KM. Prenatal sonographic diagnosis of vasa previa: ultrasound findings and obstetric outcome in ten cases *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2001 Aug 18 (2):109-15.
- [4] Aoife M Deirdre J. Vasa praevia: diagnosis and management. *The Obstetrician & Gynaecologist* 2008 (10) 217–223.
- [5] Gerry D. Un ruptured vasa previa with anomalous umbilical cord formation. A case of postpartum physician tachycardia. *Journal List Can Fam Physician*. 59(10); 2013 Oct.
- [6] Ebbing C, Kiserud T, Lian Johnsen T, Albrechtsen S, Rasmussen S. Prevalence, Risk Factors and Outcomes of Velamentous and Marginal Cord Insertions: A Population-Based Study of 634,741 Pregnancies. *PLoS One*. 2013; 8(7): e70380.
- [7] L. Ameryckx, J. J. Amy. Vasa praevia: a lethal threat to the fetus. *Eur Clinics Obstet Gynaecol* (2006) 2: 128–130.
- [8] Natasha D, Lesley E H, Yinka O. Vasa Praevia: a descriptive review of existing literature and the evolving role of ultrasound in prenatal screening, *AJUM* May 2013; 16 (2).

Successful term pregnancy in a patient with Wegener's granulomatosis complicated with renal failure: A Case report

Ibrahim Abdellahi, Ali Osman, Jaouad Kouach, Moussaoui Idrissi, and Mohammed Dehayni

Department of obstetrics & gynecology, Military Training Hospital Mohamed V, Rabat, Morocco

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

ABSTRACT: Wegener granulomatosis is an autoimmune small vessel vasculitis highly associated with anti-neutrophil cytoplasmic antibodies and characterized by necrotizing granuloma of respiratory tract, disseminated vasculitis and glomerulonephritis. Its clinical manifestations and organ involvement are very widely.

The etiology of Wegener granulomatosis is linked to environmental and infectious triggers inciting onset of disease in genetically predisposed individuals. Complications most often occur when the disease is not treated. Kidney disease causes glomerulonephritis with hematuria. It can quickly get worse with kidney failure, but can be prevented when the condition are controlled by medicines.

We report a case of a pregnant woman with Wegener's granulomatosis whose disease involved the glomerulonephritis that lead the end stage renal failure and need the dialysis with Successful term pregnancy.

KEYWORDS: antineutrophil cytoplasmic antibodies (ANCA), Granulomatosis, Polyangiitis.

1 INTRODUCTION

Wegener's granulomatosis (WG) is a systemic necrotizing, small vessel vasculitis [1]. It was first described in the medical literature in the late 19th century and was formerly known by the eponymous name Wegener's Granulomatosis. The use of disease-descriptive, etiology based nomenclature is now recommended and preferable to the use of eponymous names, therefore since 2011 Wegener's Granulomatosis has been known as granulomatosis with polyangiitis (GPA) [2]. The disease peaks after the age of 40 years, thus, pregnancies in women with GPA are uncommonly observed [3]. Effects of WG on pregnancy are: Spontaneous abortion, Premature delivery, preeclampsia, Prelabor rupture of membranes, prepartum hemorrhage and retroplacental hematoma [4]. We report a case of the pregnant woman of 42 years old, known case of GP with a Kidney lesions cause hematuria, glomerulonephritis, Kidney disease was quickly get worse. Kidney function may not improve even when the condition is controlled by medicines and finally she developed an end stage renal failure under renal dialysis and respiratory involvement (repetitive cough with hemoptysis with partially amelioration with treatments also affection neural as right facial paralysis and chronic sinusitis. The full multidisciplinary follow up with Successful term pregnancy with relapse during pregnancy.

2 CASE PRESENTATION

A 37-year-old Gravida 5, para 4, woman was referred to our department at 13 weeks' gestation owing to a 6-years diagnosis of WG. Her disease course initially included repetitive hemoptysis and at the same time she presented syndrome of the increase intracranial pressure, deviation of the mouth towards left and the examination finds an tetrapyramidal irritation and right facial paralysis which necessity the hospitalization in department of pulmonary at 2009. Antineutrophil cytoplasmic antibodies (ANCA) titer was positive she was put under bolus dose of corticosteroids: 500mg/day during 5 days then discharge oral under 30mg/day of corticoid and oral antibiotic amoxicillin 1g bid during 10days and asprine: 100mg/day, with regular follow-up.

4-years later she presented the dry cough associated hemoptysis and nocturnal dyspnea, lower limb oedema, she developed rapid progressive renal failure (40mg/dl to 70mg/dl within 5 days), urea 4g/l, normocytic normochromic anemia : 6mg /dl, massive proteinuria : 2g/24h, she was admitted the department of nephrology and was put under bolus dose of corticosteroid, blood transfusion. Further investigation was done as:

Endoscopy: fond ulcerativeoesophagitis and pangastritis. Sinus scanner show bilateral maxillary sinus. Echocardiography shows pericardial thickness.

The outcome was regression of respiratory symptoms and she developed end stage renal failure after a median of 15 months and she is on dialysis.

Laboratory investigations at 13 weeks' gestation showed normal liver function test, mild neutrophil leukocytosis and elevated C-reactive protein, worse renal function test (on dialysis). At the onset of pregnancy she was treated with 20 mg oral prednisolone, fetal growth assessment, congenital abnormalities screening test, and laboratory tests for gestational diabetes and preeclampsia were unremarkable during follow-up with absent ANCA positivity during first and second trimester. The rate of dialysis was two sessions per week in the first two trimesters passed to daily dialysis in third trimester.

The patient presented at 32 weeks mild chest pain, cough and hemoptysis, mild preterm labor, the chest radiography displays bilateral parenchymal infiltrates, with ANCA positive.

Patient received IV corticosteroid and oral calcium channel blockers with good improvement.

At 36 weeks of gestation patient presented spontaneous labor pain and she delivered 2900g healthy baby with apgar 10/10 at first minute and five minutes. In postpartum, the patient continued to receive corticosteroids and dialysis with remission.

3 DISCUSSION

WG is a systemic, necrotizing, small-vessel vasculitis. Vascular inflammation and occlusion leading to tissue ischemia [1]. Its annual incidence is 5 to 10 cases per million populations with equal frequency in males and females [2]. Patients with active disease may have several contraindications or risk factors for complicated pregnancy: renal impairment, cardiac insufficiency, uncontrolled asthma in eosinophilic granulomatosis with WG, so that the pregnancy should be planned when the vasculitis shows minimal activity on remission, on pregnancy-safe medication for at least 6 months [4, 5, 6].

The aetiology of WG may originate from infectious include: bacterial mycobacterial, fungal or viral infections, and environmental, chemical, toxic or pharmacological triggers in people who are genetically predisposed to this autoimmune disease [2].

Untreated WG disease has been reported to be fatal within a year of diagnosis in more than 80% of patients [1, 7].

The early symptoms of WG: include the signs like: arthralgia, fever or localized symptoms such as sinusitis, cough, or hemoptysis, anemia, skin ulcers, neural paresis, and others. However they are non-specific manifestations of systemic vasculitis which contribute to a clinical diagnosis of WG and are not pathognomonic [7]. In general for diagnosis of ANCA, there has been no consensus on definitive diagnostic criteria. Both the BSR and EULAR guidelines insist on the necessity of symptoms and signs of vasculitis in the presence of direct histological or serological evidence (positive ANCA) or specific indirect evidence such as imaging [8].

Different study reports that WG is a frequently relapsing disease, and in patients with renal involvement the mortality rate is high and chronic renal failure develops in a considerable fraction of the patients [9]. Because of the high specificity of ANCA in Wegener's granulomatosis and microscopic polyangiitis, ANCA evaluation is indicated in all cases of acute renal failure in patients of any age. However, renal failure is a late clinical manifestation of these vasculitic disorders [7, 2].

In our patient the renal involvement of the disease was very early with development of end stage renal failure that leads on hemodialysis even during pregnancy. The respiratory symptoms were observed at third trimester, with ANCA positivity while it was negative at beginning of the pregnancy and relapse of disease at 32 weeks of gestation occurred [1].

Cyclophosphamide, in combination with steroids, has long been accepted as the gold standard for the management of patients with systemic necrotizing vasculitis. It is very teratogenic and should not be used in pregnancy [10, 5]. Also it has been associated with spontaneous abortions and various birth deformities when it is used during early pregnancy, and so its administration is indicated in life-threatening forms of the disease at the third and late second trimester of pregnancy [8, 11, 12].

The majority of prednisolone taken by the mother is metabolized and very little crosses the placenta unless the dose is greater than 20 mg daily. Nevertheless, corticosteroids increase the risk of maternal hypertension, pre-eclampsia, gestational diabetes and infection [5]. Alternative therapeutic options include cyclosporine and intravenous immunoglobulin that can be used during early pregnancy [1, 3].

In the present case, patient was treated by corticosteroid (bolus IV dose relay by oral way) before and during pregnancy with good result.

4 CONCLUSION

Pregnancy in a patient with WG should be considered as high risk. It is related with various complications and diverse outcome. In this fact, Pregnancies should be planned when the disease is in remission since this reduces maternal complications, increasing the chances of a successful pregnancy. Prematurity is the most common obstetrical complication of WG.

The mother needs to be followed up regularly after delivery because of the high risk of post-partum flare.

CONFLICT OF INTEREST

The authors no conflict to declare.

AUTHORS CONTRIBUTION

All authors contributed to the manuscript's preparation in writing and literature review. All authors approved the final manuscript.

REFERENCES

- [1] Bessias N, Moulakakis KG, Lioupis C, Bakogiannis K, Sfyroeras G, Kakaletri K, Andrikopoulos V. Wegener's granulomatosis presenting during pregnancy with acute limb ischemia. "J Vasc Surg. 2005 Oct; 42(4):800-4".
- [2] Pamela M.K. Lutalo, David P. D'Cruz Diagnosis and classification of granulomatosis with polyangiitis (aka Wegener's granulomatosis). "J Autoimmun. 2014 Feb-Mar;48-49:94-8 "
- [3] Mariele G, Luca I, Mariagrazia C, Margherita Z, Linda N, Roberta R, Leonardo P, Andrea D Pregnancy and vasculitis: "Autoimmun Rev. 2012 May;11(6-7):A447-59 "
- [4] Pagnoux C, Mahendira D, Laskin CA. Fertility and pregnancy in vasculitis. "Best Pract Res Clin Rheumatol. 2013 Feb; 27(1):79-94".
- [5] Gordon C. Pregnancy and autoimmune diseases. " Best Pract Res Clin Rheumatol. 2004 Jun;18(3):359-79 "
- [6] Seo P. Pregnancy and Vasculitis. "Rheum Dis Clin North Am. 2007 May;33(2):299-317"
- [7] Bartůňková J, Tesar V, Sedivá A. Diagnostic and pathogenetic role of antineutrophil cytoplasmic autoantibodies. "Clin Immunol. 2003 Feb; 106(2):73-82".
- [8] Carruthers D, Sherlock J. Evidence-based management of ANCA vasculitis. "Best Pract Res Clin Rheumatol. 2009 Jun; 23(3):367-78".
- [9] Aasarød K, Iversen BM, Hammerstrøm J, Bostad L, Vatten L, Jørstad S. Wegener's granulomatosis: clinical course in 108 patients with renal involvement. " Nephrol Dial Transplant. 2000 May;15(5):611-8 "
- [10] Turnbull J, Harper L. Adverse effects of therapy for ANCA-associated vasculitis. "Best Pract Res Clin Rheumatol. 2009 Jun; 23(3):391-401 "
- [11] Guilpain P, Guillevin L, Mouthon L. Vascularites ANCA-positives : données physiopathologiques récentes. « Presse Med. 2007 May;36(5 Pt 2):854-9 ».
- [12] A. Mahr. Actualités sur vascularités associées aux ANCA. 2012 4, 93-98.

Etalonnage du modèle conceptuel TANK dans le bassin versant Oubanguien

[Calibration of global conceptual Tank model in the Oubanguien watershed]

Louis Kongoda Lisika¹, Vincent Lukanda Muamba², and Patrick Dedetemo Kimilita¹

¹Département de physique, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, Kinshasa XI, RD Congo

²Centre régional d'études nucléaires de Kinshasa (CREN-K), Kinshasa, RD Congo

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

ABSTRACT: In the context of insufficient data in a given area, it is recommended to use hydrological models at low settings. This avoids the risk associated with the parameters of the model uncertainty increases. In this study, we propose to calibrate the overall conceptual model TANK Ubangian in the watershed. It is classified in the category of watersheds little instrumented. Analysis of the performance of the TANK model and the surface runoff coefficient show good calibration results TANK model. On average, the value of the Nash-Sutcliffe criterion is estimated at 0.73.

KEYWORDS: Modelling, conceptual global, TANK, Watershed, Oubangui.

RESUME: Dans le contexte de l'insuffisance de données dans une région donnée, il est recommandé d'exploiter des modèles hydrologiques à peu de paramètres. Cela permet d'éviter le risque associé à l'augmentation d'incertitude de paramètres du modèle. Dans cette étude, nous proposons d'étalonner le modèle conceptuel global TANK dans le bassin versant Oubanguien. Ce dernier est classé dans la catégorie des bassins versants peu instrumentés. L'analyse de la performance du modèle TANK et celle de coefficient de ruissellement de surface montrent de bons résultats d'étalonnage du modèle TANK. En moyenne, la valeur du critère de Nash-Sutcliffe est estimée à 0.73.

MOTS-CLEFS: Modélisation, conceptuel global, TANK, bassin versant, Oubangui.

1 INTRODUCTION

Très peu d'étude des modèles hydrologiques ont été entreprise dans le bassin versant de l'Oubangui [16]. A ce tableau, il faut ajouter l'insuffisance d'informations dans la région pour les études de modélisation [17], [11]. Cependant les études menées dans le bassin exploitant des modèles à base physique ou des modèles distribués (semi-distribué) nécessitant un grand nombre de paramètres introduisent le risque à l'augmentation d'incertitude de paramètres du modèle. Pour résoudre ce problème, certains auteurs [4], [18] tentent d'estimer les paramètres de modèles sur base des équations des régressions qui relient les propriétés physiques d'un bassin versant avec les paramètres des modèles.

Une alternative est l'utilisation des modèles conceptuels globaux à peu de paramètres. Une étude comparative des modèles conceptuels menée par Perrin.,[1] a mis en évidence la complexité des modèles à base physique (exploitant les lois physiques pour représenter le système) et ses incapacités à résoudre divers problèmes face aux modèles conceptuels. L'auteur souligne également que même si l'avantage des approches distribuées est de fournir une représentation spatialisée face aux approches globales, son apport dans un contexte de simulation pluie-débit n'est pas explicite et sa validation (par exemple l'état de saturation des sols) ne semble pas trouver jusqu'à présent de réelle justification. Il ressort de ces conclusions que les modèles conceptuels globaux possédant moins de paramètres arrivent à bien représenter l'hydro-

système conformément aux recommandations de Nash et Sutcliffe., [12] qui stipulent la construction des structures des modèles simples et sans redondances.

La plus récente d'étude de modélisation hydrologique dans le bassin est attribuée à Tshimanga., [11]. Cependant, les résultats de l'étude montrent une importante incertitude due d'une part à l'insuffisance de données et d'autre part au nombre élevé de paramètres du modèle.

La présente recherche propose alors le modèle conceptuel global TANK à peu de paramètres pour étalonner le bassin versant Oubanguien. Ainsi, elle poursuit l'objectif suivant : la caractérisation des processus hydrologiques majeurs contrôlant la dynamique de la rivière Oubangui.

Notre hypothèse principale est que l'ajustement de paramètres effectifs d'un modèle conceptuel sur de longues séries temporelles nous permettra d'obtenir des jeux de paramètres robustes. Ces derniers caractérisent de façon univoque le fonctionnement hydrologique du bassin. L'étalonnage des modèles sur des sous-bassins, nous permettra de juger de l'homogénéité des processus au sein du bassin global.

L'insuffisance de données à pas de temps journalier dans le bassin nous contraint à opter pour l'échelle mensuelle. Par conséquent, notre seconde hypothèse est : l'utilisation des séries temporelles au pas de temps mensuel implique que les processus à hautes fréquences soient négligés.

2 MILIEU D'ETUDE ET DONNEES

Le bassin versant de l'Oubangui présente une forme allongée dont la partie en aval s'incurve vers le sud. Sa longueur est de l'ordre de 1788 km tandis que sa largeur est de l'ordre de 397 km [10]. Il s'étend sur environ 649836 km² entre 78 9°N à 1°S et 16°E à 31°E. 54% de sa superficie se localise en République Centrafricaine, 40% en République Démocratique du Congo et 6 % au Congo. La figure 1 présente la localisation de notre zone d'étude.

Une grande partie des informations sur ce bassin a été fournie par Callède et al., [10]. Les auteurs rassemblent des informations telles que : les données hydro-climatique de 1950 à 1975, les données géologiques, géomorphologiques, pédologiques, d'occupation de sol, des équipements pour les mesures hydrométriques, des études des écoulements (débits annuels, crues et basses eaux), du transport des sédiments et d'aménagement.

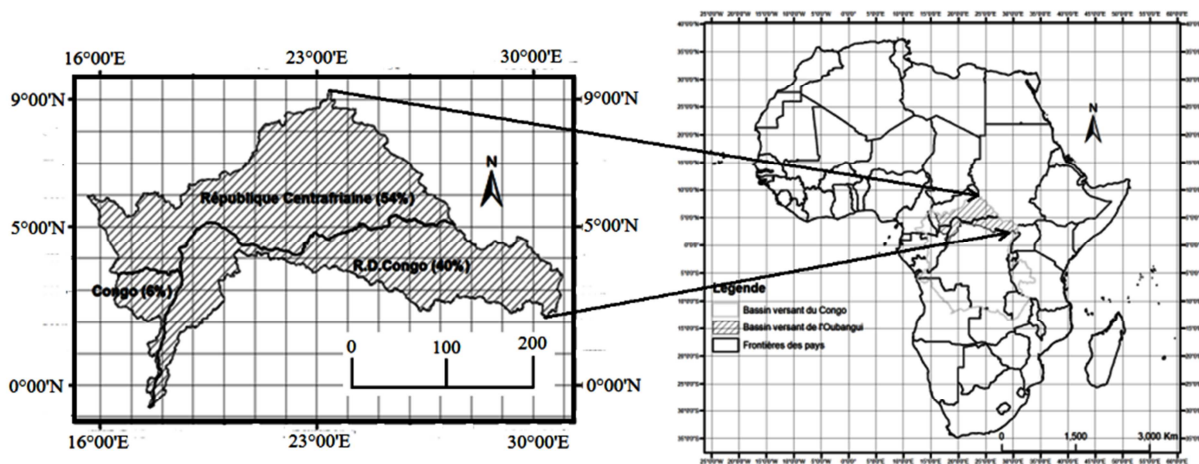


Figure 1 : Localisation du bassin versant de l'Oubangui

Le tableau 1 ci-dessous présente les références et les échelles spatio-temporelles de données récoltées dans la région.

Tableau 1 : Références et échelles spatio-temporelles de données

Donnée	Echelle spatiale (km)	Echelle temporelle	Période	Référence
MNT	0.09	No data	No data	NASA : http://srtm.csi.cgiar.org/
Climatique	55.5	Mensuelle	1901-2009	Mitchell et al., [5]
Occupation des sols	0.3	No data	No data	Verhegghen et al., [6]
Pédologie	0.09	No data	No data	Nachtergaele et al., [7]
Géologie	55.5	No data	No data	Dürr et al. [8]
Recharge des aquifères	55.5	Annuelle	1961-1990	Döll and Fiedler., [9]
Débit	No data	Mensuelle/journalière	1935-2007	Callède et al., [10] et Global Runoff Data center (GRDC)

Les données climatiques, hydrologiques ainsi que celles sur les propriétés caractéristiques du bassin versant constituent le support fondamental de la recherche. Elles ne seront pas produites mais au contraire collectées pour le routage des modèles hydrologiques. Le tableau 1 reprend les références et leurs échelles spatio-temporelles.

3 MATERIELS

La figure 2 illustre la structure du modèle Tank et le tableau 2 en présente ses principales composantes ainsi que ses paramètres.

Lee et al., [3] exploitent le model Tank dans une étude de l'impact de changement climatique futur sur l'écosystème aquatique de 44 sous-bassins versants du bassin versant de Nakdong (superficie : 23 300 km²) en Corée du SUD. Les étalonnages de 44 bassins versants ont donné de bons résultats. En moyenne, le coefficient de détermination est de l'ordre de 0,85 et le coefficient d'efficacité est à 0,79. Ce qui indique une très bonne reproduction de données sur le débit observation.

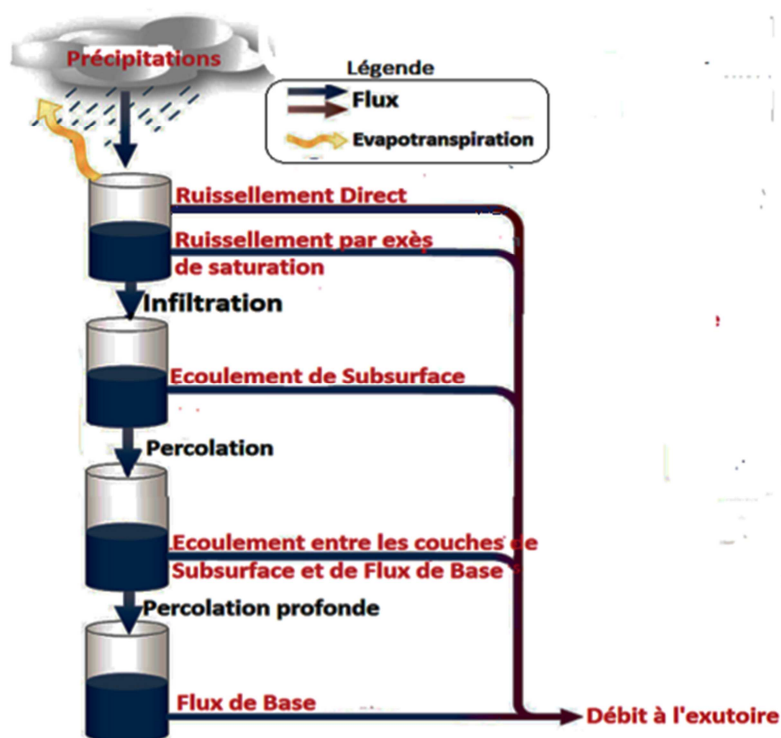


Figure 2 : Structure du modèle TANK [Podger., 2004].

Le modèle Tank [2] est un modèle conceptuel global pluie-débit composé de quatre réservoirs montés en série disposés à la verticale. Ce modèle nécessite comme entrée les précipitations et l'évapotranspiration. Les précipitations sont introduites dans le réservoir supérieur et l'évapotranspiration potentielle est soustraite de façon séquentielle à partir du réservoir

supérieur vers le réservoir du bas. Si un réservoir est vidé, le déficit de la demande d'évapotranspiration est repris au réservoir suivant jusqu'à ce que sa demande soit satisfaite.

Tableau 2 : Principales composantes du modèle TANK et ses paramètres.

Principales composantes du modèle	Paramètres du modèle	Description	Unités	Valeurs par défaut	Valeurs minimales par défaut	Valeurs maximale par défaut
Paramètres du réservoir Tank1						
	H11	Hauteur de sorti d'écoulement rapide a11	[mm]	0	0	500
	H12	Hauteur de sorti de l'écoulement lent a12	[mm]	0	0	300
	a11	Coefficient du ruissellement rapide	[-]	0.2	0.0	1.0
	a12	Coefficient du ruissellement lent	[-]	0.2	0.0	1.0
	b1	Coefficient d'infiltration	[-]	0.2	0.0	1.0
	C1	capacité du réservoir	[mm]	20	0	100
	α	Coefficient d'évaporation	[-]	0.1	0.0	1.0
Paramètres du réservoir Tank2						
	H21	Hauteur de sorti d'écoulement a21	[mm]	0	0	100
	a21	Coefficient du ruissellement	[-]	0.2	0.0	1.0
	b2	Coefficient d'infiltration	[-]	0.2	0.0	1.0
	C2	capacité du réservoir	[mm]	20	0	100
	α	Coefficient d'évaporation	[-]	0.1	0.0	1.0
Paramètres du réservoir Tank3						
	H31	Hauteur de sorti d'écoulement a31	mm	20	0	100
	a31	Coefficient du ruissellement	[-]	0.2	0.0	1.0
	b3	Coefficient d'infiltration	[-]	0.2	0.0	1.0
	C3	capacité du réservoir	[mm]	20	0	100
	α	Coefficient d'évaporation.	[-]	0.1	0.0	1.0
Paramètres du réservoir tank4						
	a41	Coefficient du ruissellement	[-]	0.2	0.0	1.0
	C4	capacité du réservoir	[mm]	20	0	100
	α	Coefficient d'évaporation.	[-]	0.1	0.0	1.0

Le transfert d'eau entre réservoirs se fait à travers l'infiltration, alors que le débit total de la rivière est constitué de la somme des sorties horizontales des 4 réservoirs. Les effets des pertes par interception et par stockage dans les dépressions (pertes initiales) sont pris en compte dans la structure non linéaire du modèle. La capacité de stockage est calculée à partir de la partie supérieure du réservoir jusqu'au réservoir du fond.

4 CHOIX DES SOUS-BASSINS VERSANTS

La figure 3 présente la localisation de huit sous-bassins versants jaugés (Zinga, Bangui, Mobaye, Kembe, Rafai, Mbata, Zemio, Dembia) et de quatre sous-bassins versants peu jaugés (Mbagassou, Bria, Mbabari et Lougouba).

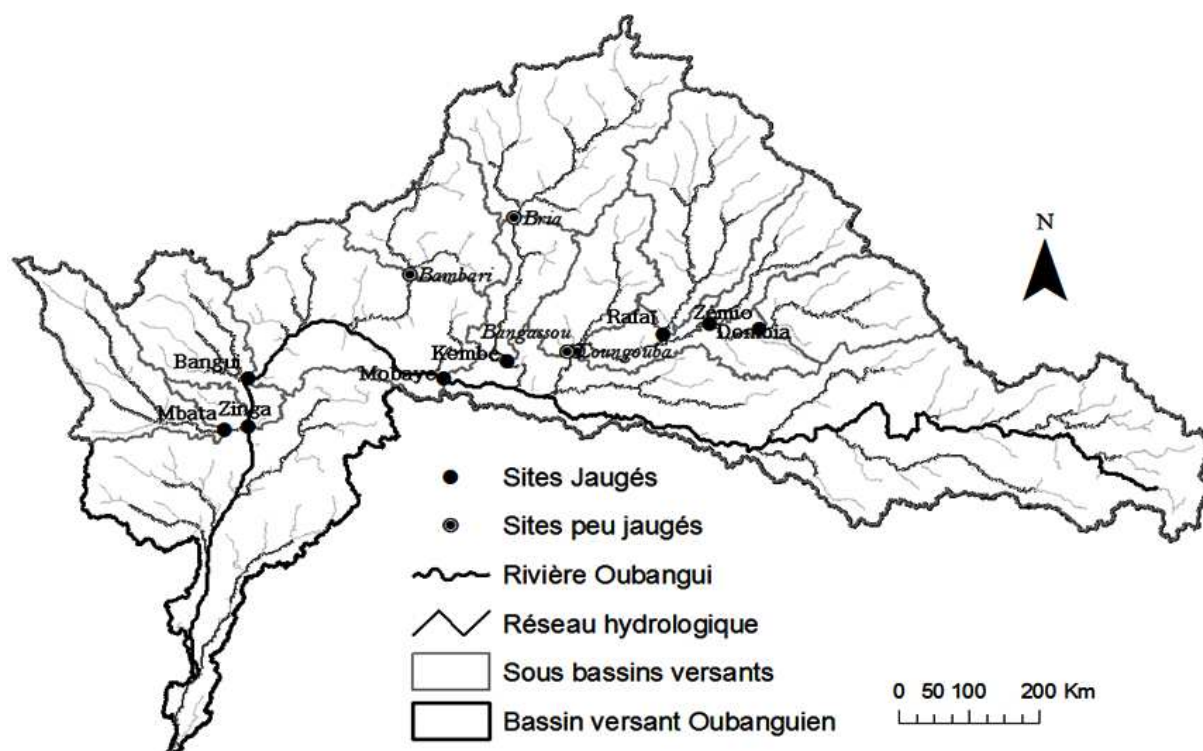


Figure 1 : Présentation de huit sous-bassins versants jaugés et de quatre sous bassins versants peu jaugés dans le bassin versant Oubanguien.

Le choix des sites des jaugeages se base sur les conditions suivantes : la taille du bassin versant, la qualité d'observation et la longueur de série chronologique.

Plusieurs bases des données ont été collectées dans cette étude, le tableau 1 en donne un résumé. Toutes ont une différence d'échelle spatiale et temporelle. Par rapport à l'échelle spatiale, le modèle Numérique de terrain et la base des données pédologiques possèdent la plus petite résolution (90 m). Les données géologiques, recharges des nappes et climatiques ont une résolution élevée (55500 m). Mitchell et al.,[5] souligne que la base de données CRU est appropriée pour des régions à grandes superficies permettant ainsi une approche de la modélisation globale.

Par conséquent, le premier choix des sites des jaugeages est conditionné par la taille des bassins versants qu'il délimite. Nous avons choisi les bassins versants dont la taille est au minimum 6 fois la taille de la résolution (3080.25 km^2) de la base de données CRU, soient les bassins versants dont la taille est supérieure à 18481.5 km^2 .

Le second se base sur la qualité d'observation des sites des jaugeages. L'étude menée par Callède et al.,[10] présente une description de la qualité des observations des sites des jaugeages dans le bassin versant de l'Oubangui. Il ressort de cette étude que les sous bassins versants des Zinga, Bangui, Mobaye, Kembe, Rafai, Mbata, Zemio, Dembia, Mbagassou, Bria, Mbabari et Lougouba dont les superficies sont supérieures à 19000 km^2 , ont plus ou moins des bonnes qualités d'observations de séries chronologiques des débits.

Le dernier choix basé sur la longueur des séries chronologiques de débits ayant aux plus 9 années complètes a permis de sélectionner huit sous-bassins versants : Zinga, Bangui, Mobaye, Kembe, Rafai, Mbata, Zemio, Dembia. Les huit sous-bassins feront l'objet d'une étude de calibration et quatre autre sous-bassins versants à savoir Mbagassou, Bria, Mbabari et Lougouba feront l'objet d'une étude de validation des simulations des modèles sur une base de similarité de sous-bassins versants.

5 ESTIMATION DE LA PLUIE MOYENNE ET D'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE MOYENNE

Le modèle hydrologique TANK est caractérisé par un format de données d'entrée. Par conséquent, le routage des modèles nécessite un formatage des données conformément au format d'entrée des modèles. Les modèles utilisés ont besoin des données d'entrée sous forme des séries chronologiques non spatialisées. Nos données climatiques de CRU étant

spatialisées, il convient donc à chaque pas de temps de sommer les valeurs de la grille de sorte à créer une série chronologique. Pour cela, on superpose aux grilles de données d'entrée les contours des sous bassins versants. Les lames d'eau précipitées ou évaporées sont donc calculées pour chaque maille, indépendamment les unes des autres, et ce pour chaque pas de temps. La pluie moyenne et l'évapotranspiration potentielle moyenne sur le bassin sont obtenues par la moyenne pondérée des contributions élémentaires des différentes mailles qui le constituent.

6 FONCTION OBJECTIVE OU CRITERE D'OPTIMISATION

Cette étude propose le critère de Nash-Sutcliffe [12] pour apprécier les jeux des paramètres obtenus lors d'étalonnage du modèle TANK. La formule (1.1) en donne l'estimation :

$$\text{NASH} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{o_i} - Q_{s_i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{o_i} - mQ_o)^2} \quad (1.1)$$

Avec, NASH : Nash-Sutcliffe, Q_{o_i} : débit observé, Q_{s_i} : débit simulé et mQ_o : moyenne de débits observés.

7 METHODE D'OPTIMISATION DE SHUFFLED COMPLEX EVOLUTION (SCE-UA)

Plusieurs méthodes d'optimisations peuvent être utilisées pour générer les jeux des paramètres. Après plusieurs essais d'utilisation, seule la méthode d'optimisation Shuffled Complex Evolution method [13] a retenu notre attention. Dans cette étude, le modèle TANK a été exécuté un certain nombre de fois afin d'évaluer leurs performances dans l'ensemble de l'espace des paramètres. En outre, le nombre de complexes p , de points complexes m , de descendants β et de progénitures α [13] a été augmenté dans différentes séries jusqu'à ce que les résultats aient été stables. La distribution de probabilité trapézoïdale PDF [14] a été maintenue constante dans tout le processus de calibrage.

8 PERIODE DE CALIBRATION ET DE VERIFICATION

Le tableau 3 présente les périodes de calibration et de validation du modèle hydrologique TANK pour les sites des jaugeages sélectionnés.

Tableau 3 : Périodes de calibration et de validation du modèle hydrologique TANK pour les sites des jaugeages de Zinga, Bangui, Mobaye, Kembe, Rafai, Mbata, Zemio, Dembia, Mbagassou, Bria, Mbabari et Lougouba

Bassin versant	Rivière	Période de calibration	Période validation	PRE (mm.mois ⁻¹)	ET (mm.mois ⁻¹)
Bambari	Ouaka	Non Calibration	Non Validation		
Bangassou	Mbomou	Non Calibration	Non Validation		
Bangui Humide	Oubangui	1935/01 – 1969/12	1970-01-2007-12	Calibration : 130.04 Validation : 123.42	Calibration : 106.88 Validation : 107.11
Bangui Sèche	Oubangui	1970/12-2007/12	1935-01 - 1969-12	Calibration : 123.42 Validation : 130.04	Calibration : 107.11 Validation : 106.88
Bria	Kotto	Non Calibration	Non Validation		
Dembia	Ouara	1953/01-1975/12	Non Validation	128.38	107.05
Kembe	Kotto	1948/01-1975/12	Non Validation	117.1	110.9
Lougouba	Mbari	Non Calibration	Non Validation		
Mbata	Lobaye	1950/11-1975/12	Non Validation	128.52	106.6
Mobaye	Oubangui	1939/01-1959/12	1960/06-1975/12	130.68	105.94
Rafai	Chiko	1952/01-1972/07	Non Validation	123.21	109.3
Zemio	Mbomou	1952/08-1973/03	1986/04-1994/03	126.8	107.05
Zinga	Oubangui	1946/01-1975/12	Non Validation	129.22	106.83

PRE = précipitation et ET = évapotranspiration potentiel de référence.

A cause de manque des données chronologiques des débits, seuls les sous bassins versants de Bangui, Mobaye, Zemio feront l'objet de calibration et de validation.

Concernant, le sous bassin versant de Bangui, nous avons fait le choix d'un découpage en fonction de la période de rupture des séries climatiques. Celle-ci se situe aux environs de 1970. Nous avons donc effectué dans un premier temps un calage sur la période humide et une validation sur la période sèche. Inversement, la calibration se fera pendant la période sèche et la validation pendant la période humide. Pour la même raison de manque des données, l'approche de calibration et validation inverse ne sera pas appliquée dans le sous bassin versant de Mobaye, Zemio.

9 ETALONNAGE DU MODELE TANK

La source des données de débits [10] montre que les données du site de jaugeage Kembe ne sont pas de bonne qualité. De la même source, nous observons une insuffisance des données dans la série chronologique des débits du site de jaugeage Dembia. Ces observations laissent croire à des mauvais résultats des simulations du modèle dans ces deux sous bassins versants. C'est en effet, le cas (tableau 4), ces deux sous bassins génèrent en général des critères de performance de mauvaise qualité. Par contre, les sous bassins BH, BS et Mobaye sont ceux dont le débit est le mieux reproduit. Si nous les comparons au niveau de la calibration (tableau 4), nous pouvons observer de bonnes performances pour l'ensemble des sous bassins versants. Au niveau de la vérification, en général les performances du modèle décroissent. Cependant sur Mobaye, la vérification des paramètres optimisés du modèle donne de très bons résultats. Les mauvais résultats de la vérification obtenus dans le bassin versant Zemio peut être expliqué par l'insuffisance et la qualité de données qui ont servi à la période de vérification des simulations.

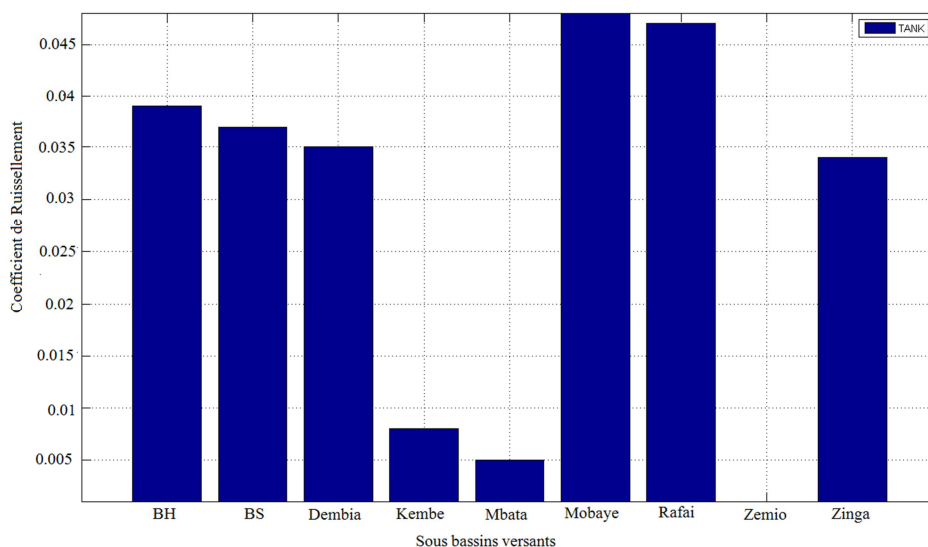
La vérification des simulations du modèle dans le sous bassin versant de Bangui durant la période sèche (BS), donne de meilleurs résultats que celle de la période humide. Cela montre clairement que le choix de la période de calibration ou de vérification est très crucial dans une étude de modélisation. En effet, BH et BS appartiennent au même sous bassin versant et donnent des résultats tout à fait différents de Nash vérification. Cela est dû aux différentes périodes choisies pour la calibration et la vérification des simulations.

Tableau 4 : Calibration et vérification des simulations du modèle TANK dans le sous bassin versant de Bangui en période humide (BH), Bangui en période sèche (BS), Dembia, Kembe, Mbata, Mobaye, Rafai, Zemio, Zinga. Avec BH : Bangui durant la période humide (1935-1969), BS : Bangui durant la période sèche.

paramètres	Unités	Sous bassin versants								
		Zinga	Zemio	Rafai	Kembe	Dembia	Mbata	Mobaye	Bangui sèche	Bangui humide
Surface	Km ²	525243.400	27946.200	53284.500	79045.000	20233.800	31197.800	400900.000	495140.000	495140.000
H11	[mm]	310.547	463.562	437.110	324.745	458.220	296.600	317.308	234.098	494.220
a11	[-]	0.056	0.0021	0.083	0.018	0.065	0.010	0.065	0.042	0.047
a12	[-]	0.072	0.026	0.018	0.020	0.030	0.018	0.005	0.042	0.037
a21	[-]	0.130	0.598	0.504	0.628	0.955	0.338	0.442	0.391	0.824
a31	[-]	1.000	0.211	0.366	0.048	0.921	0.231	0.640	0.292	0.758
a41	[-]	1.000	0.003	0.929	0.999	0.099	0.028	0.002	0.002	0.010
α	[-]	4.724	4.450	2.487	3.000	0.027	4.823	4.648	4.111	4.257
b1	[-]	0.014	0.078	0.021	0.036	0.010	0.091	0.052	0.044	0.014
b2	[-]	0.609	0.635	0.929	0.500	0.272	0.737	0.567	0.863	0.734
b3	[-]	0.130	0.576	0.929	0.320	0.064	0.302	0.298	0.665	0.549
C1	[mm]	34.896	75.546	36.879	99.654	98.947	73.737	31.702	88.874	25.671
C2	[mm]	12.208	12.407	44.146	80.416	21.818	65.818	56.130	60.239	59.032
C3	[mm]	23.124	42.984	86.438	77.516	23.720	62.179	69.234	97.634	9.484
C4	[mm]	99.183	92.721	68.455	38.510	98.229	79.630	16.616	43.378	63.661
H12	[mm]	146.599	190.642	114.238	198.113	277.288	279.169	171.471	53.091	388.051
H21	[mm]	9.635	31.128	11.322	4.256	4.525	0.003	9.792	15.016	5.090
H31	[mm]	41.901	15.371	10.000	14.831	7.224	70.000	4.491	7.542	6.989
H41	[mm]	55.707	21.695	10.128	46.948	97.951	93.449	30.181	13.462	9.467
Nash-Sutcliffe Calibration	[-]	0.862	0.754	0.746	0.449	0.420	0.764	0.860	0.860	0.853
Nash-Sutcliffe Vérification	[-]	-	-0.065	-	-	-	-	0.878	0.827	0.532

10 COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT

Dans le sous bassin versant de Mbata de nature karstique [10], le modèle TANK arrive à bien capturer le signal du système hydrologique. La plus petite valeur du coefficient de ruissellement est estimée par ce sous-bassin versant (figure 4). Ce dernier, est le seul sous -bassin versant de nature karstique sélectionné dans cette étude. Par conséquent, parmi les sous bassins versants sélectionnés, seul, celui de Mbata peut être caractérisé par une valeur très petite de coefficient de ruissellement.



La figure 4 présente le coefficient de ruissellement [15] estimé par les modèles TANK dans les sous bassins versants de Bangui humide (période de calibration : 1935-1969), Bangui sèche (période de calibration : 1970-2009), Dembia, Kembe, Mbata, Mobaye, Rafai, Zemio et Zinga.

11 CONCLUSION

L'analyse de performance et celle de coefficient de ruissellement de surface permettent de conclure que le modèle TANK a été bien étalonné dans le bassin versant Oubanguien. En effet, d'une part, l'analyse de la performance basée sur le critère de Nash-Sutcliffe montre de très bons résultats d'étalonnage des sous bassins versants. Toutefois, ceux de Kembe et Dembia présentent de très mauvais étalonnage du modèle. Cela est dû à la mauvaise qualité de données de ces sites de jaugeages. D'autre part, le seul le sous bassin versant de nature karstique sélectionné dans cette étude, celui de Mbata, a la plus petite valeur de coefficient de ruissellement de surface comparativement aux reste de sous bassins versants.

REFERENCES

- [1] C. Perrin, Vers une amélioration d'un modèle global pluie-débit au travers d'une approche comparative, Grenoble, France: Institut National Polytechnique de Grenoble, 2000.
- [2] J. Kim et S. Kim, «Flow duration curve analysis for Nakdong River basin using TMDL flow data,» *Journal of Korean Society on Water Quality*, vol. 23, pp. 332-338, 2007.
- [3] A. Lee, S. Cho, K. Kang et S. Kim, «Analysis of the effect of climate change on the Nakdong river stream flow using indicators of hydrological alteration,» *Journal of Hydro-environment Research*, p. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jher.2013.09.003>, 2013.
- [4] R. Kachroo, «River flow forecasting. Part 5. Application of a conceptual model,» *Journal of Hydrology*, vol. 133, pp. 1-2, 1992.
- [5] T. D. Mitchell et P. D. Jones, «An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids,» *International journal of climatology*, vol. 25, p. 693-712, 2005.
- [6] A. Verheggen et P. Defourny, A global scale land surface phenology reference dataset with 12 years of spot vegetation data. PhD Student Day ENVITAM (Espace Senghor, Gembloux, du 08.02.2012 au 08.02.2012), Gembloux: In: Proceedings, 2012, p. 81. <http://hdl.handle.net/2078.1/107067>, 2012.
- [7] A. Nachtergaele, B. van Velthuizen, B. Verelst, C. Batjes, C. Dijkshoorn, v. ., Engelen, B. Fischer, D. Jones, D. Montanarella, P. A.M., B. Prieler, E. Shi, D. Teixeira et D. Wiberg, «World Congress of Soil Science,» chez *Soil Solutions for a Changing World 1-6 August 2010*, Brisbane, Australia, 2010.
- [8] H. H. Dürr, M. Michel et S. H. Dürr, «Lithologic composition of the Earth's continental surfaces derived from a new digital map emphasizing riverine material transfer,» *Global Biogeochem. Cycles*, vol. 19, pp. GB4S10, doi:10.1029/2005GB002515, 2005.

- [9] P. Döll et M. Flörke, «Global-scale modeling of groundwater recharge,» *Hydrol. Earth Syst. Sci*, vol. 12, p. 863–885, 2008.
- [10] J. Callède, Y. Boulvert et J. Thiébaux, «Le bassin de l'Oubangui,» chez *Coll. Monographies hydrologiques*, Paris, 1992.
- [11] R. M. Tshimanga, Hydrological Uncertainty Analysis and Scenario-Based streamflow Modelling for the Congo river Basin, Grahamstown: RHODES UNIVERSITY, 2013.
- [12] J. Nash et J. Sutcliffe, «River flow forecasting through conceptual models part A Discussion of principles,» *J. Hydrol*, vol. 10, pp. 282-290, 1970.
- [13] Q. Duan, V. Gupta et S. Sorooshian, «A shuffled complex evolution approach for effective and efficient optimization,» *J. Optimization Theory Appl*, vol. 76(3), pp. 501-521, 1993.
- [14] G. Podger, «rainfall runoff library,» CRC for Catchment Hydrology, Australia, 2004.
- [15] A. Musy et C. Higy, *Hydrologie. 1 Une science de la nature*, Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes, 2009.
- [16] O. Shem et R. Dickinson, «How the Congo basin deforestation and the equatorial monsoonal circulation influences the regional hydrological cycle,» chez *Paper presented at the 86th annual American meteorological society meeting, 2006*, 2006.
- [17] Y. Munzimi, «Satellite-derived rainfall estimates (TRMM products) used for hydrological predictions of the Congo River flow: overview and preliminary results. START report,» 2008. [En ligne]. Available: <http://start.org/alumni-spotlight/yolande-munzimi.html>. [Accès le 3 january 2013].
- [18] E. Kapangaziwiri, Revised parameter Estimation methods for the Pitman monthly rainfall-runoff model, Grahamstown(South Africa): Rhodes University, 2007.
- [19] V. Koren, M. Smith et Q. Duan, «Use of a priori parameter estimates in the derivation of spatially consistent parameter sets of rainfall-runoff models,» *Hydrology Laboratory, office of hydrologic development, NOAA/NWS, Silver spring, maryland*, vol. 6, p. 239–254, 2003.

Contribution à l'élaboration d'un catalogue ethnobotanique de la commune rurale d'Aguelmous (Province de Khénifra, Maroc)

[Contribution to the establishment of ethno botanical catalog of Aguelmous (Khenifra, Morocco)]

Laila NASSIRI¹, Saida ZARKANI¹, Amine DAOUDI¹, Mohamed BAMMOU¹⁻², El Houssine BOUIAMRINE¹, and Jamal IBIBIJEN¹

¹Laboratory of Soil Microbiology and Environment, Department of Biology,
Moulay Ismail University, Faculty of Sciences, 11201 Meknes, Morocco

²Laboratory of environment and health, Department of Biology,
Moulay Ismail University, Faculty of Sciences & Technology, 52000 Errachidia, Morocco

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

ABSTRACT: An ethno botanical survey was carried out with local population of Aguelmous at khenifra province, in order to repertory therapeutic indications of spontaneous medicinal plants. So, an ethno botanical catalog was established in which medicinal plants widely used in this Moroccan area were reported with most of their pharmacological and medicinal virtues.

KEYWORDS: Medicinal plant, ethno botanical catalog, Aguelmous, Morocco.

RESUME: Une enquête ethnobotanique a été menée auprès de la population locale de la commune d'Aguelmous pour collecter des informations sur l'usage des plantes médicinales. Cette région est située à l'intersection des causses moyen-atlasiques et de la meseta centrale marocaine. Au terme de cette étude, un catalogue ethnobotanique est soigneusement dressé. Aussi, ce type d'études s'inscrit-il dans le cadre de la valorisation du patrimoine naturel et du savoir-faire phyto-thérapeutique traditionnel.

MOTS-CLEFS: Plante médicinale, Catalogue ethnobotanique, Aguelmous, Maroc.

1 INTRODUCTION

La commune rurale d'Aguelmous relevant de la province de Khénifra s'étend sur 749 km² ; elle est limitée par les communes d'Oulmès (province de khemisset) au Nord, Elborj et Elhammam à l'Est, Moulay Bouazza, Had Boussoussen et Sidi Hcine à l'Ouest, Sidi Lamine, Sidi Amer et Moha Ouhammou Zayani au Sud [1].

Elle jouit d'un climat méditerranéen de type subhumide quoiqu' au cours des dernières années, la moyenne des précipitations a chuté pour atteindre celles du semi-aride suite à la succession des années de sécheresse [2]. Un hiver assez froid et humide avec des gelées fréquentes et des neiges, alterne avec un été chaud et sec de que des orages viennent fréquemment perturber [2].

La zone s'étend sur un territoire relativement varié, les altitudes varient de 800 à 1627 mètres [2]. Les sols rocheux shisteux et gréseux sont couverts de forêts de chêne vert, de chêne liège, de thuya et de caroubie... etc. [2] alors que les bassins assez profonds à sols profonds argilo-limoneux ou limono-sablonneux constituent les meilleures terres arable [2].

La population locale de la commune rurale d'Aguelmous, essentiellement berbérophone a pour activité principale l'élevage, notamment extensif et l'agriculture vivrière des céréales et du fourrage [1] [2].

Ainsi, la sévérité des conditions climatiques, l'enclavement géographique, une infrastructure sanitaire rudimentaire constituent autant de difficultés pour la population locale que le niveau socio-économique et culturel ; celle-ci, déjà très attachée à la nature de par son mode de vie, se retourne aussi vers cette nature pour trouver remèdes à nombreuses et diverses affections.

C'est dans cette optique qu'une étude ethnobotanique a été réalisée dans cette commune pour établir le catalogue des plantes utilisées en médecine traditionnelle.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SORTIES DE PROSPECTION SUR TERRAIN « PHASE I »

Une enquête préliminaire a été conduite auprès de différents usagers des plantes, aussi bien des bergers, des riverains que d'herboristes pour repérer sur le terrain les plantes à usage médicinal dans la zone d'étude. Dans ce premier stade, le principal repère fut le nom vernaculaire local. Des photos (Annexe III) ont été également prises et chaque plante rapportée être médicinale fut soigneusement échantillonnée, numérotée pour une identification.

De plus, des visites répétées ont été faites au souk hebdomadaire de la commune pour repérer les plantes vendues en étalage durant le printemps 2013. A chaque fois, toutes les informations concernant les modes de préparation, d'utilisation et les maladies traitées ont été demandées.

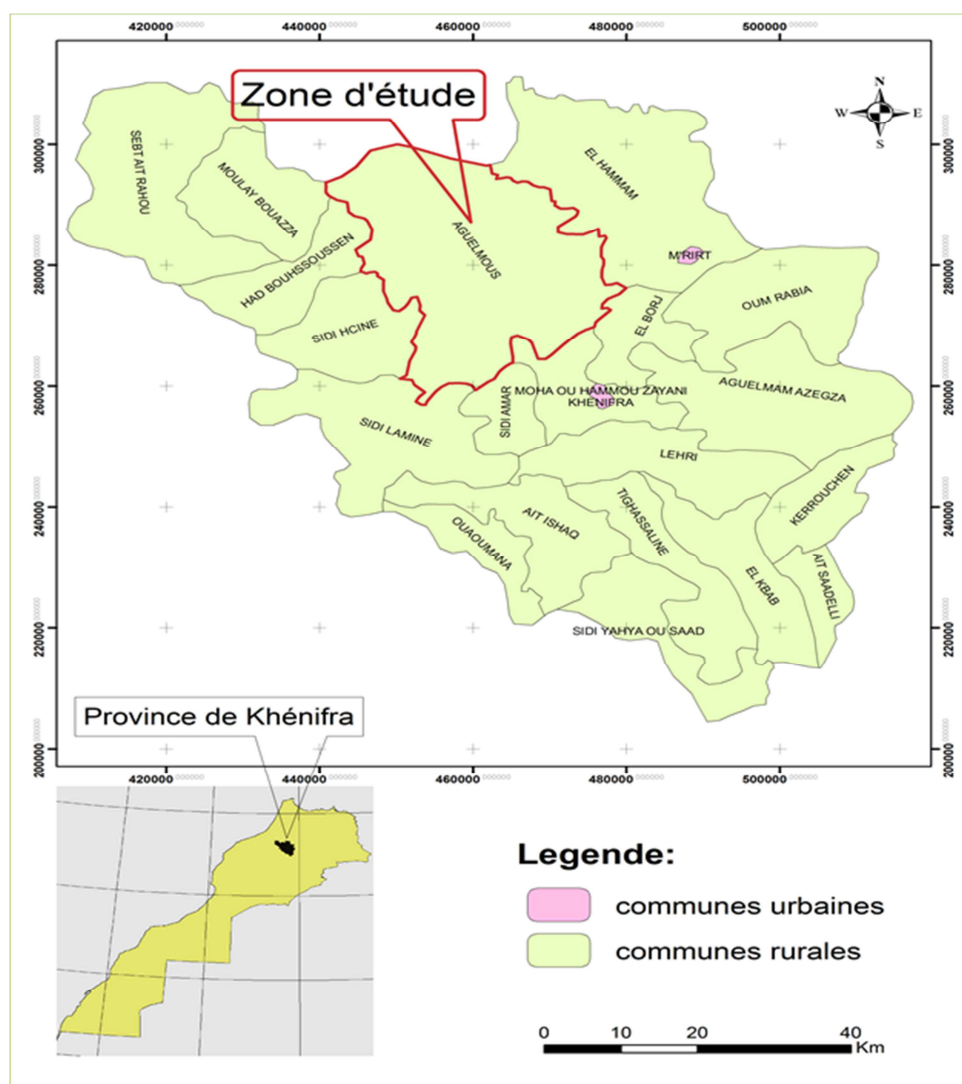


Fig.1. Carte de la province de Khénifra [1]

2.2 IDENTIFICATION TAXONOMIQUE «PHASE II »

L'identification taxonomique des échantillons récoltés pendant la phase I a été faite par l'équipe de botanique, à l'Institut Scientifique relevant de l'Université Mohammed V-Agdal de Rabat ; ceci, aussi bien sur la base de la flore du Maroc [3] [4] et en comparaison avec les échantillons de l'Herbier national.

2.3 ENQUÊTE ETHNOBOTANIQUE « PHASE III »

Une fiche questionnaire a été élaborée (Annexe I) ; elle est basée sur des questions fermées et semi-fermées considérées plus efficaces pour le recueil de données auprès des enquêtés. Un échantillon global de 280 personnes a été soumis à l'investigation ethnobotanique ; il couvre les sept fractions tribales composant la commune d'Aguelmous, chacune constituant une strate (40 enquêtés) [5]. Il s'agit, du centre d'Aguelmous, d'Ait Mâi, Ait Boumezzough, Ihbbaren, Ait Haddou Ouhammou, Douar El bacha, Douar Amhrouk (Fig. 2).

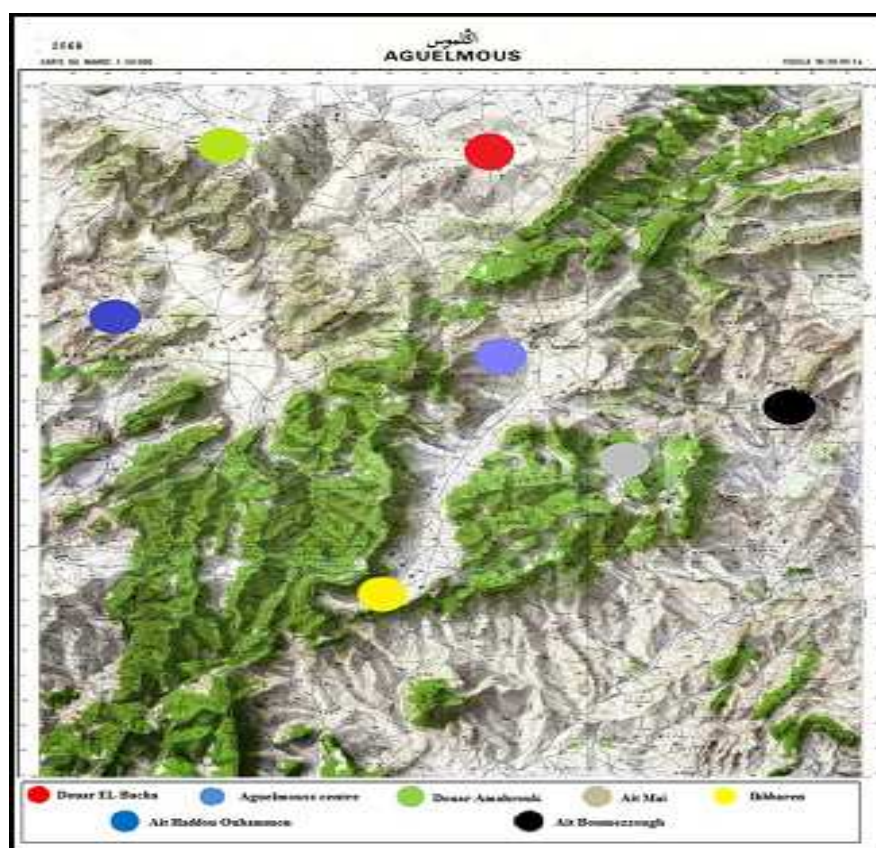


Fig. 2. Zone d'étude (Direction de la conservation foncière et des travaux topographiques, Division de la carte Rabat, Maroc. Carte d'Aguelmous, Feuille NI-30-VII-1a, Echelle 1/50 000)

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

La prospection floristique révèle que la commune d'Aguelmous renferme un potentiel naturel important de plantes médicinales spontanées ; ainsi, 103 espèces spermaphytes ont été inventoriées ; elles se répartissent en 88 genres appartenant à 43 familles (Annexe II). Aussi, le sous embranchement des gymnospermae est très peu représenté (3 espèces ; 2.91 %) par rapport au sous embranchement des angiospermae (100 espèces ; 97.09 %) ; ce dernier étant nettement dominé par les espèces dicotylédones (92 espèces ; 92 %) contre 8 monocotylédones (8 %). Si l'on se réfère à l'analyse floristique des espèces répertoriées, la dominance revient à la famille des Astéracées dont le nombre d'espèces s'élève à 21 (20,39 %), suivie des Lamiacées (12 sp), les Apiacées (6 sp) puis les Fabacées (5 sp) ; le reste de familles détiennent 3, 2, voire une seule espèce.

L'analyse ethnobotanique (Annexe II), basée sur la fréquence de citation de chaque espèce par le total des personnes enquêtées place l'espèce *Thymus willdenowii* Boiss. de la famille des Lamiacées au premier rang de la liste des espèces utilisées en thérapie par la population locale de la commune d'Aguelmous avec un pourcentage d'utilisation égal à 21 %.

D'un autre côté, 44 espèces soit 42,72% de la liste inventoriée ne dépassent pas 1 % d'utilisation ; ces plantes constituent un réservoir à exploiter en médecine moderne et une voie vierge à explorer pour trouver de nouveaux principes actifs. De plus, on pourrait aussi mettre l'accent sur les spécificités médicinales traditionnelles de la région d'étude car certaines espèces, notamment, *Corrigiola telephiifolia* Pourret de la famille des Caryophyllacées et *Caralluma europaea* (Guss.) N. E. Br. de la famille des Apocynacées y sont plus utilisées qu'ailleurs au Maroc alors que *Mantisalca salmantica* de la famille des Astéracées n'est utilisée qu'à Aguelmous [6] [7].

Par ailleurs, la richesse spécifique de chacune des familles n'est pas corrélée à son pourcentage d'utilisation ; ainsi, dans l'inventaire ethnobotanique, la famille des Lamiacées avec 12 espèces cumule un pourcentage d'utilisation (83 %) supérieur à celui de la famille des astéracées (66%) en dépit de ses 21 sp ; cela est dû au fait que 12 d'entre elles (57 %) ne dépassent pas 2 % d'utilisation (Annexe II). Plus encore, au sein des gymnospermes, la famille des Cupressacées avec deux espèces seulement totalise un pourcentage d'utilisation de 25 % et le cèdre «*Juniperus oxycedrus* L.» est la quatrième espèce des plus utilisées par la population locale (16 %). Si l'on compare avec la famille des Apiacées ou celle des Fabacées, avec respectivement 6 et 5 espèces, on note que leur usage est plutôt faible, 11 et 5 % respectivement.

En outre, l'enquête ethnobotanique révèle que la majorité des espèces médicinales (62 sp) sont utilisées principalement pour le traitement de maladies de l'appareil digestif ; ce résultat est conforme à celui rapporté par [8]. Aussi, certaines espèces de la commune rurale d'Aguelmous sont utilisées contre plusieurs pathologies ; dans ce sens, «*Corrigiola telephiifolia* Pourret», *Urtica membranacea* Poire, *Olea europaea* L. sont utilisées en cas d'affections digestives, respiratoires, rhumatologiques, urogénitales et d'affections ORL ; D'autres par contre sont à spectre d'utilisation pointu ; c'est le cas d'*Arisarum vulgare* Targ.-Tozz. ou *Aristolochia paucinervis* Pomel, utilisées uniquement et respectivement pour des pathologies dermatologiques ou urogénitales.

4 CONCLUSION

Au terme de ce travail, il apparaît clairement que la commune d'Aguelmous recèle une richesse en plantes médicinales, utilisées par la population locale pour le traitement de pathologies diverses, aussi bien en usage interne, contre des pathologies digestives et uro-génitales qu'externe contre des affections rhumatologiques. Aussi, certaines plantes telles *Corrigiola telephiifolia* ou *Mantisalca salmantica* typent la phytothérapie d'Aguelmous.

REFERENCES

- [1] C.R.A, "Commune rurale d'Aguelmous", Monographie de la commune rurale d'Aguelmous-services locaux de la province de khénifra, p.41. 2012
- [2] D.R.A.M.T, "Direction régionale d'agriculture de Meknès Tafilalet", Monographie du CT 24-04 d'Aguelmous, p. 11. 2008.
- [3] M. Fennane, M. Ibn Tattou, A. Ouyahya, J. El oualidi, "Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaires," *Travaux de l'Institut scientifique, Serie botanique*, vol. I, no.36, pp. 558, 1999.
- [4] M. Fennane, M. Ibn Tattou, A. Ouyahya, J. El oualidi, "Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaires," *Travaux de l'Institut scientifique, Serie botanique*, vol. II, no.38, pp. 636, 2007.
- [5] L. El Rhaffari, K. Hammani, M. Benlyas, A. Zaid, "Traitement de la leishmaniose cutanée par la phytothérapie au Tafilalet," *Biologie & Santé*, vol. 1, no.1, pp. 45-54, 2002.
- [6] J. Bellakhdar, *La pharmacopée marocaine traditionnelle : Médecine arabe et savoirs populaires*. Editions le Fennec, in, Ibis Press, Casablanca, Morocco, 1997, pp. 764.
- [7] M. Hmamouchi, Les plantes médicinales et aromatiques marocaines, 2 ème éd, 2001, pp.389 pp.
- [8] R. Mehdioui, A. Kahouadji, "Etude ethnobotanique auprès de la population riveraine de la forêt d'Amsittène : cas de la Commune d'Imi n'Tlit (Province d'Essaouira)," *Bulletin de l'Institut scientifique, Rabat, section Sciences de la vie*, vol. 29, pp. 11-20, 2007.

ANNEXE I : FICHE D'ENQUÊTE

Enquête ethnobotanique

Fiche questionnaire

Faculté des sciences Meknès

1. Code	
2. Date	
3. Commune	
☐ 1. Azrou ☐ 2. El Hajeb ☐ 3. Ifrane ☐ 4. Khénifra ☐ 5. Meknès ☐ 6. Mrirt ☐ 7. Timehdit	
4. Age	
5. Profession	
☐ 1. Droguiste ☐ 2. Herboriste ☐ 3. Tradipraticien	
6. Situation	
☐ 1. Célibataire ☐ 2. Marié	
7. Sexe	
☐ 1. Féminin ☐ 2. Masculin	
8. Niveau	
☐ 1. Néant ☐ 2. Primaire ☐ 3. Secondaire ☐ 4. Universitaire	
9. Localité	
☐ 1. Nomade ☐ 2. Ville ☐ 3. Douar ☐ 4. Village	
10. Famille	
11. Genre	
12. Espèce	
13. Arabe	
14. Français	
15. Tamazigh	
16. Type	
☐ 1. Cultivée ☐ 2. Sauvage	
<i>Vous pouvez cocher plusieurs cases.</i>	

17. Usage

- ☐ 1. Cosmétique ☐ 2. Thérapeutique ☐ 3. Autre

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

18. Etat

- ☐ 1. Fraîche ☐ 2. Séché

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

19. Partie utilisée

- ☐ 1. Feuilles ☐ 2. Fruits ☐ 3. Racine ☐ 4. Tige ☐ 5. Graines ☐ 6. Résine ☐ 7. Fleurs ☐ 8. Autres ☐ 9. Capsules

Vous pouvez cocher plusieurs cases (8 au maximum).

20. Forme d'emploi

- ☐ 1. Poudre ☐ 2. Tisane ☐ 3. Huile essentielle ☐ 4. Extrait

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

21. Mode de préparation

- ☐ 1. Décoction ☐ 2. Infusion ☐ 3. Cataplasme ☐ 4. Cru ☐ 5. Cuit ☐ 6. Autre

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

22. Dose utilisée

- ☐ 1. Cuillerée ☐ 2. Pincée ☐ 3. Poignée

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

23. Mode d'administration

- ☐ 1. Oral ☐ 2. Massage ☐ 3. Rinçage ☐ 4. Badigeonnage ☐ 5. Autre

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

24. Durée d'utilisation

- ☐ 1. Un jour ☐ 2. Une semaine ☐ 3. Un mois ☐ 4. Jusqu'à guérison

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

25. Maladie traitées

- | | | |
|--|---|---|
| ☐ 1. Affections dermatologiques | ☐ 2. Affections respiratoires | ☐ 3. Affections cardio-vasculaires |
| ☐ 4. Affections uro-génitales | ☐ 5. Affections ostéo-articulaires | ☐ 6. Affections des tube digestifs |
| ☐ 7. Affections des glandes | ☐ 8. Affections neurologiques | ☐ 9. Affections métaboliques |
| ☐ 10. Annexes du tube digestif | ☐ 11. Affections ophtalmiques | ☐ 12. Affections bucco-dentaires |

Vous pouvez cocher plusieurs cases (10 au maximum).

26. Diagnostic

- ☐ 1. Hérboriste ☐ 2. Le médecin ☐ 3. Lui même ☐ 4. Autres

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

27. Résultat

- ☐ 1. Amélioration ☐ 2. Guérison ☐ 3. Inefficace

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

28. Toxicité de la plante

- ☐ 1. Oui ☐ 2. Non

ANNEXE II : CATALOGUE DES PRINCIPALES PLANTES UTILISEES PAR LA POPULATION LOCALE D'AGUELMOUSS

Famille (Nombre d'espèces)	Nom scientifique	Nom local	Photo	% d'utilisation	Affections traitées
Anacardiacees (2)	<i>Pistacia atlantica</i> Desf.	Btem	A 76	9	Di-R-Rh-Ug
	<i>Pistacia lentiscus</i> L.	Drou	A 77	12	Di-C-Ug
Apiacees (6)	<i>Ammi majus</i> L.	Ich Omlal	A 3	1	De- C
	<i>Ammi visnaga</i> (L.) Lam.	Bou Okmam	A 4	1	Di- R- C
	<i>Eryngium triquetrum</i> Vahl.	Maf glay	A 46	3	Di-De- Am
	<i>Eryngium ilicifolium</i> Lam	Asnane	A 47	1	Di-De-C
	<i>Ferula communis</i> L.	Awli, aboubal	A 48	2	Ug- C
	<i>Foeniculum vulgare</i> Miller	Amsa	A 50	3	Di-R- Ug
Apocynacees (2)	<i>Caralluma europaea</i> (Guss.) N. E. Br.	Daghmous	A 20	17	Di-Ug
	<i>Nerium oleander</i> L.	Alili	A 69	3	Di-C- N
Aracees (1)	<i>Arisarum vulgare</i> Targ.-Tozz.	Kawhzin	A 10	1	De
Aristolochiacees (1)	<i>Aristolochia paucinervis</i> Pomel	Barztam	A 11	3	Ug
Astéracées (21)	<i>Anacyclus radiatus</i> Lois	Barkokch Izghar	A 5	4	Di-Re-Ug- bain bouche
	<i>Atractylis cancellata</i> L.	Asnnane wado	A 16	2	De
	<i>Atractylis gummifera</i> L.	Addad	A 17	4	De
	<i>Calendula arvensis</i> L.	jmarth	A 19	1	Ci
	<i>Carduus nutans</i> L.	Akroua ighial	A 21	1	Rh-N
	<i>Carduus spachianus</i> Durieu	Akroua Azgagh	A 22	1	Di
	<i>Centaurea calcitrapa</i> L.	Asnane naghrit	A 23	4	Ug-Rh
	<i>Centaurea maroccana</i> Ball	El osfour	A 24	1	Di
	<i>Chamaemelum fuscatum</i> (Brot.) Vasc.	Barkokch Izgar	A 28	5	Di-Rh-N
	<i>Cichorium intybus</i> L.	thimrouza	A 30	1	Di
	<i>Cladanthus arabicus</i> (L.) Cass.	Ettafs	A 33	5	Di-Re-Ug- anti ictérique
	<i>Cynara carduncullus</i> L.	Thagua Thabaldith	A 37	3	Di-Ug
	<i>Cynara humilis</i> L.	Thimet	A 38	4	Di-De-cicatrissant
	<i>Dittrichia graveolens</i> (L.) Greuter	Elghattassa	A 41	6	Re-N
	<i>Echinops spinosissimus</i> subsp. Bovei	Thassakra	A 42	2	Di-C
	<i>Lactuca serriola</i> L.	Assafar n' essam	A 57	14	Di- anti poison (serpents)
	<i>Mantisalca salmantica</i>	Thazmourth	A 103	2	Di-De-N
Astéracées (Suite)	<i>Pallenis spinosa</i> (L.) Cass.	Ettefs bou Osnan	A 73	1	Ug
	<i>Pulicaria odora</i> (L.) Rchb.	Tafs	A 79	2	Re-Ug-C- ORL
	<i>Scolymus hispanicus</i> L.	Thaghdiwt	A 91	1	Di
	<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn	Akroua Ighial	A 93	2	Di-Rh
Borraginacees (2)	<i>Eruca sativa</i> Miller	Echeriad	A 45	1	Réchauffante - vermifuge
	<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.	Guarnounch	A 68	5	Di- Ug-Rh-C- Réchauffante
Caryophyllacees (3)	<i>Corrigiola telephifolia</i> Pourret	Thawsarghine	A 35	18	Di-Re-Ug-Rh- ORL
	<i>Herniaria hirsuta</i> L.	Herrast lah	A 54	10	Ug
	<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	Thighighet	A 92	4	De
Césalpiniacees (1)	<i>Ceratonia siliqua</i> L.	Thislighwa	A 27	4	Di-Re-anti toxique (tawkal)
Cistacees (2)	<i>Cistus salviifolius</i> L.	Rbibit	A 31	3	Di
	<i>Cistus villosus</i> L.	Rbibit	A 32	3	Di

Convolvulacées (1)	<i>Convolvulus althaeoides</i> L.	Iwayth ozguar	A 34	1	purgatif
Cucurbutacées (1)	<i>Bryonia dioica</i> Jacq.	Thamnayt Asmoum Woch	A 18	5	Rh
Cupressacées (2)	<i>Juniperus oxycedrus</i> L.	Thakka	A 56	16	Di-Rh- Ug
	<i>Tetraclinis articulata</i> (Vahl) Masters	Araâr	A 94	9	Di-De- N
Ephedracées (1)	<i>Ephedra nebrodensis</i> Guss. Syno E major auct(Gn)	Matticha Wochen	A 44	1	Re
Ericacées (1)	<i>Arbutus unedo</i> L.	Assasno	A 9	1	Di
Fabacées (5)	<i>Anagyris foetida</i> L.	Ofni	A 6	1	Emétique
	<i>Anthyllis vulneraria</i> L.	Thafokt	A 8	1	Di
	<i>Astragalus sesameus</i> L.	Thabawcht	A 15	1	Rh
	<i>Lupinus angustifolious</i> subsp. <i>reticulatus</i>	Hibawchine	A 62	1	Vermifuge
	<i>Ononis natrix</i> L.	Marz Iriden	A 72	1	Ug-De
Fagacées (1)	<i>Quercus ilex</i> subsp. <i>rotundifolia</i>	Thassaft ; Akrouch	A 80	6	Di- anti hémorragies (accouchement)
Fumariacées (1)	<i>Fumaria officinalis</i> L.	thogh guachal	A 52	1	Di-De
Gentianacées (2)	<i>Centaurium erythraea</i> Rafn	Kessat el haya	A 25	1	Di-C-Fébrifuge
	<i>Centaurium pulchellum</i> (Swartz) Druce	Kessat el haya	A 26	1	Di- Ug -Rh
Juncacées (1)	<i>Juncus acutus</i> L.	Aghazmir	A 55	4	Di
Lamiacées (12)	<i>Ajuga iva</i> (L.) Schreber	Thif Talba	A 1	4	Di-Re- Antidiabétique- Fébrifuge
	<i>Lavandula multifida</i> L.	Thazoul ighial	A 58	5	Di
	<i>Lavandula pedunculata</i> L. subsp. <i>atlantica</i> Br.-Bl	Izr	A 59	10	Di
	<i>Marrubium vulgare</i> L.	Morro	A 65	4	Re-Rh-C
	<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh	Thimarssad ;Timija	A 66	13	Di-Re-Ug-Rh
	<i>Mentha pulegium</i> L.	Fliou	A 67	13	Di-Re-ORL
	<i>Salvia argentea</i> L.	Aâjib nothol	A 88	2	De
	<i>Salvia barrlieri</i> Etlinger	Izri olgham	A 89	2	Di-De
	<i>Salvia verbenaca</i> L.	Khiyata	A 90	2	Di-Re-De-Rh
	<i>Teucrium decipiens</i> Cosson & Balansa.	Jaada	A 95	5	Di-Re- Febrifuge
Lamiacées (Suite)	<i>Teucrium polium</i> L.	Jaada	A 96	3	Di
	<i>Thymus willdenowii</i> Boiss	Adouchen; Azoukni	A 97	21	Di- ORL
Liliacées (3)	<i>Allium ampeloprasum</i> L.	Thikefal	A 2	1	Re
	<i>Asparagus albus</i> L.	Tazzout	A13	1	anti ictérique
	<i>Asphodelus macrocarpus</i> Parl.	Inghri	A 14	1	Rh
Lythracées (1)	<i>Lythrum junceum</i> Banks & Solander	Khriwamane	A 63	1	De
Malvacées (1)	<i>Malva sylvestris</i> L.	Elbakkoul	A 64	2	Di-Rh
Moracées (1)	<i>Ficus carica</i> L.	Thazarth lahram	A 49	1	Di-De
Oléacées (3)	<i>Fraxinus angustifolia</i> L.	Afrasco,dardar	A 51	1	Rh
	<i>Olea europaea</i> L subsp. <i>oleaster</i> (Hoffmanns. & Link) Negod	Azmour	A 71	6	Di-Re-Rh-De- ORL
	<i>Phillyrea angustifolia</i> L.	Arbib Ozmour	A 75	1	De-Fébrifuge
Palmacées (1)	<i>Chamaerops humilis</i> L. (M)	Thiguazdan	A 29	2	Di-Rh
Papavéracées (2)	<i>Glaucium corniculatum</i> (L.) Rudolph.	Ioubia lakhla	A 53	1	De
	<i>Papaver rhoeas</i> L.	Bennaamane	A 74	4	Di-Ug-Rh-C
Plantaginacées (1)	<i>Plantago coronopus</i> L.	Rjel loghrab	A 78	1	Re-De
Plombaginacées (1)	<i>Limonium sinuatum</i> (L.) Miller.	Akhoul nikhsi	A 60	1	Diurétique

Poacées (2)	<i>Arundo donax</i> L.	Aghanime	A 12	1	N
	<i>Lolium rigidum</i> Gaudin	Sibous	A 61	1	Di
Polygonacées (1)	<i>Rumex bucephalophorus</i> L.	Thismmamine	A 85	1	Di
Renonculacées (2)	<i>Delphinium pentagynum</i> Lam.	El henna labhaym	A 40	1	contre les poux
	<i>Nigella damascene</i> L.	Zanouj	A 70	9	Di-Ug-Rh- Mt
Résédacées (2)	<i>Reseda luteola</i> L.	Zbib Idane	A 81	3	Di
	<i>Reseda alba</i> L.	Zbib Idane	A 82	1	Di
Rhamnacées (1)	<i>Ziziphus lotus</i> (L.) Lam.	Azguar	A 102	11	Di-Ug-Rh - fébrifuge
Rosacées (3)	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	Admame	A 36	3	Di
	<i>Rosa sempervirens</i> L.	Thikhfarth	A 83	1	Di
	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	Thabgha	A 84	4	Di-De-C
Rutacées (1)	<i>Ruta montana</i> (L.) L.	Iwarmi	A 86	6	Di-Re-Ot
Salicacées (1)	<i>Salix alba</i> L.	Oud lma	A 87	1	Rh-Mt
Scrophulariacées (2)	<i>Verbascum sinuatum</i> L.	Thit yezm	A 99	1	De
	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	Naana Naari	A 100	1	Di-C
Thyméliacées (1)	<i>Daphne gnidium</i> L.	Alzaz	A 39	3	De- Md
Urticacées (1)	<i>Urtica membranacea</i> Poiret	Thissarkmaz	A 98	8	Di-Ug-Rh-De-T
Verbénacées (1)	<i>Vitex agnus castus</i> L.	Anguarf	A 101	5	Di- Re
A : Annexe III « Photos des plantes médicinales » ; Am : amygdalite ; C : cardiovasculaire ; Ci : Cicatrisant ; De : dermatologiques ; Di : digestives ; N : neurologique ; Md : maux de dents ; Mt : maux de tête ; Ot : otites ; Re : respiratoire ; Rh : rhumatismale ; T : toux ; Ug : uro-génitale.					

ANNEXE III : LES PHOTOS DES ESPÈCES UTILISÉES PAR LA POPULATION LOCALE D'AGUELMOUSS



A1 : *Ajuga iva*

A2 : *Allium ampeloprasum*

A3 : *Ammi majus*

A 4 : *Ammi visnaga*

A5: *Anacyclus radiates*



A6 : *Anagyris foetida*

A7 : *Anchusa italica*

A8 : *Anthyllis vulneraria*

A9 : *Arbutus unedo*

A10: *Arisarum vulgare*



A11 : *Aristolochia paucinervis*

A12 : *Arundo donax*

A13 : *Asparagus albus*

A14 : *Asphodelus macrocarpus*

A15: *Astragalus sesameus*



A16 : *Atractylis cancellata*

A17 : *Atractylis gummifera*

A18 : *Bryonia dioica*

A19 : *Calendula arvensis*

A20: *Caralluma europaea*



A21 : *Carduus nutans*

A22 : *Carduus spachianus*

A23 : *Centaurea calcitrapa*

A24 : *Centaurea maroccana*

A25: *Centaureum erythrea*



A26 : *Centaureum pulchellum*

A27 : *Ceratonia siliqua*

A28 : *Chamaemelum fuscatum*

A29 : *Chamaerops humilis*

A30 : *Cichorium intybus*



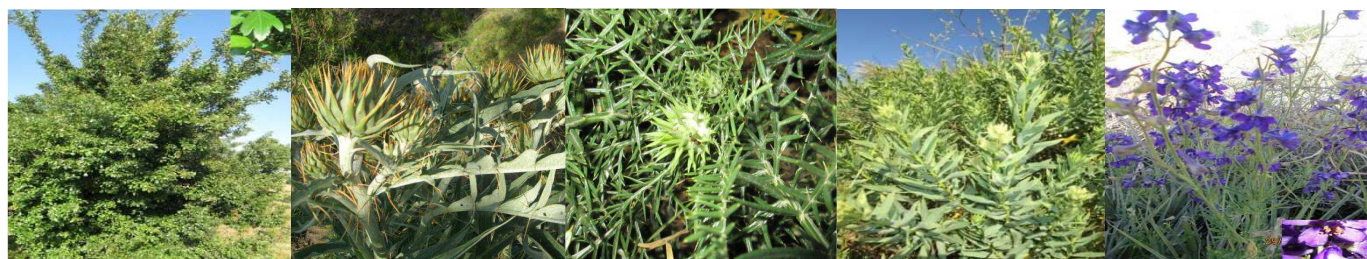
A31 : *Cistus salviifolius*

A32 : *Cistus villosus*

A33 : *Cladanthus arabicus*

A34 : *Convolvulus althaeoides*

A35 : *Corrigiola telephiifolia*



A36 : *Crataegus monogyna*

A37 : *Cynara carduncullus*

A38 : *Cynara humilis*

A39 : *Daphne gnidium*

A40 : *Delphinium pentagynum*



A41 : *Dittrichia graveolens*

A42 : *Echinops spinosissimus*

A43 : *Echium plantagineum*

A44 : *Ephedra nebrodensis*

A45 : *Eruca sativa*



A46 : *Eryngium triquetrum*

A47 : *Eryngium ilicifolium*

A48 : *Ferula communis*

A49 : *Ficus carica*

A50 : *Foeniculum vulgare*



A51 : *Fraxinus angustifolia*

A52 : *Fumaria officinalis*

A53 : *Glaucium corniculatum*

A54 : *Herniaria hirsuta*

A55 : *Juncus acutus*



A56 : *Juniperus oxycedrus*

A57 : *Lactuca serriola*

A58 : *Lavandula multifida*

A59 : *Lavandula stoechas*

A60 : *Limonium sinuatum*



A61 : *Lolium rigidum*

A62 : *Lupinus angustifolius*

A63 : *Lythrum junceum*

A64 : *Malva sylvestris*

A65 : *Marrubium vulgare*



A66 : *Mentha suaveolens*

A67 : *Mentha pulegium*

A68 : *Nasturtium officinale*

A69 : *Nerium oleander*

A70 : *Nigella damascena*



A71 : *Olea europaea*

A72 : *Ononis natrix*

A73 : *Pallenis spinosa*

A74 : *Papaver rhoeas*

A75 : *Phillyrea angustifolia*



A76 : *Pistacia atlantica*

A77 : *Pistacia lentiscus*

A78 : *Plantago coronopus*

A79 : *Pulicaria odora*

A80 : *Quercus rotundifolia*



A81 : *Reseda luteola*

A82 : *Reseda alba*

A83 : *Rosa sempervirens*

A84 : *Rubus ulmifolius*

A85 : *Rumex bucephalophorus*



A86 : *Ruta montana*

A87 : *Salix alba*

A88 : *Salvia argentea*

A89 : *Salvia barlieri*

A90 : *Salvia vervenaca*



A91 : *Scolymus hispanicus*

A92 : *Silene vulgaris*

A93 : *Silybum marianum*

A94 : *Tetraclinis articulata*

A95 : *Teucrium decipiens*



A96 : *Teucrium polium*

A97 : *Thymus willdenowii*

A98 : *Urtica membranacea*

A99 : *Verbascum sinuatum*

A100 : *Veronica anagallis-aquatica*



A101 : *Vitex agnus castus*

A102 : *Ziziphus lotus*

A103 : *Mantisalca salmantica*

Busting the Kitchen Accident Myth: Case of burn injuries in India

Padma Bhate-Deosthali

Centre for Enquiry Into Health and Allied Themes, Mumbai and Tata institute of Social Sciences, Deonar, Mumbai - 88, India

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

ABSTRACT: The medical literature from India repeatedly reports burns deaths to be high among young married women mostly as kitchen accidents due to stove blasts or cylinder blasts leading to deaths. The interviews with survivors and their families indicate that there is a deliberate attempt by women to report all burns injuries as result of accidents in order to avoid any police investigation. This is true in cases of suicides as well as homicides. Almost all women reported experiencing domestic violence and therefore the linkages of burns injuries and domestic violence are strongly established. This studied silence hinders the development of any concerted response for prevention of burns injuries. The paper argues for development of a comprehensive health system response to domestic violence in order to address the issue of high burden on intentional burn injuries amongst young women in India.

KEYWORDS: Burns Injuries, Kitchen Accidents, Suicide, Homicide, Domestic Violence.

1 INTRODUCTION

India has a large burn related morbidity and mortality with an estimated annual burn incidence of 6-7 million, based on data from major hospitals when extrapolated to whole of the country, which is the second largest group of injuries after road accidents. Nearly 10% of these are life threatening and require hospitalization. Approximately 50% of those hospitalized succumb to their injuries. Nearly 100,000 to 150,000 people get crippled and require multiple surgeries and prolonged rehabilitation annually. Seventy percent of the burn victims are in most productive age group of 15 to 40 years and most of the patients belong to poor socioeconomic strata. [1] In 1998, India was the only country in the world, where WHO categorized fire among the 15 leading causes of death [2] In fact, with an estimate of approximately 700,000 to 800,000 admissions per year, burns has been described as an endemic health hazard in India. As India does not have a national injury surveillance system, the exact incidence of burns morbidity and mortality is not known.

Sanghavi, P et al reported an estimated 163,000 fire related deaths in India based on medically certified causes of death in urban areas and a verbal autopsy based sample survey for rural populations. This amounts to about 2% of all deaths and was found to be six times higher than police reports. Of these deaths, 65% were female deaths, 57% of which occurred among women between 15-34 years. For this age group 15% of all deaths were found to be fire related. Women were on average three times more likely to die of fire related injuries than men. [3] Burn deaths amongst women may be categorised as dowry deaths, dowry related suicides, fire accidents, suicides, homicides.

The literature on burns in India, typically based on retrospective medical records, indicates that burns deaths and injuries are higher amongst younger women in the age group of 18-35 years dying due to accidents in kitchens such as bursting of kerosene stove or kerosene spilling and clothes catching fire or suicides. This is further explained by the nature of clothing worn by women in India such as saree and dupatta. [4, 5,6,7,8] Most of medical papers raise no suspicion on why women who cooked well in their parental homes met with so many accidental burns in their marital homes. It is a known fact that girls take on household chores including cooking as early as 10-12 years. So it is surprising that their reported histories of 'accidental burns' find no questioning in medical literature. [9]

What is missing is the circumstances surrounding the incident, the pathway to care, response of the health system and police, role of the family in care and recovery. The present study aims to bridge this gap by bringing in perspectives of the women suffering burns injuries and of their families to understand the circumstances surrounding the incident of burns.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 RESEARCH METHODOLOGY

The Haddon's matrix is a useful way for conceptualizing causal factors and prevention strategies for unintentional and intentional injuries. Applying this framework, interviews with patients provide insights into bottlenecks in health care, such as delays in reporting, delay in treatment due to various factors such as fears of police, cost and so on. It can also provide insights into causative factors such as dowry, acceptance of domestic violence, lack of family support for women. Thus detailed interviews with survivors, and/or their families were carried out to understand the victim's environment. Twenty two such interviews were conducted with survivors/ their families.

The study was conducted in city of Mumbai in three hospitals- two public and one private hospital focusing on experiences of the patients and/or their families using a qualitative methodology. The findings therefore provide insights but may not be conclusive.

2.2 SCOPE

Women admitted in the burns wards for burns injuries were interviewed to understand the circumstances surrounding the burns injury, their experiences with health system and police. The data gathered was around their age, socio-economic background, residence, details of the incident, health care provided, their experience with the police and the health system in term of medical treatment, supportive care and follow up.

2.3 APPROACHING THE RESEARCH PARTICIPANTS

They were approached through the hospital staff of the ward viz the nurses and social workers at the hospital. Two women who had suffered burns in the past approached the counseling centre for services while one required admission the other needed a surgery for a neck contracture. Of the ten contacts given by the specialized unit of women discharged recently, only two could be contacted and one of them agreed to speak on telephone.

3 RESULTS

3.1 PROFILE OF THE WOMEN

The women were mostly very young less than 30 years. The youngest was 17 year old student and the oldest was 45 years. Most women were currently unemployed, four of them who were employed were engaged in domestic work or small businesses and one working in a mall. They belonged to lower or middle class, mostly living in slums, chawls, villages/ Only three lived in a flat.

3.2 MARITAL STATUS

18 were married women, 2 were never married, one was divorced and one was deserted. Amongst the married women, most of them were married for less than 2 years, and few were married for more than 10 years. Three women were married only for a year and two were married for less than six months. Of the 18 married women, two were currently pregnant when they suffered burns and the others had 1 or two children.

3.3 SEVERITY OF BURNS

The lowest percentage of burns reported was 15% and highest was 95%. Those with 50% and above were critical and died. This was the average burn outcome across the two hospitals that provided their annual data and is reported as the current average outcome. (ref- gore et al, 2013)

The following provided a snapshot on the severity of burns and the outcomes in the sample.

Severity of burns (total surface area burnt)	Number	Died	Treatment underway	Treated and discharged
Less than 25%	6	-		5
26 to 50 %	12	3	6	1
51 to 75 %	2	1		1
76 and above	2	3		

Source: Empirical data

Only one woman who had suffered 75% burns two years back and had survived them due to unwavering support of her natal family and the fear of arrest that forced the husband and his mother to extend their support.

3.4 VEHICLE OF BURNS

The vehicles of burns were kerosene, diesel or gas cylinder. They all reported use of kerosene stoves at home even those using gas cylinder said that they use stoves for heating water or as back up. They all had kerosene at home

3.5 MANNER OF BURNS

15 of the 22 women had recorded the cause of burns as accident in kitchen, six reported suicide and one reported homicide. These kitchen accidents were all reported as “stove burst” or “cylinder blast” on the medical reports. These were identical to India wide studies on burns patients published by forensic scientists and surgeons.

However, as part of the research process, when the patients were asked to describe the incident in some detail in terms of who was at home, how the blast occurred, who saved her, was anyone else injured, how was the fire doused which are essential elements from a public health as well as injury prevention perspective, these blasts were no more blasts in all cases.

	Accidents	Accident but experience of DV	Suicide but reported as accident	Suicide	Homicide	Total
Medical records	15	-	-	6	1	22
As told to researcher	3	4	7	6	2	22

Source: Empirical data

The various scenarios that emerged were:

i. Accidents:

Of the 15 women who had reported the incident as accident, three women described in detail the episode of burning as a kitchen accident. The records indicated that they had 13%, 15% and 22% burns. The description was consistent with the description given by the family member. Their description was consistent with what their relatives said. None of them reported any violence from their partners. One of them was pregnant and she mentioned that she was relieved that her foetus was fine. All of them had managed to mitigate severe damage by their own action and that of their family members.

One of them described how she was saved by the quick reaction of her older son who pouring water over her. She did not realize that the match stick that she used to light the stove accidentally got placed on her gown, there was a burning sensation and she suddenly saw a flame. Her husband was shocked but her elder son (14 year old) was quick and poured water on her.

They did not report any stressor on the day of the incident and their families were beside them at the hospital. The husband, mother-in-law and/or mother were dedicatedly taking care of them.

ii. Accidents with a history of domestic violence:

Of the 15 women reporting accidents to the hospitals, four women told the researcher that it was an accident and described in detail what had happened on the day of the incident. But this description was full of loopholes such as

“stove was leaking- kerosene was on the floor but she did not realize”

“ was pouring kerosene when stove was burning”

“ kept gas on.....i always wear cotton maxi but was wearing a nylon one that day.....”

"saree caught fire while making tea",

The burns injuries caused were of moderate severity -between 40 to 50% burns. Three of the four women reported domestic violence from marital family and/or husband. The violence reported was physical, emotional and financial. One of them did not speak at all and the history was given by her mother. The mother consented to the interview but responded in a pre-determined way.

Their narratives raise several concerns about whether this was a genuine accident or there was any foul play. Another vexing question is about the impact of domestic violence, living under immense stress and whether or not that could make them vulnerable to such 'lapses' or lack of safety measures.

iii. Accidents but actually attempted suicides:

Seven women clearly stated that they had reported the incident as accident to avoid any police investigation. These were in fact suicidal attempts and women were experiencing violence and were fed up and frustrated. Of these two died in the hospital and the other four had different sequel.

In the case of two women, the husband stopped violence after this episode as the natal family came into the picture and provided support through the entire hospitalization. Due to social pressure and continued support, the husbands stopped their violent behaviour. In another case, the women sought an intervention to stop violence in her life and asked for a joint meeting. One of these women, survived the burns with the strong support of her natal family but lives separately from her husband now.

All of them suffered a lot, they were hospitalized for a long period and had to undergo several surgeries. They suffered Scars and disfigurement.

iv. Suicides:

Six women had attempted suicide by burning themselves and had reported this at the time of admission. The relatives too described the incident in the same way. Of the six, one was a 19 year old college student, one was a divorced woman living in her natal family and four were married women. The college student attempted suicide as she failed and the divorced woman wanted to scare her mother as she kept verbally abusing her. The four married women reported facing all forms of violence, three of them were married for 10 to 19 years and one of them was married only for five months. They had weak ties with the natal family and were coping up with abuse and other life stressors. In each of these cases there was an incident of abuse that triggered off this act-

" husband shouted or said he did not want to live with her."

Two of them reportedly had some mental health problem.

In one case, the woman's SIL kept referring to her as "she was a bit off" from the time she lost her fourth daughter.

In another, the brother reported that she was on psychiatric drugs and had probably not taken her medicines that day.

However, the other women did not seem to have any specific mental health issues. But living in abusive relationships is known to cause suicidal ideation especially when there was no support available. None of them had approached the police or anyone to stop this violence in their lives.

The burns injuries were 50% to 95% except in the case of the college student who suffered 40% burns as her brother saved her.

v. Homicides:

Only woman reported homicide to the hospital. Her husband poured kerosene on her and threw a match stick. She was shocked but acted quickly and ran into the bathroom to pour water. She suffered 5-10% burns. She revealed it to her parents when her marital family did not take her to the doctor for treatment. She was facing domestic violence for a long time.

Two women who had reported the incident as accident told the researcher that these were in fact attempts to kill them. In both the cases, women were under tremendous pressure from their families to not report their husbands who had caused these injuries.

"A" suffered 77% burns and was threatened that her parents will be harmed. In her case she had told the local police that it was homicide but the family did not allow her to tell the hospital.

"S" suffered 10% burns injuries and reported it as accident as she was just very frightened. But once her parents came into the picture and extended support, she decided to change her statement. The same was recorded by the doctor.

3.6 FOLLOW UP CARE AND REHABILITATION

As reported earlier, the follow up by women patients was lower as compared to men. Three of the 22 women spoken to had been discharged after receiving complete treatment and so it was possible to explore the impact of the burns injuries. They shared the pain of having to live with the scars and the unique ways in which they had learnt to conceal the scars. They required surgery as well as physiotherapy and were following up locally for these services.

One of them had a bad neck contracture which she was concealing with a collar (used in case of neck pain), another could hardly speak as she had burns on the neck for which she went in for surgery after five months of discharge. The one with hand burns had to follow up with the physiotherapist for hand movements.

4 DISCUSSION

What emerges from the narratives of women is the clear gap between what is reported as cause of injury and what the fact is. The looming fear of arrest and police investigation pushes the facts under cover and the story of 'kitchen accidents' becomes the dominant narrative. As seen in 8 cases they honestly told the researcher the reasons for not speaking the truth. Sharma et al [10] question the accident theory quoting Rao's study [11] which found that in 29% of cases the cause of death was reported as bursting of kerosene stove while there was not even a stove in the kitchen. Jutla et al [12] raise concerns about investigation and treatment and report work by Agnihotri [13] that found that in many cases even the dead body of the victim is unavailable because the offenders have disposed of the body by cremation without informing the police or relatives of the deceased individual. Venkoba Rao [14] had reported that of his sample of 100 cases of female burns in the hospital 70 per cent were suicidal and 74 per cent were married.

A CEHAT study in 2014 found substantial difference (>60%) between the history provided by a burns patient to the doctor (mostly accidents) and that given to a counsellor. [14] These findings are supported by study by SNEHA where they found that the classification of cause of death amongst women dying of burns may depend on interest and resources available to the doctors, victims, victim families, the victim's husband and his family and importantly the police leading to biases and injustice to the treatment of victims and alleged offenders. (8) Work done by women's groups such as Vimochana in Bangalore at Victoria Hospital has brought to light that these deaths could be homicidal (where the partner and his family have connived to murder her by burning) or these could be suicidal (where the woman fed up with ongoing abuse has burnt herself). However, women succumb to family pressure and their concern for their children prevents them from speaking out against the abuse faced by them. Most cases therefore remain 'accidents' only. [17]

The fact that 19 of the 22 women were experiencing domestic violence indicates the widespread occurrence of DV and its linkages to burns injuries. Domestic violence in all its forms physical, emotional, sexual and financial was reported by women spoken to. Experiencing domestic violence was one the most significant risk factor to suffering burn injuries contrary to the reported stove and/or cylinder blasts or the perception of *saris* and *dupattas* that are likely to cause burns injuries. Women said that they deliberately reported incidents of homicide and suicide as accidents as they did not want any police investigation lest their partners are arrested. Even those who reported suicide did not mention domestic violence to the hospital or police.

Of those who survived the burns, the support of natal families was pivotal in completing the treatment and follow up. The completion of treatment for burns, which is a long process, requiring several follow up visits for surgeries and physiotherapy is gendered. Women who survive are less likely to access the necessary services thus pushing them into closed spaces and living in seclusion from public gaze and glare.

The specialized centres provided services such as special diet, physiotherapy and counseling. While one was on payment the other provided it free. Even where it was free, the follow up by women was low. The long term impact of burns as shared by the three survivors makes it imperative for general hospitals to also provide these services so that women are able to easily access them.

5 CONCLUSION

The medical literature reports on high incidence of burns deaths in young women as being due to kitchen accidents. The empirical work done here brings into question the recording of all burn injuries as "kitchen accidents" through the study of

perspectives of women patients/their families. The studied silence about the actual cause of incident, investigation and documentation in cases of burns injuries and/or deaths in women is catastrophic. This poses a big challenge in comprehensive understanding of the issue hindering the development of any systematic approach to burns prevention and response. If burns injuries amongst women are largely suicidal or homicidal in nature due to domestic violence, then the prevention efforts will have to address different issues such as domestic violence, dowry, and suicide prevention and also set up services for responding to domestic violence.

Hospitals and health professionals too perceive it as a private matter that they should not get into. In fact there is a systemic avoidance/reluctance to enquire into the cause of injury for women which is further compounded by a tendency to trivialize the matter. Strategies for routine screening to identify violence at an earlier stage need to be put in place to enable women to receive counselling services so that they can resist and stop violence in their lives. The role of primary prevention strategies including awareness on the issue of domestic violence, changing existing beliefs that domestic violence is normal and integral part of families also needs to be examined.

ACKNOWLEDGEMENT

This is based on study under the guidance of Prof Lakshmi Lingam and members of the advisory committee- Prof Padmini Swaminathan and Prof U Vindhya.

REFERENCES

- [1] Gupta JL, Makhija LK, Bajaj SP. National programme for prevention of burn injuries. *Indian J Plast Surg.* 2010;43:S6–10. [PMC free article] [PubMed]
- [2] World report on violence and health Edited by Etienne G. Krug, Linda L. Dahlberg, James A. Mercy, Anthony B. Zwi and Rafael Lozano, WHO 2002
- [3] Sanghavi P, Bhalla K, Das V; (2009) Fire-related deaths in India in 2001: a retrospective analysis of data, *Lancet*, 373
- [4] Parry A, Ashraf M, Sharma R, Saraf R, A Study of 2230 Burn Patients Over a Period of 17 Years in a Regional Burn Unit, Department of Surgery, Government Medical College, Jammu, 2015
- [5] Shinde AB, Keoliya AN, Socio-demographic characteristics of burn deaths in rural India, *International Journal of healthcare and biomedical research*, Volume 1, issue 3, April 2013, Pages 227-233
- [6] Ambade, V. N. and Godbole, H. V. (2006). Study of burn deaths in Nagpur, central India. *Burns*, 32(7), 902-908.
- [7] Ahuja, R. B. and Bhattacharya, S. (2002). An analysis of 11,196 burn admissions and evaluation of conservative management techniques. *Burns*, 28(6), 555-561.
- [8] Singh, D.; Singh, A.; Sharma, A. K. and Sodhi, L. (1998), Burn mortality in Chandigarh zone: 25 years autopsy experience from a tertiary care hospital of India. *Burns*, 24(2), 150-156.
- [9] Bhate-Deosthali P, The invisible face of burns in India, *Current Medicine Research and Practice* (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmrp.2015.03.004>
- [10] Sharma, B. R.; Dasari, Harish; Sharma, V. and Vij, K, Kitchen accidents vis-a-vis dowry death, *Burns*, 2002, 28(3), 250-253
- [11] Rao NKG, Study of fatal female burns in Manipal, *Journal of Forensic Medicine and Toxicology* 1997, V(2):57–9.
- [12] Jutla, R. K. and Heimbach, D, Love burns: An essay about bride burning in India, *The Journal of Burn Care & Rehabilitation*, 2004, 25(2), 165-170.
- [13] Agnihotri A, The Epidemiologic study of dowry deaths cases, special reference to cases in the Allahabad zone, *Internet Journal of Forensic Medicine and Toxicology*, 2002 1-16
- [14] Rao AV et al, One hundred female burns cases; A study of suicidology, *Indian J Psychiatry*, 1989, 31(1); 43-50
- [15] CEHAT, 2014, Burns Injuries amongst women: Investigating medical vs counsellors' records, (Unpublished)
- [16] Belur J, Tilley N, Daruwalla N, Kumar M, Tiwari V, Osrin D, 2014, The social construction of 'dowry deaths' *Social Science & Medicine* 119
- [17] Fernandes Donna, Investigating kitchen accidents, in *Daughters of Fire, Speaking Pain; Seeking Justice Sustaining resistance*, Streelekha Publications, 2011.

Caractéristiques géochimiques des eaux de surface dans un environnement agricole : cas des bassins versants de la Gascogne (Région Midi Pyrénées, S-W de la France)

[Geochemical characteristics of surface waters in an agricultural environment: Case of Gascogne catchments (Midi Pyrénées Region, S-W France)]

Yao M. N'guessan¹, Ted E. Wango¹, Kouassi L. Adopo¹, Jean Luc Probst², and Anne Probst²

¹Département des Géosciences Marines, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Félix Houphouët-Boigny, Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

²Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle et Environnement (EcoLab), ENSAT, INPT, UPS, Université de Toulouse, Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Toulouse, France

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

ABSTRACT: The Gascogne region, located in the South West of France, is cultivated at more than 75% of its area. To evaluate the impact of anthropogenic activities on the river quality in this region, 75 samples of river waters were collected. Major elements, DOC, silica and pH were analyzed in the dissolved fraction of these samples. The results show that the geochemical composition of the Gascogne rivers, generally reflects regional lithological characteristics. However, at some locations, very highly cultivated, these lithological contributions are accentuated by the agricultural activities. Only Cl^- , Na^+ , DOC and to a lesser degree SO_4^{2-} are influenced by the urban activities, in particular around major cities. The Gascogne rivers are characterized by an alkaline pH (pH-7.47, pH-8.11). The most abundant ions in these surface water are HCO_3^- and Ca^{2+} . These two elements represent about 70% of Total Dissolved Salts (TDS) and have concentrations going respectively from 0.61 to 6.55 meq.l^{-1} and from 0.74 to 6.25 meq.l^{-1} . The Na^+ , Cl^- and Mg^{2+} contents, respectively vary from 0.14 to 3.24 meq.l^{-1} , from 0.17 to 5.23 meq.l^{-1} and from 0.14 to 2.62 meq.l^{-1} . The less abundant elements (K^+ , NO_3^- and SO_4^{2-}) have values less than 1.5 meq.l^{-1} . The DOC concentrations are between 1.04 mg.l^{-1} and 7.96 mg.l^{-1} . Those of the silica range from 1.29 to 5.87 mg.l^{-1} , with 2.87 mg.l^{-1} like average.

KEYWORDS: Major elements; DOC; Gascogne; dissolved fraction; agricultural activities; rivers.

RESUME: La région de la Gascogne, située dans le Sud-Ouest de la France, est une région marquée par une forte activité agricole, avec plus de 75% de terres cultivées. Pour évaluer l'impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux de surface drainant cette région, 75 échantillons d'eau de rivières ont été prélevés. Les éléments majeurs, le COD, la silice et le pH ont été mesurés dans la phase dissoute de ces échantillons. Les résultats obtenus montrent que la composition géochimique des cours d'eau de la Gascogne, reflète globalement les caractéristiques lithologiques régionales. Cependant à certains endroits, très fortement cultivés, ces apports lithologiques sont accentués par les activités agricoles. Seuls Cl^- , Na^+ , COD et à un degré moindre SO_4^{2-} , sont influencés par les activités urbaines, plus particulièrement aux abords des grandes agglomérations. Les eaux de surface de la Gascogne sont marquées par un pH alcalin (pH-7,47, pH-8,11). Les ions dominants dans ces eaux de surface sont HCO_3^- et Ca^{2+} . Ces deux éléments représentent environ 70% du total des sels dissous (TDS) et présentent des concentrations évoluant respectivement de 0,61 à 6,55 meq.l^{-1} et de 0,74 à 6,25 meq.l^{-1} . Les teneurs Na^+ , Cl^- et Mg^{2+} , varient respectivement de 0,14 à 3,24 meq.l^{-1} , de 0,17 à 5,23 meq.l^{-1} et de 0,14 à 2,62 meq.l^{-1} . Les éléments les moins abondants (K^+ , NO_3^- et SO_4^{2-}), ont des teneurs inférieures à 1,5 meq.l^{-1} . Les concentrations en COD sont comprises entre 1,04 mg.l^{-1} et 7,96 mg.l^{-1} . Celles de la silice varient de 1,29 à 5,87 mg.l^{-1} avec une moyenne de 2,87 mg.l^{-1} .

MOTS-CLEFS: Eléments majeurs ; COD ; Gascogne ; phase dissoute ; activités agricoles ; rivières.

1 INTRODUCTION

Dans les systèmes naturels, les cours d'eau mobilisent les produits de l'érosion mécanique et chimique, les transportent et les redistribuent dans l'environnement [1]. On distingue généralement la matière particulaire de la matière dissoute dans les systèmes aquatiques. La phase dissoute regroupe l'ensemble des espèces dissoutes dont la taille est inférieure à $0,45 \mu\text{m}$. Cette phase dissoute contient, en générale, une grande variété d'éléments chimiques parmi lesquels, les ions majeurs : le calcium (Ca^{2+}), le sodium (Na^+), le magnésium (Mg^{2+}), le potassium (K^+), les carbonates (CO_3^{2-}), les bicarbonates (HCO_3^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les chlorures (Cl^-). Ces éléments sont généralement présents en quantité appréciable, allant du mg.l^{-1} au g.l^{-1} , avec pour ordre d'abondance: cations: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$; anions : $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ [2]. Les éléments nutritifs, indispensables à la production végétale, présentent des concentrations généralement plus faibles que celles des éléments majeurs (comprise entre le $\mu\text{g.l}^{-1}$ et le mg.l^{-1}) : azote (sous forme d'ammoniac, nitrites, nitrates), phosphore (sous forme de phosphates) et silice (sous forme SiO_2 ou H_4SiO_4). On y trouve également des gaz dissous dont les teneurs sont proportionnelles à la pression partielle de chaque gaz, et inversement proportionnelles à la température : l'azote (N_2), le dioxyde de carbone (CO_2), le dioxygène (O_2), et également le méthane (CH_4). La phase dissoute renferme de nombreux ligands organiques issus généralement d'activités biologiques. On y distingue des acides organiques de faible taille comme les acides aminés, l'acide acétique, le phénol, mais aussi des ligands macromoléculaires comme les acides humiques et les acides fulviques. Depuis quelques décennies, à ces composés organiques naturels, s'ajoute de nombreux composés organiques synthétiques issus des activités anthropiques (micropolluants). Enfin ce compartiment aquatique renferme également des éléments traces dont les teneurs sont généralement faibles par rapport aux sédiments de fond et varient du ng.l^{-1} au $\mu\text{g.l}^{-1}$. Dans ces environnements aquatiques, 99% de la matière minérale dissoute est composée des éléments majeurs suivants : SiO_2 , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- et HCO_3^- [3], [4].

Selon [5], la charge en éléments dissous d'un cours d'eau dépend des caractéristiques lithologiques du bassin versant qui le draine, des activités anthropiques qui s'y déroulent, mais également de la proximité des eaux marines. Les sources naturelles les plus importantes, de matière dissoute dans les fleuves sont les apports atmosphériques, la dégradation de la matière organique terrestre et l'érosion de roches et des sols [6]. Dans les bassins sous forte pressions anthropiques, les changements de la composition chimique des rivières peuvent être imputés aux rejets d'eaux usées [7], [8]. Les activités agricoles sont aussi responsables de l'altération de la qualité des eaux et entraînent une augmentation des concentrations de Cl^- , K^+ , Na^+ , NO_3^- , et SO_4^{2-} [9], [10]. Certains éléments, Cl^- et Na^+ sont très sensibles aux apports marins et salage des routes [11], tandis que d'autres, tels que Ca^{2+} et Mg^{2+} sont généralement dominés par la lithologie ([5]. De plus, des éléments comme SO_4^{2-} , Cl^- et HCO_3^- jouent un rôle primordial dans la complexation des éléments traces dissous [12].

Pour évaluer la prédominance de chacune de ces différentes sources sur la composition géochimique des eaux de surface de la Gascogne, dans le Sud-Ouest de la France, marquée par de fortes activités anthropiques, cinq bassins versants ont été sélectionnés. Il s'agit pour ce travail, (1) de déterminer les teneurs en éléments majeurs des rivières Gascogne, (2) de montrer la variabilité spatio-temporelle des matières dissoutes dans un contexte agricole et carbonaté, et (3) d'identifier l'ensemble des processus naturels et anthropiques qui interviennent dans la mobilisation des éléments majeurs dans ces cours d'eau.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 ZONE D'ETUDE

Les bassins versants de la Gascogne font partie du grand bassin Adour-Garonne ($52\,000 \text{ km}^2$), dans le Sud-Ouest de la France (Figure 1). Cette région, qui couvre une superficie de 4200 km^2 , comprend deux grandes agglomérations, que sont Toulouse à l'Est et Auch à l'Ouest. L'agriculture est la principale activité économique de cette région, avec plus de 75% d'occupation de la surface totale, essentiellement dominée par les cultures céréalières (maïs et blé). Les précipitations, dans la région, varient entre 600 et 750 mm par an. Généralement cette pluviométrie connaît, pendant l'année, trois maxima: janvier, mai et octobre. La température moyenne annuelle est comprise entre 12 et 13°C , avec janvier comme mois le plus froid (moyenne varie entre 5 et 6°C) et août comme mois le plus chaud (moyenne comprise entre 20 et 21°C).

Cette région est soumise à un climat instable qui peut provoquer une grande irrégularité des débits moyens annuels des rivières. Les influences océaniques peuvent provoquer d'importantes crues en hiver et les influences méditerranéennes provoquent en général chaque année, une sécheresse estivale et un étiage prolongé des cours d'eau des plaines [13]. Comparée aux Pyrénées et au Massif Central, la Gascogne présente des altitudes plutôt faibles, n'excédant pas 500 m. Le réseau hydrographique de la zone étudiée est constitué par un grand collecteur, la Garonne qui est le troisième fleuve français en termes de débit ($630 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$). Ce fleuve, qui traverse six départements du Sud-Ouest de la France (Haute-Garonne, Hautes-Pyrénées, Tarn-et-Garonne, Lot-et-Garonne et Gironde), reçoit, sur sa rive gauche les eaux de six principaux affluents

(Lourge, Touch, Save, Gimone, Gers et Baïse), tous issus du plateau de Lannemezan. Sur sa rive droite, la Garonne reçoit les apports fluviaux de la Lèze, principal affluent de ce côté, également issue du piedmont pyrénéen.

Selon [14], les formations géologiques rencontrées dans cette région de la Gascogne sont des roches sédimentaires dont la mise en place a débuté à l'Eocène suite à l'émersion de la partie orientale du bassin d'aquitaine. On retrouve généralement deux grands ensembles de roches sédimentaires : les dépôts molassiques du tertiaire et les formations alluviales du quaternaire. Les sols caractéristiques de ces deux formations géologiques sont appelés respectivement « Terreforts » et « Boulbènes ». Les Terreforts sont des sols globalement argileux, calcaires ou calciques. Ces sols présentent une grande dispersion régionale avec une dominance au centre de la région, mais également au Nord, au Nord-ouest (dans la région d'Auch) et au Sud-Est. Les Boulbènes, quant à eux sont localisées aux abords des rivières, en zone inondable ou non, principalement sur les rives gauches de la Garonne et des rivières du plateau de Lannemezan. Ils se caractérisent par une faible perméabilité et par un horizon de surface limoneux, recouvrant des horizons argileux ou argilo-caillouteux. Ce sont des sols hydromorphes et lessivés.

Comparée à d'autres bassins versants en Europe, en dehors des régions montagneuses tels que le Rhône ($318 \text{ t.km}^{-2}.\text{an}^{-1}$), la Gascogne présente une érosion relativement élevée du fait des pratiques culturales mises en œuvre dans cette région au substrat relativement imperméable et localement affleurant, où nombreuses sont les pentes à valeur forte, et où s'inscrivent des talwegs secondaires qui concentrent les eaux pluviales [13].

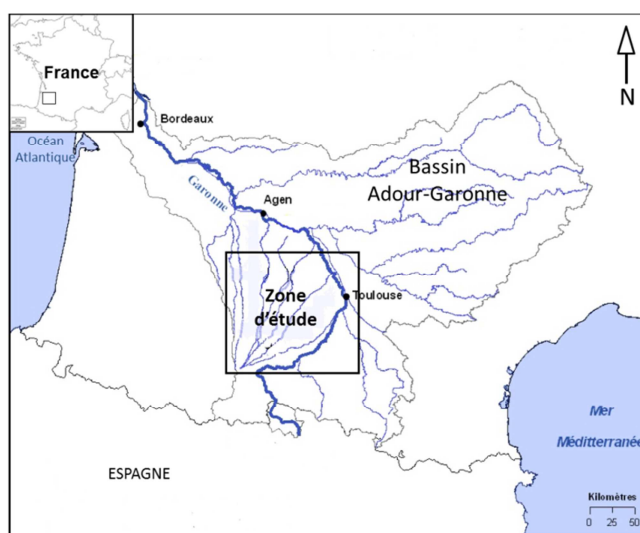


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (bassins versants de la Gascogne)

2.2 PRELEVEMENT ET TRAITEMENT DES ECHANTILLONS

Pour nos travaux, cinq bassins versants ont été sélectionnés: les bassins du Gers et de la Baïse à l'Ouest, le bassin de la Save au centre et les bassins du Touch et de l'Ariège à l'Est de la Gascogne. Dans ces bassins, 25 stations de prélèvement ont été positionnées sur 17 rivières. A chaque point d'échantillonnage, l'eau recueillie (à l'aide d'un sceau) est versée dans des bidons de 2 litres préalablement rincés à l'eau de la rivière. Ceux-ci sont soigneusement fermés et conservés au frais sur le terrain dans une glacière, puis au laboratoire en chambre froide jusqu'à la phase de filtration. Environ 75 échantillons d'eau de rivières ont été prélevés au cours de trois campagnes de prélèvement (Février, Mai et Juillet). Les échantillons d'eau ont donc été filtrés grâce à des filtres MILLIPORE de porosité $0,45 \mu\text{m}$ qui est une barrière internationale permettant de distinguer la phase dissoute ($<0,45 \mu\text{m}$) de la phase particulaire ($>0,45 \mu\text{m}$). Les filtres sont préalablement trempés pendant 3 jours dans du HCl (25%) et abondamment rincés avec de l'eau déminéralisée avant leur emploi. Les filtrats sont ensuite récupérés dans différents piluliers, selon le type d'analyse envisagé. Un traitement à l'acide nitrique bidistillé est réalisé sur les filtrats destinés à la mesure des cations majeurs. Cette acidification est fortement recommandée et permet ainsi d'éviter les précipitations, les phénomènes d'adsorption/désorption à partir des colloïdes, ou d'autres réactions d'ordre biochimique. De même le filtrat destiné à la mesure du COD a subi un traitement à l'acide chlorhydrique pour bloquer l'activité bactérienne. Les échantillons sont conservés entre 3 et 5°C à l'abri de la lumière.

2.3 METHODES ANALYTIQUES

Les analyses chimiques ont été effectuées au Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle (ECOLAB) de Toulouse, pour le dosage des éléments majeurs, et au Laboratoire des Mécanismes et des Transferts en Géologie (LMTG) de Toulouse, pour le reste des analyses. La spectrométrie d'émission optique (ICP-OES) nous a servi de méthode pour le dosage des éléments majeurs des échantillons. Le carbone organique dissous (COD) a été analysé à l'aide de l'appareil SHIMADZU TOC 5000. L'alcalinité des échantillons d'eau a été mesurée par titrage à l'acide chlorhydrique à l'aide d'un titreur automatique (Titrino DMS 716, Metrohm). Deux titrages, l'un avec du HCl=0,0200 mol/l et l'autre à HCl titré à 0,001mol/l, ont été nécessaires pour mesurer respectivement les alcalinités supérieures à 2meq/l et celles inférieures à 2meq/l. Les concentrations en fluorures (F^-), chlorures (Cl^-), bromures (Br^-), nitrates (NO_3^-), phosphates (PO_4^-), et sulfates (SO_4^{2-}) ont été déterminées par chromatographie ionique (H.P.L.C High Performance Liquid Chromatography) Dionex munie d'une colonne AS4a et d'un passeur automatique AS40. La mesure des cations majeurs a été réalisée par spectrométrie de flamme (Perkin Elmer 5100 PC). Les teneurs en cations alcalins (Na^+ , K^+) sont déterminées en mode émission atomique, celles des alcalino-terreux (Ca^{2+} , Mg^{2+}) par absorption atomique. La silice dissoute a été dosée par colorimétrie automatique grâce à un TECHNICON Auto analyseur II.

3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 PH ET ALCALINITE DES EAUX DE LA GASCOGNE

Les eaux de la Gascogne ont globalement un pH alcalin (Figure 2). Les valeurs évoluent de 7,47 (Gez) à 8,11 (SO2) et sont dans la gamme établie par [5] pour les eaux drainant les roches détritiques carbonatées françaises (7,3-8,3).

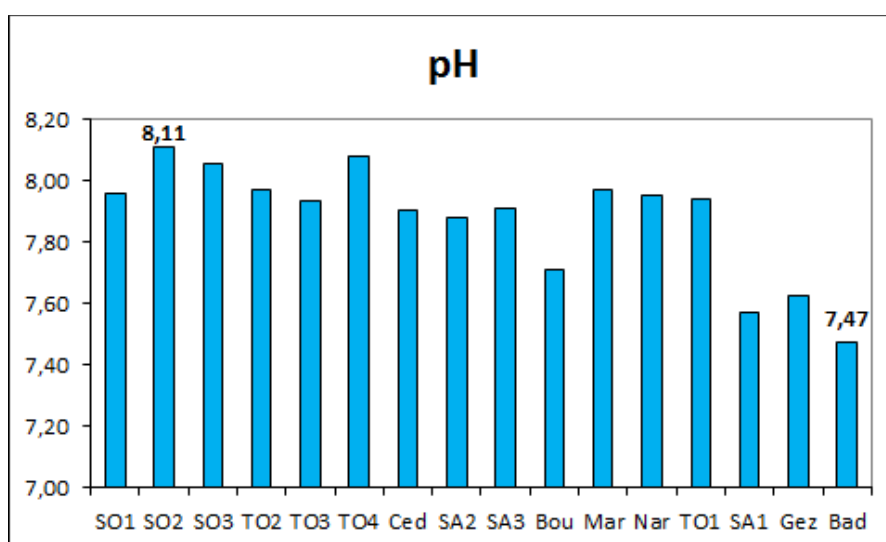


Figure 2 : Variation spatiale du pH dans les cours d'eau de la Gascogne

Cette faible variabilité spatiale de pH (0,64 unité) traduit le pouvoir tampon des eaux de la région. Néanmoins on observe une légère augmentation du pH de l'amont vers l'aval des cours d'eau. Les plus faibles valeurs de pH se trouvent dans la partie Sud-Ouest de la zone d'étude (Gez, Bad et SA1), situés en amont des cours d'eau. La description pédologique de la région [15], montre que cette partie Sud-Ouest du secteur est relativement moins calcaire que l'ensemble de la région. Or selon [14], les sols non calcaires de la région présentent généralement des valeurs de pH moins élevées que les sols calcaires. De plus selon [12], le pH des rivières est contrôlé par le pouvoir tampon des eaux, en particulier par CO_3^{2-} et HCO_3^- . Aussi selon [16], la forte fertilisation azotée pratiquée sur le bassin de la Garonne contribue à augmenter les taux d'érosion chimique en favorisant la dissolution des carbonates ce qui a pour conséquence directe de rendre les eaux plus basiques.

L'alcalinité (capacité de neutralisation des acides) des eaux de surface de la Gascogne varie de 46,77 mg/l à 399,55 mg/l et présente, comme l'ont observé d'autres auteurs [17], [5], une bonne relation avec le pH ($r^2=0,67$).

3.2 LES TENEURS EN ELEMENTS MAJEURS

Les résultats des analyses en cations et anions majeurs des échantillons, résumés dans le tableau 1 et sur la figure 3, montrent que les cours d'eau de la Gascogne sont en moyenne dominés par les bicarbonates (HCO_3^-) et le calcium (Ca^{2+}). Les concentrations de ces deux éléments évoluent respectivement de 0,61 à 6,55 meq.l^{-1} et de 0,74 à 6,25 meq.l^{-1} , et représentent un peu plus de 70% du total des sels dissous (TDS).

Les teneurs en sodium (Na^+), chlorures (Cl^-) et magnésium (Mg^{2+}), en moyenne 3 à 5 fois inférieures à celles de Ca^{2+} et HCO_3^- , varient respectivement de 0,14 à 3,24 meq.l^{-1} , de 0,17 à 5,23 meq.l^{-1} et de 0,14 à 2,62 meq.l^{-1} .

Tableau 1 : Composition chimique moyenne des cours d'eau de la Gascogne.

Cations majeurs (meq.l^{-1})	Min	Max	Moy
Na^+	0,14	3,24	0,64
K^+	0,01	0,15	0,05
Ca^{2+}	0,74	6,25	3,89
Mg^{2+}	0,14	2,62	0,84
Anions majeurs (meq.l^{-1})			
HCO_3^-	0,61	6,55	3,62
Cl^-	0,17	5,23	1,00
NO_3^-	0,08	1,04	0,38
SO_4^-	0,08	0,84	0,43
BI (meq.l^{-1})	-1,54	0,61	-0,02
TDS (mg.l^{-1})	71,61	927,63	405,24
Σ^+ (meq.l^{-1})	1,08	9,38	5,55
$\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$	2,16	17,66	7,20

TDS= Totale des sels dissous ; BI= Balance ionique ; Mini= minimum ; Max= maximum ; Moy= moyenne.

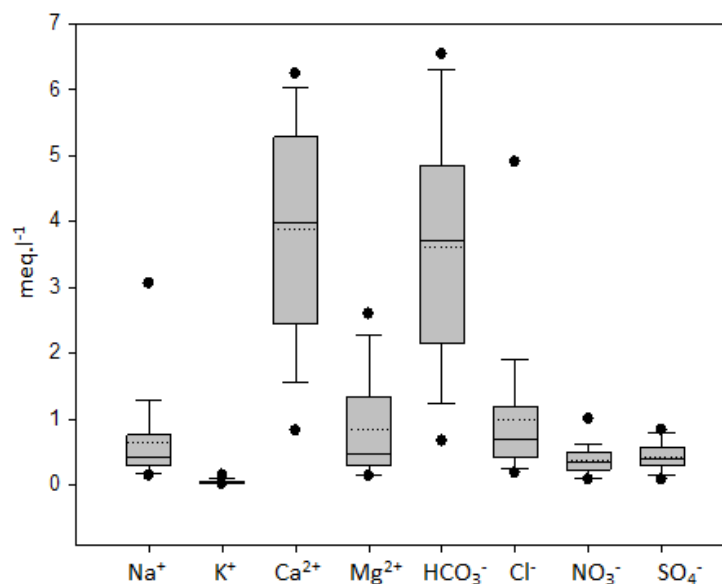


Figure 3 : Gamme de variation des concentrations en cations et anions majeurs dans les eaux de la Gascogne

Les rectangles gris s'étendent du plus bas quartile (25%) au plus haut quartile (75%), et couvre les valeurs de la médiane (trait plein) et de la moyenne (trait pointillé) ; les points noirs au-dessus et en dessous de la boîte indiquent 90th et 10th percentiles. Les barres verticales représentent les barres d'erreurs.

Les éléments les moins abondants (K^+ , NO_3^- et SO_4^-), ont des teneurs inférieures à 1,5 meq.l^{-1} . Le potassium (K^+) présente des concentrations très faibles, comprises entre 0,01 et 0,15 meq.l^{-1} , tandis que celles de NO_3^- et SO_4^- varient respectivement

de 0,08 à 1,04 meq.l⁻¹ et de 0,08 à 0,84 meq.l⁻¹. Les faibles valeurs du potassium dans les eaux de la région, sont liées au fait que K⁺ est un élément fortement retenu au niveau du sol [18] et sélectivement adsorbé par les minéraux argileux comme les illites et les vermiculites [19]. De plus [14] indique que les cations monovalents, tel que K⁺, ne constituent qu'une faible part (inférieure à 5%) de l'ensemble des cations échangeables des sols de la région. Selon [5], les minéraux argileux qui fournissent majoritairement le potassium lors de leur altération sont les illites. Or parmi les minéraux argileux des sols formés sur les molasses de la région, les plus abondants sont les smectites [20], [14].

La somme des cations ($\Sigma^+ = 5,41 \text{ meq.l}^{-1}$) recourent les valeurs établies par [5] pour les eaux de surfaces en milieu tempéré où l'influence de la dissolution des minéraux carbonatés est dominante ($1 < \Sigma^+ < 6,5 \text{ meq.l}^{-1}$). Toutefois ces eaux de la Gascogne ne correspondent pas à celles des carbonates dolomités. En effet le rapport $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ (7,20) des échantillons analysés est supérieur à la limite ($\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+} = 5$) établie pour les eaux drainant les calcaires dolomités des petits bassins versant non pollués de France [5]. Selon [5], les minéraux silicatés et alumino-silicatés, les calcites magnésiennes et dolomites, les sulfates et chlorures magnésiens, à l'origine du magnésium dans la nature, sont plus rares et/ou moins altérables et solubles que les minéraux calciques. Ainsi le magnésium n'est supérieur au calcium que dans les eaux drainant les granites, gneiss et micaschistes, une partie des basaltes, les péridotites et serpentinites, les schistes houillers, quelques grès et certaines évaporites. Les eaux de la région correspondent plutôt à celles des roches détritiques carbonatées qui présentent généralement un rapport $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ compris entre 4 et 50 [5].

Ces résultats confortent d'une part ceux de [14] qui soulignent la présence en quantité importante de la calcite dans la région, et d'autre part ceux de [21] qui indiquent la rareté de la dolomite et de la magnésite dans cette zone.

Le rapport Na^+/Cl^- des eaux de rivières de la Gascogne (Figure 4) diffèrent très nettement de celui des eaux de pluie dans les Pyrénées Atlantiques, dans l'Aude [22], au-dessus de Toulouse [23] et de la moyenne des eaux de mer [5]. Ces résultats traduisent qu'en dehors des eaux de pluie, d'autres sources alimentent de façon plus ou moins significative les cours d'eau gascons en chlorures, comparés au sodium.

De façon générale les concentrations des éléments majeurs dissous des cours d'eau gascons varient peu d'une saison à l'autre (Figure 5). Toutefois, on note des valeurs relativement élevées en hiver (Février). Ceci peut s'expliquer par l'action des eaux de ruissellement et d'infiltration, plus importantes durant cette période où la pluviométrie est abondante, et qui a tendance à occasionner une plus grande dissolution des minéraux.

A la vue de ces résultats, nous pouvons estimer que les ions majeurs des cours d'eau de la Gascogne sont issus des apports naturels et probablement d'action anthropique. Pour s'assurer de ces hypothèses, nous avons étudié la variabilité spatiale des différentes concentrations mesurées, mais également identifié les relations entre les éléments majeurs d'une part et entre la nature des stations et les teneurs d'autre part.

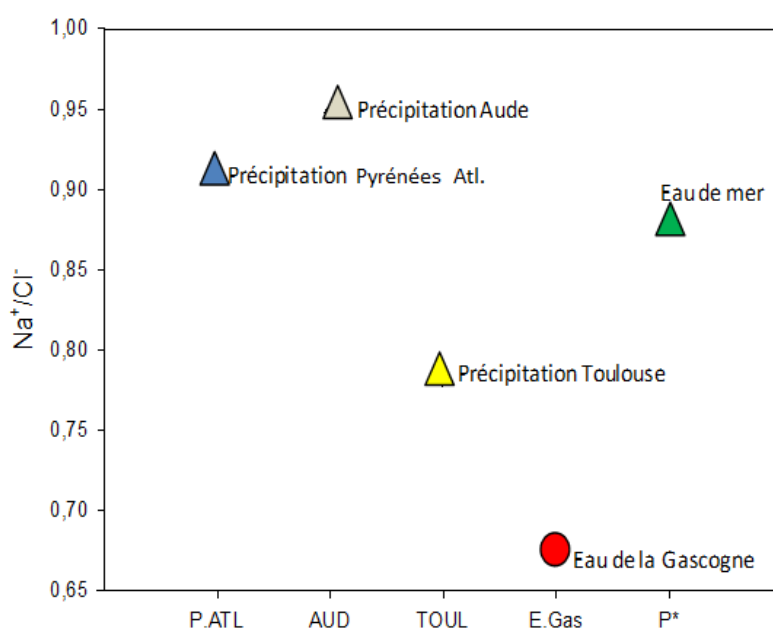


Figure 4 : Comparaison de Na^+/Cl^- des précipitations de différents endroits de la France avec celui des eaux de rivière de la Gascogne. Eau de Mer [5]; Précipitation Toulouse [23]

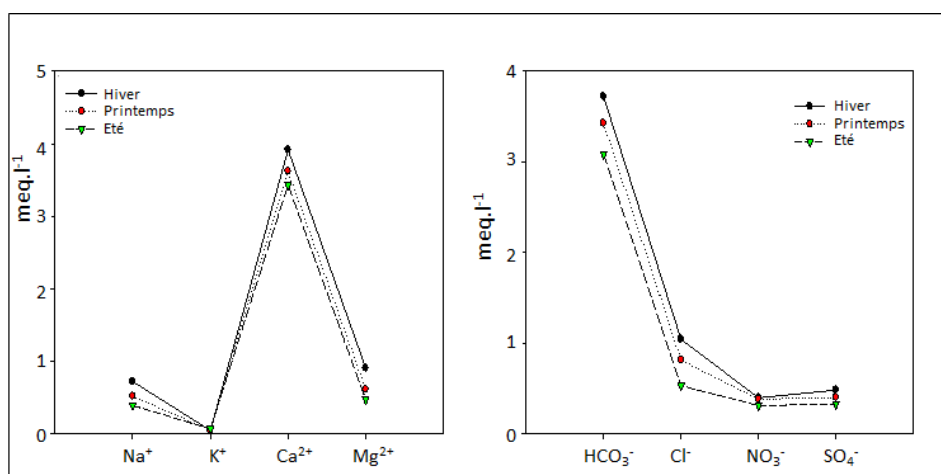


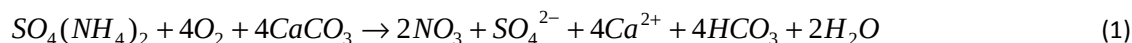
Figure 5 : Variation saisonnière des cations et anions majeurs des eaux de la Gascogne

3.3 VARIABILITE SPATIALE DES ELEMENTS MAJEURS

La distribution spatiale des éléments majeurs de la phase dissoute (Figure 6) met en exergue deux couples d'ions (Cl⁻ - Na⁺ et Ca²⁺ - HCO₃⁻) caractérisés par des courbes d'évolution semblables. Le premier groupe (Cl⁻ - Na⁺) montrent des profils relativement plats, avec des pics au niveau des stations «Bou» et «Red». D'autres stations («Mar» et «Vem») indiquent également des teneurs relativement élevées en ces deux ions. Quant au deuxième groupe, bicarbonate (HCO₃⁻) et calcium (Ca²⁺), les courbes d'évolution se présentent plutôt en dent de scie avec de très faibles valeurs dans la partie Sud-Ouest au niveau des stations «Gez», «Bad» et «SA1». Les échantillons prélevés à «Vem», ainsi qu'à «Aur» et «Mar» (dans le Nord-Est de la région) présentent par contre les plus fortes concentrations pour ces deux éléments.

Le magnésium, comme les deux éléments précédent, est très fortement concentré dans les eaux de «Vem», «Aur» et «Mar». Ses plus faibles teneurs se trouvent dans le Sud-Ouest à «Gez», «Bad» et «SA1». Les concentrations en NO₃⁻ sont très largement dominées par celle de «Aur». Ses plus faibles teneurs sont localisées à «Red» et «Bou», contrairement à Cl⁻ et Na⁺. Les valeurs de SO₄⁻ sont plus faibles dans le Sud-Est (Gez, Bad et SA1) et plus élevées dans le Nord-Ouest (Aur, Bou et Mar). La station «Sim» présente également des teneurs relativement importantes.

Cette description identifie 4 éléments (Mg⁺, Ca²⁺, SO₄²⁻ et HCO₃⁻) dont les distributions respectent, plus ou moins, les disparités lithogéniques de la région, avec des concentrations très faibles dans le Sud-Ouest et des valeurs relativement élevées dans les autres secteurs de la région. Les bicarbonates et le calcium sont très fortement associés (Tableau 2) et leurs teneurs semblent être influencées par les activités agricoles, notamment à «Mar», «Aur» et «Vem» où les surfaces sont très cultivées. De plus ces stations indiquent de fortes concentrations en SO₄²⁻ et NO₃⁻, confortant ainsi cette hypothèse. En effet [13] et [16] montrent par leurs travaux que les engrais azotés, notamment les sulfates d'ammonium SO₄(NH₄)₂, ont une influence majeure sur la dissolution des carbonates présents dans les sols grâce à la réaction suivante :



Aussi récemment [24] ont montré, dans la même région de la Gascogne, que la perte en alcalinité des rivières était liée à la substitution de l'acide carbonique (issu de l'érosion naturelle) par les protons produits par nitrification des engrais azotés durant la dissolution des carbonates.

Les fortes concentrations en Cl⁻ et Na⁺ observées au niveau des stations «Red» et «Bou» traduisent probablement des actions anthropiques sur la distribution de ces deux éléments dans les eaux de la région. En effet la station «Bou» est situé non loin de Toulouse, qui est la plus grande agglomération de la région. Il apparaît donc clairement que les précipitations au-dessus de Toulouse et ses environs sont fortement marquées par les panaches anthropiques. Selon [25], les concentrations des éléments contrôlées par la précipitation, notamment les chlorures, augmentent lorsque le bassin versant se trouve à proximité d'une zone urbaine. De plus le couvert végétal (forêt de Bouconne) de cette station, lui offre une plus grande capacité à capter les particules atmosphériques, et donc à avoir des concentrations plus élevées en chlorures et sodium. Aussi la station «Red» située dans les environs de la ville de Rieumes présente des valeurs relativement élevées en chlorures

et en sodium dont la provenance pourrait être attribuée aux effluents domestiques. Enfin les concentrations en Na^+ et Cl^- des eaux de la région semblent également être influencées par les activités agricoles car, les stations «Vem», «Mar» et «Aur» (qui sont marquées par une forte activité agricole) présentent des teneurs relativement élevées, particulièrement en chlorures.



Figure 6 : Variabilité spatiale des cations et anions majeurs dans les cours d'eau de la Gascogne

Les similitudes observées entre Cl^- et Na^+ se traduisent par un fort coefficient de corrélation ($r^2 = 0,97$) entre ces deux éléments (Tableau 2). On note également des corrélations relativement significatives entre Na^+ et Cl^- d'une part et SO_4^{2-} d'autre part ($r^2 = 0,61$ et $r^2 = 0,57$ respectivement).

La représentation graphique des relations entre Cl^- et les éléments tels que Ca^{2+} , HCO_3^- , Mg^{2+} et NO_3^- , souligne la particularité des stations, «Red» et «Bou», qui se démarquent de l'ensemble des autres stations (Figure 7). Ces résultats expliquent les très faibles valeurs de r^2 obtenues entre Cl^- (mais également Na^+) et les autres éléments majeurs lorsque les relations sont établies en tenant compte de toutes les stations (Tableau 2). En effet lorsqu'on isole «Red» et «Bou» ces relations deviennent plus ou moins significatives ($r^2 > 0,5$). Cela signifie qu'en dehors de ces deux stations, Na^+ et Cl^- observent des comportements semblables aux autres éléments.

Tableau 2 : Coefficient de corrélation (r^2 ; $n=25$; $p<0,001$) entre les éléments majeurs de la phase dissoute

	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
Na^+	1	0,07	0,13	0,42	0,01	0,97	-0,09	0,61
K^+		1	-0,08	-0,41	-0,20	0,08	-0,06	-0,22
Ca^{2+}			1	0,62	0,95	0,21	0,67	0,62
Mg^{2+}				1	0,68	0,41	0,30	0,67
HCO_3^-					1	0,12	0,55	0,55
Cl^-						1	-0,10	0,57
NO_3^-							1	0,56
SO_4^{2-}								1

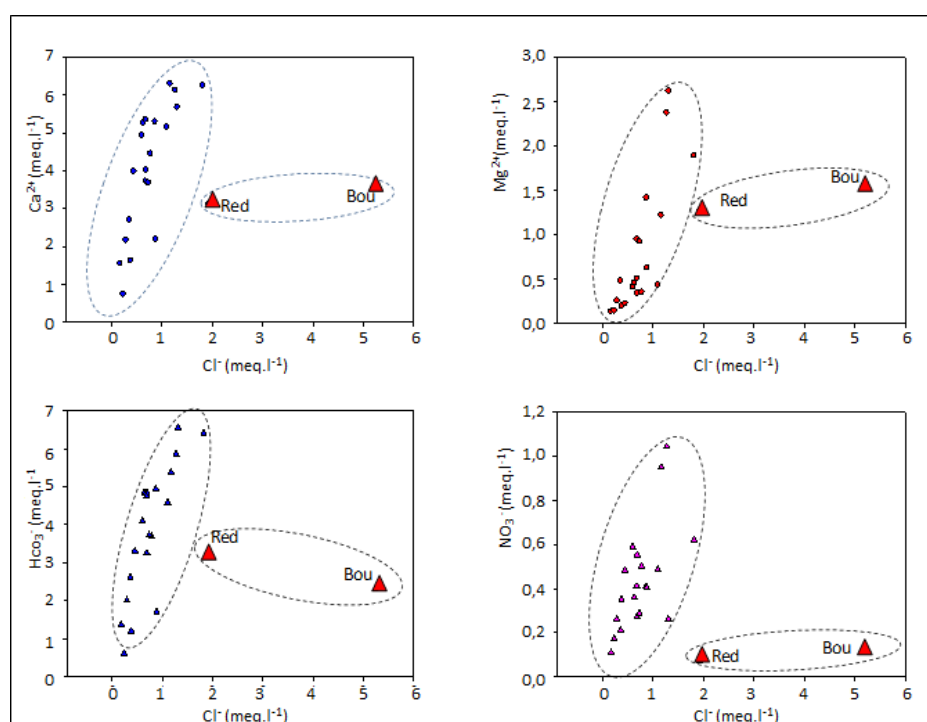


Figure 7 : Représentation graphique des relations entre Cl^- et les autres éléments majeurs (Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- et NO_3^-)

3.4 LE CARBONE ORGANIQUE DISSOUS ET LA SILICE

La teneur moyenne en carbone organique dissous (COD) des eaux des rivières de Gascogne est de 2,54 mg.l⁻¹. Cette moyenne est très proche de celle établie (2,8 mg.l⁻¹) par [5] pour les eaux drainant les bassins versants faiblement ou non pollués de France. Les concentrations sont cependant très variables d'une station à une autre, allant de 1,04 mg.l⁻¹ à plus de 7,96 mg.l⁻¹ (Figure 8). Selon [5], les causes directes de la variabilité en COD d'un bassin versant à l'autre est assez complexe. En effet le type de sol, l'intensité du drainage, la nature de la végétation du bassin, la situation de prélèvement par rapport

aux crues, la présence de marais et de tourbières dans le bassin, etc., sont autant de paramètres qui peuvent influencer la teneur en COD des eaux de surface.

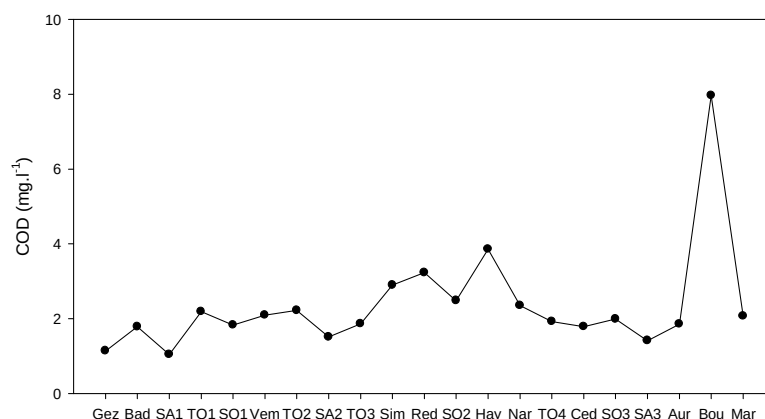


Figure 8 : Evolution spatiale des teneurs moyennes en COD dans les eaux de la Gascogne

L'établissement des relations entre le COD et les éléments majeurs montre des coefficients de corrélation assez significatifs pour deux éléments, Cl^- ($r^2=0,92$) et Na^+ ($r^2=0,91$). Les autres éléments majeurs ont des valeurs de $r^2 < 0,46$ (Tableau 3). Cette bonne relation entre ces trois constituants de la phase dissoute (COD, Cl^- et Na^+) est largement influencée par les stations «Red» et «Bou». En effet lorsqu'on isole ces deux stations (Figure 9), ces relations deviennent moins significatives ($r^2=0,46$ et $r^2=0,50$). Aussi on s'aperçoit, dans ces nouvelles relations, que trois stations (Vem, Aur et Mar) se démarquent et créent une plus grande dispersion des points, induisant ainsi des relations relativement faibles. Lorsqu'on isole également ses trois stations, les valeurs des coefficients de corrélations entre COD et tous les éléments (Tableau 3) deviennent plus ou moins significatives ($r^2 > 0,50$). Ces résultats soulignent :

- d'une part, l'action majeure des activités urbaines sur les teneurs en COD dans les échantillons situés à proximité des villes. Ces apports urbains expliquent les fortes anomalies en COD, Cl^- et Na^+ observées au niveau de «Red» et surtout de «Bou», qui sont localisés aux périphériques des communes de Toulouse et Rieumes. L'auteur [26] a observé dans les canaux usiniers de Cernay dans le bassin versant de la Thur, des concentrations en COD environ 10 fois supérieure à la moyenne du bassin ;
- d'autre part, l'action peu significative des activités agricoles sur les teneurs en COD des eaux de la région. Ceci explique les teneurs en COD relativement faibles dans les échantillons prélevés à «Aur», «Vem» et «Mar». En dehors des stations où les actions anthropiques sont importantes, le COD et les éléments majeurs présentent une bien meilleure corrélation. Ceci traduit probablement l'action dominante des processus pédogénétiques dans les teneurs en COD des échantillons prélevés à ces endroits.

La silice est faiblement concentrée dans les eaux de la Gascogne. Ses teneurs varient de 1,29 à 5,87 mg.l^{-1} avec une moyenne de 2,87 mg.l^{-1} . Les faibles teneurs en silice observées, sont liées au fait que la silice provient essentiellement de l'altération des minéraux silicatés [27], et qui de plus sont peu solubles et peu altérables [5].

Tableau 3 : Coefficient de corrélation (r^2 , $n=20$; $p<0,005$) entre COD et éléments majeurs des échantillons d'eau.

COD		Na^+	Ca^{2+}	HCO_3^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^-
	Tous les échantillons	0,91	0,12	-0,02	0,92	-0,18	0,46
	Sans Bou, Red, Mar, Vem et Aur	0,64	0,55	0,50	0,87	0,62	0,50

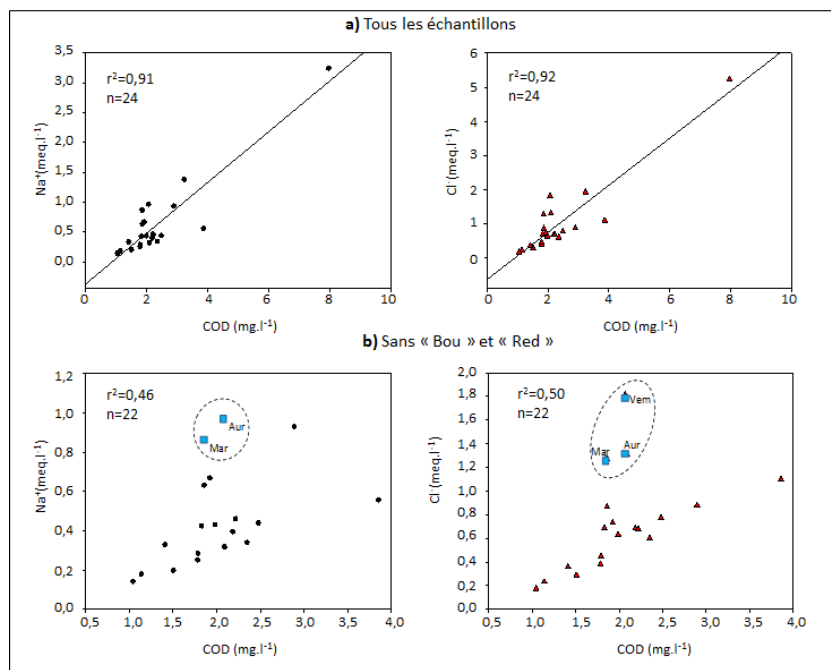


Figure 9 : Relations entre COD et les éléments majeurs, Cl⁻ (à droite) et Na⁺ (à gauche). a) pour tous les échantillons ; b) sans les stations « Bou » et « Red »

4 CONCLUSION

Le pH des cours d'eau de la Gascogne varie très peu, avec des valeurs évoluant de 7,47 à 8,11. Cette faible variabilité de pH (0,64 unité) traduit le pouvoir tampon des eaux de la région. Les valeurs de ces pH, sont liées à la nature lithologique de la région (roche plus ou moins carbonatée), plutôt qu'à une quelconque action anthropique. L'alcalinité des eaux de surface de la Gascogne varie de 46,77 mg/l à 399,55 mg/l et présente de bonnes relations avec le pH ($r^2=0,67$).

Les ions dominants dans ces eaux de surface sont HCO_3^- et Ca^{2+} . Ils représentent environ 70% du total des sels dissous (TDS) et présentent des concentrations évoluant respectivement de 0,61 à 6,55 meq.l⁻¹ et de 0,74 à 6,25 meq.l⁻¹. Ces deux ions observent des évolutions identiques à l'échelle de la région, et présentent des teneurs largement dominées par les apports lithogéniques. Toutefois, dans les zones fortement cultivées, ces apports naturels sont accentués, probablement par l'action des fertilisants azotés.

Les teneurs en sodium (Na^+), chlorures (Cl^-) et magnésium (Mg^{2+}), en moyenne 3 à 5 fois inférieures à celles de Ca^{2+} et HCO_3^- , varient respectivement de 0,14 à 3,24 meq.l⁻¹, de 0,17 à 5,23 meq.l⁻¹ et de 0,14 à 2,62 meq.l⁻¹. Les chlorures (Cl^-) et le sodium (Na^+) présentent une très forte association ($r^2=0,97$). L'impact des rejets urbains sur leurs concentrations est très significatif aux abords des zones urbaines. Les activités agricoles semblent également affecter les teneurs de ces deux ions (notamment Cl^-) dans les cours d'eau de la région.

Les éléments les moins abondants (K^+ , NO_3^- et SO_4^{2-}), ont des teneurs inférieures à 1,5 meq.l⁻¹. Le potassium (K^+) présente des concentrations très faibles, comprises entre 0,01 et 0,15 meq.l⁻¹, tandis que celles de NO_3^- et SO_4^{2-} varient respectivement de 0,08 à 1,04 meq.l⁻¹ et de 0,08 à 0,84 meq.l⁻¹. La contribution des apports anthropiques dans ces concentrations est quasi négligeable.

La somme des cations ($\Sigma^+ = 5,41$ meq.l⁻¹) recoupe les valeurs établies pour les eaux de surfaces en milieu tempéré où l'influence de la dissolution des minéraux carbonatés est dominante ($1 < \Sigma^+ < 6,5$ meq.l⁻¹).

De façon générale les concentrations des éléments majeurs dissous des cours d'eau gascons varient peu d'une saisonnière à l'autre. Toutefois, on note des valeurs relativement élevées en hiver.

Quant au carbone organique dissous (COD), les concentrations sont très variables d'une station à une autre, allant de 1,04 mg.l⁻¹ à plus de 7,96 mg.l⁻¹. Ces concentrations sont largement impactées par les activités urbaines, notamment à proximité

des agglomérations. En revanche, contrairement à Cl^- et Na^+ , l'action des activités agricoles sur les teneurs en COD des eaux de la région est moins significative.

La silice est faiblement concentrée dans les eaux de la Gascogne. Les teneurs mesurées varient de 1,29 à 5,87 mg.l^{-1} avec une moyenne de 2,87 mg.l^{-1} . Ces valeurs reflètent les caractéristiques lithologiques régionales.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à l'endroit de toute l'équipe d'analyse géochimique du Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle (ECOLAB) de Toulouse, notamment G. Durbe et A. Alric pour leurs contributions dans l'échantillonnage, ainsi que dans la préparation et l'analyse des échantillons.

Ces travaux de recherche ont été possible grâce au financement FEDER et CPER (Aquitaine et Midi Pyrénées) dans le cadre du projet IMAQUE, au soutien du CNRS dans le cadre de la Zone Atelier Adour Garonne (ZAAG), mais également à une bourse du Gouvernement de Côte d'Ivoire.

REFERENCES

- [1] Allen, P.A., 1997. *Earth Surface Processes*. Blackwell Sciences, 404 p.
- [2] Lévêque, C., 1996. *Ecosystèmes aquatiques*. Hachette, Paris, 159 p.
- [3] Livingstone, D.A., 1963. Chemical composition of rivers and lakes. *Data of geochemistry : U.S. Geol. Survey Prof. Paper* 440, 1-64.
- [4] Meybeck, M., 1979. Major elements contents of river waters and dissolved inputs to the oceans. *Revue de Géologie Dynamique et de Géographie Physique* 21, 215-246.
- [5] Meybeck, M., 1986. Composition chimique des ruisseaux non pollués français. *Sciences Géologiques*: 73.
- [6] Meybeck, M., Helmer, R., 1989. The quality of rivers: from pristine stage to global pollution. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol, Palaeoecol. Global Planet. Change Sect*, 75, 283-309.
- [7] Hayzoun, H., 2014. Caractérisation et quantification de la charge polluante anthropique et industrielle dans le bassin du Sebou. Thèse de doctorat, Université de Toulon, 175p.
- [8] Perrin, J.L., Raïs, N., Chahinian, N., Moulin, P., Ijjaali, M., 2014. Water quality assessment of highly polluted rivers in a semi-arid Mediterranean zone Oued Fez and Sebou River (Morocco). *Journal of Hydrology* 510, 26-34.
- [9] Meybeck, M., 2003. Global occurrence of major elements in rivers. In: Drever, J.I. (Ed.), *Treatise on Geochemistry, Surface and Ground Water, Weathering, and Soils*. Elsevier, pp. 207-223.
- [10] Zia, H., Harris, N.R., Merrett, G.V., Rivers, M., Coles, N., 2013. The impact of agricultural activities on water quality: A case for collaborative catchment-scale management using integrated wireless sensor networks. *Computers and Electronics in Agriculture* 96, 126–138.
- [11] Haubert, M., 1975. Bilan hydrochimique d'un bassin versant de moyenne montagne: la Dranse de Bellevaux, Haute-Savoie. Thèse 3^è cycle, Centre Rech. Géodyn. Thonon-les Bains, 331p.
- [12] Sigg, L., Behra, P., Stumm, W., 2006. *Chimie des milieux aquatiques. Chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement*. 4^e édition, Dunod, Paris, 564 p.
- [13] Probst, J.L., 1983. Hydrologie de la Garonne. Modèle de mélanges-Bilan de l'érosion. Exportation des phosphates et des nitrates. Thèse de doctorat, Toulouse III, 148 p.
- [14] Revel, J.C., 1982. Formation des sols sur marnes. Etude d'une chronoséquence et d'une toposéquence complexe dans le terrefort Toulousain. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 250p.
- [15] N'guessan, Y.M., 2008. Dynamique des éléments traces dans les eaux de surface des bassins versants agricoles de Gascogne. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 212p.
- [16] Semhi, K., Suchet, P.A., Clauder, N., Probst, J.L., 2000. Impact of nitrogen fertilizers on the natural weathering erosion process and fluvial transport in the Garonne basin. *Applied Geochemistry* 15, 865-878.
- [17] Gorham, E., Martin, F.B., Litzau, J.T., 1984. Acid rain: Ionic correlations in the eastern United States, 1980-1981. *Science* 225, 407-409.
- [18] Hem, J.D., 1970. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. *US Geol. Surv. Water Supply Paper* 1473, 363 p.
- [19] Kennedy, V.C., Malcolm, R.L., 1977. Geochemistry of the Mattole River in Northern California. *U.S. Geological Survey*, 78-205.
- [20] Barlier, J.F., 1977. Les sols formés sur molasse dans la région toulousaine. Etude des phénomènes de lessivage et de remaniement. Thèse 3^è cycle, Université Paul Sabatier Toulouse, 107 p.

- [21] Crouzel, F., Meyer, R., 1975. Encroûtements calcaires dans l'Oligo-miocène du Bassin d'Aquitaine. C.R. bull. Soc. Géol. Fr., p. 112-114.
- [22] Gandois, L., 2009. Dynamique et bilan des éléments traces métalliques (ETM) dans des écosystèmes forestiers français. Modélisation, spéciation et charges critiques. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 245p.
- [23] Ferrier, F., 1998. Chimie des précipitations et des aérosols de la ville de Toulouse. Diplôme d'Etude Supérieur Universitaire, Université Paul Sabatier Toulouse III, 84 p.
- [24] Perrin, A.S., Probst, A., Probst, J.L., 2008. Impact of nitrogenous fertilizers on carbonate dissolution in small agricultural catchments: Implications for weathering CO₂ uptake at regional and global scales. *Geochimica et Cosmochimica Acta*.
- [25] Sugawara, K., 1964. Migration of elements through phases of atmosphere and hydrosphere. *J. Water and Waste* 6, 227-230 and 317-321.
- [26] Hissler, C., 2003. Dynamique et bilan des flux de mercure dissous et particulaire dans un hydrosystème anthropisé. Cas du bassin versant de la Thur (Sud du Massif Vosgien). Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur de Strasbourg, 188 p.
- [27] Tardy, Y., 1969. Géochimie des altérations. Etude des arènes et des eaux de quelques massifs cristallins d'Europe et d'Afrique. Thèse et Mém. Serv. Géol. Carte Alsace-Lorraine, n° 31, 199 p.

Apport des champs de Markov à la classification des images multispectrales landsat TM, ETM+ et OLI du département de Sinfra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)

[Contribution of Markov Random Field (MRF) to Landsat multispectral TM,ETM+ and OLI images classification, of the department of Sinfra (west-Center of Côte d'Ivoire)]

Vami Hermann N'GUESSAN BI¹, Mahaman Bachir SALEY¹, Hélène BOYOSSORO¹, Adama OUATTARA¹, Narcisse TALLA², Janvier FOTSING², Eric DJAGOUA¹, Fernand KOUAME¹, Kouadio AFFIAN¹, Monica BORDA³, and Emmanuel TONYE²

¹Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT),
Université Felix Houphouët-Boigny, 22 BP 801 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²Laboratoire d'Electronique et de Traitement de Signal,
Université de Yaoundé I, BP 8390 Yaoundé, Cameroon

³Laboratoire de la théorie de l'information du codage et de la sécurité des données,
Université technique de Cluj-Napoca, Romania

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

ABSTRACT: The aim of this in this research work is to present an innovative approach to classification of satellite images based on Markov Random Field, MRF. Markov models are used both on single-band and multi-band images and have the advantage to take into account the spatial context in the process of the classification of multispectral images. This leads to the integration of interactions between different pixels and to extract the maximum information contained in satellite images including textures. In this research work, the classification by Markov Random Fields was applied respectively on the colored composites of the first three principal components of multispectral images Landsat TM from 1986 ,ETM + from 2003 and OLI from 2014 of the department of Sinfra containing respectively 94,7% , 97,4% et 98,4 % of the information. Markov Random Field correctly discriminate the different classes of land use with a Kappa coefficient higher than 0.8 : 0.86 for TM images, 0.91 for ETM + and 0.9 for OLI images.

KEYWORDS: Land use, Markov Random Field, Landsat images, classification, Côte d'ivoire.

RESUME: L'objectif dans ce travail est de présenter une approche novatrice de classification des images satellitaires basée sur le formalisme markovien (Markov Random Field, MRF). Les modèles de Markov s'appliquent aussi bien sur les images mono-bandes que multi-bandes et ont l'avantage de prendre en compte le contexte spatiale dans les approches de classification des images multi-spectrales. Cela se traduit par l'intégration des interactions entre les différents pixels permettant ainsi d'extraire le maximum d'informations contenues dans les images satellitaires tout en relevant les textures présentes. Dans cette étude, la classification par des champs de Markov a été appliquée respectivement sur les compositions colorées des trois premières composantes principales des images multispectrales Landsat TM de 1986 , ETM+ de 2003 et OLI de 2014 du département de Sinfra, totalisant respectivement 94,7% , 97,4% et 98,4 % des informations. Les champs de Markov utilisés discriminent correctement les différentes classes d'occupations du sol étudiées à travers un coefficient Kappa de 0,86 pour les images TM, 0,91, pour les images ETM+ et 0,9 pour les images OLI.

MOTS-CLEFS: occupation du sol, champs de Markov, classification, images Landsat, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

L'objectif du traitement d'images de satellite est d'en extraire le maximum d'information qui intéresse le futur utilisateur de l'image, et d'évacuer tout ce qui est superflu. Un but réaliste est la classification thématique de ces images [24]. De nombreuses méthodes ont été développées pour répondre aux différents problèmes d'interprétation et d'extraction de l'information à partir d'images satellitaires et aériennes, notamment à travers des applications telles que l'occupation du sol, la détection et l'extraction d'objets surfaciques. La classification est un problème souvent étudié en télédétection, et il existe diverses façons d'effectuer cette opération. On distingue principalement dans le cas non contextuel deux catégories : les méthodes paramétriques dites approches de classification statistiques et les méthodes non paramétriques. Un classifieur est dit paramétrique s'il associe à la signature spectrale une distribution statistique connue, le plus fréquemment pour le traitement d'images, la loi normale ou multinormale. Cette association offre la possibilité d'affecter à chaque pixel une probabilité d'appartenance à une classe donnée. Un classifieur probabiliste est donc généralement paramétrique. L'algorithme le plus connu de cette catégorie est celui du maximum de vraisemblance [24]. Un classifieur non paramétrique n'intègre aucune distribution statistique paramétrique; seule la distance spectrale est prise en compte. Cette catégorie comprend notamment : les méthodes fondées sur la minimisation de distance (hyperboîte ou parallélépipédique, la distance minimale et la distance de Mahalanobis, K plus proches voisins, Kmeans, ISODATA, etc), ainsi, de nouvelles méthodes apparues récemment s'ajoutent à cette catégorie comme les réseaux neuronaux et les Machines à Support Vecteurs (SVM). Toutes les méthodes de classification décrites regroupent les pixels sous le seul critère de la ressemblance spectrale estimée par la distance euclidienne simple, généralisée ou autre. Ces approches n'exploitent donc pas le deuxième niveau d'information contenu dans une image : soit le contexte spatial du pixel qui se traduit parfois par un aspect textural. La plupart des logiciels commerciaux de traitements d'images de télédétection n'offrent pas de procédures de classification contextuelles.

Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes intéressés à cette catégorie de classification intégrant la contrainte spatiale dans les approches de classification des images multi-spectrales en utilisant les champs de Markov. L'essor des modélisations markoviennes en classification d'images date des années 80 [22].

Les MRF (Markov Random Field) se sont bien distingués des méthodes classiquement utilisées (méthodes non contextuelles) par la prise en compte des interactions locales entre chaque site (pixel) avec les pixels voisins pour définir les différentes régions de l'image.

Ainsi, l'utilisation des champs de Markov permet de tenir compte de la propriété d'influence du voisinage d'un point sur ce dernier et d'insister donc sur la cohérence entre la classe d'un pixel et celle de ces voisins permettant de régulariser la classification d'images satellitaires. Plusieurs travaux réalisés présentent la classification des images à partir des modèles de Markov, mais les images classifiées sont généralement des images en niveau de gris ou des images monobandes [2],[8] [12],[13],[14],[48],[61]. Quant est-il des images multi spectrales ? Ou des composées d'images ? La présente étude répond également à cette préoccupation en proposant une méthode de classification par des champs de Markov, d'images multispectrales, sous forme d'une composée d'images préalablement décarrelées à travers une Analyse en Composantes Principales (ACP), [29], [30],[31].

• PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le département de Sinfra, objet de cette étude, est situé dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, un pays d'Afrique de l'Ouest. Le département de Sinfra fait partie de la région administrative de la Marahoué et comprend quatre (4) sous-préfectures : Sinfra, Bazré, Kouéinfla et Kononfla. Le département de Sinfra est limité au Nord par le département de Bouaflé, au Sud par les départements d'Oumé et de Gagnoa, à l'Est par le département de Yamoussoukro et à l'Ouest par les départements de Daloa et d'Issia. La zone d'étude s'étend sur environ 3000 km² et est situé entre les longitudes 5,38°W et 6,15°W et les latitudes 6,48°N et 6,82°N, comme l'indique la figure 1.

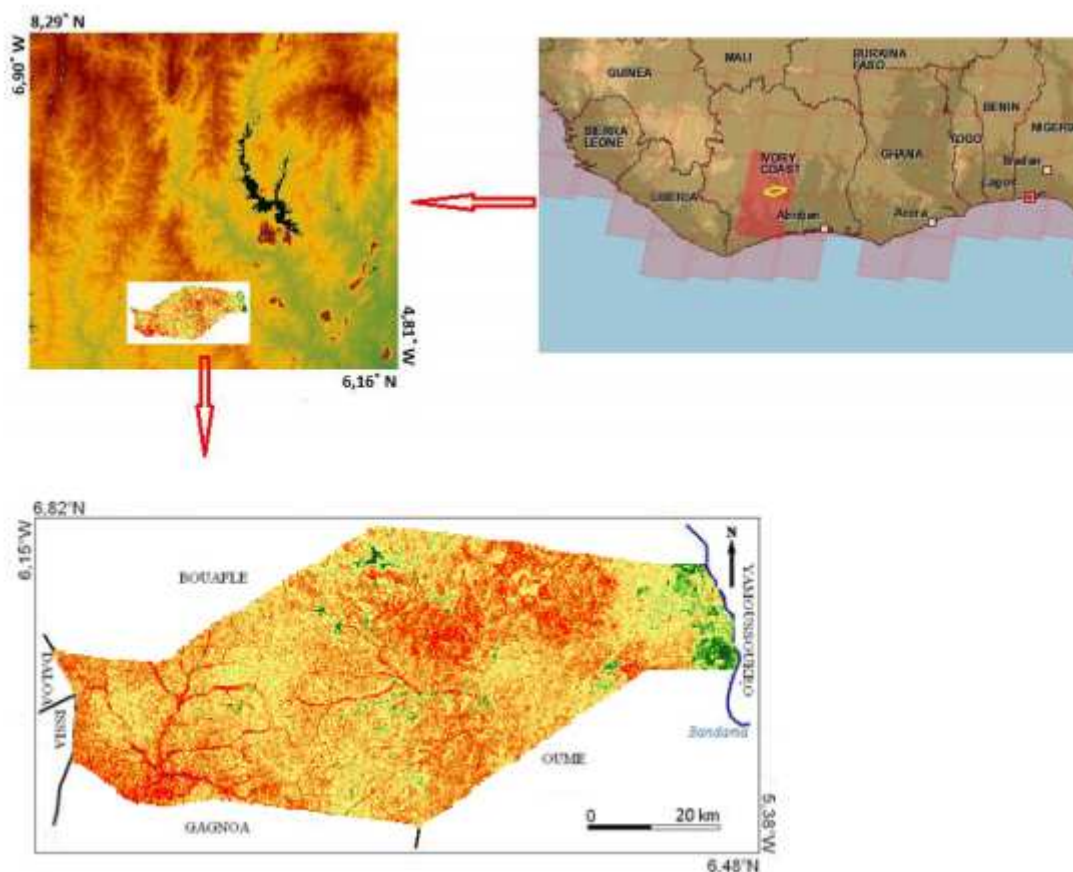


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

2 METHODOLOGIE

2.1 DONNÉES ET MATÉRIEL UTILISÉS

Les données utilisées pour cette étude sont essentiellement des images satellitaires et les cartes topographiques. Les données satellitaires sont constituées d'images satellitaires Landsat TM (Thematic Mapper) et ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) et OLI de la scène 197-055, datant respectivement du 16 janvier 1986 et du 20 janvier 2003 et 28 Octobre 2014. Ces images ont été acquises à partir du site : <http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/index.jsp> pour les images TM et ETM+ et sur le site : <http://landsat.usgs.gov/landsat8.php> pour les images OLI. Les données topographiques sont des cartes topographiques des degrés carrés de Daloa, Gagnoa, Soubré et Grand-Lahou au 1/200 000. Ces cartes ont été produites par le CCT (Centre de Cartographie et de Télédétection). Le traitement de ces données a nécessité l'utilisation de plusieurs applications ainsi les logiciels utilisés sont les suivants :

- MapInfo Professionnel 9.5 pour l'extraction des couches d'informations des cartes topographiques;
- Idrisi Andes pour l'extraction de la zone d'étude;
- un code informatique permettant la classification supervisée des images satellitaires par un champ de Markov ;
- Un GPS (Global Positioning System) a été nécessaire pour relever coordonnées des points lors des sorties sur le terrain.

2.2 METHODOLOGIE DE TRAITEMENT DES IMAGES SATELLITAIRES

Les bandes brutes TM et ETM+ et OLI sont fortement corrélées, et témoignent de la forte redondance de l'information contenue dans les images brutes comme le montre les tableaux 1,2 et 3 :

Tableau 1. Matrice de corrélation des images Landat TM de 1986

	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
TM1	1,000000	0,738546	0,750301	-0, 115390	0,410121	0,601834
TM2	0,738546	1,000000	0,864996	0,141244	0,661449	0,742594
TM3	0,750301	0,864996	1,000000	0,002150	0,704165	0,852901
TM4	-0, 115390	0,141244	0,002150	1,000000	0,591936	0,173067
TM5	0,410121	0,661449	0,704165	0,591936	1,000000	0,836265
TM7	0,601834	0,742594	0,852901	0,173067	0,836265	1,000000

Tableau 2. Matrice de corrélation des images Landat ETM+ de 2003

	ETM1	ETM2	ETM3	ETM4	ETM5	ETM7
ETM1	1,000000	0,738563	0,733769	0,005681	0,484322	0,639578
ETM2	0,738563	1,000000	0,839243	0,304762	0,724692	0,757614
ETM3	0,733769	0,839243	1,000000	0,072603	0,758965	0,890240
ETM4	0,005681	0,304762	0,072603	1,000000	0,549949	0,168209
ETM5	0,484322	0,724692	0,758965	0,549949	1,000000	0,874637
ETM7	0,639578	0,757614	0,890240	0,168209	0,874637	1,000000

Tableau 3. Matrice de corrélation des images Landat OLI de 2014

	OLI 2	OLI 3	OLI 4	OLI 5	OLI 6	OLI 7
OLI 2	1,000000	0,966166	0,897736	0,150272	0,556177	0,538745
OLI 3	0,966166	1,000000	0,947354	0,155077	0,659744	0,622447
OLI 4	0,897736	0,947354	1,000000	0,100102	0,786273	0,794578
OLI 5	0,150272	0,155077	0,100102	1,000000	0,121474	0,343686
OLI 6	0,556177	0,659744	0,786273	0,121474	1,000000	0,918419
OLI 7	0,538745	0,622447	0,794578	0,343686	0,918419	1,000000

Il s'avère alors nécessaire de corrélérer ces bandes, ce qui consistera à comprimer les informations sur un nombre inférieur de bandes. Cette application conduit à l'analyse en composante principale (ACP). Seuls les canaux qui ont une même résolution sont retenus.

Les canaux TM1, 2, 3, 4, 5 et 7 et ETM + 1, 2, 3, 4, 5 et 7 considérés pour l'ACP sont tous à une résolution de 30 m , le rééchantillonnage n'a donc pas été nécessaire. Pour les images Landsat OLI seules les bandes OLI 2, 3, 4, 5, 6 et 7 ont été nécessaires. Elles sont toutes à une résolution de 30 m et couvrent la même plage spectrale que les images TM et ETM+.

Les trois premières composantes principales cp1, 2 et 3 issues de l'ACP des images Landsat TM, ETM+ et OLI serviront respectivement à réaliser des compositions colorées qui totaliseront alors le maximum d'informations fournies par l'ensemble des images multispectrales utilisées. Les trois compositions colorées ainsi obtenues serviront de support à la classification par les champs de Markov.

2.3 CLASSIFICATION SUPERVISEE DES IMAGES LANDSAT TM, ETM+ ET OLI DU DEPARTEMENT DE SINFRA PAR UN CHAMP DE MARKOV

La modélisation markovienne de l'image est une modélisation probabiliste basée sur une propriété des images, à savoir les interactions locales entre niveaux de gris voisins pour définir les différentes régions de l'image. Elle procède par restauration, la segmentation de l'image ensuite par la définition des énergies locales entre groupes de sites, reflétant les interactions entre les niveaux de gris [63].

Dans cette étude, nous profitons de l'intérêt de traiter l'image contextuellement à travers une modélisation par champs de Markov. Cette méthode se distingue bien des méthodes classiques par sa faculté d'introduire, de manière souple, le contexte spatial modélisé par des fonctions potentielles. Cette méthode a également l'avantage d'introduire une contrainte de régularisation, une contrainte de segmentation afin d'affiner la classification. Ces contraintes contextuelles sont contrôlées par un nouveau paramètre de température dans un algorithme d'optimisation itératif ICM (iterative conditional mode) [24].

2.3.1 PRINCIPE DE MODELISATION DE L'IMAGE PAR UN CHAMP DE MARKOV

La modélisation markovienne de l'image est une modélisation probabiliste basée sur une propriété des images, à savoir les interactions locales entre niveaux de gris voisins pour définir les différentes régions de l'image. Elle procède par restauration ensuite, la segmentation de l'image et par la définition des énergies locales entre les groupes de sites, reflétant les interactions entre les niveaux de gris. L'énergie globale qui en résulte est alors liée à la probabilité d'apparition de l'image. L'on considère dans cette approche que le niveau de gris n'est significatif que dans ses interactions avec les niveaux de gris des pixels voisins [63]. La procédure de classification débute par la définition du système de voisinage considérée.

Deux champs aléatoires sont définis sur Y_s (niveaux de gris) et X_s (classes). L'image observée et celle recherchée sont des réalisations respectives de ces champs qu'il est faut définir. Le deuxième champ contient l'information que l'on recherche mais n'est pas directement observable (on dit généralement qu'elle est « cachée »), le premier champ est observé, ou mesuré, et on cherche à retrouver, ou à « estimer », la réalisation cachée du deuxième champ. Les modèles de Markov sont bien adaptés au problème de la segmentation d'images. Soit S un ensemble de pixels, $X = (X_s)_{s \in S}$ et $Y = (Y_s)_{s \in S}$ deux champs aléatoires avec $X = x$ caché et $Y = y$ observé. Chaque X_s prend ses valeurs dans un ensemble fini de classes $\Omega = \{\omega_1, \dots, \omega_k\}$, et chaque Y_s prend ses valeurs dans l'ensemble des nombres réels R . Le problème de la segmentation statistique d'images est d'estimer la réalisation inobservable $X = x$ à partir de $Y = y$. Pour cela on choisit généralement de modéliser le processus X sous forme markovienne et la loi de Y conditionnelle à X (loi du bruit) de façon à conserver la markovianité de X a posteriori c'est à dire conditionnelle à Y [3].

La démarche markovienne adoptée dans ce travail pour la classification des images multispectrales est inspirée des travaux de [4],[29],[30],[31]. L'essor des méthodes markoviennes date de l'introduction des champs de Markov cachés [22] qui ont permis de contourner, de manière rigoureuse et particulièrement élégante, les problèmes liés aux temps de calcul prohibitifs, ces derniers étant simplement dus au nombre généralement important des pixels dans une image. Le succès de ce type de méthode est dû à leur aptitude à produire, lorsque les divers bruits présents dans l'image considérée sont importants et lorsque les données correspondent bien au modèle utilisé, des résultats spectaculaires dépassant parfois les capacités de l'œil humain [48].

2.3.2 APPLICATIONS AUX IMAGES LANDSAT TM, ETM+ ET OLI DU DEPARTEMENT DE SINFRA

Ce modèle est capable de segmenter correctement les images en niveau de gris, en couleur et texturées [29] telles que les images Landsat TM, ETM+ et OLI considérées dans cette étude.

• Modèle Markovien de l'image

Soit $R = (r_1, r_2, \dots, r_M)$ l'ensemble des sites et $F = (f_r : r \in R)$ l'ensemble des données ou observations sur ces sites. L'ensemble de toutes les observations possibles $f = (f_{r1}, f_{r2}, \dots, f_{rM})$ est noté Φ . Un autre ensemble S des sites est considéré, tel que $S = (s_1, s_2, \dots, s_n)$, chacun de ces sites peut prendre une étiquette de $\Lambda = (0, 1, \dots, L-1)$. L'espace de configurations Ω est l'ensemble de tous les étiquetages possibles $\omega = (\omega_{s1}, \omega_{s2}, \dots, \omega_{sN})$, $\omega_s \in \Lambda$. Le but recherché est de modéliser les étiquettes (classes) et les observations (comptes numériques) à partir d'un champ aléatoire joint $(X, F) \in \Omega \times \Phi$. Le champ X est le champ des étiquettes et le champ F le champ des observations [29]. L'image a une taille $N \times M$, ce qui donne un nombre d'étiquetage possible égal à $\Lambda^{N \times M}$. De toutes ces possibilités, quel est alors l'étiquetage ou la configuration correspondant à l'image classifiée recherchée ?

Pour répondre à cette préoccupation, une probabilité $P(\omega/f)$ est définie sur tout l'ensemble des configurations possibles afin d'identifier la plus probable. $P(\omega/f)$ mesure la probabilité d'une configuration étant donnée une observation. L'objectif dans cette démarche est de trouver la configuration optimale $\hat{\omega}$ qui maximise $P(\omega/f)$. Cette probabilité est appelée le maximum à posteriori ou MAP et est estimée par la formule suivante :

$$\hat{\omega}^{MAP} = \arg \max_{\omega \in \Omega} P(\omega / f) \quad (1)$$

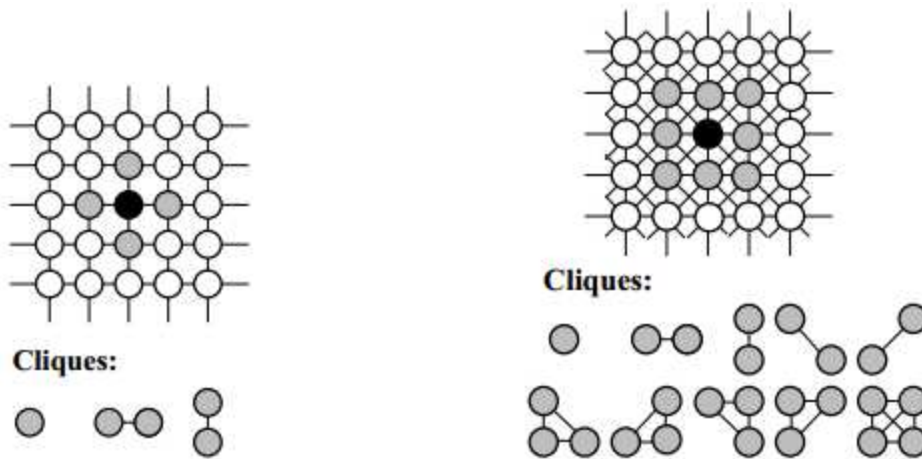
Plusieurs probabilités interviennent dans le calcul de $P(\omega/f)$ à savoir $P(f)$, $P(\omega)$ et $P(f/\omega)$. La relation entre ces différentes valeurs est exprimée à travers le principe Bayésien qui donne :

$$P(\omega/f) = \frac{P(f/\omega)P(\omega)}{P(f)} \propto P(f/\omega)P(\omega) \quad (2)$$

$P(f)$ est constante car la distribution des comptes numérique est connue. Cela revient à définir $P(f/\omega)$ qui mesure la vraisemblance et $p(\omega)$ qui estime la loi a priori.

o Définition du système de voisinage

Les systèmes de voisinage adopté dans le formalisme markovien pour la classification des images sont donnés par la figure 2.



2a : Cliques associées au système de voisinage d'ordre 1

2b : Cliques associées au système de voisinage d'ordre 2

Fig. 2. Cliques associés aux systèmes de voisinage d'ordre 1 et 2

Selon le théorème de Hammersley-Clifford, un champ aléatoire donné est un champ de Markov par rapport au voisinage V si et seulement si $P(\omega)$ suit une distribution de Gibbs :

$$P(\omega) = \frac{1}{Z} \exp(-U(\omega)) = \frac{1}{Z} \exp(-\sum_{c \in C} V_c(\omega)) \quad (3)$$

Avec Z étant une constante de normalisation :

$$Z = \sum_{\omega \in \Omega} \exp(-U(\omega))$$

Ce théorème de Hammersley-Clifford permet de définir un champ de Markov à travers les potentiels de cliques.

A chaque clique c dans l'image, une valeur $V_c(\omega)$ appelée potentiel de clique c est assignée, ω étant une configuration du champ d'étiquettes. La somme des potentiels pour l'ensemble des cliques de l'image correspond une fonction d'énergie $U(\omega)$ pour la configuration ω :

$$U(\omega) = \sum_{c \in C} V_c(\omega) \quad (4)$$

▪ Processus de classification des images en niveau de gris à partir d'un champ de Markov

Dans le cas des images en niveau de gris, chaque classe est représentée par une distribution gaussienne.

$$P(f_s | \omega_s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{\omega_s}} \exp\left(-\frac{(f_s - \mu_{\omega_s})^2}{2\sigma_{\omega_s}^2}\right) \quad (5)$$

f étant la structure ou entité observée en l'occurrence, ici f indique la distribution des comptes numériques de l'image observée.

S indique un pixel donné

De cette façon, les régions ou classes sont caractérisées par la moyenne μ et la variance σ^2 de la distribution normale correspondante.

Les potentiels de cliques qui se présentent en singleton sont proportionnels au logarithme de la vraisemblance : $\log(P(f/\omega))$.

Pour les potentiels de cliques sous forme de doublets, nous avons :

$$V_{c_2}(i, j) = \beta \delta(\omega_i, \omega_j) = \begin{cases} -\beta & \text{if } \omega_i = \omega_j \\ +\beta & \text{if } \omega_i \neq \omega_j \end{cases} \quad (6)$$

Les régions deviennent de plus en plus homogènes si β augmente.

o Paramètres du modèle

Les paramètres du modèle de Markov sont définis comme suit :

- Le potentiel des cliques en doublets β , il peut être fixé à priori et moins dépendant des données d'entrée du modèle,
- Nombre de classes Λ , fixé par l'opérateur,
- Chaque classe $\lambda \in \Lambda$ est représentée par une distribution gaussienne $N(\mu_\lambda, \sigma_\lambda)$ estimée à partir de l'image observée ,

Lorsque les paramètres (moyenne μ , variance σ) sont connus, le processus de segmentation est supervisé. Dans le cadre de cette étude ces paramètres sont obtenus à partir de l'ensemble d'apprentissage défini constitué de petites sous-images, représentant chacune une classe. En utilisant la loi des grands nombres, les statistiques des classes (la moyenne et la variance) seront estimées par la moyenne et la variance empiriques :

$$\forall \lambda \in \Lambda : \quad \mu_\lambda = \frac{1}{|S_\lambda|} \sum_{s \in S_\lambda} f_s, \quad \sigma_\lambda^2 = \frac{1}{|S_\lambda|} \sum_{s \in S_\lambda} (f_s - \mu_\lambda)^2, \quad (7)$$

Ou S_λ est l'ensemble des pixels appartenant à l'ensemble d'apprentissage de la classe,

Le paramètre β est initialisé d'une façon empirique.

o Fonction énergie associée au modèle de Markov

La fonction énergie $U(\omega)$ du champ de Markov, associée à une configuration ω pour la classification d'une image en niveau de gris est donnée par la formule suivante :

$$U(\omega) = \sum_s \left(\log(\sqrt{2\pi}\sigma_{\omega_s}) + \frac{(f_s - \mu_{\omega_s})^2}{2\sigma_{\omega_s}^2} \right) + \sum_{s,r} \beta \delta(\omega_s, \omega_r) \quad (8)$$

La vraisemblance $P(f/\omega)$ s'exprime toujours par la relation ci-dessous :

$$P(\omega | f) = \frac{1}{Z} \exp(-U(\omega)) = \frac{1}{Z} \exp(-\sum_{c \in C} V_c(\omega)) \quad (9)$$

Ainsi la configuration optimale recherchée est donnée par la formule suivante :

$$\hat{\omega}^{MAP} = \arg \max_{\omega \in \Omega} P(\omega | f) = \arg \min_{\omega \in \Omega} U(\omega) \quad (10)$$

o Echantillonnage

L'échantillonnage des configurations se fait dans le cadre de cette étude suivant le principe de l'algorithme de Métropolis [63]. La détermination des configurations avec des états d'énergies minimales se fait à partir de l'algorithme de recuit simulé. L'algorithme du recuit simulé est très lourd en temps de calcul car il demande la génération d'un nombre très important de configuration au fur et à mesure que la température décroît. Un autre algorithme beaucoup plus rapide est utilisé: l'algorithme des modes conditionnels itérés (ICM). Avec l'ICM la température baisse à chaque itération et le processus s'arrête lorsque le nombre de changement d'une étape à l'autre devient suffisamment faible.

o Modélisation du bruit contenu dans les images

Un modèle de bruit utile dans le traitement d'images est le bruit blanc. La séquence (X1; X2; ...) est blanche si elle est une séquence de Markov :

$$P(X_k | X_l, l < k) = P(X_k). \quad (11)$$

En général, le bruit est caractérisé par le rapport *Signal/Bruit* (S/B) qui est mesuré en dB par l'équation suivante :

$$S/B \text{ en dB} = 10 \lg \left(\frac{\sigma_{image}^2}{\sigma^2} \right) \quad (12)$$

Où σ_{image} est la variance de l'image.

Si nous supposons que les X_k sont des variables aléatoires normales, la séquence (X1; X2...) est appelée bruit blanc gaussien.

Qu'en est-il des images en couleur ?

▪ Principe de classification des images en couleur par un champ de Markov

o Espace colorimétrique CIE- L*u*v

Nous adoptons ici l'espace colorimétrique CIE- L*u*v défini par la Commission Internationale de l'Eclairage en 1976 car il est perceptuellement uniforme.

L^* , la clarté est définie par :

$$L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16 \text{ si } L^* \geq 8 \text{ ou } L^* = 903,3 Y/Y_n \text{ si } L^* \leq 8 \quad (13)$$

Les grandeurs u^* et v^* définissent un plan de luminance et s'expriment comme suit :

$$\begin{aligned} u^* &= 13 L^* (u' - u'_n) \\ v^* &= 13 L^* (v' - v'_n) \end{aligned} \quad (14)$$

Avec

$$\begin{aligned} u' &= \frac{4x}{(-2x + 12y + 3)} \\ v' &= \frac{9y}{(-2x + 12y + 3)} \end{aligned} \quad (15)$$

Et u_n^t , v_n^t et Y_n sont des valeurs de u^t , v^t et Y correspondant à l'illuminant utilisé.

L'espace colorimétrique CIE- L^*u^*v représente l'ensemble des couleurs perçues par l'œil humain donc recommandé pour visualiser les couleurs sur les écrans. Dans cet espace la différence entre les couleurs est mesurée par la distance euclidienne entre deux vecteurs couleurs. Chaque pixel est converti de l'espace RGB à l'espace CIE- L^*u^*v .

o Système de voisinage

Chaque classe est représentée par une distribution gaussienne trivariée :

$$P(f_s | \omega_s) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^n |\Sigma_{\omega_s}|}} \exp\left(-\frac{1}{2}(\vec{f}_s - \vec{u}_{\omega_s})\Sigma_{\omega_s}^{-1}(\vec{f}_s - \vec{u}_{\omega_s})^T\right) \quad (16)$$

Et les potentiels des cliques sont proportionnels à la vraisemblance $\log(P(f/\omega))$ pour les cliques sous forme de singleton. Pour les cliques sous forme de doublets les potentiels des cliques s'expriment comme suit :

$$V_{c_2}(i, j) = \beta \delta(\omega_i, \omega_j) = \begin{cases} -\beta & \text{if } \omega_i = \omega_j \\ +\beta & \text{if } \omega_i \neq \omega_j \end{cases} \quad (17)$$

Les régions sont de plus en plus homogènes lorsque β augmente.

o Estimation des paramètres du modèle

L'estimation des paramètres du modèle se fait à travers le processus d'apprentissage. Lorsque les données d'apprentissage sont constituées d'images observées et d'images classifiées correspondantes, l'apprentissage est dit supervisé. Dans ce cas, les paramètres sont estimées à partir de ces informations fournies.

En cas de données incomplètes, l'apprentissage est dit non supervisé. Dans ce cas les données d'apprentissage ne sont constituées que des images observées. **Comment procéder donc ?** La réponse à cette interrogation est une procédure itérative appelée Espectation- Maximization (EM). Cette procédure comprend deux étapes: E (Espectation) et M (Maximisation) qui se résument comme suit :

- connaissant l'étiquette de chaque pixel, les paramètres peuvent être estimés;
- connaissant les paramètres des distributions, une étiquette peut être assignée à chaque pixel. Cette étape utilise le Maximun de vraisemblance à travers les fonctions d'énergie associées au potentiel des cliques en singleton sans faire intervenir les interactions par paires.

Le modèle de classification adopté dans cette étude est celui de Potts.

Modèle de Potts

Il s'agit d'une extension du modèle d'Ising [68] pour un espace m-aire, i.e. $E = \{0, m - 1\}$ qui peut correspondre aux différents niveaux de gris d'une image. Plus souvent pour ce modèle, les étiquettes (labels) peuvent représenter une classification de l'image [63].

Ce modèle de champ de Markov servira dans la présente étude à la classification des images multispectrales considérées.

Le processus de validation des cartes d'occupation du sol ainsi obtenues est détaillé au point suivant.

2.3.3 VALIDATION DE LA CLASSIFICATION

Elle consiste en un test statistique appuyé par une visite de terrain. Il s'agira de calculer la précision globale et le coefficient de concordance Kappa [52] dérivant des matrices de confusions associées à chaque image classifiée et confirmer les résultats obtenus par une visite de terrain.

Les grandes étapes de la démarche aboutissant à l'établissement des cartes d'occupation du sol du département de Sinfra aux dates 1986 et 2003 et 2014 sont indiquées par l'organigramme de la figure 3.

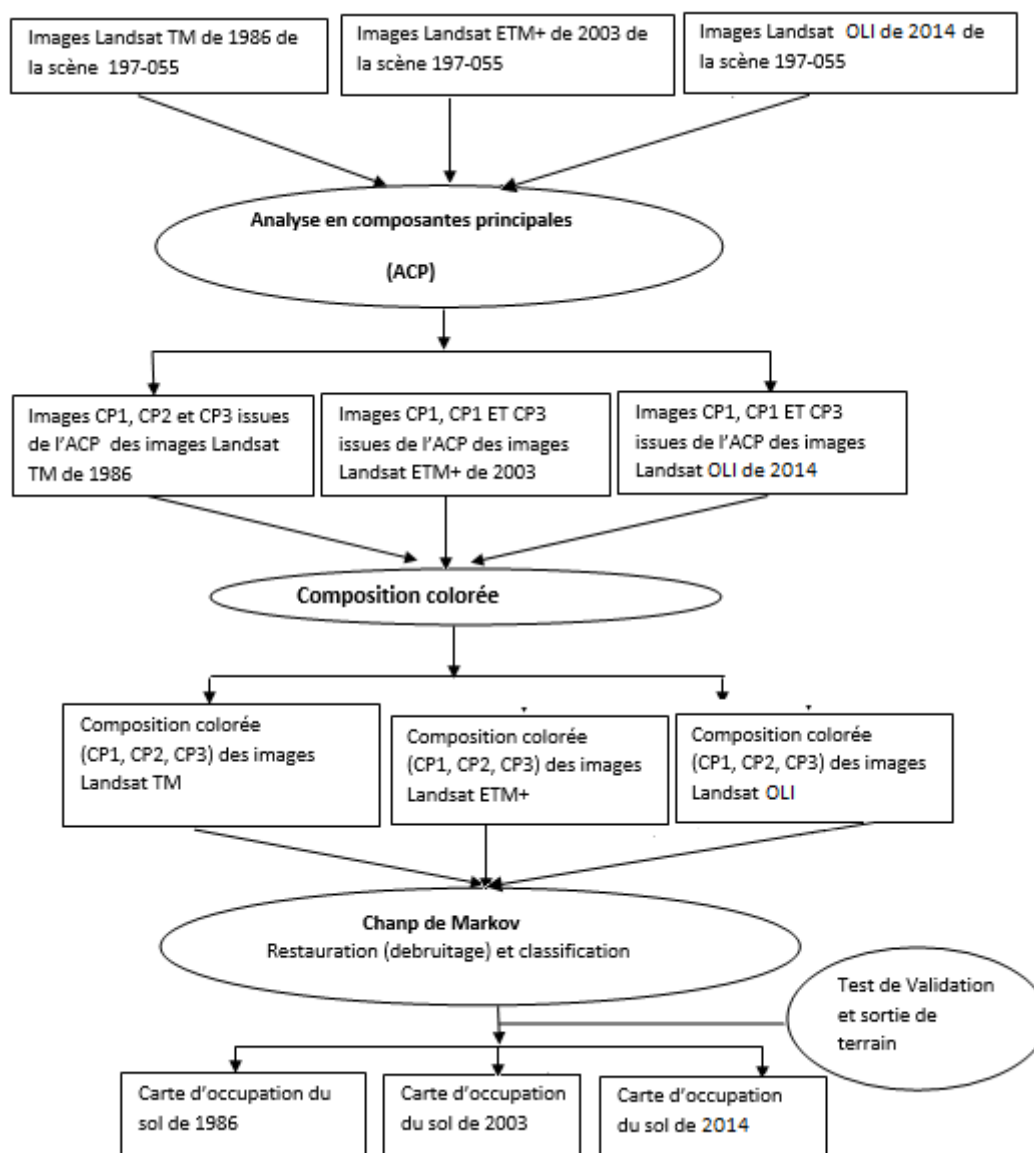


Fig. 3. Etapes de l'établissement des cartes d'occupation du sol de 1986 et 2003 et 2014 du département de Sinfra

Les résultats obtenus à l'issue de l'approche méthodologique ainsi définie est présentée par le point suivant.

3 RÉSULTATS

3.1 RESULTATS DU TRAITEMENT DES IMAGES SATELLITAIRES LANDSAT TM, ETM+ ET OLI

La correction géométrique réalisée selon la méthode polynomiale a permis d'obtenir une erreur résiduelle acceptable et de corriger les différentes distorsions causées par l'environnement, provenant du mouvement de la plate-forme, et dues aux erreurs des systèmes de mesures. L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a servi à decorréler les bandes spectrales et a compresser le maximum des informations sur les 3 premières images résultant de la transformation d'images. Les 3 premières images résultant de l'ACP des images Landsat TM totalisent 97,4 % de l'information contenue dans les 6 bandes spectrales TM1, 2 3 4 5 et 7. De même celles résultant de l'ACP des images Landsat ETM+ totalisent 94,7 % des informations des bandes ETM+ 1, 2, 3, 4,5 et 7. Celles résultant de l'ACP des images Landsat OLI 2, 3, 4,5 et 7 totalisent comme le montre le tableau 4.

Tableau 4. Pourcentage de variance de trois premières composantes issues de l'ACP des images Landsat TM de 1986, ETM+ de 2003 et OLI de 2014

Comp.princ		C1	C2	C3	TOTAUX (%)
var. (%)	TM	59,152704	21,936594	13,636406	97,4
	ETM+	69,209396	25,701570	2,493969	94,7
	OLI	68,168251	21,626925	8,609083	98,4

Les trois premières composantes principales des images Landsat TM, ETM+ et OLI totalisent respectivement 97,4 % et 94,7 % et 98,4 % de variance. Elles ont permis de réaliser les compositions colorées Cp 1, 2, 3 qui ont servi de support à la classification supervisée par les champs de Markov.

3.2 RESULTATS DE LA CLASSIFICATION SUPERVISEE DES TM, ETM+ ET OLI PAR LES CHAMPS DE MARKOV

Les cartes d'occupation du sol des figures 4 et 5 sont les résultats de la classification des images multispectrales TM de 1986 et ETM+ de 2003 par un champ de Markov en utilisant la méthode de Metropolis comme méthode d'échantillonnage.

L'analyse de ces cartes montre qu'en 1986 la forêt occupait la partie centrale et plus au sud de la zone d'étude et disparaît pour faire place à la mosaïque forêt-claire et culture en 2003 soient 17 ans plus tard. La forêt disparaît en 1986 au centre et au sud pour réapparaître plus à l'ouest du secteur d'étude en 2003. Les localités et sols nus constituent des plages situées dans la partie centrale au sud et à l'est en 1986 et en 2003 (figures 4 et 5).

L'analyse de ces cartes montre qu'en 1986 la forêt dense semi-décidue occupait la partie centrale et plus au sud de la zone d'étude et disparaît pour faire place à la mosaïque forêt dégradée et culture en 2003 soient 17 ans plus tard. La forêt dense semi-décidue disparaît en 1986 au centre et au sud pour réapparaître plus à l'ouest du secteur d'étude en 2003. Les localités et sols nus constituent des plages situées dans la partie centrale au sud et à l'est en 1986 et en 2003. La carte d'occupation du sol en 1986 du département de Sinfra est donnée par la figure 4.

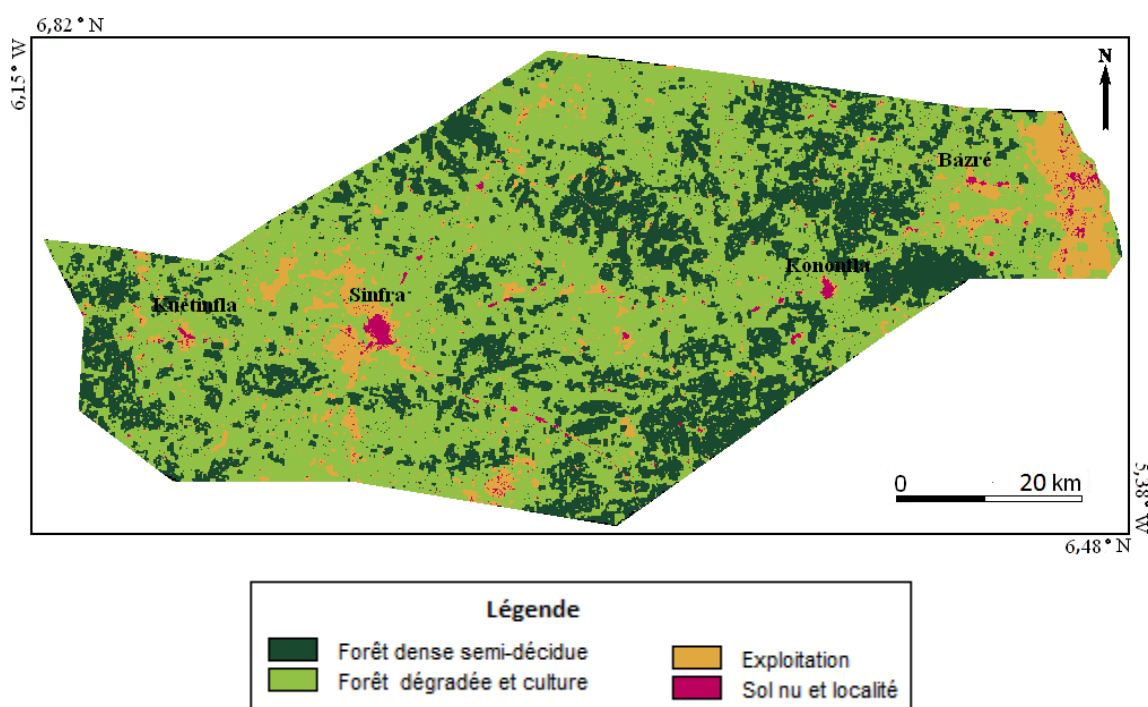


Fig. 4. Image Landsat TM de 1986 classifiée à l'aide d'un champ de Markov (méthode d'échantillonnage : algorithme de Metropolis)

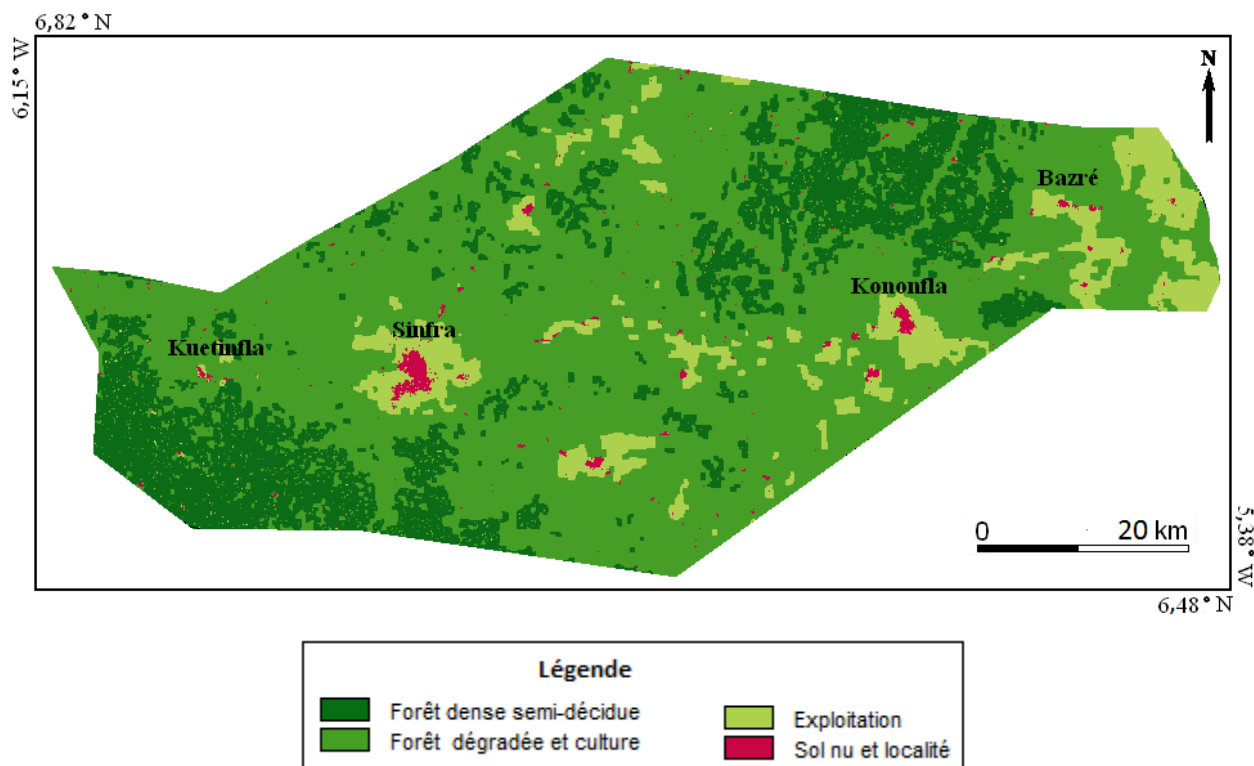


Fig. 5. Image Landsat ETM+ de 2003 classifiée à l'aide d'un champ de Markov (Méthode d'échantillonnage: algorithme de Metropolis)

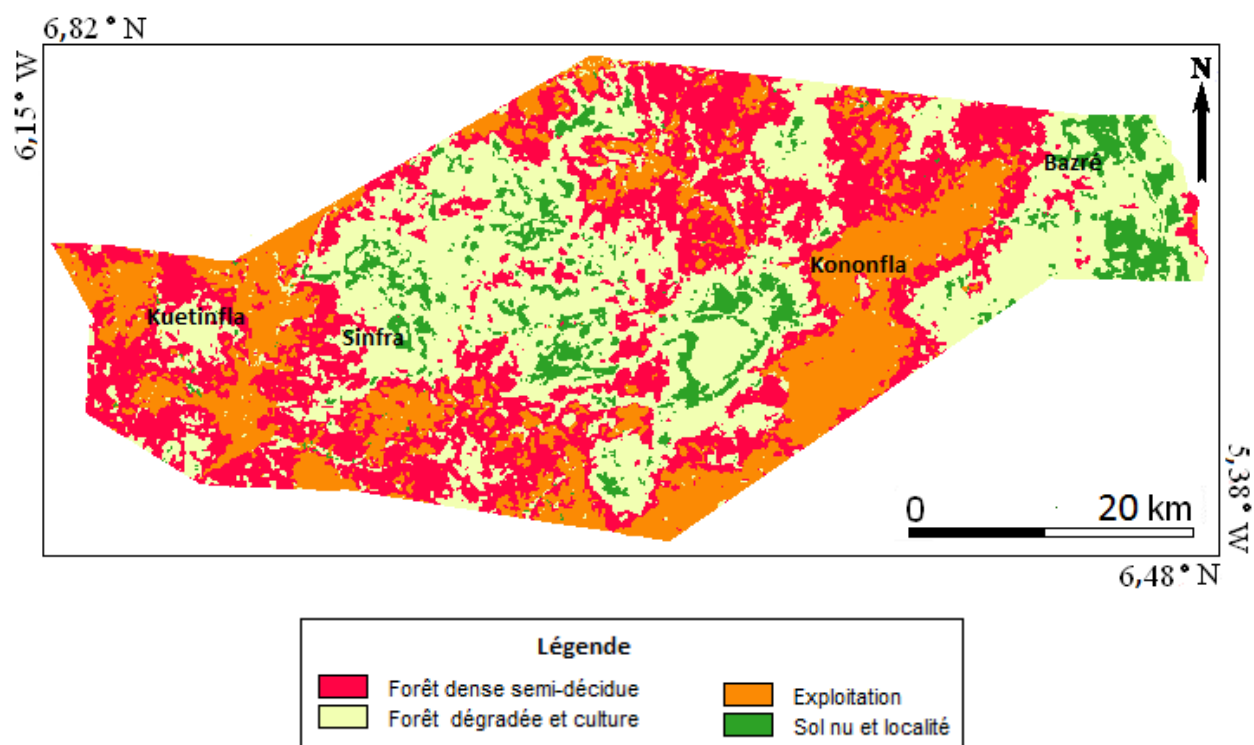


Fig. 6. Image Landsat ETM+ de 2014 classifiée à l'aide d'un champ de Markov (Méthode d'échantillonnage: algorithme de Metropolis)

Les résultats de la méthode de validation de ces cartes d'occupation du sol font l'objet du point suivant.

3.3 RESULTATS DE LA VALIDATION DE LA CLASSIFICATION

3.3.1 COEFFICIENT DE CONCORDANCE KAPPA

La matrice de confusion associée à l'image classifiée obtenue à partir de l'image TM de 1986 est donnée par le tableau 5.

Tableau 5. Matrice de confusion de l'image TM de 1986 classifiée par un champ de Markov

Références Calculées	1986				Totaux
	For. den. se. déc.	For. degr. et cult.	Exploit.	Sol nu et loc.	
For. den. se. déc.	130 897	3021	5895	2984	142 797
For. degr. et cult.	2058	71 758	798	1894	76 508
Exploit.	2511	578	52 957	1789	57 835
Sol nu et loc.	3072	2786	524	21 751	28 133
Totaux	138538	78143	60174	28418	305 273

NB : *For. den. se. déc.* Forêt dense semi-décidue, *For. degr. et cult.* Forêt dégradée et culture *Exploit.* Exploitation, *Sol nu et loc.* Sol nu et localité

La précision globale de cette classification est de 0,9086 et indique le pourcentage de pixels bien classés. Le coefficient Kappa résultant est de 0,8651. Cette valeur est comprise entre 0,81 et 1. La classification est excellente. Ainsi, la carte d'occupation du sol obtenue traduit la réalité du terrain. La matrice de confusion associée à l'image ETM+ de 2003 classifiée est donnée par le tableau 6

Tableau 6. Matrice de confusion de l'image ETM+ de 2003 classifiée par un champ de Markov

Références Calculées	2003				Totaux
	For. den. se. déc.	For. degr. et Cult.	Exploit.	Sol nu et loc.	
For. den. se. déc.	120798	2273	1784	987	125 842
For. degr. et cult.	1113	79868	337	2954	84 242
Exploit.	1092	670	62771	1908	66 441
Sol nu et loc.	2690	1070	2031	22957	28 748
Totaux	125693	83841	66923	28806	305 273

NB : *For. den. se. déc.* Forêt dense semi-décidue, *For. degr. et cult.* Forêt dégradée et culture *Exploit.* Exploitation, *Sol nu et loc.* Sol nu et localité

La précision globale associée à cette classification est de 0,94. Elle précise le pourcentage de pixels bien classés. Le coefficient kappa résultant est de 0,91 et est compris entre 0,81 et 1. La classification est donc excellente. Ainsi, la carte d'occupation du sol obtenue traduit la réalité du terrain. La matrice de confusion associée à l'image ETM+ de 2003 classifiée est donnée par le tableau 7.

Tableau 7. Matrice de confusion de l'image OLI de 2014 classifiée par un champ de Markov.

Références Calculées	2014			
	For. den. se. déc.	For. degr. et Cult.	Exploit.	Sol nu et loc.
For. den. se. déc.	135012	1021	981	702
For. degr. et cult.	1051	70081	1997	1885
Exploit.	3087	578	57918	1057
Sol nu et loc.	1021	2084	1807	25081
Totaux	140171	73754	62613	28725

NB : *For. den. se. déc.* Forêt dense semi-décidue, *For. degr. et cult.* Forêt dégradée et culture *Exploit.* Exploitation, *Sol nu et loc.* Sol nu et localité

Le modèle de Markov utilisé classifie les images OLI avec une précision globale de 0,94 et coefficient de concordance Kappa de 0,91.

Les trois images classifiées datant respectivement de 1986, 2003 et 2014 sont obtenues avec une précision supérieure à 0,81, donc excellentes.

4 DISCUSSION

Les modèles de Markov sont au nombre des modèles permettant de résoudre le problème d'incertitude et d'imprécision contenu dans les images. En traitement d'image, le succès de ce type de méthode est dû à leur aptitude à produire, lorsque les divers bruits présents dans l'image considérée sont importants et lorsque les données correspondent bien au modèle utilisé, des résultats spectaculaires, dépassant parfois les capacités de l'œil humain. La force ou l'efficacité des Modèles de Markov cachés (HMM) dépend de deux éléments : les états et l'estimation des paramètres [48]. Les champs de Markov utilisés dans ce travail pour la classification des images Landsat TM et TM+ ont été utilisés par plusieurs auteurs dans des travaux antérieurs pour le même objectif de classification d'image. Plusieurs variantes des modèles markoviens ont été développés par [8],[12], [13],[44], [45],[46],[47],[48], [54], [55] , à savoir les chaînes, champs, arbres de Markov, les modèles de Markov couples et triplets ainsi les modèles de Markov couplés la théorie de Dempster-Shafer ou celle de la logique floue. Ces modèles markoviens ont considérablement amélioré les résultats de la classification des images produisant de bons résultats. A la différence de ces travaux notre modèle a été appliqué sur des images Landsat TM et ETM+ et les résultats sont satisfaisant et reflètent la réalité. Dans plusieurs travaux, les champs de Markov ont été appliqués sur des images brutes, des images RADAR, des images synthétisées [16],[20] ,[22], [45] [48], [53], mais dans le cadre de ce travail de recherche, les champs de Markov ont été appliqués sur des compositions colorées des trois premières composantes principales totalisant 94,7% des informations pour les images Landsat TM et 97,4% pour les images Landsat ETM+ et 98,4 % pour les images OLI. Cette opération de transformation d'images a permis de regrouper sur les images à classifier le maximum des informations contenues dans l'ensemble des images. L'avantage du modèle des champs de Markov en traitement d'image par rapport à des modèles dits «locaux» est son aptitude à prendre en compte, de façon élégante et mathématiquement rigoureuse, l'ensemble de l'information disponible sur l'image observée [48]. Les modèles markoviens sont des modèles stochastiques [37] qui décrivent la variabilité d'un phénomène à l'aide des probabilités, prenant ainsi en compte la nature aléatoire du phénomène étudié.

5 CONCLUSION

La classification des images satellitaires Landsat TM et ETM+ et OLI par les champs de Markov, a permis de prendre en compte les aléas liés à la formation de l'image. L'intégration dans le processus de classification de la contrainte spatiale qui s'est traduite par la prise en compte des interactions locales entre chaque site (pixel) avec les pixels voisins permis de définir les différentes régions de l'image. Cet avantage a permis d'obtenir des résultats reflétant la réalité du terrain avec une

précision globale supérieure à 0,9 améliorant ainsi le processus de classification d'image. Les compositions colorées des composantes principales des images TM, ETM+ et OLI réalisées totalisent respectivement 94,7%, 97,4% et 98.4 % des informations contenue dans les images multispectrales utilisées.

REFERENCES

- [1] S. Berberoglu, and A. Akin, "Assessing different remote sensing techniques to detect land use/cover changes in the eastern Mediterranean". *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol.11, pp. 46-53, 2009.
- [2] Z. Bouyahia, L. Benyoussef, and S. Derrode, "Détection de changements dans les images radar à synthèse d'ouverture avec un modèle de chaîne de Markov caché coulissant", *Journal. of Applied Remote Sensing*, Vol. 2, no. 1, 2008.
- [3] D. Benboudjema, F. Tupin, W. Pieczynski, M. Sigelle, J.M. Nicolas, "Modélisation et segmentation non supervisée d'images RSO par champs de Markov triplets et lois de Fisher", *GRETSI 2007, Troyes, France*, 11-14 septembre 2007.
- [4] M. Berthod, Z. Kato, S. Yu, and J. Zerubia, "Bayesian Image Classification Using Markov Random Fields". *Image and Vision Computing*, vol. 14, pp. 285-295, 1996.
- [5] H. Balzer, P. Braun, and W. Kohler, "Cellular Automata models for vegetation dynamic", *Ecological Modelling*, vol.107, pp. 113-125, 1998.
- [6] Coppin, P. Jonckheere, I. Nackaerts, and K. Muys, "Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review", *International Journal of remote sensing*, vol.25, no 9, pp.1565-1596,2004.
- [7] S. Chen, L. Chen, Q. Liu, X. Li, and Q. Tan, 2005. "Remote sensing and GIS-based integrated analysis of coastal changes and their environmental impacts in lingding Bay, Pearl River Estuary, South China". *Ocean and Coastal Management*, vol.48, pp.65-83, 2005.
- [8] C. Carincotte, S. Derrode, S. Bourenane, "Unsupervised change detection on SAR images using fuzzy hidden Markov chains", *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 44, no. 2, pp. 432-441, 2006.
- [9] C. Cauvet, and C. Rosenthal-Sabroux, "Ingénierie des Systèmes d'Information", Paris, *Hermes Sciences Publications*, 353 p. 2001.
- [10] C. Collet, "Analyse spatiale, géomatique et systèmes d'Information géographique", *Géomatique et analyse spatiale, Journées Cassini 2004, Grenoble, France*, 2-4 Juin 2004, p.3.
- [11] P. Coquillard, and D.R.C. Hill, "Modélisation et simulation d'écosystèmes". *Des modèles déterministes aux simulations à événements discrets*, Paris, Edition Masson, 1997.
- [12] S. Derrode, and W. Pieczynski, "Unsupervised signal and image segmentation using pairwise Markov chains", *IEEE Trans. on Signal Processing*, Vol. 52, no.9, pp. 2477-2489, 2004.
- [13] S. Derrode, and W. Pieczynski, 2013. "Unsupervised data classification using pairwise Markov chains with automatic copulas selection", *Computational Statistics and Data Analysis*, Vol. 63, pp. 81-98, 2013.
- [14] S. Derrode, "Chaîne de Markov couple et sélection de copules. Application en segmentation d'images". *Séminaire GDR ISIS invité par W. Pieczynski and D. Boudjema*, 30 et 31 mars 2011, Paris. Talk, 2011.
- [15] C. Dischinger, "Simulation spatiale de l'évolution d'un paysage anthropisé intégrant automate cellulaire, chaîne de Markov et méthode d'analyse multicritère : cas d'étude de la plaine du Rhône (Suisse, Valais)", *LASIG, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne*, 2004.
- [16] S.M. Djaouti, A. Koudache, A. Boudaieb, "Champs de Markov pour la segmentation des images polarimétriques", *Centre universitaire Mustapha Stambouli, Mascara – Algérie, Schedae, Prépublication* no. 35, Fascicule no. 2, 2007.
- [17] L. Doyen, "Robust parametric reachability for timed automata". *Information Processing Letters* vol.102, 208-213, 2007.
- [18] S. Derrode, "Introduction aux Modèles Markoviens pour le Signal et l'Image", *Master Recherche Optique, Photonique, Signal et Image Option Signal-Image*, Version 1.3, 75p, 2012.
- [19] I. Erwann, P. Metzger, C. Martignac C., Lortic B., Durieux I., 2007. *Les dynamiques d'occupation du sol à la Réunion*, Clrad, Université de la Réunion, IRD, M@ppemonde 86 (2007.2)
<http://mappemonde.mgm.fr/num14/articles/art07205.html>.
- [20] R. Fjortoft, Y. Delignon, W. Pieczynski, M. Sigelle, T. Tupin, "Unsupervised classification of radar images using hidden Markov chains and hidden Markov random fields", *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 41, No. 3, pp. 675-686, 2003.
- [21] G. Gilles Lajoie, and Z.A. Hagen, "La simulation de l'étalement urbain à La Réunion : apport de l'automate cellulaire Metronamica® pour la prospective territoriale", *Cybergeo : European Journal of Geography* [Enligne], Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 405, mis en ligne le 18 octobre 2007.
URL : <http://cybergeo.revues.org/index11882.html>.

- [22] Geman S., Graffigne C., 1987. *Markov random field image models and their applications to computer vision*, In *Proceedings of the International Congress of Mathematicians, Berkeley*.
- [23] T. Houet, "Modélisation prospective de l'occupation du sol en zone agricole intensive : Evaluation par simulations dynamiques de l'impact de l'évolution des exploitations agricoles dans la France de l'Ouest". *Norois*, vol.198, no.1, pp.35-47, 2006.
- [24] S. Idbraim, "Méthodes d'extraction de l'information spatiale et de classification en imagerie de télédétection : Applications à la cartographie thématique de la région d'Agadir (Maroc)", *Thèse de l'Université Med V-Agdal & Université Paul Sabatier de Toulouse*, 148p, 2009.
- [25] D. Jenerette, and J. Wu, "Analysis and simulation of land-use change in the central Arizona-Phoenix region, USA", *Landscape Ecology*, vol.16, p.611-626, 2001.
- [26] J.R. Jensen, "Introductory digital image processing, a remote sensing perspective (3ème édition)". *Prentice-Hall, London*, 526 p, 2005.
- [27] S. Kilic F. Evrendilek, S. Berberoglu and A. Demirkesen, "Environmental monitoring of land-use and land-cover changes in a Mediterranean region of Turkey". *Environmental monitoring and assessment*, vol.114, no.1-3, pp. 157-168, 2006.
- [28] N. Käyhkö, N. Fagerholm, B. S. Asseid, and A.J. Mzee, "Dynamic land use and land cover changes and their effect on forest resources in a coastal village of Matemwe, Zanzibar", *Tanzania Land Use Policy*, vol.28, no.1, pp.26-37, 2011.
- [29] Z. Kato, "Modélisations markoviennes multirésolutions en vision par ordinateur. Application à la segmentation d'images SPOT". *PhD Thesis, INRIA, Sophia Antipolis, France*, 1994.
- [30] Z. Kato, J. Zerubia, and M. Berthod, "Satellite Image Classification Using a Modified Metropolis Dynamics". In *Proceedings of International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, volume 3, San-Francisco, California, USA, IEEE, pp. 573-576, March 1992.
- [31] Z. Kato, P.T. Chuen, and M.L. Chung, "Color Image Segmentation and Parameter Estimation in a Markovian Framework". *Pattern Recognition Letters*, vol. 22, no.3-4, pp.309-321, 2001.
- [32] V. Korotkov, D. Logofet, and M. Loreau, "Succession in mixed boreal forest of Russia : Markov models and Non-markov effects", *ecological Modelling*, vol.142, pp.25-38, 2001.
- [33] S. Ladet, M. Deconchat, C. Monteil, J.P. Lacombe, and G. Balent, "Les chaînes de Markov spatialisées comme outil de simulation", *Geomatique*, vol.15/2005. Cassini'04, pp 159-173, 2005.
- [34] D. Lu, P. Mausel, E. Brondizio, and E. Moran, "Change detection techniques". *International Journal of remote sensing*, vol.25, no.12, pp.2365-2407, 2003.
- [35] R. Lecerf, "Suivi des changements d'occupation et d'utilisation des sols d'origine anthropique et climatique à l'échelle régionale par télédétection moyenne résolution (application à la Bretagne)". *Thèse de géographie, Université de Rennes 2*, 326 p, 2008.
- [36] C. Largo uët, and M.O. Cordier, "Modélisation par automate temporisé pour aider à l'identification de l'occupation du sol". *Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle*, vol. 2. pp. 285-294, 2000.
- [37] E. Lopez, G. Bocco, M. Mendoza, E. Duhau, "Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe a case in Morelia city, Mexico", *Landscape and Urban Planning*, vol. 55, p.271-285, 2001.
- [38] J.F. Mas, "Une revue des méthodes et des techniques de télédétection du changement", *Canadian journal of remote sensing*, vol.26, no.4, pp.349-362, 2000.
- [39] W. Muttitanon, and N.K. Tripathi, "Land use/land cover changes in the coastal zone of Ban Don Bay, Thailand using Landsat 5 TM data", *International Journal of remote sensing*, vol.26, no.11, pp.2311-2323, 2005.
- [40] N. Metropolis, A.W. Rosenbluth, N.M. Rosenbluth, A.H. Teller, and E. Teller, "Equation of state calculations by fast computing machines". *Journal of Chemical Physics*, vol. 21, pp.1087-1091, 1953.
- [41] N. Maestripiéri, and M. Paegelow, "Validation spatiale de deux modèles de simulation : l'exemple des plantations industrielles au Chili", *Cybergeographie : European Journal of Geography* [En ligne], Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 653, mis en ligne le 12 septembre 2013, consulté le 09 novembre 2013.
URL : <http://cybergeographie.revues.org/26042> ; DOI : 10.4000/cybergeographie.26042.
- [42] C.T. Olmedo, Paegelow, G.P. Martínez, "Modélisation géomatique rétrospective des paysages par évaluation multicritères et multiobjectifs", *Cybergeographie : Revue européenne de géographie - Systèmes, modélisation & géostatistiques*, no. 365, 9 mars 2007.
- [43] M.G. Ongdon, E.J. Bell, F.V. Westerlund, "Probability mapping of land use change: a GIS interface for visualizing Transition probabilities", *Computer, Environment and Urban Systems*, vol. 20, p.389-398, 1996.
- [44] W. Pieczynski, F. Desbouvries, "On triplet Markov chains", *International Symposium on Applied Stochastic Models and Data Analysis, (ASMDA 2005)*, Brest, France.
- [45] W. Pieczynski, and J.M. Cahen, "Champs de Markov flous cachés et segmentation d'images", *Revue de Statistique Appliquée*, vol. 42, no.3, pp. 13-31, 1994.

- [46] W. Pieczynski, "Fusion de Dempster-Shafer dans les chaînes triplet partiellement de Markov - Dempster-Shafer fusion in triplet partially Markov chains", *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences – Mathématique*, Vol. 339, No. 11, pp. 797-802, 2004.
- [47] W. Pieczynski, "Arbres de Markov Couple, Pairwise Markov Trees", *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences – Mathématique*, Série I, Vol. 335, No. 1, pp. 79-82, 2002.
- [48] W. Pieczynski, "Modèles de Markov en traitements d'images", *Traitement du Signal*, Vol. 20, No. 3, pp. 255-278, 2003.
- [49] M. Paegelow, "Prospective modelling with GIS of land cover in Mediterranean mountain regions", *6th AGILE Conference on GIScience*. 24-26 avril 2003, Lyon, France.
- [50] M. Paegelow, M.T. Camacho Olmedo, J. Menor toribio, "Modelizacion prospectiva del paisaje mediante Sistemas de Informacion Geografica". *GEOFOCUS* no. 3 pp. 22-44, 2004.
- [51] M. Paegelow, M.T. camacho olmedo, "Le processus d'abandon des cultures et la dynamique de reconquête végétale en milieu montagnard méditerranéen : L'exemple des Garrotxes (P.O., France) et de la Alta Alpujarra Granadina (Sierra Nevada, Espagne), Sud-Ouest Européen; 2004.
- [52] R.G. Pontius, M. Millones, "Problems and solutions for kappa-based indices of agreement", *International Conference, Mytilene*, Lesvos, Greece, 2008.
- [53] P. Pérez, "Markov random fields and images". *CWI Quarterly*, Vol. 11, No. 4, pp. 413-437, 1998.
- [54] W. Pieczynski, "Chaînes de Markov Triplet", *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences – Mathématiques, Paris*, Ser. I 335, pp. 275-278, 2002.
- [55] W. Pieczynski, and J.M. Cahen, "Champs de Markov flous cachés et segmentation d'images", *Revue de Statistique Appliquée*, Vol. 42, no. 3, pp. 13-31, 1994.
- [56] O. Pony, J. Zerubia, and X. Descombes, "Classification d'images satellitaires hyperspectrales en zone rurale et périurbaine", *Rapport de recherche – INRIA*, n0.4008, Sept., 2000.
- [57] M. Paegelow, N. Villa, L. Cornez, F. Ferraty, L. Ferré, P. Sarda, "Modélisations prospectives de l'occupation du sol. Le cas d'une montagne méditerranéenne", *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 295, mis en ligne le 06 décembre 2004, consulté le 08 novembre 2013. URL : <http://cybergeo.revues.org/2811> ; DOI : 10.4000/cybergeo.2811.
- [58] H.C. Quelle, J.M. Boucher, W. Pieczynski, "Adaptive parameter estimation and unsupervised image segmentation", *Machine Graphics & Vision*, Vol. 5, no. 4, pp. 613-631, 1996.
- [59] A.F. Raherinirina, "Modélisation markovienne des dynamiques d'usage des sols, Cas des parcelles situées sur le bord du corridor forestier", *Thèse de Doctorat*, Université de Fianarantsoa, 125 p, 2013.
- [60] V. Ratiarson, D. Hervé, C.R. Rakotoasimbahoaka, and J.P. Müller, "Calibration et validation d'un modèle de dynamique d'occupation du sol postforestière à base d'automate temporisé à l'aide d'un modèle markovien. Application à la transition forêt-agriculture à Madagascar". *Cah Agric* vol.20 : 274-9. doi : 10.1684/agr.2011.0498, 2011.
- [61] N. Rechid, A. Khelifa, A. Toumi, A. Taleb, M. Mimi, and K Benmahammed., "Segmentation non supervisée d'images basée sur les modèles de Markov cachés," *Courrier du Savoir* – no.12, pp.39-45, 2011.
- [62] A. Singh, "Digital change detection techniques using remotely-sensed data". *International Journal of remote sensing*, vol.10, no.6, pp.989-1003, 1989.
- [63] M. Sigell, and F. Tupin, "Champs markoviens en Traitement d'Image, Département Traitement de Signal et des Images", *Ecole Nationale Supérieure des Telecom*, Paris, 2002.
- [64] L. Sparfel, "Etude des changements d'occupation des sols dans la zone côtière à partir de données hétérogènes : application au Pays de Brest", *Thèse, Université de Bretagne occidentale*, France, 2011.
- [65] M.A. Sarr, "Cartographie des changements de l'occupation du sol entre 1990 et 2002 dans le nord du Sénégal (Ferlo) à partir des images Landsat", *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 472, mis en ligne le 07 octobre 2009, consulté le 31 décembre 2013. URL : <http://cybergeo.revues.org/22707> ; DOI : 10.4000/cybergeo.22707.
- [66] A. Shalaby, and R. Tateishi, "Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt". *Applied Geography*, no.27, pp.28-41, 2007.
- [67] B.L. Turner, J. Geoghegan, "Land-Cover and Land-Use Change (LCLUC) in the southern Yucaian Peninsular Region (SYPR)", *People and the Environment: Approches for Linking Household and Community Surveys to Remote Sensing and GIS*, (eds), *Amsterdam, Kluwer Academic Publisher*, pp.31-60, 2003.
- [68] F.Y. Wu, "The potts model". *Reviews of Modern Physics*, vol. 54, no.1, pp. 235-267, 1982.

Dietary Intake of Pesticides Based on Import Animal Liver Consumption: A Case Study, Cairo, Egypt

Tarek A. Abdel-Rahman¹, Fayza A. Sdeek¹, and Amany R. Morsy²

¹Central Agricultural Pesticides Laboratory, Agricultural Research Center ARC, Dokki, Giza, Egypt

²Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, Benha University, Egypt

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

ABSTRACT: A total of 18 pesticides (12 organochlorines, and 6 pyrethroids) in 32 different imported animal liver samples collected from local markets in Cairo governorate in Egypt in different seasons, were detected the contamination of organochlorines and pyrethroids pesticides using Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe (QuEChERS) method. The presence of organochlorines and pyrethroids pesticides residues were determined by gas chromatography with electron capture detector (GC-ECD). The results indicated that, the pesticides residues were found in all samples and 2 samples above the maximum residue levels (MRLs). Organochlorine residues had the highest percentage of contamination and violation (i.e. 100 and 6.25%, respectively) in imported animal liver samples, whereas synthetic pyrethroid residues had the lowest percentage of contamination (i.e. 6.25%) while their percentage of violation were 0%. However, the most frequently found pesticides were P,P'-DDE and heptachlor-epoxide while the lowest frequently found pesticides were aldrin, cypermethrin and deltamethrin. Furthermore, the health risk index for heptachlor-epoxide was the greatest which may be due to its physiochemical properties. A potential regular pesticides residues monitoring program in imported animal liver should be conducted to protect the consumers' health.

KEYWORDS: Monitoring, dietary intake, animal liver, organochlorine, synthetic pyrethroids, QuEChERS, Egypt.

1 INTRODUCTION

When polluted feed consumed by animals, aflatoxin, heavy metal and pesticide intakes may reach up to levels, treating human health by passing into end products such as meat and milk. To prevent becoming animal food hazardous, first of all, feed utilized should be kept under control. Although, throughout the world some study have been carried out on the raw materials, no serious work has been undertaken covering aflatoxin, heavy metal and pesticide content of compound feeds which is the final product taken into the animal body. (DAĞAŞAN, Ö., & ÖZEN, N. 2011). QuEChERS is a (quick, easy, cheap, effective, rugged and safe) method which has been mainly applied for the extraction of different classes of pesticides. The QuEChERS method is a simple, rapid, and inexpensive procedure requiring little labor and few materials, space, and solvents. This method achieved the status of Official Method of AOAC International (Lehotay 2007; Abdel. Rahman et al., 2015). Governments and international organizations are regulating the use of pesticides and are setting the acceptable MRL. When these compounds are applied according to good agricultural practices, MRL are not exceeded, but there in correct application may leave harmful residues, which involve possible health risk and environmental pollution. Teratogenic, carcinogenic and toxic properties of these compounds have been reported by (Abdellseid and Abdel. Rahman, 2014). Analysis of pesticide residues in food is a key tool for monitoring the levels of human exposure to pesticide residues. Pesticide residues in food are usually monitored with reference to Maximum Residue Limits (MRLs) and acceptable Daily Intakes (ADIs). The MRL is an index that represents the highest concentration (expressed in mg kg⁻¹) of pesticide residue that is legally permitted or accepted in a food or animal feed after the use of pesticides. A consumer exposure is of concern if the estimated dietary exposure to a pesticide exceeds the ADI.

The ADI is the estimate amount of a chemical in food ($\text{mg kg}^{-1}\text{body weight day}^{-1}$) that can be ingested daily over a life time without appreciable health risk to the consumer (FAO2002).

The current study monitors the levels of pesticide residues in some different imported animal liver samples collected from Egyptian local markets and compare the detected levels with the international established permissible limits MRL's. Although this gives a good indication, it lacks the information necessary for a proper interpretation and in terms of food safety. To evaluate the safety of consumers regarding pesticide residues, the exposure needs to be assessed and compared to health safety limits or toxicological endpoint values such as the ADI (acceptable daily intake) or the ARfD (acute reference dose). This work also provides estimation of human health risk through estimated average daily intakes (EADIs) as compared with ADIs set by (FAO/WHO 2010).

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 SAMPLES COLLECTION

A total of 32 samples of imported animal liver were collected on the day of local markets in Cairo governorate in Egypt. About 20 gm of each liver sample was collected directly after inspection at local markets in Cairo governorate in Egypt over the period of the four year seasons from April 2014 to January 2015, each sample was kept in separate sterile plastic bag in a deep freezer unit (-20°C) and then transferred to the lab in an insulated ice box for detection of their content of pesticide residues.

2.2 SOLVENTS

All organic solvents were of HPLC grade and supplied by Merck, USA. Primary and secondary amine (PSA, 40 μm Bondesil) was purchased from Supelco (Supelco, Bellefonte, USA). Anhydrous magnesium sulfate was of analytical grade, purchased from Merck, USA, and was activated by heating at 250°C for 4 h in the oven before use and kept in desiccators. A stock standard solution ($100 \text{ } \mu\text{g ml}^{-1}$) was prepared with methanol and stored at -20°C . The standard working solutions were prepared from stock solution by serial dilution with methanol at 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0 and $2.0 \text{ } \mu\text{g ml}^{-1}$ and were stored at 4°C before use.

2.3 PESTICIDES DETECTED

18 pesticides were studied for identification and quantification, the detected residues organochlorine pesticides included: alpha-HCH, beta-HCH, gamma-HCH, heptachlor, heptachlor-epoxide, aldrin, dieldrin, p,p-DDE, endrin, o,p-DDT, p,p-DDD, p,p-DDT. Synthetic Pyrethroids included fenpropathrin, permethrin, lambda-Cyhalothrin, cypermethrin, fenvalerate and deltamethrin.

2.4 ANALYSIS OF TESTED AND MONITORED PESTICIDES

The samples were comminuted (10 g) of each was then placed into 50 mL polyethylene tube. Samples were extracted and cleaned up immediately after sampling using QuEChERS methodology (Anastassiades *et al.*, 2003). 15 mL of acetonitrile was added into each tube. The samples were well shaken using a vortex mixer at maximum speed. Afterwards, 6 g of anhydrous magnesium sulfate and 1.5 g of sodium chloride were added, then extract by shaking vigorously on vortex for 5 min and centrifuged for 10 min at 4,000 rpm. An aliquot of 4 mL was transferred from the supernatant to a new clean 15 mL centrifuge tube containing 100 mg PSA and 600 mg anhydrous magnesium sulfate. The samples were again vortexed for 3 min and then centrifuged for 10 min at 4,000 rpm.

2.5 GAS CHROMATOGRAPHIC ANALYSIS

The pesticides were analyzed on Hewlett Packard (HP) serial 6890, gas chromatograph, equipped with electron capture detector (GC-ECD). GC analysis was conducted on a HP-5 MS capillary column of 30 m, 0.25 mm id., 0.25 μm film thicknesses. The oven temperature was programmed from an initial temperature 80°C for 1 min, then increasing at $30^{\circ}\text{C min}^{-1}$ up to 160°C (2 min hold) then increasing to 260°C at a rate of $3^{\circ}\text{C min}^{-1}$ and was maintained at 260°C for 12 min. Injector and detector temperature were maintained at 300 and 320°C , respectively. Nitrogen was used as a carrier at flow rate of 3 ml min^{-1} . With each set of samples to be analyzed, a solvent blank, a standard mixture and a procedural blank were run in sequence to check for contamination, peak.

2.6 METHOD VALIDATION

The validation of the proposed analytical method (GC-ECD) was carried out according to the (SANCO document 10684/2009). Linearity was evaluated by constructing matrix matched calibration curves in the range of 0.1–20 µg /l for GC-ECD. Method sensitivity and recovery were determined by using samples spiked with the tested pesticides at three different levels (0.05, 0.01 and 0.001mg/kg). Fortified samples were extracted as described earlier and the average recovery percentages for fortified samples were determined. Limits of detection (LOD) and quantification (LOQ) were evaluated as the pesticide concentration that produces a peak signal-to-noise ratio of 3:1 and 10:1, respectively. The previous procedures were presented in Table. 1.

Table 1. The group, pesticide, LOD, LOQ, r^2 , RSD%, and average recoveries percentage of OC and PY pesticides in animal livers samples using GC-ECD.

Group	Pesticides	RT	LOD (mg/kg)	LOQ (mg/kg)	r^2	RSD%	Average recoveries %
organochlorine pesticides	Alpha-HCH	10.44	0.005	0.015	0.995	12	75.72
	Beta-HCH	11.96	0.005	0.015	0.997	10	88.53
	Gamma-HCH	13.1	0.001	0.004	0.996	11	90.51
	Heptachlor	14.46	0.01	0.03	0.995	9	87.43
	Aldrin	17.07	0.01	0.03	0.997	9	87.47
	Heptachlor-Epoxyde	17.31	0.001	0.003	0.996	18	82.21
	Dieldrin	17.72	0.001	0.003	0.991	13	89.95
	P,P-DDE	18.98	0.001	0.003	0.988	7	88.52
	Endrin	19.15	0.001	0.003	0.997	16	85.64
	O,P-DDT	20.07	0.002	0.006	0.992	16	91.57
	P,P-DDD	20.5	0.002	0.006	0.991	13	94.56
	P,P-DDT	21.09	0.002	0.006	0.992	15	90.86
synthetic pyrethroids pesticides	Fenprothrin	21.98	0.001	0.003	0.997	12	94.82
	Lambda-Cyhalothrin	25.02	0.001	0.003	0.995	17	92.92
	Permethrin	26.17	0.001	0.004	0.994	15	89.72
	Cypermethrin	28.75	0.001	0.003	0.998	12	83.11
	Fenvalerate	34.58	0.005	0.016	0.992	13	99.43
	Deltamethrin	40.96	0.001	0.003	0.996	14	84.11

LOD = limits of detection

LOQ = limits of quantification

RSD% = relative standard deviation percent

2.7 HUMAN RISK ASSESSMENT

From a potential health perspective, it is certainly important to compare exposure estimates to established toxicological criteria such as ADI. Actually EDI is a realistic estimation of pesticide residues exposure that was calculated in the agreement with the international guidelines. EDI of pesticide residues for each combination of pesticide and commodity was calculated by multiplying the mean residual pesticide concentration (mg kg⁻¹) in the food of interest and the food consumption rate (kg d⁻¹) and divided by body weight (Darko and Akoto, 2008) as shown in the equation:

$$\text{Exposure} = (\text{Concentration of pesticide residue} \times \text{Food consumed}) / \text{body weight}$$

The food consumption figures used were based on the consumption data issued by WHO/Global Environment Monitoring System–Food Contamination, The health risk indices were obtained by dividing the EDI by their corresponding values of ADI (FAO/WHO, 2010); assuming average adult's body weight of 60 kg. Estimated daily intakes (EDIs) of a pesticide residue and food consumption assumption were used to determine long term health risks to consumers.

When the health risk index >1; the food involved is considered a risk to the consumers. When the index <1, the food involved is considered acceptable (Hamilton and Crossley, 2004 and Darko and Akoto, 2008). Then HRI of the residues was computed using the equation, $\text{HRI} = \text{EDI}/\text{ADI}$, (EFSA2013). Cumulative risk obtained for the detected pesticides belonging to the same chemical group organochloride, and pyrethroids by summing up HRI for the individual pesticides (ΣHRI 's).

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 METHOD VALIDATION

The method was evaluated according to the guidance "Method Validation and Quality Control Procedures for Pesticide Residue Analysis in Food and Feed" (SANCO/10684/2009) for its repeatability, linearity, recovery, limit of detection and quantification. Linearity was evaluated by the calculation of a five-point linear plot with three replicates (Table 1), based on linear regression and squared correlation coefficient, r^2 , which should be >0.988 . Average recovery and the highest RSD were obtained in repeatability studies from samples of spiked animal livers at three different concentration levels (LOQ, 2 X LOQ and 5 X LOQ); Table 1 shows the results for recoveries studies. For the analysis of pesticides at sub $\mu\text{g/L}$ levels recovery values between of 70% and 120%, are considered as acceptable. The accuracy of the presented method was acceptable for all pesticides tested being in the range of 75.72–99.43 %, which fulfill the recommendation of SANCO guidelines (SANCO/10684/2009).

The RSD values were less than 20% for all the concentration levels tested. Limits of detection (LOD) values were in the range of 0.001-0.01 mg/kg. The experiments showed that there were no interference peaks from the animal livers matrix on the elution region of the specific pesticides. All results obtained for all compounds confirm the efficacy of the present method for the determination of multi-residue pollutants in poultry feeds sample.

3.2 MONITORED ORGANOCHLORINES AND SYNTHETIC PYRETHROIDS PESTICIDE RESIDUES IN IMPORTED ANIMAL LIVER SAMPLES

The organochlorines and synthetic pyrethroids pesticide residues found in imported animal liver samples results are shown in Table 2. It is shown that, a total of 32 imported animal liver samples were analyzed. All samples were contaminated with organochlorines pesticide, while 3 samples were contaminated with synthetic pyrethroids pesticide residues and Total contamination % was 100 % in all samples, 6.25% from these samples were exceeded MRL limits. From these pesticides heptachlor and endrin were detected in imported animal liver samples were more than MRL value. The other pesticides found were less than MRL value. All collected imported animal liver samples were free from any detectable residues of alpha-HCH, beta-HCH, dieldrin, , p,p-DDD o.p-DDT, p,p-DDT, permethrin and fenvalerat pesticides. The most frequently found pesticides were P,P'-DDE (in 31 samples) and heptachlor-epoxide (in 8 samples) while the lowest frequently found pesticides were aldrin, cypermethrin and deltamethrin (in one sample).

The results of imported animal liver samples Tables 2.indicated that, two pesticides (heptachlor-epoxide and P,P'-DDE) found in samples collected in winter season, their residues means were (9.9 and 42.75 ng/kg) respectively. in summer season heptachlor and P,P'-DDE found in samples and their residues means recorded (13and 137.125 ng/kg) respectively. the residues mean of P,P'-DDE was 80.87 ng/kg in imported animal liver samples collected during Autumn season .while 10 pesticides (gama-HCH , heptachlor , aldrin , heptachlor-epoxide, p,p-DDE , endrin , cypermethrin, fenpropathrin, lambda-Cyhalothrin and deltamethrin) found in imported animal liver samples which collected during spring season , their residues means were (6.94,89.5,89,116.33,60.85,59,64.1,56.5,133.75 and 20 ng/kg) respectively.

Data in Table 2. showed that, the highest contamination of pesticides residues were found in imported animal liver samples which collected during spring season while the lowest contamination of pesticides residues were found in imported animal liver samples which collected during Autumn season.

3.3 RISK ASSESSMENT

When assessing chronic exposure, the level of pesticide exposure over a lifetime and the likely effects on health of such exposure is considered. This assessment method is well developed and considers the mean levels of exposure in relation to the Acceptable Daily Intake (ADI) values established for individual pesticides. In the case of consumers exposed to residues of chronically toxic pesticides, their health would only be at risk if their dietary intake exceeded the ADI every day for an extended period of time. The calculation of the chronic exposure assessment in Table 3. is based on the assumption that food with levels of pesticides found is consumed on a daily basis over a lifetime. Therefore, it is regarded as an overestimate of the real exposure to pesticides.

The exposure to pesticide residues was calculated on a total of 10 residues. The detected residues higher than LOQ are involved in calculation of exposure to avoid over estimation of EDI. The total exposure to a given pesticide residue, was obtained by summing exposures from all residue pesticide/food combinations.

Table 3. showed the estimated average daily intake (EDI ug kg ⁻¹bw ⁻¹) and the hazard index (HI) for each pesticide residues (the ratio of EDI to ADI) in samples of imported animal liver analysed .The data showed that, the highest intake and the hazard index (HI) of pesticides group through the imported animal liver in descending order were, organochlorines pesticide followed by pyrethroids with values of (1.80926E-05, and 3.34292E-06) (ug kg ⁻¹bw ⁻¹ day⁻¹) and (0.062327484 and 0.001023014) respectively.

The data in **table 3.** also showed that, none of individual HI of pesticides detected in imported animal liver samples exceeded one indicates no risk associated with consumption of such animal liver.

Table 2. Minimum, maximum, mean, frequency, contamination and violation of pesticides residues monitored in 32 samples of imported animal livers collected from local markets in Egypt during January 2015 to December 215

Season	Total no. of sample	Pesticides Found	Frequency No. %	Range: Minium- maximum (mean) (ng/kg)	Contaminated Samples No. %	MRLs (ng/kg)	Violated Samples No. %
Winter	8	Heptachlor-Epoxide	1 12.5	9.9-9.9 (9.9)	8 100	200	0 0
		P,P-DDE	8 100	17-100 (42.75)		1000	
Summer	8	Heptachlor	1 12.5	13-13 (13)	8 100	200	0 0
		P,P-DDE	8 100	69-278 (137.125)		1000	
Autumn	8	P,P-DDE	8 100	49-137 (80.870)	8 100	1000	0 0
Spring	8	Gamma-HCH	5 62.5	4.8-14.6 (6.94)	8 100	20	0 0
		Heptachlor	5 62.5	15-208 (89.5)		200	1 12.5
		Aldrin	1 12.5	89-89 (89)		200	0 0
		Heptachlor-Epoxide	6 75	30-186 (116.33)		200	0 0
		P,P-DDE	7 87.5	18-120 (60.85)		1000	0 0
		Endrin	2 25	28-90 (59)		50	1 12.5
		Cypermethrin	1 12.5	64.1-64.1 (64.1)		200	0 0
		Fenpropathrin	2 25	43-70 (56.5)		500	0 0
		Lambda-Cyhalothrin	4 50	40-230 (133.75)		500	0 0
		Deltamethrin	1 12.5	20-20 (20)		30	0 0
Total	32				32 100		2 6.25

Table 3. Acceptable daily intake (ADI), estimated daily intake (EDI), and health risk index (HRI) for pesticide residues found in imported animal livers samples studied.

Pesticide found	ADI (mg/kg body weight/day) (source; year)	EDI (mg/kg body weight/day)	HRI (EDI/ADI)	Health risk
Gamma-HCH	0.005 JMPR 1994	1.58447E-07	0.000158447	No
Heptachlor	0.0001 JMPR 1994	2.10274E-06	0.021027397	No
Aldrin	0.0001 JMPR 1994	4.06393E-07	0.004063927	No
Heptachlor-Epoxide	0.0001 JMPR 1994	3.23233E-06	0.032323288	No
P,P-DDE	0.01 JMPR 2000	1.14712E-05	0.001147119	No
Endrin	0.0002 JMPR 1994	7.21461E-07	0.003607306	No
Σ O.C		1.80926E-05	0.062327484	
Cypermethrin	0.02 Dir 04/58	2.92694E-07	1.95129E-05	No
Fenpropathrin	0.03 JMPR 1993	5.15982E-07	1.71994E-05	No
Lambda-Cyhalothrin	0.02 Reg. (EU) 2016/146	2.44292E-06	0.000977169	No
Deltamethrin	0.01 JMPR 2000	9.13242E-08	9.13242E-06	No
Σ PY		3.34292E-06	0.001023014	

3.4 CARCINOGENICITY OF PESTICIDES DETECTED IN THE PRESENT STUDY

As described by the EPA's Classification System for Carcinogens, when assessing possible cancer risk posed by a pesticide, EPA considers how strongly carcinogenic the chemical is (its potency) and the potential for human exposure. The pesticides are evaluated not only to determine if they cause cancer in laboratory animals, but also as to their potential to cause human cancer. In this issue, **Table 4** shows the carcinogenicity of pesticides detected in the present study as described by the EPA's classification system for carcinogens. As seen in **Table 4**, Heptachlor, aldrin, heptachlor-epoxide and P,P-DDE were classified as Group B2—Probable Human Carcinogen, while cypermethrin was classified as Group C (possible human carcinogen). This group is used for agents with limited evidence of carcinogenicity in animals in the absence of human data (**U.S. EPA. 1989**). However, endrin and lambda-cyhalothrin were classified as Group D—Not classifiable as to human carcinogenicity. This group is generally used for agents with inadequate human and animal evidence of carcinogenicity or for which no data are available.

This descriptor is used when the evidence from human or animal data is suggestive of carcinogenicity, which raises a concern for carcinogenic effects but is judged not sufficient for a conclusion as to human carcinogenic potential. Two pesticides were classified as Group E—evidence of non carcinogenicity for humans and this group is used for agents that show no evidence for carcinogenicity in at least two adequate animal tests in different species or in both adequate epidemiologic and animal studies (**U.S. EPA. 1989**). In addition, two pesticides (fenpropathrin and deltamethrin) were described unlikely to be carcinogenic to human, and this means that, the available data on these compounds are considered robust for deciding that there is no basis for human hazard concern (**U.S. EPA. 2006**).

On the other hand, Gamma-HCH pesticide was classified as suggestive evidence of carcinogenicity but not sufficient to assess human carcinogenic potential.

The obtained findings are in agreement with those obtained by Khalid Ibrahim (**Sallam and Alaa Eldin 2008**) they determined organochlorine pesticide residues in a total of 270 meat samples; comprising the muscle, liver, and kidney collected from 90 carcasses (30 each of camel, cattle and sheep) slaughtered in Sharkia Province, Egypt. All samples were

analyzed for their residual contents of DDT compounds (DDTs), hexachlorocyclohexane isomers (HCHs), lindane (c-HCH), aldrin, dieldrin, endrin, hexachlorobenzene (HCB), toxaphene, and chlordane compounds.

The residual contents of the organochlorines detected in all of the contaminated samples analyzed from the three different species were well below the respective maximal permissible limits set by local or international organizations.

(Alawi and Al-Hawadi2008) they monitoring fifteen organochlorine pesticides in 30 samples of liver, kidney and adipose tissues from sheep (male and female) gathered from slaughter houses in Amman/Jordan. Three groups of the organochlorine pesticides in addition to hexachlorobenzene (HCB) namely: DDT, HCH, and Cyclodiene groups were determined. The results show that almost all samples are contaminated with HCB, HCH's heptachlor and aldrin at relatively high concentrations and almost all studied organochlorine pesticides were found in the studied sample.

(Abd Elhafez et al., 2015), they analyze the liver samples for determination of their contents of agro-industrial by-products mainly pesticide residues. The study was applied on a total of 40 samples of liver which were collected on the day of slaughtering from 40 carcasses of native breeds of beef cattle. About 20 gm of each liver sample was collected directly after inspection at slaughter houses belong to EL-Gharbia governorate over the period of the four year seasons from April 2014 to January 2015. The obtained results revealed that ppDDE was the predominant OC pesticide during Spring, Summer and Autumn with a mean of 58.276 ± 8.29 ppb, 4.183 ± 1.09 ppb and 14.32 ± 8.12 ppb, respectively. Concerning to Winter season, the mean concentrations of HCB, Heptachlor, Heptachlor epoxide, Endrin, ppDDE, ppDDT and Methoxychlor in the examined samples were 1.69 ± 0.569 ppb; 2.24 ± 0.763 ppb; 6.74 ± 2.04 ppb; 3.56 ± 1.815 ppb; 2.62 ± 1.451 ppb; 2.69 ± 1.467 ppb and 1.67 ± 0.122 ppb, respectively.

Table (4):- Carcinogenicity of pesticides as described by EPA's classification system for carcinogens. Supplementary Data.

Pesticides found	Carcinogenicity
Gamma-HCH	Suggestive Evidence of Carcinogenicity, but Not Sufficient to Assess Human Carcinogenic Potential
Heptachlor	Group B2--Probable Human Carcinogen
Aldrin	Group B2--Probable Human Carcinogen
Heptachlor-Epoxide	Group B2--Probable Human Carcinogen
P,P-DDE	Group B2--Probable Human Carcinogen
Endrin	Group D--Not classifiable as to human carcinogenicity. This group is generally used for agents with inadequate human and animal evidence of carcinogenicity or for which no data are available.
Cypermethrin	Group C--Possible human carcinogen, this group is used for agents with limited evidence of carcinogenicity in animals in the absence of human data.
Fenpropathrin	Group E -Not likely to be carcinogenic to humans, this descriptor is used when the available data are considered robust for deciding that there is no basis for human hazard concern
Lambda-Cyhalothrin	Group D--Not classifiable as to human carcinogenicity. This group is generally used for agents with inadequate human and animal evidence of carcinogenicity or for which no data are available.
Deltamethrin	Group E -Not Likely to Be Carcinogenic to Humans, this descriptor is used when the available data are considered robust for deciding that there is no basis for human hazard concern

REFERENCES

- [1] Abd Elhafez M.A., Nader Y. M., , Essam Kamel and Seham N. H. 2015 Agro-Industrial By-Products in Animal Livers.Global Veterinaria 15 (2): 202-206.
- [2] Abdellseid .A. M., and T .A .Abd El Rahman 2014. Residue and Dissipation Dynamics of Tetraconazole in Tomato Fruit Using QuEChERS Methodology. International Conference on Food, Biological and Medical Sciences (FBMS-2014) Jan. 28-29, 2014 Bangkok (Thailand).pp45-47.
- [3] Abd-El Rahman T .A .; Hemat, Z. Moustafa; Salem, M. S.; Rehab, A.A. Dar; Nabiela, S. A. Hiekel 2015 . Profenofos Residual Effect on Cotton Bollworm Earias insulana (Boisd.) using two Ground motor sprayer. International Journal of Advanced Research ; 3(5):886-893.
- [4] Alawi, M.A. and J.S. Al-Hawadi, 2008.Organochlorine pesticides in sheep liver, kidney and adipose tissues in Jordan. Journal of Chemistry, Off. Anal. Chem., 53(6): 1300-1303. 3(2): 179-187.
- [5] Anastassiades, M.; Lehotay ,S.J.;Stajnbaher,D. and , Schenck, F. 2003. Fast and easy multiresidue method employing extraction/partitioning and "dispersive soild-phase extraction" for the determination of pesticide residues in produce. J AOAC Int 86:412-431.

- [6] Council Directive. 1990. Council directive 90/642/EEC of 27 November 1990 on the fixing of maximum levels for pesticide residues in and on certain products of plant origin, including fruit and vegetables (OJ L 350, 14/12/1990).
- [7] DAĞAŞAN, Ö., & ÖZEN, N. 2011. Aflatoxin, heavy metal and pesticide residue contents of some compound feeds produced in Turkey. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(1), 9-13.
- [8] Darko and Akoto, G. Darko O. Akoto, 2008. Dietary intake of organophosphorus pesticide residues through vegetables from Kumasi, Ghana *Food Chem. Toxicol.*, FAO, 2002a. (Food and Agriculture Organization). *Submission and Evaluation of Pesticide Residues Data for the Estimation of Maximum Residue Levels in Food and Feed*; FAO: Rome, Italy, pp: 1-279. 46: 3703-3706.
- [9] EFSA, 2013. Scientific Colloquium Summary Report. Cumulative Risk Assessment of Pesticides to Human Health: The Way Forward. Available online: <http://www.efsa.europa.eu/en/supporting/doc/colloquiapesticides.pdf> (access on 05 February 2013).
- [10] FAO, 2002a. (Food and Agriculture Organization). *Submission and Evaluation of Pesticide Residues Data for the Estimation of Maximum Residue Levels in Food and Feed*; FAO: Rome, Italy, pp: 1-279.
- [11] FAO/WHO, 2010. Pesticide residues in food and feed. Acceptable Daily Intake; Codex Alimentarius Commission, FAO/WHO Food standards.
- [12] Hamilton and Crossley, D. Hamilton S. Crossley, 2004. *Pesticide Residues in Food and Drinking Water: Human Exposure and Risks*, John Wiley and Sons Ltd. Chichester, England, pp: 28-59.
- [13] JMPR. Pesticide residues in food – 2006. Evaluations 2006. Part II - Toxicological. Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group, Rome, Italy, 3–12.
- [14] JOINT FAO/WHO EXPERT COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES Fifty-fifth meeting. Office of Pesticide Programs. Geneva, 6-15 June 2000
- [15] Khalid I. S. and Alaa Eldin M. A. M. 2008. Organochlorine pesticide residues in camel, cattle and sheepcarcasses slaughtered in Sharkia Province, Egypt. *Food Chemistry* 108 (2008) 154–164
- [16] Lehotay S.J. 2007. Determination of pesticide residues in foods by acetonitrile extraction and partitioning with magnesium sulfate: collaborative study. *J AOAC Int* 90:485–520.
- [17] Protection Agency. Washington, D.C.: Office of Health and Environmental Assessment.
- [18] Protection Agency, Science Information Management Branch. Health Effect Division.
- [19] SANCO, 2009. Method validation and quality control procedures for pesticide residues analysis in food and feed. Guidelines for residues monitoring in the European Union, Document no. SANCO/10684/2009, Central Science Laboratory, York, UK.
- [20] U.S. EPA. 1989. Exposure assessment handbook. United States Environmental 268.
- [21] U.S. EPA. 2006. Chemicals evaluated for carcinogenic potential. U.S. Environmental

Planification stratégique et profil des PME marocaines

[Strategic Planning and Moroccan SMEs profile]

Salma ECHCHARQY and Hassan ABBAR

Laboratoire système d'information et outil d'aide à la décision,
Université Hassan 1er, Ecole nationale de commerce et de gestion, Settat, Maroc

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

ABSTRACT: This article aims to study the profile of Moroccan SMEs that use strategic planning in their organization. For this study, we proceed initially with an operationalization of strategic planning concepts and SME profile, then and through an empirical study on a sample of 100 Moroccan SMEs, we try to establish the characteristics of SMEs planner from that do not. The results show that there is a significant statistically relationship between the level of training of the officer, the existence or not of an information system and made a strategic planning.

KEYWORDS: Strategic management, SME, planning, information system, organization.

RÉSUMÉ: Cet article a pour objet d'étudier le profil des PME marocaines qui ont recours à une planification stratégique dans leur organisation. En effet, pour réaliser cette étude, nous procédons dans un premier temps à une opérationnalisation des concepts clés de notre recherche à savoir : La planification stratégique et le profil des PME, ensuite et à travers une étude empirique sur un échantillon de 100 PME marocaines, nous tentons de dresser les caractéristiques des PME qui planifient par rapport à celle qui ne planifient pas. Les résultats montrent qu'il y a une relation statistiquement significative entre le degré de formation du dirigeant, l'existence ou pas d'un système d'information et le fait de procéder à une planification stratégique.

MOTS-CLEFS: Management stratégique, PME, planification, Système d'information, organisation.

1 INTRODUCTION

1.1 LES PME MAROCAINES FACE À LA RECHERCHE DE LA PERFORMANCE

Aujourd'hui plus que jamais, l'environnement de l'entreprise gagne chaque jour en turbulence : De nouveaux facteurs de vulnérabilité apparaissent, de nouveaux défis surgissent, et les positions concurrentielles acquises sont perpétuellement bousculées. Les entreprises marocaines, elles aussi, ne sont tout de même pas épargnées de cette situation.

En effet, une récente étude du cabinet Euler-Hermès¹ alerte sur la hausse du nombre de firmes déficitaires au Maroc en 2013 (Plus de 1990 entreprises ont été déclarées faillite au premier semestre 2013). Cette accélération repérée est

¹A. Diouri, « Alerte sur la défaillance de l'entreprise », les inspirations ECO.PME de novembre 2013

aujourd'hui d'autant plus inquiétante que la tendance risque, selon les projections de l'étude, de continuer les trois années à venir (A.Diouri, Alerte sur la défaillance de l'entreprise, 2013).

Les PME constituent un maillon essentiel du tissu économique de la plupart des pays, qu'elles soient développées ou en voie de développement. Au Maroc, les PME représentent environ 98 % du tissu productif. Ainsi, elles ne peuvent être dissociées à sa sphère économique et industrielle.

Par ailleurs, suite à une interview réalisée par la revue « *Économie et entreprise*² » en Juin 2015, Mme Dina Hessissen, directrice générale chez *Licorne*, explique, qu'en dépit de tous les soucis dont souffre la PME à savoir le financement, la trésorerie, la fiscalité... « La problématique majeure des PME est liée à la stratégie ». (D.Hessissen, 2015)

Elle a souligné que la plupart des PME sont conçues sur la base des compétences techniques de leurs fondateurs, ceci leur permet un démarrage plus au moins bien.

Au fil du temps, l'environnement de l'entreprise change et l'idée de base ne suffit plus pour assurer la pérennité. Elle doit être remise en question dans le sens de l'amélioration telle que la diversification des produits, l'investissement en communication et marketing, la cible de nouveaux marchés ou l'amélioration de la relation client... Tous sont défis à relever par la PME.

1.2 LA PLANIFICATION STRATÉGIQUE COMME LEVIER DE PERFORMANCE ÉCONOMIQUE DE LA PME MAROCAINE

Le processus de gestion³ au sein de la PME marocaine est un champ d'études privilégié (95 % des faillites sont attribuées à une mauvaise gestion⁴ (G.D'amboise & Gasse, 1987). En effet, la planification stratégique est l'activité de gestion qui retient de plus en plus l'intérêt des auteurs s'intéressant à la performance (Brackern, 1982 ; Pearce et al., 1987 ; Thurston, 1983 ; Orpen, 1985 ; Ackelsberg, 1985 ; Frank et al., 1991)⁵ (L.O.Edmilson, 2003). Ces auteurs affirment que la planification stratégique constitue un élément important du processus de gestion.

Cependant, la plupart des formules et des modèles de gestion sont conçus pour les grandes entreprises⁶ (G.D'amboise & Gasse, 1987) et sont difficilement transposables au contexte particulier des PME marocaines.

La planification stratégique peut être définie comme étant le processus de développement des stratégies en vue d'atteindre un ou des objectifs fixés⁷ (Wikipedia.org). Pour Peter Drucker, la planification stratégique (*stratégique planning*) est le processus continu de réalisation des décisions entrepreneuriales comportant une prise de risque⁸ (P.Drucker, What strategic planning is?, Task, Responsibilities, Practices, 1973).

Autrement dit, la planification stratégique consiste à donner une ligne de conduite à l'entreprise pour lui permettre de manœuvrer de façon cohérente dans son environnement et ainsi piloter sa performance⁹ (Bmgi.com).

1.3 QUESTION DE RECHERCHE

En dépit de la relation entre la planification stratégique et la performance des PME, dans la pratique, nous nous retrouvons face à deux types de PME : Les planificatrices et les non planificatrices.

L'objectif de cet article est surtout d'analyser à travers plusieurs caractéristiques (La taille, l'âge de l'entreprise, la formation du dirigeant....) le profil des PME marocaines planificatrices. Cette étude a été menée sur un échantillon de 100 PME marocaines.

² D. Hessissen, Interview : « La PME doit connaître ses défis », *Économies et entreprises*, juin 2015

³ Processus de gestion : Nombre total des pratiques et techniques managériales utilisées formellement par l'entrepreneur (Gasse, 1989)

⁴ G. D'Amboise, Y. Gasse, « Vision stratégique et activités de planification : un projet de recherche en PME », Document spécial, Faculté des Sciences de l'administration, Université Laval, Québec, 1987, p. 87-113.

⁵ L. O. Edmilson, *Stratégie de PME : de la perspective traditionnelle aux approches descriptives axées sur le processus*, Montréal, 2003

⁶ G. D'Amboise, Y. Gasse, « Vision stratégique et activités de planification : un projet de recherche en PME », Document spécial, Faculté des Sciences de l'administration, Université Laval, Québec, 1987, p. 87-113

⁷ http://fr.wikipedia.org/wiki/Planification_stratégique

⁸ P. Drucker, « What Strategic Planning Is? », *Tasks, Responsibilities, Practices, Management*, Heinemann, p. 125, 1973

⁹ <https://www.bmgi.com/fr>

Notre article est organisé en trois parties, nous commençons par définir les concepts clés de notre recherche : Planification stratégique et profils des PME.

Ensuite, nous présentons les aspects méthodologiques relatifs à l'échantillon, l'instrument de mesure et les variables de recherche sélectionnées. Par la suite, les résultats obtenus après l'analyse des variables sont présentés.

2 CADRE CONCEPTUEL ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

2.1 LA PLANIFICATION STRATEGIQUE AU SEIN DES PME

Le domaine d'application de la stratégie a été au départ celui de la grande entreprise, en effet, on trouve bien peu de choses dans la littérature spécialisée à propos de la réflexion stratégique dans les PME.

Le nombre d'ouvrages de stratégie d'entreprise se multiplie depuis les années 60 et plusieurs s'y côtoient : Igor Ansoff, Michael Porter, Henry Mintzberg... Toutefois, dans ces ouvrages, la PME est quasi absente des préoccupations. Étant donné sa taille, ses moyens limités, sa structure de décision... La PME n'aurait pas et ne pourrait pas avoir de stratégie (C.Etrillard, 2004)¹⁰.

Claude Etrillard constate que « La PME et son propriétaire dirigeant ont souvent été exclus de l'analyse stratégique au nom de la spécificité de la PME »

Le domaine d'application de la stratégie est donc, au départ, réservé à la grande entreprise¹¹.

Par ailleurs, quelques ouvrages ont été recensés par Etrillard à partir du milieu des années 80 et abordent partiellement le domaine de la stratégie au niveau de la PME¹² : Il a cité (B.Saporta, 1986)¹³ qui avec son ouvrage « Stratégie pour la PME » (1986) constitue une référence majeure dans un domaine peu renouvelé depuis. « Information, Choix (diagnostic, plan, outils d'analyse stratégique), Marketing » en constituent le fil directeur : Véritable ouvrage de démystification de la stratégie à l'époque pour les PME.

Aussi, (P.Julien & M.Marchesnay, 1988)¹⁴ dans « La petite entreprise » consacrent eux aussi des développements à la notion de stratégie en PME. Selon eux, il y a certes nécessité d'une stratégie, « on ne saurait trop souligner les ravages causés par le sophisme selon lequel la petite entreprise n'a pas de stratégie (domaine réservé aux grandes entreprises), ou en ferait sans le savoir. »

Toutefois, peu d'ouvrage propose une approche d'élaboration de la stratégie spécifique à la PME¹⁵. Par ailleurs, certains auteurs tels que Mintzberg et Walters s'accordent sur le fait que la PME est liée à la personnalité intime du dirigeant (H.Mintzberg & P.G.P.Walters, 1982)¹⁶.

La PME se caractérise par une prise de décision de type « entrepreneur » (T.Vestraete, 2001).¹⁷

En effet, (R.Calori, P.Véry, & al, 1997)¹⁸ explique que la réflexion stratégique de type entrepreneurial chez le dirigeant de la PME est basée sur une anticipation forte de l'avenir (intuition, feeling...) et sur une formalisation faible de la réflexion (sans méthode précise..)

¹⁰ C.Etrillard, *stratégie et PME : Peut-on parler de stratégies entrepreneuriales?*, XIII ème Conférence de l'AIMS. Normandie Vallée de Seine, 2004

¹¹ Ibid.,

¹² C.Etrillard, *stratégie et PME : Peut-on parler de stratégies entrepreneuriales?*, XIII ème Conférence de l'AIMS. Normandie Vallée de Seine, 2004

¹³ B.Saporta (1986), « *Stratégies pour la PME* », Paris, Montchrestien

¹⁴ P.Julien, M.Marchesnay (1988), « *La petite entreprise* » Paris, Vuibert.

¹⁵ C.Etrillard, *stratégie et PME : Peut-on parler de stratégies entrepreneuriales?*, XIII ème Conférence de l'AIMS. Normandie Vallée de Seine, 2004

¹⁶ H.Mintzberg, P. G. P. Walters (1982). "Tracking strategy in an entrepreneurial firm." *Academy of Management Journal* 25(3): 465-499

¹⁷ T. Verstraete,(2001), "Entrepreneuriat : modélisation du phénomène." *Revue de l'Entrepreneuriat*

¹⁸ Calori, R., P. Véry, et al. (1997). "Les PMI face à la planification stratégique." *Revue Française de Gestion*(112): 11-23

Aussi, Etrillard ¹⁹ insiste sur la notion d'opportunité : Les choix stratégiques du propriétaire dirigeant de la PME se font fréquemment sans analyse préalable, sans étude de marché, sans planification..

En outre, (C.Paquay, 2009)²⁰ confirme que « la prise de décision du dirigeant de PME se base bien souvent sur l'intuition, le feeling, les certitudes personnelles ou les doutes quant à l'avenir, l'évolution du marché et l'attitude des clients et des concurrents. Il confirme aussi que la prise de décision stratégique chez les dirigeants de PME est tout à fait informelle ».

Cependant, Paquay²¹ explique que « la prise de décision se complique avec l'évolution de la PME. En effet, plus la PME s'élargit (Expansion, augmentation de la taille, existence de copropriétaires, évolution du marché.. ..), Plus l'intuition, le feeling et les certitudes personnelles du ou des dirigeants ne suffisent pas voire même dans le cas de plusieurs copropriétaires les intuitions de chaque associé se rencontrent et provoquent le plus souvent une belle cacophonie de subjectivité ».

Aussi, Collins et Poras dans leur livre célèbre, bâti pour durer, montrent à quel point la prise de décision fondée sur l'intuition du dirigeant est risquée tant elle dépend de la santé et des lubies d'une seule personne. Une crise cardiaque peut priver une entreprise conçue pour être pérenne de son stratège clé en un clin d'œil (O.Collins & J.Porras, 1991)²².

C'est ainsi qu'une prise de décision stratégique intuitive qui correspond à l'approche de la vision stratégique décrite par Mintzberg²³ devient insuffisante pour assurer la pérennité de la PME²⁴.

De ce fait, Paquay²⁵, affirme que le dirigeant de la PME, comme dans le cas de la grande entreprise, ne devrait pas continuer à décider seul avec ses intuitions sans trop savoir comment les agencer, il préconise que le chef de la PME doive être en mesure d'organiser sa pensée, à partir de faits réels, de la réalité du terrain, d'agencer les informations recueillies et d'en dégager des décisions stratégiques réfléchies, structurées et formalisées pouvant être revues, contrôlées et surtout communiquées à l'ensemble des parties prenantes.

L'objectif est de créer une complémentarité entre l'intuition de l'entrepreneur visionnaire et la raison du manager planificateur.

S'appuyant sur la citation de (M.Godet, 2011)²⁶ « Les outils sont utiles pour préparer les choix stratégiques, mais ne se substituent pas à la liberté de ces choix », Paquay, propose ce qu'il appelle « le cocktail gagnant » de la réflexion stratégique dans les PME. Il intègre à la fois l'intuition et l'expérience du dirigeant de PME alliées à la rigueur et la méthode d'une démarche stratégique organisée.

C'est ainsi que pour la prise de décision stratégique au sein de la PME, Paquay, propose d'intégrer deux approches différentes qui paraissent même contradictoires à savoir :

- 1- **L'approche de la vision stratégique** caractérisée par l'esprit du dirigeant entrepreneur et fondée sur la prise de décision basée sur le feeling des affaires et sur l'intuition avec une rationalité limitée.
- 2- **L'approche de la planification stratégique** caractérisée par la rigueur de la réflexion stratégique et s'articulant autour d'une démarche stratégique formalisée et rationnelle fondée sur une série d'informations utiles collectées au préalable limitant le champ de l'intuition.

2.2 LES VARIABLES DE MESURE DE LA PLANIFICATION STRATEGIQUE

Suite à notre recherche, nous retenons qu'une planification stratégique formelle signifie essentiellement l'élaboration d'un plan stratégique écrit. Il est à noter également que la plupart des définitions qui font allusion à l'aspect formel de la

¹⁹ C.Etrillard, *stratégie et PME : Peut-on parler de stratégies entrepreneuriales?*, XIII^{ème} Conférence de l'AIMS. Normandie Vallée de Seine, 2004

²⁰ C.Paquay, « PME et stratégie », guide pratique, 2^{ème} édition, 2009, p.208

²¹ Ibid.,

²² O.Collins, & J.Porras, "Organizational vision and visionary organization.", *California management review*, 1991

²³ H. Mintzberg, B. Ahlstrand et J. Lampel, *Safari en pays stratégie, village mondial*, 2005

²⁴ C.Paquay, « PME et stratégie », guide pratique, 2^{ème} édition, 2009, p.208

²⁵ Ibid.,

²⁶ M.Godet, "Méthode de prospective et d'analyse stratégique", RUNES, 2011

planification stratégique tiennent compte de l'horizon temporel. Ainsi, pour (L.Charles, B.Shrader, & al, 1988)²⁷ une planification stratégique formelle est un processus de détermination de stratégies (C.Andrew & al, 1994) s'étalant sur une durée de 1 à 5 ans.

De ce fait, pour mesurer la planification stratégique au sein de notre recherche, nous attribuons 0 aux entreprises qui n'ont pas un plan stratégique et 1 pour les entreprises qui ont un plan stratégique à long terme. Une mesure similaire a été utilisée dans les travaux de French et al. (2004).

Par ailleurs, après avoir traité la planification stratégique au sein des PME, qu'en est-il du profil des PME qui planifient ?

2.3 LE PROFIL DES PME PLANIFICATRICES

2.3.1 DÉFINITION DE LA PME

La définition de la PME demeure un sujet universellement problématique à l'heure actuelle. En effet, il n'y a pas un consensus pour une définition standard de la PME. Chaque pays a sa propre perception. En effet, déjà en 1978, R. PETERSON constate qu'« il y a une certaine ironie à vouloir définir les PME. Comme elles représentent 98 % des décisions économiques en nombre de firmes, il serait naturel d'essayer de définir l'exception, à savoir les grandes entreprises (R.Peterson, 1978)²⁸. »

Ainsi, deux approches différentes permettent de définir la PME : L'approche qualitative fondée sur des critères théoriques, sociologiques... et l'approche quantitative basée sur des critères descriptifs tels que le chiffre d'affaires, le nombre d'employés...

➤ L'approche qualitative

Une grande étude sur la problématique des PME fut menée en Grande-Bretagne à la fin des golden sixties par (J.E.Bolton, 1971).²⁹ Selon ce rapport trois critères essentiels pourraient être utilisés pour déterminer une PME :

- 1- Toutes les décisions qui fondent la gestion de l'entreprise sont prises par les propriétaires, il y a rarement une délégation de pouvoir.
- 2- Une faible part de marché : Selon ce rapport une PME a une part de marché restreinte ne lui permettant pas un pouvoir de négociation. Au cas contraire, l'entreprise ne peut être considérée comme une PME
- 3- L'indépendance de la société : Pour être considéré PME, l'entreprise ne doit appartenir à aucun groupe de taille plus importante, cette étude exclue les filiales des grandes entreprises.

Plusieurs auteurs ont essayé de compléter l'étude de Bolton en ce qui concerne la définition qualitative de la PME nous citons à titre d'exemple :

Woitin, estime que la PME est caractérisée par son identification à un entrepreneur. Il complète sa définition par diverses autres caractéristiques orientées autour de la petite taille de la PME telles qu'un personnel de direction peu spécialisé (M.Woitin, 1966)³⁰ ; une faible part de marché ; des contacts personnels étroits entre direction, travailleurs, clients, fournisseurs ; des problèmes de financement...

Aussi, (P.Wynarczyk, R.Watson, D.J.Storey, H.Short, & K.Keasey, 1993)³¹ pensent également que puisque la gestion et la propriété de l'entreprise sont généralement entre les mains du dirigeant et/ou de sa famille, celui-ci puisse poursuivre la réalisation de ses objectifs personnels au travers l'entreprise sans devoir rendre des comptes à d'éventuels actionnaires externes. Ainsi, la principale spécificité de la PME, selon eux, provient en grande partie du lien qui unit le dirigeant à son entreprise.

²⁷ L.Charles, B.Shrader, & al., "Operational and strategic planning in small business north central regional center for rural development", Iowa state university, 1988

²⁸ R. Peterson ; « Petites et Moyennes Entreprises pour une économie équilibrée », Montréal, le cercle du livre de France, 1978

²⁹ J.E.Bolton, « Report of the Committee of inquiry on small Firms », Cmmd. 4811, Londres, HMSO; 1971

³⁰ M.Woitin, « Enquête sur la situation des petites et moyennes entreprises industrielles dans les pays de la CEE », Etude Série Concurrence, Bruxelles, n°4 ; 1966

³¹ P.Wynarczyk; R.Watson; D.J.Store; H.Short; K.Keasey, « The managerial labor market in small and medium-sized enterprises », Routledge, Londres;1993

Il est clair que de nombreux auteurs ont essayé de donner une définition qualitative à la PME. Toutefois pour (P.A.Julien, 1984)³², il n'y a pas de limite claire et précise entre la petite et la grande entreprise, car entre ces deux extrêmes, il existe une multitude d'entreprises aux caractéristiques diverses. Des caractéristiques qui ne sont pas nécessairement en complète opposition.

➤ L'approche quantitative

La deuxième famille des critères qui servent à différencier les PME des entreprises de « grande taille » est l'approche quantitative est la plus souvent utilisée en pratique, car elle permet d'identifier ce que l'on entend par PME plus rapidement et avec plus de clarté.

Les critères les plus utilisés dans cette approche sont ceux liés à la taille de l'entreprise. Cela signifie que c'est la taille de l'entreprise qui détermine la limite entre la petite et la grande entreprise. Les critères de taille les plus utilisés sont le nombre d'employés, le chiffre d'affaires, l'endettement, le total bilan, la valeur ajoutée...

Cependant, à cause de la diversité économique et financière des entreprises entre les pays et entre les différents secteurs d'activités, la méthode quantitative ne permet pas d'avoir une définition unifiée et homogène des PME (CDVM, 2011)³³.

2.3.2 CARACTERISTIQUES DE LA PME PLANIFICATRICE

Plusieurs études ont fait références aux caractéristiques des PME qui ont recours à la planification stratégique. Nous nous sommes inspirés principalement de l'étude réalisée par Domingo García Pérez de Lema, Víctor Gabriel Sánchez Trejo, Roberto Estrada Bárcenas, concernant « *Les facteurs caractéristiques de la planification stratégique dans la PMI : une étude empirique sur des entreprises en Espagne* ».

▪ La taille de l'entreprise

La taille, constitue une des critères principaux qui caractérisent une PME d'une grande entreprise. En effet, plus l'entreprise a une taille réduite, plus sa structure est simple et ses ressources et ses capacités sont limitées (Zavallos, 2006). Une étude réalisée sur des PME de haut niveau technologique par (M.Berry, 1998)³⁴ a souligné qu'il a une relation significative entre la taille de l'entreprise et la planification. Aussi, au Mexique, une étude de 406 PME a également validé qu'à mesure que l'entreprise grandisse, elle formalise sa planification (F.Martinez, 2008)³⁵.

▪ L'âge de l'entreprise

Plusieurs études montrent qu'il y a une corrélation positive entre la planification et l'âge de l'entreprise. (J.Longenecker, 2007)³⁶ souligne que l'activité de planification au sein de l'entreprise évolue selon le développement du cycle de vie de l'entreprise, autrement dit, plus elle grandit, l'entreprise a tendance à planifier.

▪ La formation du dirigeant

La connaissance est considérée comme une source d'avantage concurrentiel durable et un pilier nécessaire à la croissance et à la pérennité de l'entreprise. En effet, dans le travail de Berry (1998)³⁷, la planification se rattache positivement à la formation et à l'expérience du dirigeant et celle de son encadrement.

▪ L'entreprise familiale

Est considérée comme familiale, une entreprise dont une seule famille détient la propriété et le contrôle. La finalité de ce type d'entreprise est de la transmettre à une autre génération (Galoo, 2004)³⁸. Toutefois, certaines études confirment que

³² P.A. Julien, « Qu'est-ce qu'une PME ? Six caractéristiques qui permettent enfin de les identifier », *Le Devoir*, Octobre, 1984 ; p. 2

³³ Rapport CDVM, le financement des PME, Mai 2011

³⁴ M.Berry, "Strategic planning in small high tech companies", *Long Range Planning*, vol. 31, no. 3: 455 -466, 1998

³⁵ F.Martinez, V.Sanchez, F.Somohano, D. Garcia, S.Marin, *Análisis estratégico para el desarrollo de la micro, pequeña y mediana empresa (Estado de Hidalgo)*, Ed. UAH, México, ISBN, 970 -769 -137 -9, p. 234, 2008

³⁶ J.Longenecker, R.More, L.Petty, J.Palich, *Administración de pequeñas empresas. Un enfoque emprendedor. (13ª ed.)*. México. Thomson, 2007.

³⁷ M.Berry, "Strategic planning in small high tech companies", *Long Range Planning*, vol. 31, no. 3: 455 -466, 1998

seulement le tiers de ces entreprises arrivent à la deuxième génération et 10% d'entre elle à la troisième. Pour cela, la planification stratégique est déterminante pour le développement de ces entreprises (W.C.Handler, 1998)³⁹.

▪ **Le système d'information**

Les Systèmes d'information sont employés par les dirigeants pour mettre en application, d'une manière plus efficace, la stratégie dans son organisation (S.Khanti, 2007)⁴⁰. (H.Atkinson, 2006)⁴¹ souligne aussi l'évidence que les systèmes d'information facilitent la formulation et l'exécution de la planification.

2.3.3 LES VARIABLES DE MESURES RETENUES POUR LE PROFIL DES PME

- **La taille de l'entreprise** : Le nombre d'employé au sein de l'entreprise est utilisé pour mesurer la taille de l'entreprise (Merchant, 1984; Hoque, James, 2000; Malmi, 1999).
- **L'âge de l'entreprise** : Est mesuré par le nombre d'année écoulée depuis la constitution de la PME. Cette variable a été utilisée par Holmes et Nichols (1989) et Yasuda (2005).
- **La formation du dirigeant** : Est une variable qui prend 0 quand le dirigeant ne dispose pas d'études universitaires et 1 quand le dirigeant dispose d'études universitaires. Des travaux comme celui de Lussier et de Corman (1996) et Cooper, et al. (1991) ont mesuré la variable du dirigeant comme une variable binaire.
- **L'entreprise familiale** : Cette variable prend 0 quand l'entreprise est familiale et 1 quand l'entreprise est non familiale. (Sharma et al. 1997, le Romain et al. 2000, et Monreal, 2002).
- **Le système d'information** : Cette variable prend 0 quand l'entreprise n'a pas un système d'information et 1 quand l'entreprise dispose d'un système d'information. Ce type de mesure a été utilisé par Choe (1996), Hoque y James (2000).

2.4 LES HYPOTHESES DE RECHERCHES RETENUES

Suite à l'opérationnalisation des concepts clés de notre recherche, nous retenons l'hypothèse de base suivante :

Hypothèse générale : Il y a une relation statistiquement significative entre la planification stratégique et le profil des PME marocaines

- H1 : Il y a une relation statistiquement significative entre la taille et la planification stratégique au sein des PME marocaines
- H2 : Il y a une relation statistiquement significative entre l'âge et la planification stratégique au sein des PME marocaines
- H3 : Il y a une relation statistiquement significative entre la formation du dirigeant et la planification stratégique au sein des PME marocaines
- H4 : Il y a une relation statistiquement significative entre la structure organisationnelle familiale ou pas et la planification stratégique au sein des PME marocaines
- H5 : Il y a une relation statistiquement significative entre le fait d'avoir un système d'information ou pas et la planification stratégique au sein des PME marocaines

Les hypothèses étant définies, nous présentons dans ce qui suit, notre méthodologie de recherche.

³⁸ M.A. Gallo (2004). "Comparison Of family and nonfamily business: Financial logic and personal preferences". *Family Business Review*, 17, 4, pp. 303-318

³⁹ W.C. Handler, K.E. Kram (1998). "Succession in Family Firms: The problem of Resistance", *Family business review, Journal of the Family firm Institute, Estados Unidos Volumen I (4)*, pp. 361-381

⁴⁰ S. Khanti, (2007). "A framework for management control research", *Journal of Management*, vol. 26, no. 9, pp. 895-915

⁴¹ H. Atkinson, "Strategy implementation: a role for the balanced scorecard?". *Management Decision*, vol. 44: 1441 -1460, 2006

3 MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

3.1 POPULATION D'ENQUÊTE

Dans le cadre de notre recherche, nous nous intéressons aux PME marocaines vu leur importance significative dans le tissu économique (plus de 95 %). Ainsi, en se référant sur les définitions citées précédemment, notre population compte 742 PME dont le chiffre d'affaires est inférieur à 75 millions de dirhams hors taxes et l'effectif est inférieur à 200 personnes. Ce sont les 742 classées parmi les 1 000 premières PME, tous secteurs et régions confondus, ayant le chiffre d'affaires le plus important en 2013 classées par le cabinet Inforisk dans la revue Économie et entreprise en Juin 2015.

3.2 ECHANTILLON ET MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE

Pour le choix de notre échantillon de 100 PME, nous avons procédé à une méthode d'échantillonnage non probabiliste et plus précisément à la méthode des quotas.

La caractéristique significative principale dont nous disposons dans notre population mère est la ville que nous avons convertie en région selon la régionalisation territoriale avancée du Maroc lancée en 2014 (Le360.ma, 2014)⁴² (12 régions). Ainsi, vu l'importance significative de la répartition des PME par région (concentration sur l'axe Casablanca et rabat), le critère de représentativité retenu pour la méthode des quotas est la région.

Tableau 1⁴³ : Proportion de l'échantillon choisi par région selon le quota de la population d'enquête

Régions	Effectif des PME par région dans la population totale	Proportion des PME par région de la population totale	Effectif des PME par région dans l'échantillon	Proportion des PME de l'échantillon
Casablanca – Settat	428	58 %	57	58 %
Rabat - Salé – Kenitra	88	12 %	12	12 %
Tanger - Tétouan - Al hosseima	67	9 %	9	9 %
Fès – Meknès	45	6 %	6	6 %
Sous – Massa	43	6 %	6	6 %
Marrakech – Safi	39	5 %	5	5 %
Oriental	15	2 %	2	2 %
Beni mellal – Khenifra	9	1 %	1	1 %
Laayoune - Sakia al hamra	4	1 %	1	1 %
Draa – Tafilalet	3	0 %	0	0 %
Edakhla - Oued eddhab	1	0 %	0	0 %
Échantillon à tester			100	

Ainsi, selon la méthode des quotas par région, notre échantillon de 100 cas sera choisi de la population d'enquête selon les quotas des régions présentés dans le tableau ci-dessus. Dans ce qui suit, nous décrivons l'instrument de mesure et les méthodes de traitement et de collecte des données.

3.3 INSTRUMENT DE MESURE ET COLLECTE DES DONNEES

Dans le cadre de notre travail, le questionnaire est notre instrument de recherche. Les questions sont de type fermé. Elles sont objectives et facilitent la codification et l'exploitation.

⁴² <http://www.le360.ma/fr/politique/regionalisation-hassad-devoile-la-nouvelle-carte-du-maroc-22071>

⁴³ Compilé par l'auteur

Aussi, pour collecter les données qui constituent le fondement de notre recherche, nous nous sommes déplacés sur le terrain, auprès des entreprises de notre échantillon avec notre questionnaire accompagné d'une lettre explicative approuvée par le directeur de recherche.

En effet, un premier contact a été fait par téléphone avec chacune des entreprises de notre échantillon afin de solliciter leur participation, tout en leur expliquant brièvement le but de la recherche. Une fois acceptation de la collaboration, un rendez-vous était fixé afin de répondre au questionnaire. Ces rendez-vous signifiaient de multiples déplacements.

La contrainte principale de cette étape réside dans le fait de joindre la personne dans le sommet de la hiérarchie à savoir les gérants de ces entreprises ou leurs équivalents considérés comme les personnes déclarantes appropriées à notre étude empirique.

Toutefois, notre présence au forum de la PME qui a été organisé du 02 au 04 Décembre 2015 à la foire internationale de Casablanca nous a facilité l'accès à quelques entreprises de notre échantillon participantes au Forum.

En définitive, en utilisant cette démarche, nous avons pu au bout de 5 mois collecter 96 questionnaires en plus des 4 entreprises qui ont accepté de participer à notre prétest. Ce qui nous fait un total de 100 questionnaires utilisables. Ces questionnaires feront l'objet de traitement selon la méthode décrite dans le point suivant.

3.4 METHODE DE TRAITEMENT DES DONNEES : LA REGRESSION MULTIPLE

La régression multiple a pour but d'isoler une relation entre une variable à expliquer et plusieurs variables explicatives et les mettre en équation. Cette relation s'exprime sous forme d'équation de régression qui présente la variable à expliquer comme la somme des variables explicatives affectées de leurs coefficients de régression à laquelle s'ajoute un terme constant selon (Y.Evrard, B.Pras, & E.Roux, 2003)⁴⁴. Pour réaliser cette étude, nous avons utilisé l'outil Excel.

4 RÉSULTATS

Les résultats de cette recherche vont être présentés à partir d'indices calculés selon la méthodologie précédemment décrite.

Le tableau 2 ci-dessous résume les coefficients qui ont été calculés. Le test de l'hypothèse générale (HG) effectué à travers une régression multiple entre le construit de niveau I (la planification stratégique) et les 5 construits du niveau II (La taille, l'âge, la formation du dirigeant, l'entreprise familiale, le système d'information).

Tableau 2 – Récapitulatif des résultats du modèle général (Planification stratégique/ Profil de la PME)

<i>Statistiques de la régression</i>	
Coefficient de détermination multiple	0,86968271
Coefficient de détermination R ²	0,756348017
Coefficient de détermination R ²	0,743387805
Erreur-type	0,2541019
Observations	100

Le modèle général de régression linéaire donne une corrélation forte entre les construits du niveau I Planification stratégique et ceux du niveau II (La taille, l'âge, la formation du dirigeant, l'entreprise familiale, le système d'information) avec un coefficient de corrélation R égale à 0,87, proche de 1.

Le coefficient de détermination (R²) du modèle général de régression linéaire donne une valeur de 0,75 (supérieure à 0,5) qui donne au modèle général un bon niveau explicatif.

⁴⁴ Y.Evrard, B. Pras, et E. Roux, (2003). *Market – Etudes et recherches en marketing*, 3ème édition, Paris, Dunod

Tableau 3 – Analyse de variance

	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Valeur critique de F
Régression	5	18,8406291	3,76812582	58,35923241	2,52482E-27
Résidus	94	6,069370902	0,064567776		
Total	99	24,91			

De même, selon le tableau 3 ci-dessus, la robustesse du modèle produit une valeur de F (test de Fisher) égale à 58,35, supérieure à F lu ($2,52 \times 10^{-27}$) au seuil de signification ($p=0,000<5\%$) pour des degrés de liberté de 5 et 94.

Tous les coefficients sont conformes aux normes prescrites. Le modèle fait preuve d'un bon pouvoir explicatif ; de même, les coefficients observés confirment un lien de causalité entre les variables du niveau I et celles du niveau II. En définitive, l'hypothèse générale (HG) : «Il y a une relation statistiquement significative entre la planification stratégique et le profil des PME marocaines» est globalement validée.

Tableau 4 – Récapitulatif des résultats des sous modèles

	Statistique t	P valeur
Constante	1,08	0,28
Taille	0,16	0,88
Age	2,10	0,04
Formation du dirigeant	2,87	0,01
Entreprise familiale	2,71	0,01
SI	5,90	0,00

- Le t de Student relatif au construit taille n'est pas significatif (différent de 0) = 0,16 aux seuils de 0,88 supérieur à 5%. Ces valeurs ne sont pas conformes aux normes. En définitive, l'hypothèse H1 selon laquelle «Il y a une relation statistiquement significative entre la taille et la planification stratégique au sein des PME marocaines» n'est pas validée.
- Le t de Student relatif au construit Age est significatif (différent de 0) = 2,10 aux seuils de 0,04 inférieurs à 5%. Ces valeurs sont conformes aux normes. En définitive, l'hypothèse H2 selon laquelle «Il y a une relation statistiquement significative entre l'âge et la planification stratégique au sein des PME marocaines» est validée.
- Le t de Student relatif au construit formation du dirigeant est significatif (différent de 0) = 2,87 aux seuils de 0,01 inférieurs à 5%. Ces valeurs sont conformes aux normes. En définitive, l'hypothèse H3 selon laquelle «Il y a une relation statistiquement significative entre la formation du dirigeant et la planification stratégique au sein des PME marocaines» est validée.
- Le t de Student relatif au construit structure organisationnelle familiale est significatif (différent de 0) = 2,71 aux seuils de 0,01 inférieurs à 5%. Ces valeurs sont conformes aux normes. En définitive, l'hypothèse H4 selon laquelle «Il y a une relation statistiquement significative entre la structure organisationnelle familiale ou pas et la planification stratégique au sein des PME marocaines» est validée.
- Le t de Student relatif au construit système d'information est significatif (différent de 0) = 5,90 aux seuils de 0,01 inférieurs à 5%. Ces valeurs sont conformes aux normes. En définitive, l'hypothèse H5 selon laquelle «Il y a une relation statistiquement significative entre le système d'information et la planification stratégique au sein des PME marocaines» est validée.

5 CONCLUSION

L'objet de ce travail a été d'analyser les caractéristiques principales des PME qui réalisent une planification stratégique à travers une étude empirique sur 100 PME marocaines. Les questions de recherche ont permis de vérifier si des facteurs tels que la taille, l'âge, la formation du dirigeant, la structure de l'entreprise (familiale ou pas) et le système d'information ont un lien direct sur le développement des systèmes de planification stratégique.

Les résultats obtenus dans cette recherche sont significatifs. Les variables qui expliquent dans une plus grande mesure l'implantation de la planification stratégique par la PME sont principalement : La formation du dirigeant, l'existence ou pas

d'un système d'information, la structure organisationnelle et l'âge de la PME. En effet, les entreprises ayant un gérant avec une formation universitaire et un système d'information ont une plus grande probabilité de projeter stratégiquement leurs activités.

Par ailleurs, nos résultats infirment la relation entre la taille et la planification au sein de l'entreprise, une PME qui grandit ne formalise pas automatiquement son activité de planification stratégique.

Ces résultats, donnent lieu à des contributions théoriques et managériales. Sur le plan théorique, cette recherche relance le débat scientifique sur le rôle du propriétaire-dirigeant dans la compétitivité des PME.. Elle semble confirmer une affirmation de (Julien & M.Morin, 1996)⁴⁵: « un bon entrepreneur est celui qui développe ses compétences et sa vision pour se maintenir et demeurer compétitif ».

Sur le plan manageriel, on peut déduire l'importance de la mise en place des Systèmes d'information par les dirigeants en vue de mettre en application, d'une manière plus efficace, la stratégie au sein de l'organisation et ainsi faciliter la formulation et l'exécution de la planification stratégique au dirigeants de PME.

⁴⁵ P.A. Julien, et M. Morin, (1996), *Mondialisation de l'Economie et PME Québécoises*, Presses de l'Université du Québec.

REFERENCES

- [1] A.Afuah. (2004). *Business medel, a strategic management approach*. Mc Graw Hill Irwin.
- [2] A.Baldauf, D.Cravens, & A.Piercy. (2005). *Sales management control research synthesis and an agenda for future research*. Journal of personal selling and sales management 2005.
- [3] A.Boujjat. (2015). Contraintes fiscales des PME marocaines. (S.ECHCHARQY, Intervieweur)
- [4] A.Bourgignon. (1995). *Peut-on définir la performance ?* Revue Française de Comptabilité .
- [5] A.Chandler. (1962). *Stratégie et structure de l'entreprise*. Hommes et Techniques.
- [6] A.Chandler. (1962). *Strategy and structure : Chapter in the history of the industrial enterprise*. Cambridge.
- [7] A.D.Chandler. (1962). *Strategy and Structure : Chapter in history of the industrial enterprise*. Cambridge.
- [8] A.Diouri. (2013). Alerte sur la défaillance de l'entreprise. *Les inspirations ECO.PME* .
- [9] A.Diouri. (2015). Défaillances des entreprises. *l'Economiste* (4447).
- [10] A.Marison, A.Asquin, C.Everaere, D.Vinot, & M.Wissler. (2012). *Diagnostic de la performance d'entreprise, Concepts et Méthode* . Dunod.
- [11] A.Martinet. (1990). *Grandes questions épistémologiques et sciences de gestion*. Paris: Economica.
- [12] A.Mbengue, & Ouakouak, M. (2012). Planification stratégique rationnelle et Performance de l'entreprise : Une étude internationale. 16, 117-127.
- [13] A.NDAO. (2012). *Effets des pratiques de GRH sur la performance économique et financière des entreprises sénégalaises : par quels mécanismes ?* Montpellier: Laboratoire GRH-FASEG/UCAD.
- [14] A.Osterwalder, & Y.Pigneur. (2011). *Business medel : Nouvelle génération*. Paris: Pearson.
- [15] A.Ramon, F.Edward, & M.Karl. (1988). *Uravelling criterie for assessing the performance of salespeople : A causal analysis* (Vol. 8). Journal of personal selling and sales management.
- [16] A.Thietart. (2007). *Méthode de recherche en management*. Dunod.
- [17] Anpme.ma. (2015). Récupéré sur <http://www.anpme.ma/fr/declineServ.aspx?mod=2&rub=216&c=1>
- [18] B.Martory, & D.Croze. *Gestion des Ressources Humaines*. Paris: Economica.
- [19] B.Saporta. (1986). *Stratégie pour les PME*. Paris: Montchretien.
- [20] B.Wernelfelt. (1984). *A resource based view of the firm*. Strategic maanagement journal.
- [21] *Bmgi.com*. (s.d.). Récupéré sur <https://www.bmgi.com/fr>
- [22] C.Andrew, & al. (1994). *Corporate level strategy, creative value in the multibusiness company*. Wiley.
- [23] C.E. (2013). *Définition des micros, petites et moyennes entreprises*.
- [24] C.Etrillard. (2004). *Stratégie et PME : Peut on parler de stratégies entrepreneuriales* . XIIIème conférence de l'AIMS, Normandie Vallée de Seine.
- [25] C.Paquay. (2009). *PME et stratégie*. Guide pratique.
- [26] CDVM, R. (2011). *Le financement des PME*.
- [27] Charte.PME. (2002). *Bulletin officiel n°5036*.
- [28] Chroniques.N.U. (2011). *Les économies en transition; l'importance des PME*.
- [29] Circulaire.BAM. (2010). *Circulaire relative aux exigences en fonds propres pour la couverture des risques de crédit de marché et opérationnels selon les approches internes aux établissements de crédit* .
- [30] D.Behman, & W.Perreault. (1982). *A Role Stress Model of the Performance and Satisfaction of Industrial Salespeople*. Journal of Marketing.
- [31] D.F.Abell. (1980). *Defining the business : The starting point of strategic planing*. Prentice Hall.
- [32] D.Hessissen. (2015, Juin). La PME doit connaitre des défis. (E. e. entreprise, Intervieweur)
- [33] D.Jackson, J.Schlacter, & W.Wolfe. (1995). *Examining the Bases Utilized for Evaluating Sales peoples Performance*. Journal of Personal Selling & Sales Management.
- [34] D.McClelland. (1961). *The achieving society*. D.Van Nostrand.
- [35] *DECF*. (s.d.). Récupéré sur http://decf.descf.free.fr/OGE/La_politique_generale_et_planification.htm
- [36] *DECF*. (s.d.). Récupéré sur http://decf.descf.free.fr/OGE/La_politique_generale_et_planification.htm
- [37] Drucker, P. (1959). *Management science*.
- [38] E.P.Learned, & al. (1969). *Business policy : Text and cases*. Irwin Publishing.
- [39] E.T.Penrose. (1959). *The theory of the growth of the firms*. New york: Wiley.
- [40] Economie.Entreprise. (2015). *Financement, principale contraintes des PME*.
- [41] Economie.Entreprise. (2015). *L'ANPME, créateur d'emplois directes et indirect*.
- [42] *Emergence.gov*. (s.d.). Récupéré sur [Emergence.gov](http://www.emergence.gov.ma/CompetitivitePME/Pages/Gouvernance.aspx): <http://www.emergence.gov.ma/CompetitivitePME/Pages/Gouvernance.aspx>
- [43] *Emergence.ma*. (2015). Récupéré sur <http://www.emergence.gov.ma/CompetitivitePME/Pages/ProgrammesPME.aspx>

- [44] *Erudit.org*. (s.d.). Récupéré sur <http://www.erudit.org/revue/mi/2012/v16/n4/1013153ar.html>
- [45] F.Depelteau. (2010). *La démarche d'une recherche en sciences humaines : De la question de départ à la communication des résultats*. De boek.
- [46] F.Harbinson, & C.Myers. (1959). *Management in the industrial world*. McGraw-Hill.
- [47] F.Kohen. (2004). *cours collecte des données*. Settat: faculté des sciences techniques, settat.
- [48] F.Martinez. (2008). Analisis estrategico para el desarrollo de la mmicro pequena y mediana empresa. (UAEH, Éd.) p. 234.
- [49] F.Wacheux. (1996). *Méthodes qualitatives et recherche en gestion*. Economica.
- [50] G.Benoît. (1986). *Recherche sociale de la problématique à la collecte des données*. Quebec: Press de l'université.
- [51] G.D'amboise, & Gasse, Y. (1987). *Vision stratégique et activité de planification : Un projet de recherche en PME*, 87-113. Québec: Faculté des sciences de l'administration.
- [52] G.Jonhson, & al. (2005). *Stratégie*. Pearson Education France.
- [53] G.Rich, & all, &. (199). *Apples and Apples or Apples and Oranges ? A Meta-Analysis of Objective and Subjective Measures of Salesperson Performance*. Journal of Personal Selling.
- [54] Gallo, M. (2004). Comparison of family and non family business : Financial logic and personal preferences. *Family Business* .
- [55] Gallo, M. (s.d.). Comparison of family and nonfamily business : Financial logic and personal preferences. *Family business Review* , pp. 303 - 318.
- [56] Galoo, M. (2004). Comparison of family and non family business : Financial logic and personal preferences. *Family business review* , pp. 303-318.
- [57] H.Ansoff. (1965). *Corporate Strategy*. McGraw.
- [58] H.Ansoff. (1968). *Stratégie de développement de l'entreprise*. Homme et techniques.
- [59] H.Ansoff. (1977). *The state of practise in planning systems*. Sloan Management Review.
- [60] H.Atkinson. (2006). Strategy implementation : A role for the balanced scorecard. *Management decision* , pp. 1441 - 1460.
- [61] H.Bouquin. (2004). *Le controle de gestion* (éd. 6ème). Paris: Presses Universitaires de France.
- [62] H.Fayol. (1916). *Administration industrielle et générale*. Dunod.
- [63] H.Frank, & al. (1991). *Valeurs guidant la planification des nouvelles entreprises, une comparaison internationale* (Vol. 4). Revue internationale PME.
- [64] H.Glaister, & al. (2008). *A casual analysis of formal strategic planning and firm performance evidence from an emerging country*. Management Decision.
- [65] H.I.Ansoff. (1965). *Corporate Strategy : An analytic Approach to business policy for growth and expansion* , 241. New York: Mc Graw Hill.
- [66] H.Mintzberg. (1994). *Grandeur et décadence de la planification stratégique*. Paris: Dunod.
- [67] H.Mintzberg. (1994). *Le manager au quotidien : Les dix rôles du cadre*. Paris: Les éditions d'organisation.
- [68] H.Mintzberg. (1987). *The strategy concept 1 Five Ps for strategy*. California Management Review.
- [69] H.Mintzberg, & J.A.Waters. (1985). *Of strategies, Deliberate and Emergent*. Strategic Management Journal.
- [70] H.Mintzberg, & P.G.P.Walters. (1982). *Tracking strategy in an entrepreneurial firm* (Vol. 3). Academy of management journal.
- [71] H.Mintzberg, B.Ahlstrand, & J.Lampel. (2005). *Safari en pays stratégie*. Village mondial.
- [72] H.Ouadaa, ali, W., & D.Benromdan. (2012). *Planification stratégique et planfcation opérationnelle* . IHEC SOUSS: Management des organisations.
- [73] Hcp.ma. (2012). Récupéré sur <http://www.hcp.ma/>
- [74] Huselid, M., Jackson, S., & Schuler, R. (1997). *Technical and Strategic Human Resource Management Effectiveness as Determinants of Firm Performance* . Academy of Management Journal .
- [75] I.Lakatos. (1994). *Histoire et méthodologie des sciences : Programme de recherche et reconstruction rationnelle*. Paris: PUF.
- [76] Inforisk. (2011). *Rapport sur la PME au Maroc*.
- [77] Insee.fr. (s.d.). Récupéré sur <http://www.insee.fr/>
- [78] J.Barney. (1989). *Assets stocksand sustained competitive advantage*. Management science.
- [79] J.Boles, N.Donthu, & R.Lohtia. (1995). *Salesperson Evaluation Using Relative Performance Efficiency*. Journal of Personal Selling & Sales Management.
- [80] J.E.Bolton. (1971). *Report of the committee of inspiy on small firms*. HMSO.
- [81] J.LeMoigne. (1995). *Le constructivisme*. Des épistémologie.
- [82] J.Longenecker. (2007). *Administracion de pequenas empresaa*. (Thomson, Éd.) *Un enfoque emprendedor* .

- [83] J.M.D'amboise, & G.Garnier. (1994). *L'association entre la manifestation de la vision stratégique des propriétaires dirigeants de PME et la performance de leur entreprise* (Vol. 7). Revue internationale PME.
- [84] J.P.Wright. (1979). *On a clear day you can see general motors : John Z. de loran's look inside the automotive giant*. Grosse pointe.
- [85] J.Pearce, & R.Robinson. (1987). Academy of management Review. *The tenuous link between strategic planning and financial performance*.
- [86] J.Roquebert, R.Philipp, & P.Westfall. (1996). *Market Versus Management : what drives profitability ?* Management Journal.
- [87] Jr.Robinson, B.Richard, & A.John. (1983). *The impact of formalised strategic planning on financial performance in small organisations* (Vol. 4). Strategic Management Journal.
- [88] Jr.Robinson, B.Richard, & A.John. (1984). *Research thrust in small firm strategic planning* (Vol. 9). Academy of management review.
- [89] JR.Robinson, B.Richard, Y.Logan, & al. (1986). *Planning Activites Related to independant retail firm performance*. American Journal of smal Business.
- [90] Julien, P., & M.Morin. (1996). *Mondialisation de l'économie et PME quebecoises*. Quebec: Presse de l'université.
- [91] K.R.Andrews. (1980). *Director's responsibility for strategy*, 28-43. Havard Business Review.
- [92] K.R.Andrews. (1981). *Replaying the board's role in formulating strategy*, 24. Havard Business Review.
- [93] K.R.Andrews. (1987). *The concept of corporate strategy*, 117. Irwin édition.
- [94] L.Baird. (1986). *Managing Performance*. John Willey.
- [95] L.Charles, B.Shrader, & al. (1988). *Operational and strategic planning in small business north central regional center for rural development*. Iowa state university.
- [96] L.O.Edmilson. (2003). *Stratégie de PME : De la perspectives traditionnelle aux approches descriptives axées sur le processus*. Montréal.
- [97] Le petit robert. (2011). Paris.
- [98] Le360.ma. (2014). Récupéré sur <http://www.le360.ma/fr/politique/regionalisation-hassad-devoile-la-nouvelle-carte-du-maroc-22071>
- [99] *leseco.ma*. (s.d.). Récupéré sur <http://www.leseco.ma/les-cahiers-des-eco/pme/15810-conjoncture-alerte-sur-la-defaillance-des-entreprises.html>
- [100] Lopinion.ma. (2012). Récupéré sur http://www.lopinion.ma/def.asp?codelangue=23&id_info=25818
- [101] M.Amraoui. (2015). Défis fonctionnels. (E. e. entreprise, Intervieweur)
- [102] M.Berry. (1998). Strategic planning in small high tech companies. *Long Range planning*, 31, pp. 455-466.
- [103] M.Charbonneau. (2010). *Système de pratiques hautement performantes en gestion des ressources humaines : une étude dans les PME québécoises*. Montréal: Université du Québec.
- [104] M.E.Porter. (1980). *Competitive Strategy : Techniques for analysing industries and competitors*. Free Press.
- [105] M.E.Porter. (1981). *The contributions of industrial organisations to strategic Management*. Academy of management review.
- [106] M.E.Porter. (1996). *What is strategy*. Havard business review.
- [107] M.Godet. (2011). *Méthode de prospective et d'analyse stratégique*. RUNES.
- [108] M.Huberman, & M.Miles. (1994). *analyse des données qualitatives, recueil de nouvelles méthodes*. De Boeck.
- [109] M.Kalika. (1988). *Structures d'entreprises : réalités déterminants, performances*. Economica.
- [110] M.Kraft. (1999). *An empirical investigation of the antecedents of sales force control systems*. Journal of marketing.
- [111] M.Marchesnay. (1993). *Le management stratégique*. Eyrolles.
- [112] M.Marchesnay. (1993). *Management stratégique*. Eyrolles.
- [113] M.Marion, A.Asquin, C.Everaere, & al. (2012). *Diagnostique de la performance d'entreprise, concepts et méthodes*. Dunod.
- [114] M.Morris, D.Davis, R.Avila, & al. (1991). *Assessing the relationships among performance measures*. Journal of personal selling and sales management.
- [115] M.Porter. (1985). *Competitive strategy : Creating and sustaining superior performance*. The free press.
- [116] M.Woitin. (1966). *Enquête sur la situation des PME industrielles dans les pays de la CEE*. Etude série concurrence.
- [117] Marocpme.ma. (2015). Récupéré sur <http://candidature.marocpme.ma/#aboutus>
- [118] N.Notat. (octobre 2007). *une question centrale*. Acteurs de l'Economie,dossier spécial performance.
- [119] N.Pearson, & al. (1986). *Planning and financial performance of small, mature firm's* (Vol. 7). Strategic Management Journal.
- [120] O.Aktouf. (1992). *Management and theories of organisations in the 1990s : Toward a critical radical humanism?* (Vol. 17). The Academy of Management Review.
- [121] O.Collins, & D.Moore. (1970). *The organizational Markers*. Appleton century crofts.

- [122] O.Collins, & J.Porras. (1991). *Organizational vision and visionary organization*. California management review.
- [123] O.Morgenstern, & Neunman, J. (1947). *Theory of games and economic behaviour*. PUP.
- [124] P.A.Julien. (1984). *Qu'est ce qu'une PME? Six caractéristiques qui permettent enfin de les identifier*. Le Devor.
- [125] P.Drucker. (1970). *Entrepreneurship in business enterprise*. Journal of business.
- [126] P.Drucker. (1959). *Long Range Planning : Challenge to Management Science*. Management Science.
- [127] P.Drucker. (1973). *What strategic planning is?, Task, Responsibilities, Practices*. Heineman.
- [128] P.Julien, & M.Marchesnay. (1988). *La petite entreprise*. Paris: Vuibert.
- [129] P.Rosenzweig. (2009). *The halo effect and eight other business delusions that deceive managers*. Free press.
- [130] P.Selznick. (1957). *Leadership in administration, a sociological interpretation*. Peterson.
- [131] P.Shields, & M.K.Grover. (2006). *Evolution in the strategic manufacturing planning process of organizations*. Journal of operations management.
- [132] P.Wynarczyk, R.Watson, D.J.Storey, H.Short, & K.Keasey. (1993). *The managerial labour market in small and medium sized enterprise*. Routledge.
- [133] Ph.Lprino. (2003). *Methodes et pratiques de la performance*. Editions d'organisation.
- [134] Ph.Lprino. (2003). *Méthodes et pratiques de la performance*. Edition d'organisation.
- [135] R.A.Thietart, & J.M.Xuereb. (2009). *Stratégies : Concepts, méthodes, mise en oeuvre* (éd. 2ème édition). Dunod.
- [136] R.Ackelsberg, & P.Arlow. (1985). *Small business do plan and it pays off* (Vol. 18). Long range planning.
- [137] R.Ackoff. (1973). *Méthode de planification de l'entreprise*. De l'organisation.
- [138] R.Ackoff. (1973). *Méthode de planification dans l'entreprise*. Paris: Edition d'organisation.
- [139] R.Avila, E.Fern, & K.Mann. (1988). *Unravelling Criteria for Assessing the Performance of Salespeople: A Causal Analysis*. Journal of Personal Selling & Sales Management.
- [140] R.Calori, P.Véry, & al. (1997). *Les PMI face à la planification stratégique*. Revue française de gestion.
- [141] R.Masanel, & J.E.Ricart. (2010). *From strategy to business models onto tactics*. Long range planning.
- [142] R.Peterson. (1978). *le cercle du livre de France*. Montréal: Petites et moyennes Entreprise pour une économie équilibrée.
- [143] R.Peterson. (1977). *Small business : Building a balanced economy*. Erin.
- [144] R.Rumelt. (1991). *How much does industry matter*. Strategic Management Journal.
- [145] R.S.Kaplan, & D.P.Norton. (2001). *Comment utiliser le tableau de bord prospectif*. Editions d'organisations.
- [146] R.S.Kaplan, & D.P.Norton. (1992). *The balanced scorecard, measures that drive performance*. Harvard business review.
- [147] R.Stacey. (1992). *Managing chaos : Dynamic Business Strategies in an unpredictable world*. London: Kogan page.
- [148] R.Yin. (1994). *Case study research : Design and methods*. London: New Delhi.
- [149] S.Khanti. (2007). A framework for management control research. *Journal of management*, pp. 895 - 915.
- [150] S.Tremblay. (1983). *Guide de la planification pour PME* (Vol. 1). P.M.O.
- [151] Séville, M., & V.Perret. (1999). *Fondement épistémologiques de la recherche*. Dunod.
- [152] T.Vestraete. (2001). *Entrepreneuriat : Modélisation du phénomène*. Revue de l'entrepreneuriat.
- [153] T.Vestraete, & Jouison, E. (2009). *Business model pour entreprendre, le modèle GPR : Théorie et pratique*. De boeck.
- [154] Th.Brush, P.Bromiley, & M.Hendricks. (1991). *The relative influence of industry and corporation on business segment performance an alternative estimate*. Journal of management.
- [155] Tns.com. (2012). Récupéré sur <https://www.tns-ilres.com/cms/Home/WikiStat/La-methode-des-quotas>
- [156] V.Davide. (1993). *Examen des relations potentielles entre la planification stratégique et opérationnelle et la performance des PME Québécoises*. Chicoutmi.
- [157] V.Warnier, Lecocq, X., & B.Demil. (2012). *Le business model, un support à la créativité de l'entrepreneur*. Entreprendre et innover.
- [158] W.C.Handler. (1998). Succession in family firms : The problem of resistance. *Family business review*, pp. 361-381.
- [159] W.G.Ouchi. (1977). *The relationship between organizational structure and organizational control*. Administrative science quarterly.
- [160] *Wikipedia.org*. (s.d.). Récupéré sur http://fr.wikipedia.org/wiki/Planification_stratégique
- [161] X.Lecocq, & S.Yami. (2004). *L'analyse stratégique et la configuration de valeur*. Revue française de gestion.
- [162] X.Lecocq, B.Demil, & J.Venture. (2010). *Business models as a research program in strategic* (Vol. 123). L'expansion management review.
- [163] X.Lecocq, B.Demil, & V.Warnier. (2006). *Le business model, un outil de d'analyse stratégique* (Vol. 123). L'expansion management review.
- [164] X.Lecocq, & B.Demil. (2013). *Stratégie et Business Models*. Pearson.
- [165] Y.Evrad, B.Pras, & E.Roux. (2003). *Etudes et recherches en marketing*. Paris: Dunod.

Concentration en métaux lourds des eaux de surface dans le bassin versant de Martil débouchant dans la méditerranée occidentale marocaine

[Heavy metal concentration of surface water of Martil's watershed leading into the Moroccan Western Mediterranean]

MOHAMMED RAISSOUNI¹, ZAKARIYAE DJEBARY TAHIRI¹, ABDELKRIM EL ARRIM¹, and HASSAN ER-RAIOU²

¹Laboratoire d'Océanologie, Environnement et Risques Naturels, Département des Sciences de la Terre, FST de Tanger, Morocco

²Equipe de Recherche en Géo-Information et Aménagement du Territoire, Département des Sciences de la Terre, FST de Tanger, Morocco

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

ABSTRACT: Pollution of superficial waters is one of the most answered aspects in the world and especially in the Mediterranean. The Mediterranean countries like Morocco is settled in a serious policy for the conservation of resources in superficial waters or groundwater, reducing the rate of the pollution load reaching the different streams and also, practicing techniques of cleanup especially in the Mediterranean watersheds whose the watershed of Martil which represents the largest one in the north western of Morocco. The results of physicochemical parameters recorded at different stations, show a high pollution load in stations located in the center of urban and industrial areas, translated by high rates of TSS, COD and BOD₅ and consequently low levels of dissolved O₂. The analysis of heavy metals, have led to the remarkable presence, by location, of iron, aluminum and lead, by cons, the results showed low contents of zinc, copper and cadmium.

KEYWORDS: Morocco, pollution, physical-chemical parameters, trace metals, correlations.

RESUME: La pollution des eaux de surface est l'un des aspects les plus répondus dans le monde et surtout au niveau de la méditerranée. La Maroc comme pays méditerranéen s'est intégré dans une politique sérieuse pour la conservation de ses ressources en eau de surface ou souterraines, en réduisant le taux de la charge polluante arrivant aux différents cours d'eau et en plus, en pratiquant des techniques de dépollution surtout au niveau des bassins versants méditerranéens dont le bassin versant de Martil qui représente le plus important bassin de la région nord occidentale de Maroc. Les résultats des paramètres physicochimiques enregistrés au niveau des différentes stations, montrent une forte charge polluante, dans les stations situées au centre des agglomérations urbaines et industrielles, traduite par des taux élevés en MES, DCO et DBO₅ et par conséquence un taux faible en O₂ dissous. Concernant les analyses des métaux lourds, ils ont abouti à la présence remarquable, par endroit, du fer, de l'aluminium et du plomb, par contre, les résultats ont montré des teneurs faibles en zinc, en cuivre et en cadmium.

MOTS-CLEFS: Maroc, pollution, paramètres physicochimiques, éléments traces métalliques, corrélations.

1 INTRODUCTION

La pollution des cours d'eau a été accrue, de manière chronique ou accidentelle, à cause de l'urbanisation, l'essor de l'industrie et de l'agriculture intensive. La moitié des fleuves et rivières de la planète sont polluées. Cette pollution chimique provient entre autres des engrais de synthèse et des pesticides utilisés par l'agriculture, et des rejets toxiques de l'activité industrielle et minière. Le ruissellement des pluies et les infiltrations dans le sol entraînent la pollution vers les cours d'eau et

l'océan. De plus en plus, les nappes phréatiques, théoriquement moins vulnérables que les eaux de surface, sont également contaminées, souvent pour une longue durée du fait du lent renouvellement des eaux souterraines.

Face à ces défis majeurs, de nouvelles modalités d'utilisation, orientées vers le développement durable, apparaissent. Partout dans le monde, y compris au Maroc, des programmes de recherche et des initiatives politiques sont mis en œuvre pour trouver des solutions à ces problèmes. Villes et pays cherchent à améliorer la potabilisation, la distribution et la consommation d'eau tout en luttant contre le gaspillage. La recherche de solutions à la pollution de l'eau douce et de la mer est en plein essor.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone qui fait l'objet de notre étude est le bassin versant de Martil qui représente le plus important bassin de la région Tanger-Tétouan- Al Hoceima. Sa superficie est de 1220 km² avec un débit moyen de 14,7m³/s, le principale cours d'eau dans ce bassin est l'oued Martil qui prend sa source dans des formations marno calcaires à 1000 m d'altitude. Provenant de trois affluents qui sont les oueds Khemis, Mhajat et Chekour, pour se jeter finalement dans la mer Méditerranée au niveau de la ville de Martil.

De point de vue climatique, le littoral méditerranéen occidental se situe dans l'étage bioclimatique humide à subhumide, avec un été sec et chaud [1].

2.2 ECHANTILLONNAGE

Les prélèvements ont été effectués durant l'année 2013 sur deux périodes (hivernale et estivale) au niveau de neuf stations localisées sur l'oued Martil (3 stations), et ses trois principaux affluents (2 stations sur chaque affluent). (fig. 1)

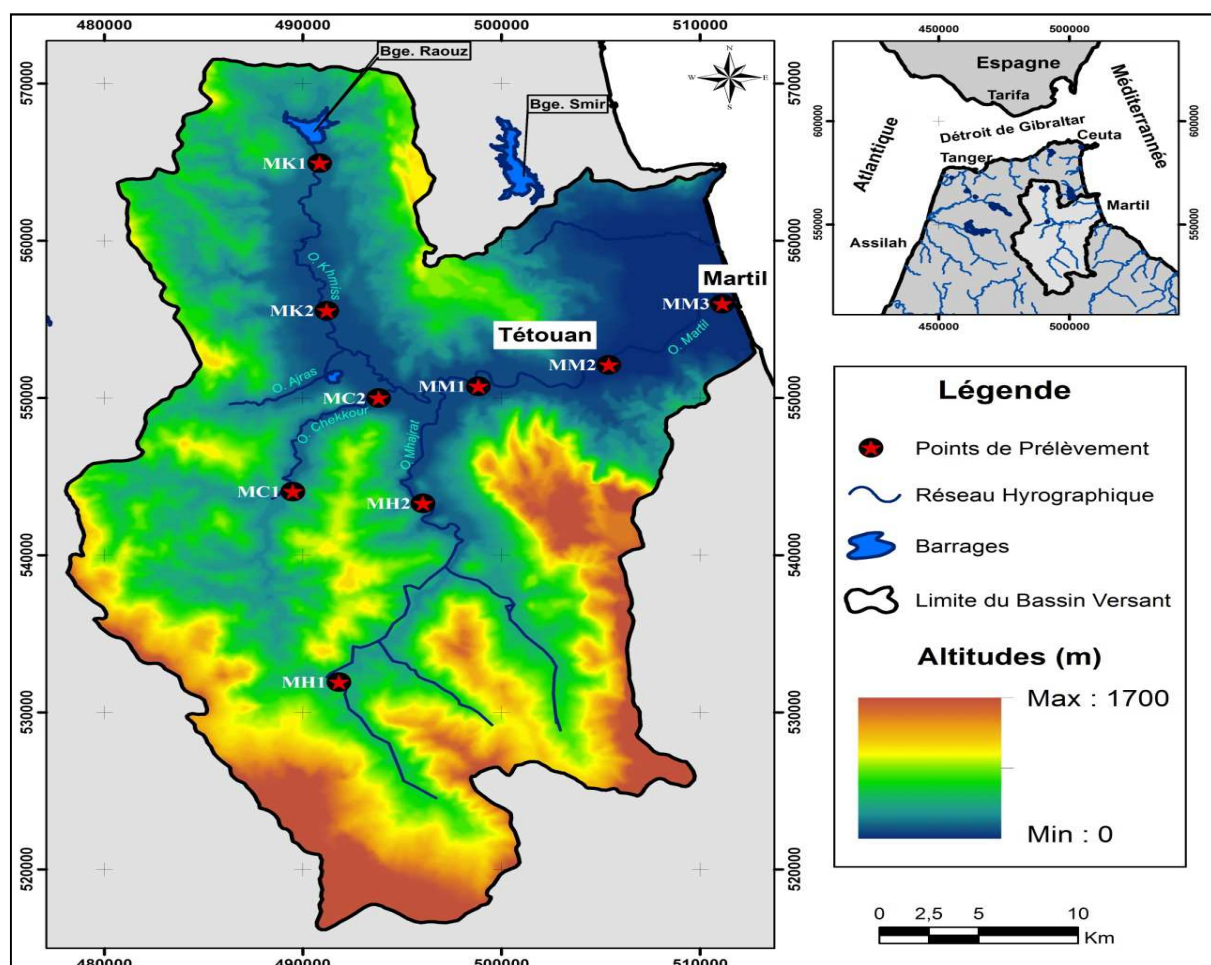


Fig. 1. Carte de situation des points de prélèvement

Les coordonnées des stations d'échantillonnage ont été déterminées à l'aide d'un GPS de type Magellan Mobil Mapper CX (Tableau 1).

Tableau 1. Localisation des stations de prélèvement

STATIONS	ALTITUDE	LONGITUDE	LATITUDE	DESIGNATION
MC1	176,32	W005°34'04.602	N35°30'10.038	AMONT OUED CHEKOR
MC2	7,66	W005°28'05.226	N35°33'13.788	AVAL OUED CHEKOR
MK1	115,9	W005°31'15.198	N35°31'15.198	AMONT OUED KHEMIS
MK2	4,14	W005°27'33.708	N35°33'41.448	AVAL OUED KHEMIS
MH1	182,17	W005°29'24.000	N35°23'27.732	AMONT OUED MHAJRAT
MH2	4,3	W005°25'46.260	N35°32'48.582	AVAL OUED MHAJRAT
MM1	7,32	W005°24'45.636	N35°33'38.190	AMONT OUED MARTIL
MM2	-0,12	W005°20'25.434	N35°34'22.418	MILIEU OUED MARTIL
MM3	-0,57	W005°16'39.366	N35°36'06.972	AVAL OUED MARTIL

Les échantillons d'eau prélevés ont été soumis à des analyses physicochimiques et métalliques :

Les analyses physicochimiques comportent les paramètres in situ qui sont l'oxygène dissout (O_2D), la température (T), le potentiel d'hydrogène (pH), la conductivité ($COND$), et les paramètres mesurés au laboratoire qui sont les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biochimique en oxygène en 5 jours ($DBO5$).

Les éléments métalliques étudiés : le fer (Fe), l'aluminium (Al), le plomb (Pb), le zinc (Zn), le cadmium (Cd) et le cuivre (Cu) ont été dosés par la technique ICP-AES (Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectroscopy) à l'Unité d'Appui Technique à la Recherche Scientifique (UATRS) du Centre Nationale des Recherches Scientifiques et Techniques (CNRST) à Rabat.

3 RÉSULTATS

3.1 PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUES

Le tableau 2 présente les résultats des analyses physicochimiques enregistrés dans les différentes stations de prélèvement dans le bassin versant de Martil.

Tableau 2. Résultats des analyses physicochimiques des différentes stations

Paramètres Stations	O_2D		pH		T		$COND$		MES		DCO		$DBO5$	
	janvier	août	janvier	août	janvier	août	janvier	août	janvier	août	janvier	août	janvier	août
Mm1	1,5	4,23	8,42	7,61	10,7	27,6	800	1160	130	95	140	150	85	90
Mm2	1,1	2,2	7,85	7,05	14,4	27	1300	1138	80	90	95	100	65	60
Mm3	3,4	4,56	6,8	7,7	13	26,2	5620	4985	95	85	100	85	40	45
Mh1	5,9	A sec	8,32	A sec	8,5	A sec	800	A sec	45	A sec	45	A sec	25	A sec
Mh2	7,8	3,65	8,62	7,39	9,2	28	335	553	25	20	20	30	30	25
Mc1	7,8	A sec	8,6	A sec	4,5	A sec	445	A sec	22	A sec	30	A sec	22	A sec
Mc2	2,7	A sec	7,9	A sec	11,3	A sec	500	A sec	28	A sec	40	A sec	33	A sec
Mk1	6,9	3,3	8,7	7,24	11,2	32,8	877	1006	25	20	25	30	10	20
Mk2	6,7	A sec	8,6	A sec	10,9	A sec	411	A sec	20	A sec	20	A sec	15	A sec

3.1.1 L'OXYGÈNE DISSOUS

L'oxygène dissout constitue l'un des paramètres les plus importants pour la qualité des eaux. L'oxygène dissout dans les rivières provient principalement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des végétaux aquatiques. Il est inversement proportionnel à la température ce qui entraîne des variations cycliques journalières et saisonnières très marquées. [2] [3].

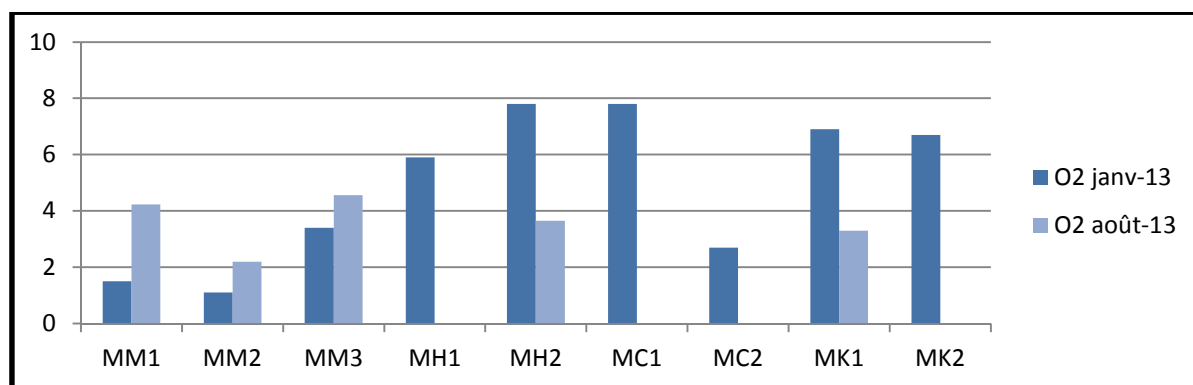


Fig. 2. Valeurs de l'oxygène dissout enregistrées dans les différentes stations

La première remarque à tirer des résultats obtenus des mesures de l'oxygène dissout, c'est qu'en aval les valeurs sont moins inférieures qu'en amont. La teneur minimale a été trouvée au point MM2 au mois de janvier, alors que la teneur maximale a été enregistrée aux points MH2 et MC1 au même mois. On note aussi qu'en aval les valeurs ont augmenté au mois d'août.

3.1.2 LE POTENTIEL D'HYDROGÈNE

Le pH indique l'acidité ou l'alcalinité d'une eau et conditionne de nombreux équilibres physico-chimiques. Dans les eaux naturelles, le pH est compris entre pH 6.5 et pH 8.5 [4]. Il varie selon la nature géologique du bassin de drainage, il est acide dans les eaux des aquifères sableuses ou granitiques et alcalin dans les aquifères calcaires. Il peut être aussi influencé par les précipitations acides, l'activité biologique et certains rejets industriels [5].

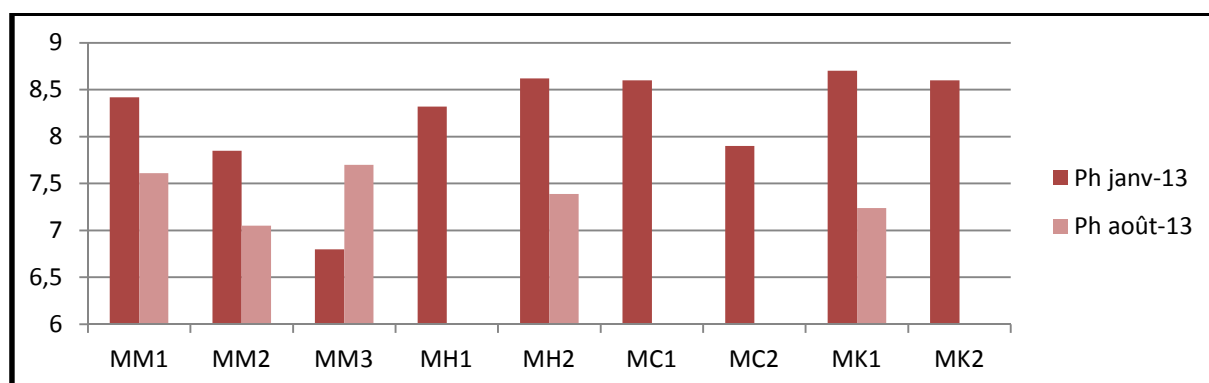


Fig. 3. Valeurs du pH enregistrées dans les différentes stations

En général, les valeurs du pH enregistrées au mois de Janvier sont plus supérieures que celles enregistrées au mois d'août. Les valeurs varient entre 6,8 et 8,7 montrant la présence d'une certaine alcalinité des eaux.

3.1.3 LA TEMPÉRATURE

La température de l'eau dépend des variations journalières ou saisonnières, de la température ambiante mais également des rejets anthropiques (ex. eaux utilisées pour le refroidissement). Ce paramètre joue un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques par son influence sur la solubilité de l'oxygène mais aussi d'autres éléments [6].

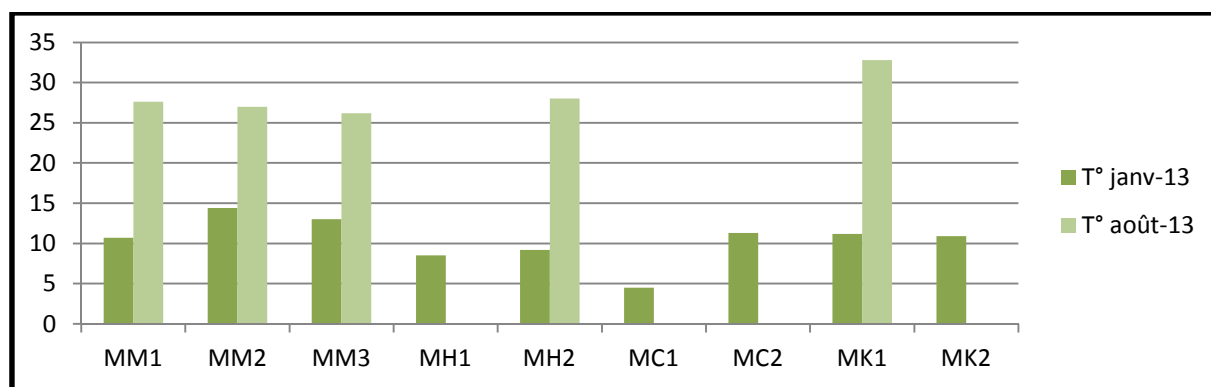


Fig. 4. Valeurs de la température enregistrées dans les différentes stations

Dans notre cas, et chose qui est normale, les températures estivales sont plus supérieures des températures hivernales. Les valeurs sont comprises entre 4,5°C et 32,8°C.

3.1.4 LA CONDUCTIVITÉ

La conductivité représente l'aptitude de l'eau à conduire le courant électrique et dépend de sa concentration en ions présents en solution. La plupart des eaux naturelles sont caractérisées par une conductivité comprise entre 10 et 1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ [7], des changements notables des valeurs de la conductivité peuvent traduire des apports importants de sels minéraux issus du bassin versant ou un apport ponctuel important (i.e. rejet industriel).

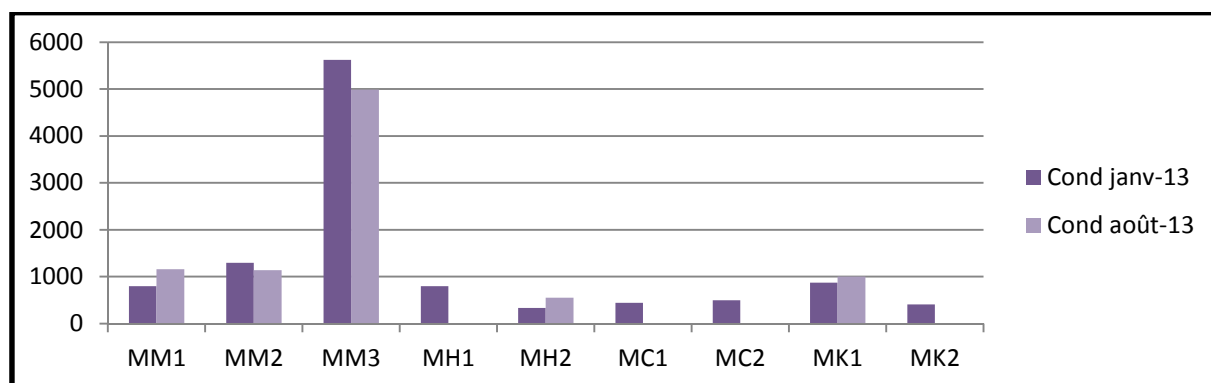


Fig. 5. Valeurs de la conductivité (en $\mu\text{S/cm}$) enregistrées dans les différentes stations

Les valeurs de la conductivité enregistrées dans cette étude sont inférieures à 1300 $\mu\text{S/cm}$ sauf au point MM3 où elles arrivent à 5620 $\mu\text{S/cm}$ en janvier et 4985 $\mu\text{S/cm}$ en août, ce point est situé à l'embouchure de l'oued Martil en contact direct avec les eaux de la mer. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution (tableau 3). D'après les résultats obtenus qui dépassent le seuil de 333 $\mu\text{S/cm}$, on peut dire que les eaux de surface de l'oued Martil connaissent une minéralisation accentuée à élevée.

Tableau 3. Rapport entre la conductivité et la minéralisation [8]

Conductivité	Minéralisation
0 – 100 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation très faible
100 – 200 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation faible
200 – 333 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation moyenne
333 – 666 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation accentuée
666 - 1000 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation importante
> 1000 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation élevée

3.1.5 LES MATIÈRES EN SUSPENSION

Les matières en suspension (MES) sont des particules minérales et organiques de faibles taille et/ou densité qui se déplacent dans les rivières avec la vitesse de l'écoulement de l'eau, sans contact avec le fond. Leur présence en fortes quantités est à l'origine de la dégradation du milieu aquatique en augmentant la turbidité de l'eau, en perturbant la vie aquatique (ex. colmatage des branchies de poissons) et aussi en véhiculant de nombreux contaminants vers le réseau hydrographique. Les MES proviennent en grande partie de l'érosion hydrique du sol. La compréhension du comportement des MES est très importante car il contrôle celui des polluants introduits dans la colonne d'eau. En effet, les concentrations les plus élevées en matières en suspension (MES) sont généralement observées pendant les événements pluvieux [9] [10] [11].

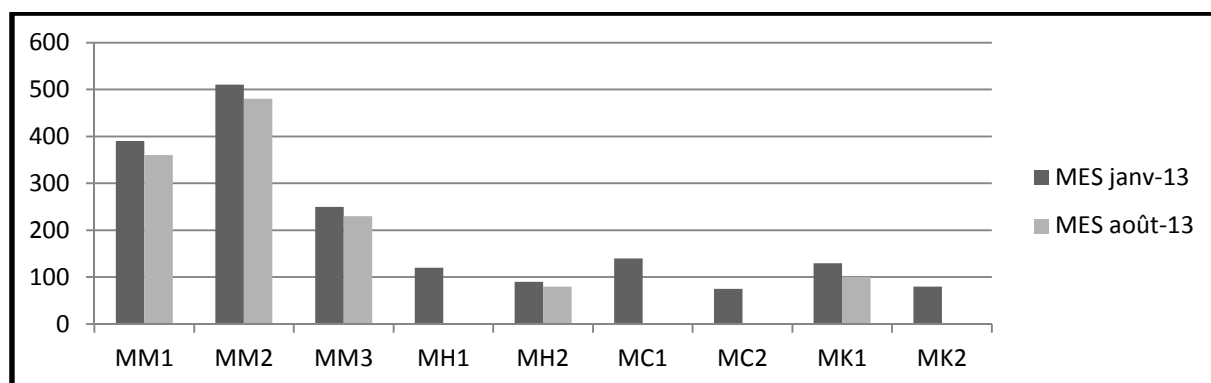


Fig. 6. Valeurs des matières en suspension enregistrées dans les différentes stations

Les teneurs des matières en suspension trouvées dans la partie aval du bassin versant (stations de l'oued Martil) sont plus supérieures que celles enregistrées dans la partie amont. Elles varient entre 75 et 120 mg/l en amont et entre 230 et 510 mg/l en aval.

3.1.6 LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE

La DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques que celles-ci aient un caractère biodégradable ou non. Elle est exprimée par la quantité d'O₂ fournie par le dichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques présentes dans les eaux résiduares.

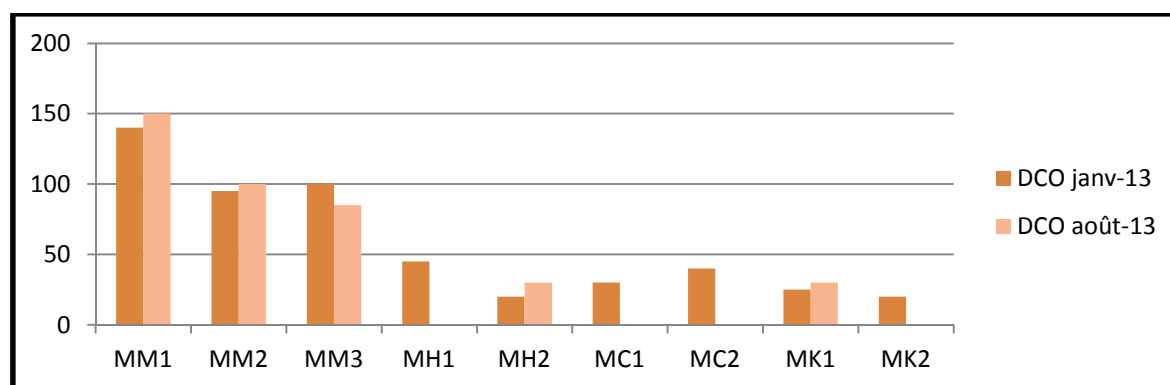


Fig. 7. Valeurs de la demande chimique en oxygène enregistrées dans les différentes stations

En aval, les valeurs de la DCO sont plus importantes, elles arrivent à 150 mg/l au point MM1 ; alors qu'en amont elles varient entre 20 mg/l et 45 mg/l.

3.1.7 LA DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE

La demande biochimique en oxygène est définie comme la quantité d'oxygène consommée par certaines matières présentes dans l'eau, pour assurer leur dégradation par voie biologique dans des conditions d'essai prédéfinies (après incubation durant 5 jours à 20°C et dans l'obscurité). Elle s'exprime en mg d'oxygène par litre d'eau (mg/l).

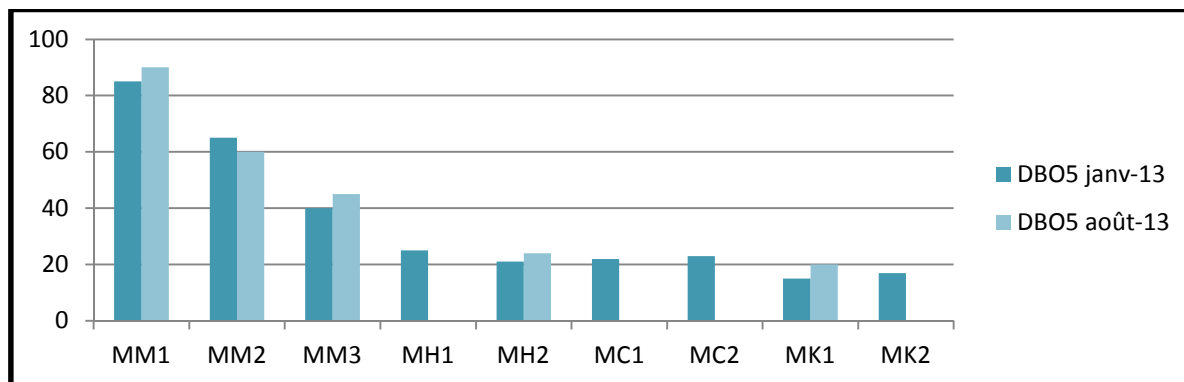


Fig. 8. Valeurs de la demande biochimique en oxygène enregistrées dans les différentes stations

L'évolution des teneurs de la DBO5 suit le même régime que celui de la DCO, les valeurs varient entre 15 mg/l au point MK1 et 90 mg/l au point MM1.

3.2 ELÉMENTS MÉTALLIQUES

Les éléments traces métalliques analysés dans les eaux de surface des différentes stations sont le fer, l'aluminium, le plomb, le cadmium, le zinc et le cuivre

Tableau 4. Résultats des analyses des éléments métalliques des différentes stations

Eléments Stations	Aluminium (mg/l)		Fer (mg/l)		Plomb (µg/l)		Cadmium (µg/l)		Zinc (mg/l)		Cuivre (mg/l)	
	août	janvier	août	janvier	août	janvier	août	janvier	août	janvier	août	janvier
Mc1	A sec	0,345	A sec	2,08	A sec	10,4	A sec	0,1	A sec	0,038	A sec	0,0032
Mc2	A sec	0,244	A sec	1,9	A sec	8,8	A sec	0,1	A sec	0,016	A sec	0,0012
Mk1	0,134	0,144	0,326	0,435	5,7	4,9	0,1	0,2	0,028	0,028	0,0059	0,0059
Mk2	A sec	0,735	A sec	1,5	A sec	13	A sec	0,3	A sec	0,023	A sec	0,0056
Mh1	A sec	0,85	A sec	1,15	A sec	2	A sec	0,5	A sec	0,054	A sec	0,0067
Mh2	1,55	1,44	1,24	1,2	12	11	0,6	0,4	0,036	0,024	0,0085	0,0045
Mm1	0,638	0,399	1,16	1,03	7,1	6,6	0,6	0,3	0,025	0,019	0,0079	0,0069
Mm2	0,255	0,188	0,563	0,788	2,4	3,3	0,1	0,1	0,018	0,033	0,011	0,02
Mm3	0,962	1,66	2,03	0,95	7,3	8,2	2	2	0,045	0,022	0,0091	0,019

3.2.1 DISTRIBUTION DES ÉLÉMENTS MÉTALLIQUES

3.2.1.1 L'ALUMINIUM

Les teneurs minimales de l'aluminium ont été trouvées au point Mk1 avec une valeur de 0,134 mg/l au mois d'août et de 0,144 mg/l au mois de janvier, alors que les concentrations maximales ont été enregistrées aux points Mh2 (au mois d'août) et Mm3 (au mois de janvier) avec des valeurs 1,55 mg/l et 1,66 mg/l respectivement.

3.2.1.2 LE FER

Au mois de janvier les teneurs les plus élevées en fer ont été trouvées aux points MC1 et MC2, alors qu'au mois d'août la valeur maximale a été enregistrée au point MM3.

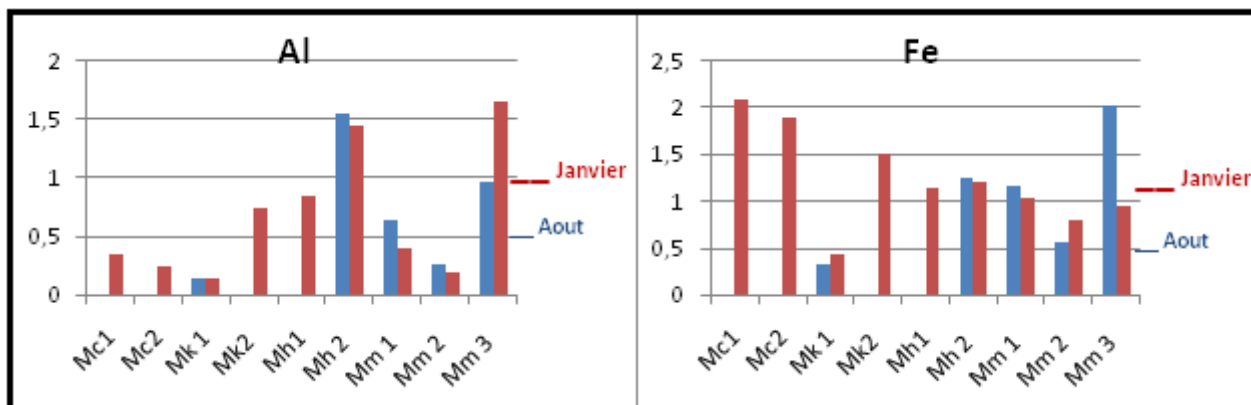


Fig. 9. Concentrations en Al et Fe des différentes stations

3.2.1.3 LE PLOMB

Le plomb est naturellement présent dans la croûte terrestre sous forme de minerais comme la galène (PbS), qui représente la première source, elle en contient 86.6% en poids, et souvent associée à d'autres minéraux (Zn, Ag et Cu). Dans les plupart des stations le plomb se trouve à des teneurs faibles ne dépassant pas 8,8 µg/l ; alors que dans quelques stations, sa concentration dépasse légèrement 10 µg/l, arrivant à 13 µg/l au point MK2.

3.2.1.4 LE CADMIUM

Le cadmium est un élément très rare. Sa concentration moyenne dans la croûte terrestre est de 0.15 à 0.20 µg g⁻¹ [12]. Il fait partie des contaminants métalliques les plus toxiques provenant en majeure partie des apports anthropiques. Dans les eaux douces et pour des pH < 8, le Cd à l'état dissous se trouve sous forme Cd²⁺ préférentiellement complexé par les substances humiques [13].

En général, les teneurs du cadmium varient entre 0,1 µg/l et 2 µg/l et restent inférieures à la valeur de 3 µg/l qui représente la valeur limite fournie par la norme marocaine.

3.2.1.5 LE ZINC

Le zinc est un métal assez répandu dans la croûte terrestre avec une teneur moyenne allant de 70 à 132 µg g⁻¹ dans les roches magmatiques, les sédiments argileux et les schistes [14]. Les apports anthropiques de zinc résultent principalement des activités minières et industrielles (ex. traitement du minerai, raffinage, galvanisation, pigments, protection anticorrosion, peinture antirouille), de la combustion des énergies fossiles et des épandages agricoles.

Dans les eaux, le zinc se trouve sous forme ionique, complexé par les ligands organiques (acides fulviques et humiques) ou encore associé aux colloïdes inorganiques. Dans les eaux à pH au dessous de 8, les concentrations de zinc sous forme cationique (Zn²⁺) sont plus importantes, tandis que l'espèce neutre ZnCO₃ est majoritaire dans les eaux à pH supérieur à 8 [15]. Le zinc est un oligo-élément essentiel, mais qui devient toxique à des concentrations élevées. Le caractère phytotoxique a été reporté dans le cas de sols contaminés par Zn [16].

Pour le zinc, les concentrations trouvées dans les différentes stations sont toutes inférieures à 0,5 mg/l, ces résultats sont inférieurs aux normes établies.

3.2.1.6 LE CUIVRE

Le cuivre est moyennement abondant dans la croûte terrestre avec une teneur moyenne comprise entre 45 µg g⁻¹ et 70 µg g⁻¹ [17]. Il est fréquemment présent sous forme de sulfures, de sulfo-sel ou encore d'oxyde [18]. En raison de sa ductilité,

sa résistance à la corrosion ainsi que ses vertus bactéricides et antifongiques, le cuivre est utilisé dans plusieurs applications industrielles. Dans les eaux continentales, les niveaux de base de cuivre sont de 3 à 5 $\mu\text{g L}^{-1}$ en moyenne [19]. Il se trouve principalement sous forme divalente Cu(II) . Le cuivre à des faibles doses est indispensable à tous les organismes mais il devient toxique à fortes concentrations [20].

Les teneurs du cuivre, enregistrées dans les deux campagnes, sont inférieures à 0,02 mg/l, montrant l'absence d'une contamination par cet élément.

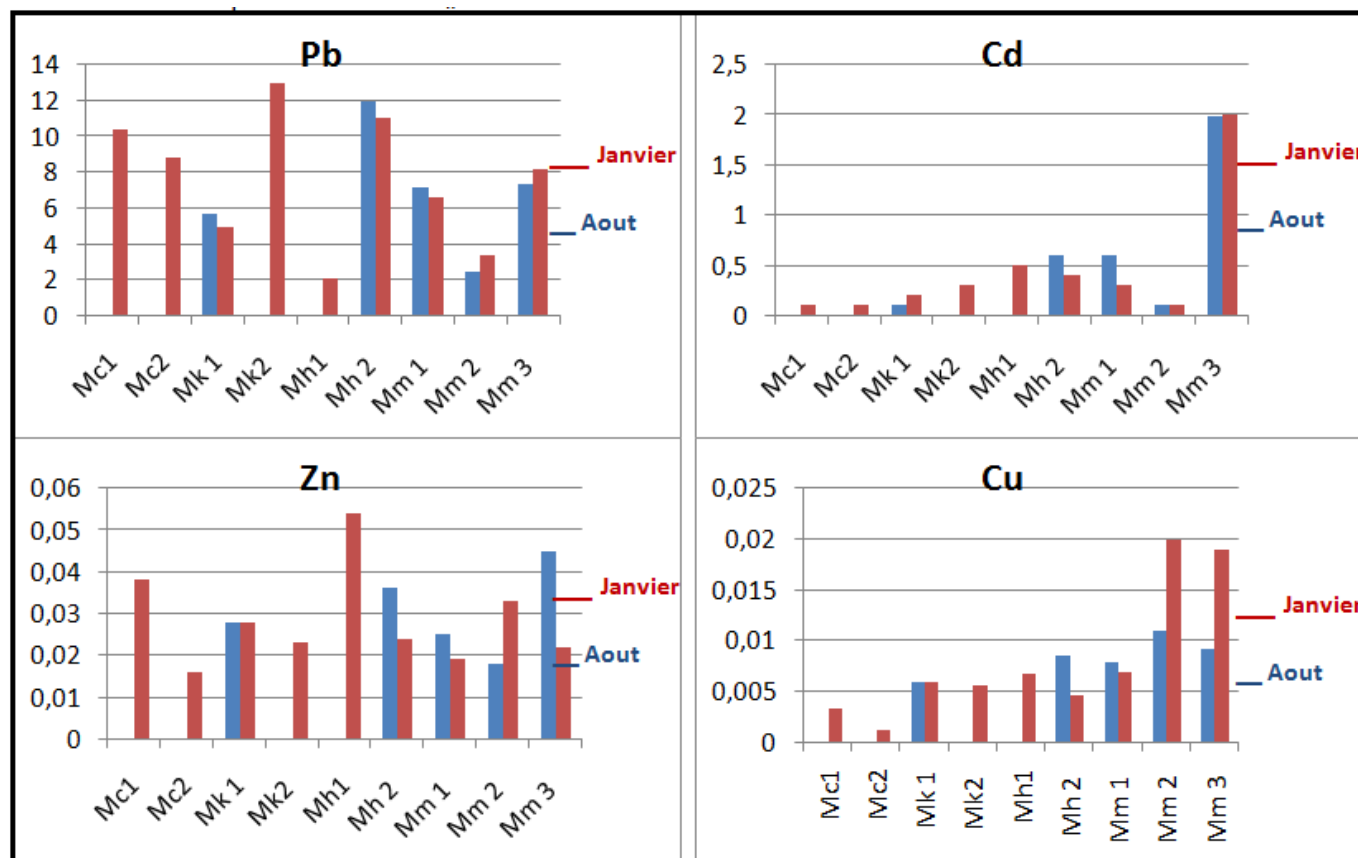


Fig. 10. Concentrations en Pb, Cd, Zn et Cu des différentes stations

3.3 ÉTUDE COMPARATIVE

La comparaison des teneurs des quelques éléments métalliques dans les eaux de surfaces de l'oued Martil (Cd, Cu, Pb et Zn) (tableau 7) permet de remarquer qu'elles sont plus faibles que celles trouvées dans:

- des études antérieures (RAISSOUNI 2011).
- d'autres zones (i.e. bassin de Sebou) [31]
- d'autres secteurs périméditerranéens similaires (i.e. baie de Tanger), [32].

Cette comparaison montre qu'il y a une amélioration dans le temps de la qualité des eaux de l'oued Martil, grâce aux projets d'aménagement implantés dans la région.

Tableau 5. Teneurs en (ppb) des métaux lourds dans les eaux de surface enregistrées dans des travaux antérieurs

Métaux	Pb	Zn	Cu	Cd	Auteurs
Secteurs					
Effluents du bassin de Sebou	61,2	99,41	36,4	0,34	AZZAOUI 2000
Eaux superficielles de Tanger	100,9	117,8	10,4	75,23	EL HATIMI 2002
Moyennes des rejets des Oueds : Lihoud, Mghogha et Souani (baie de Tanger)	19,68	134,37	39,46	1,04	DAHOU 1999
Oued. Martil	1-53	8-140	8-20	10	RAISSOUNI 2011
Oued Martil	2,4-12	18-45	4,5-20	0,1-2	RAISSOUNI 2013 (Cette étude)

4 DISCUSSION

L'évolution dans le temps, montre que les taux de l'oxygène dissous enregistrés au mois de janvier sont supérieurs à ceux enregistrés au mois d'août grâce aux eaux des pluies qui apportent une certaine dilution aux eaux superficielles. Dans l'espace, les valeurs trouvées dans les stations situées au niveau des trois affluents (partie amont), sont supérieures que celles trouvées dans les stations situées au niveau de l'oued Martil (partie aval), sauf au point MC2, même si on remarque qu'il y a une légère augmentation à l'embouchure de l'oued au point MM3, ceci est dû à l'échange avec les eaux de la mer qui sont plus oxygénées et qui font augmenter les concentrations en oxygène dissous à ce niveau, on peut parler dans ce cas d'une autoépuration.

Dans certains endroits sur l'oued Martil qui traverse les deux villes de Tétouan et Martil pour arriver enfin en mer, les teneurs en oxygène dissous tendent vers des valeurs faibles, proches de 1 mg/l, traduisant ainsi, une mauvaise qualité des eaux. Ceci est dû essentiellement aux rejets urbains et industriels déversés directement et qui sont très chargés de matière organique, de métaux, d'hydrocarbures, de matières en suspension... et qui proviennent des industries chimiques et parachimiques, agroalimentaires, métalliques, de textile et cuir... les eaux en question sont plus ou moins dégradées par les microorganismes aérobies présents dans l'eau qui utilisent l'oxygène dissous pour leur respiration, au fur et à mesure, et à cause de surcharge, l'oxygène dissous s'exploite totalement jusqu'à ce que l'eau devienne parfois anaérobie.

Les valeurs du pH enregistrées tendent en général vers la neutralité et expriment une légère alcalinité. Les facteurs faisant augmenter le pH des eaux de surface sont d'abord le substrat quand il est riche en carbonate et bicarbonates, et l'échange avec les eaux de mer au niveau des embouchures des oueds, ce qui constitue un système tampon favorable à la vie de la faune et la flore.

Les valeurs moyennes en MES sont comprises entre 75 et 510 mg/l, et donc on peut dire que les eaux sont de bonne à moyenne qualité. Au mois de janvier qui connaît des précipitations importantes sous forme des crues et des averses, la vitesse de l'écoulement augmente ce qui favorise le transport des particules en suspension présentes dans l'eau, qui sont issues de l'érosion mécanique due à la force du courant, surtout dans les zones de grande altitude et/où le degré de la pente est élevé, chose qui n'est pas remarquable au mois d'août.

En aval, et en s'approchant de la mer, la vitesse de l'écoulement diminue fortement, à ce niveau là, se produit la sédimentation et donc il faut y avoir des teneurs faibles en MES, ce n'est pas le cas dans l'oued Martil où les MES sont relativement élevées. Cela se produit à cause des sources anthropiques par l'ajout des rejets des zones industrielles chargés en matière en suspension qui proviennent des usines de textile, d'agroalimentaire, métallurgie, chimie et parachimie...ce qui se traduit par un taux d'oxygène dissous très faible (le cas du point MM2 : 1,1 mg/l), et empêchent la pénétration de la lumière ce qui bloque les réactions de photosynthèse et par conséquent réduisent la quantité d'oxygène libéré dans l'eau par les végétaux.

La charge organique traduite par les valeurs de DCO et de DBO₅ qui atteignent 150 mg/l et 90 mg/l respectivement, dans la partie aval du bassin, montre son importance suscitant une demande élevée en oxygène. La dégradation de la matière polluante nécessite des apports continus en oxygène, qui en cas de surcharge, restent insuffisants pour réduire le degré de pollution et rendre l'eau à son état naturel.

La conductivité au niveau de toutes les stations reste faible ne dépassant pas 1300 µS/cm, mais à l'aval de l'oued Martil elle arrive à 5620 µS/cm en mois de janvier, traduisant ainsi une mauvaise qualité des eaux. Ceci peut être expliqué, en partie, par l'influence des eaux marines salines, et en autre partie, par le degré élevé de minéralisation des eaux, cette

minéralisation est traduite par la présence de certains métaux dont les concentrations dépassent par endroit, les normes établies.

En effet, le plomb présente, par endroit, des concentrations dépassant les normes (10 µg/l). Bien que les émissions de plomb issues du carburant ont diminué depuis l'usage obligatoire du carburant sans plomb, il est encore utilisé dans plusieurs activités industrielles comme la production de batteries pour l'automobile, l'enrobage des câbles, les alliages, les pigments, etc. Malheureusement, les rejets industriels déversés directement sans traitement efficace dans les eaux naturelles, rendent ces dernières contaminées par ce métal, ce qui provoque un effet néfaste sur l'écosystème en question et ses différentes composantes.

Dans les systèmes aquatiques, le plomb présente une forte affinité pour les particules sédimentaires dont les argiles, les oxy-hydroxydes de fer et de manganèse, les sulfures et la matière organique [21]. Sa concentration dans les eaux non contaminées est très faible ne dépassant pas quelques µg/l et l'OMS fixe pour les eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire un niveau guide de 10 µg/l [22].

Le cadmium présente des concentrations faibles au niveau de tous les points analysés. Les valeurs sont de 0,1 µg/l à 2 µg/l ne dépassant pas la norme établie qui est de 3 µg/l.

Dans la nature, le Cd est l'un des rares éléments de la biosphère. Sa concentration moyenne dans la croûte terrestre est de l'ordre de 0,15 µg/g [23]. Les gisements miniers, les effluents industriels, les dépôts d'ordures ménagères et les eaux usées domestiques et mixtes contiennent de hautes proportions en cadmium par rapport aux autres métaux lourds [24] [25]. Le cadmium est considéré comme un produit d'extraction et de raffinage de minerais de zinc, cuivre et de plomb. Il provient aussi des industries traitant le Zn, Cu et Pb et les aciéries. Ainsi, les sources potentielles de cadmium sont les industries des alliages métalliques, batteries, pigments et le drainage minier [24] [26] [27] [28].

L'absence de toutes ces activités minières et industrielles dans la région, explique l'absence de contamination par cet élément au niveau du bassin versant de Martil.

La distribution du zinc montre qu'il est présent dans tous les points de prélèvements, mais avec des concentrations faibles ne dépassant pas 0,054 mg/l qui restent moins inférieures que la norme (0,5 mg/l). Dans les eaux naturelles de surface et les eaux souterraines le zinc n'est présent qu'à l'état de traces à des concentrations inférieures à 50 µg/l. Les eaux naturelles de surface acides et celles provenant des régions minières peuvent toutefois en contenir jusqu'à 50 mg/l. Les eaux salées en contiennent habituellement 10 µg/l [29].

Les concentrations élevées en cuivre se trouvent aux points MM2 et MM3 situées en aval de l'oued Martil avec 0,019 et 0,02 mg/l respectivement, même si ces teneurs sont importantes par rapport à celles trouvées dans les autres stations, elles restent faibles et ne dépassent pas 0,02 mg/l qui est la valeur limite de rejet pour avoir une eau d'excellente qualité. Le cuivre n'est présent qu'à l'état de traces jusqu'à des concentrations de 50 µg/l [30]. Les concentrations élevées en cet élément dans les différents types d'eaux proviennent généralement de sources anthropiques (rejets industriels). Les rejets liquides chargés en cuivre proviennent des industries de traitement de surface, des industries électriques, électroniques etc., [25].

Quant à l'aluminium, il est présent à l'état de traces au niveau de tous les points étudiés, sauf au niveau des points MH2 et MM3 où des valeurs élevées ont été trouvées, avec 1,55 mg/l et 1,66 mg/l respectivement, ces valeurs dépassent la valeur de 1 mg/l établie par la norme pour une qualité bonne des eaux. Ce sont les déchets d'utilisation d'aluminium et les activités industrielles présentes dans la zone comme la fabrication des fils électriques, la construction (fenêtres, portes, gouttières, etc.), l'emballage (boîtes de conserve, papier aluminium, canettes, barquettes, aérosols, etc.) et notamment les emballages alimentaires, les biens de consommation (appareils, ustensiles de cuisine etc.), qui augmentent la concentration de l'aluminium dans l'eau.

Enfin pour le fer, on note qu'il est présent dans la majorité des points avec des valeurs entre 1,03 et 2,08 mg/l (sauf aux points MK1 et MM2), traduisant une qualité moyenne des eaux. L'absence d'unités industrielles ou de grandes agglomérations urbaines en amont du bassin versant, nous permet de supposer que les teneurs élevées du fer sont d'origine essentiellement naturelle à savoir que les terrains traversés par les cours d'eau sont en partie ferromagnésiens, sans négliger les apports des rejets industriels de la zone industrielle de la ville de Martil en particulier.

BILAN :

Si on peut faire un bilan général des résultats, on peut dire que le bassin versant de Martil est divisée en deux parties :

- Une partie amont en milieu rurale loin des activités industrielles et des agglomérations urbaines de Tétouan et Martil où les résultats des analyses montrent une faible charge polluante et l'absence d'une contamination par les éléments traces métalliques étudiés. Cette partie est peut être considérée comme référence pour comparer les résultats.

- Une partie aval représentée par l'oued Martil qui traverse les centres urbains et industriels de Tétouan et Martil, qui connaît des taux élevés en DCO, DBO5 et MES contrairement à la concentration de l'oxygène dissous. Mais heureusement des concentrations faibles en éléments métalliques étudiés.

5 CONCLUSION

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que l'oued Martil, qui débouche dans la méditerranée et qui draine les eaux usées urbaines et industrielles des deux villes de Tétouan et Martil, reçoit des taux excessifs des matières en suspension et de quelques éléments traces métalliques. La volonté des autorités est présente et bien marquée par l'implantation de la station d'épuration à l'exutoire de l'oued Martil, et par la réalisation du projet d'aménagement de l'oued Martil, mais les techniques utilisées pour la dépollution des eaux de l'oued sont « primitifs ».

En somme, la zone d'étude est une zone de double influence naturelle (continentale et marine) et anthropique (déchets liquides et / ou solides industriels et domestiques). Sur le plan économique et social, ces données permettront une meilleure gestion de la protection de l'environnement marin côtier, au bénéfice du développement de diverses activités riveraines, notamment la pêche, le tourisme, la baignade...

Par ailleurs, et afin d'améliorer la qualité des eaux fluviales, d'une part et de contribuer à l'amélioration de l'état de l'environnement marin côtier d'autre part, il est nécessaire que :

- Les rejets industriels, requièrent un prétraitement préalable avant d'être évacués ailleurs ;
- Les entreprises industrielles et artisanales doivent réaliser des investissements de dépollution ou d'économie de ressources et introduire la dimension environnementale dans leurs activités ;
- Renforcement des capacités des concernés pour la mise en place des lois, des stations d'épuration et d'assurer leur gestion durable ;
- Renforcer le réseau national de surveillance continue de la mer Méditerranée marocaine dans le cadre du programme (MED POL);
- Participer aux programmes de l'initiative «Horizon 2020» de la Commission Européenne, qui constitue un élément central de la stratégie de lutte contre les sources principales de pollution en Méditerranée d'ici à 2020.
- Les provinces côtières doivent être dotées de stratégies basées sur des plans d'actions spécifiques (Plans d'aménagements) qui traitent des schémas antipollution : réhabilitation des réseaux d'assainissement, mise en place de stations d'épuration...
- Donner plus d'importance et de soutien à la recherche scientifique
- Développer les savoirs être chez les citoyens les petits avant les grands

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier les co-auteurs qui ont participé à la finition de cet article, par leurs remarques et modifications. J'adresse aussi mes vifs remerciements à toute personne qui m'a aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

RÉFÉRENCES

- [1] Combe M., Ferre M., Thauvin J.P., *Notes Mémoires et Services. 2 Ed.* 231. 2 p 144-171, 1975
- [2] Edwards, R.W., Owens, M. *The oxygen balance of streams and the industrial society.* Oxford, UK: Blackwell, 1965.
- [3] O'Connor, D.J., Di Toro, D.M. *Photosynthesis and oxygen balance in streams. Journal of the Sanitary Engineering Division* 92, 547-71, 1970.
- [4] Sigg, L., Behra, P., Stumm, W. *Chimie des Milieux Aquatiques. Chimie des Eaux Naturelles et des Interfaces dans l'Environnement.* 4th Ed Dunod : Paris, 564p, 2006.
- [5] Rice, K.C., Herman, J.S. "Acidification of Earth: An assessment across mechanisms and scales". *Applied Geochemistry* 27, 1-14, 2012.
- [6] Wilby, R.L., Johnson, M.F., Toone, J.A. "Nocturnal river water temperatures: Spatial and temporal variations". *Science of the Total Environment* 482-483, 157-173, 2014.
- [7] Chapman, D. *Water Quality Assessment: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring.* 2nd Ed, F and FN Spon, London, 1996.

- [8] Detay, M. *Forage d'eau: réalisation, entretien, minéralisation*. Paris, Ed. Masson, 380 p, 1993.
- [9] Tessier, L. *Transport et caractérisation des matières en suspension dans le bassin versant de la Seine : identification de signatures naturelles et anthropiques*. Thèse soutenue le 23 juin 2003, Ecole nationale des Ponts et chaussées, 2003.
- [10] Radakovitch, O., Roussiez, V., Ollivier, P., Ludwig, W., Grenz, C., Probst, J.L. "Particulate heavy metals input from rivers and associated sedimentary deposits on the Gulf of Lion continental shelf". *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 77, 285–295, 2008.
- [11] Nicolau, R., Lucas, Y., Merdy, P., Raynaud, M. "Base flow and stormwater net fluxes of carbon and trace metals to the Mediterranean sea by an urbanized small river". *Water Research* 46, 6625–6637, 2012.
- [12] Adriano, D.C. *Trace Elements in terrestrial environment : biochemistry, bioavailability and risks of metals*. 2nd Ed. Springer Verlag, New-York, USA, 2001.
- [13] Karlsson, T., Persson, P., Skyllberg, U. "Extended X-ray absorption fine structure spectroscopy evidence for complexation of cadmium by reduced sulfur groups in natural organic matter". *Environmental Science and Technology* 39, 3048–3055, 2005.
- [14] Baize, D. *Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols* (France), INRA Editions. 409 p, 1997.
- [15] Stumm, W., Morgan, J.J. *Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters*. 3rd Ed. John Wiley and Sons, New York, 1996.
- [16] Chaney, R. Zinc phytotoxicity. "Zinc in soils and Plants". *Developments in Plant and Soil Sciences* 55, 135–150, 1993.
- [17] Alloway, B. J. *Heavy metals in soils*. 2nd edition. London: Blackie academic and professional, 1995.
- [18] Chaumeton, H., Asselborn E., Chiappero P.J., Galvier J. "Les minéraux", *Guide Vert*, Solar, ISBN 2 263 01164 1, p. 384, 1987
- [19] Flemming C., Trevors T. "Copper toxicity and chemistry in the environment: A review". *Water Air and Soil Pollution* 44, 143–158, 1989.
- [20] Sunda, W.G., Tester, P.A., Huntsman, S.A. "Effects of cupric and zinc ion activities on the survival and reproduction of marine copepods". *Marine Biology* 94, 203–210, 1987.
- [21] Shafer, M.M., Overdier, J.T., Hurley, J.P., Armstrong, D., Webb, D. "The influence of dissolved organic carbon, suspended particulates, and hydrology on the concentration, partitioning and variability of trace metals in two contrasting Wisconsin watersheds" (USA). *Chemical Geology* 136, 71–97, 1997.
- [22] WHO. *Guidelines for Drinking-water Quality*, 4th Ed. World Health Organization, Geneva, ISBN: 92 4 154696 4 (Annex 4), 2006.
- [23] Levesque, L. *Les rejets d'eaux chaudes des centrales thermiques. I : Etudes sur sites des effets sur la vie aquatique*. Paris, Association Française pour l'Etude des Eaux, 177 p, 1980.
- [24] W.H.O / U.N.E.P. *Health risks from marine pollution in the Mediterranean. Implication for policy markers*. EUR/HFA-TARGET 20, PART I, 255 p, 1995.
- [25] UNEP. *UNEP/FAO Joint Programme for the Operation of PIC. Decision Guidance Documents*, Rome/Genève 1991 & 1996
- [26] Mance, G. *Pollution Threat of Heavy Metals in Aquatic Environments*, Elsevier Applied Science, London, 1985.
- [27] Rand, G.M. and Petrocelli, S.R. (Editors). *Fundamentals of Aquatic Toxicology: Methods And Applications*. Hemisphere Publishing Corporation, N.Y. Textbook, 1985.
- [28] Ramade, F. *Précis d'écotoxicologie*. Paris, Masson, X-300 p, 1992.
- [29] Mcneely, R.N. Neimanis, V.P. et Dwyer, L. *Référence sur la qualité des eaux – Guide des paramètres de la qualité des eaux*. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa, Canada, 1980.
- [30] McKee, J.E, and Wolf, H.W. *Water quality criteria*. 2nd Ed. State Water Quality Control Board, Sacramento, California. Pub. No. 3-A, 1963.
- [31] AZZAOU S. *Les métaux lourds dans le bassin versant du Sebou : géochimie, sources de pollution et impact sur la qualité des eaux de surface*. Thèse de Doctorat, Univ. Ibn Tofail, Fac. Sci. Kénitra, Maroc, 126 p. + annexes, 2000.
- [32] El Arrim, A. Maatouk, M. EL Moumni, B. El hatimi, I & Afailal, T. "Les sédiments superficiels de la baie de Tanger. Maroc : nature et origine". *Africa Geoscience Review*. Vol.9, N° 3/4 pp.245–253, 2002.

Severe Cutaneous adverse reactions Caused by Black Henna in Morocco - Series cases report

Houda Sefiani^{1,2}, Ghita Benabdallah¹, Houda Oubejja^{2,3,4}, Abdelmajid Soulaymani², and Rachida Soulaymani-Bencheikh^{1,3}

¹Centre Anti Poison et de Pharmacovigilance du Maroc (CAPM), Rabat, Maroc

²Laboratoire de Génétique et Biométrie, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kénitra, Maroc

³Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université Mohammed V, Rabat, Maroc

⁴Service des urgences chirurgicales pédiatriques, hôpital d'enfants de Rabat, Maroc

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

ABSTRACT: Traditional henna rarely causes adverse events. However, to obtain a black color, many ingredients are mixed with this plant such as paraphenylenediamine and solvents. The aim of our study is to describe severe cutaneous adverse events caused by black henna collected at the Moroccan Pharmacovigilance Centre. **Materials and Methods:** We analyzed the cutaneous adverse reactions associated with the use of black henna, collected during 2012 in Morocco. The severity of reactions was an inclusion criteria. We analyzed the characteristics of patients, adverse reactions and type of exposure. **Results:** Nine serious cutaneous cases were collected, which represent 6.42% of all adverse reactions related to cosmetics products. Hospitalization and sequelae were the reason of seriousness. Outcomes were favorable for all cases. **Conclusion:** the severity of those cases showed the importance of the pharmacovigilance of cosmetics products.

KEYWORDS: black henna, pharmacovigilance, cutaneous adverse reaction.

1 INTRODUCTION

Natural traditional products are frequently used as cosmetics since the time of *pharaohs*, continues over the years, particularly in Mediterranean region regarding cultural, traditional, religious and the availability of natural products. Currently, standards of beauty have changed and the utilization of these products has undergone remarkable changes by mixing them with many hazardous ingredients. Moroccan women use a lot of traditional cosmetics to embellish themselves. *Henna* is one in palette of various natural products which refers in cosmetic to the dye prepared from the plant "*lawsoniainermis*". It is used to dye skin like tattoo, to dye hair and nails. Traditional henna, which colors range between orange, red or brown, rarely causes adverse reactions [1]. However, to obtain black color, many ingredients are mixed with this plant mainly the *Para-phenylenediamine PPD* and solvents. The aim of this study is to describe and discuss severe cutaneous adverse reactions (ARs) caused by black henna collected at the Moroccan Pharmacovigilance Centre.

2 PATIENTS AND METHODS

Study design: It is a retrospective case study of the Cosmetic adverse reactions database regarding to ARs related to black henna tattoo received during 2013 in Moroccan pharmacovigilance centre.

Inclusion criteria: Were included all serious cutaneous adverse reactions related to the use of black henna. We used the OMS classification of seriousness [2], the Who art terminology [3] was used to extract the skin ARs from a database.

Two patients consent to use the photographs for publication. We analyzed the characteristics of patients, adverse reactions and evolution.

3 RESULTS

Nine serious cutaneous ARs related to the use of black henna tattoo were collected at the CAPM during 2013. It represents 26.4% of all cases related to black henna, and 6.42% of Moroccan database adverse cosmetic reactions. All patients were female. Seven of them are adults and two children under 10 years. Six patients have used the black traditional henna and three of them have used the industrial preparation. Clinical signs developed few days [2-7 days] after the use of black henna were maculopapular dermatitis in five cases [Figure 1], bullous dermatitis in four cases [Figure 2] among them one case has presented necrosis, two patients has presented angioneurotic oedema and one patient has presented erysipelas secondary to feet dermatitis. Three patients were hospitalized and the patch test to PPD positive appeared. All patients required medical treatment according to their symptoms and fortunately, they recovered. However, six of them have kept sequelae, keloid scars in two cases, hypo and hyper pigmentation in four cases.



Figure 1: Patient's forearm maculopapular dermatitis



Figure 2: Patient's forearm bullous dermatitis

4 DISCUSSION

Despite the wide spread use of natural henna, specially, in countries where henna art is traditionally practiced, reports of allergic contact dermatitis to natural henna are very rare in the literature. Recently Para Phenylene diamine (PPD) has been mixed with natural henna to give an ebony color (black henna) and to have persistent tattoo. The adverse reaction reported

cannot be attributed to henna which used for cosmetic purposes and also used in Traditional medicine for the treatment of some skin diseases, as an anti-inflammatory, antipyretic and analgesic agent [4,5]. In Morocco, woman use two type of product named TAKAOUT: Takaout beldia indicates a non-toxic vegetable product extracted from the gallnut of *Tamaris Orientalis*. This non-toxic substance is highly appreciated by women for its hair dyeing properties. Its rarefaction resulted in the use of paraphenylene diamine as substitute under the name of *Takaout Erroumia* [Figure 3].

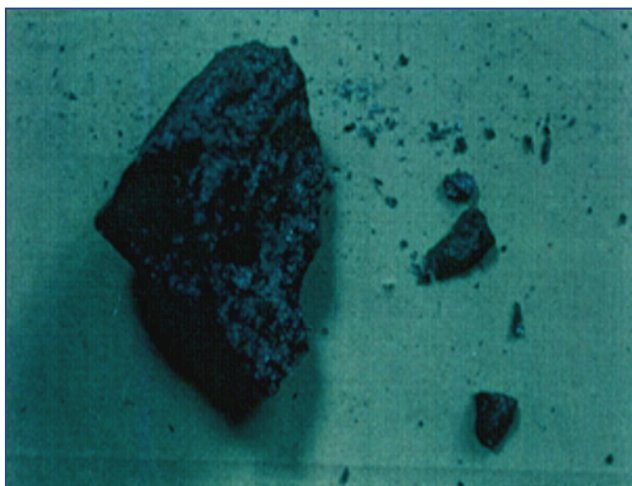


Figure 3: Takaout Erroumia (PPD)

Black henna is not, and never was, intended for use as tattoo dye. Actually, PPD is a component of some hair dyes. It is well known that PPD cannot be in contact with skin, its dermal absorption can lead to cutaneous and systemic effects. Acute allergic contact dermatitis, eczema, chemical burn, acute renal failure, severe oedema, abdominal pain and vomiting as adverse reactions associated with the use of henna containing PPD (black henna) are well documented in the literature [6].

The reported adverse reactions in our series are Known and well described related to the PPD. One of our patients presented an erysipelas, that defined as bacterial skin infection involving the upper dermis that characteristically extends into the superficial cutaneous lymphatics, it was not directly attributable to PPD but secondary of no treated feet rash that constitute the gateway to the streptococcus bacteria usually responsible of erysipelas.

The causality assessment performed to OMS method [7] was certain for three patients and probable for six patients; the diagnostic of PPD hyper sensibility requires the confirmation by the patch test. Unfortunately the patch test has not been performed for seven patients. Furthermore, The Adverse reactions were more severe with the traditional henna mixed with PPD compared to that related to the industrial preparation. This may be related to the content of PPD which is fixed and lowest in the industrial preparations. Researchers found the level of PPD in Traditional Black henna tattoos was much higher than that found in hair color. However, the concentration of PPD in industrial preparation was higher than the permitted concentration in hair dye products established by the European Union, which is 6%. PPD is still used with henna even if importation and sale in Morocco are regulatory for other uses. PPD is not the only ingredient used to make black henna. There are also other chemical dyes in use, but none of them stains as fast or as black, or lasts as long as PPD. Three of our patients have used traditional henna mixed with PPD and solvent, which increased the PPD cutaneous absorption leading to enhance its toxicity.

In order to ensure the safety of Moroccan consumers, the Moroccan pharmacovigilance center has organized during 2013 and 2014 the awareness campaigns through the media to warn the public against the risks of using black henna [Figure 4]. During 2015, the number of reported cases related to the black henna use has dropped significantly and we have no serious cases reported.



Figure 4 : Awareness articles in Moroccan press

5 CONCLUSION

The severity and the management of these cases showed the importance of the pharmacovigilance of cosmetics products in Morocco. The lack of surveillance of the cosmetic market and the large use of natural product by the population requires to set up an adverse event cosmetic surveillance among patients in the national health system following other vigilances systems.

REFERENCES

- [1] N.Kluger, N.Raison-peyron, B.Guillot: tatouages temporaires au henné: des effets indésirables parfois graves presse med. 2008
- [2] Glossary of terms used in pharmacovigilance. www.who-umc.org/grafics/24729.PDF
- [3] The Uppsala monitoring center. Adverse reactions terminology. Uppsala OMS 2000 W.HChung and all, clinico-pathologic features of skin reactions to temporary tattoos and analysis of possible causes. arch. dermatol. 2002, 38, 88-92.
- [4] DI Prisco, M.C.Puig, I.ALomar, a contact dermatitis due to para-phenylenediamine temporal tattoo with henna: cross reaction to azoic dyes. Invest. clin. 2006, 47, 295-299.
- [5] H. Imam, NU. Mahbub, MF. Khan, HK. Hana, MM. Sarker .Alpha amylase enzyme inhibitory and anti-inflammatory effect of Lawsonia inermis. Pak J Biol Sci. 2013 Dec 1;16(23):1796-800
- [6] Meyboom RHB, Royer RJ. Causality Classification in Pharmacovigilance Centres in the European Community. Pharmacoepidemiology and Drug Safety 1992; 1:87-97.
- [7] Geier J, Ballmer-Weber BK, Dickel H, Frosch PJ, Bircher A, Weisshaar E, Hillen U Monitoring contact sensitization to p-phenylenediamine (PPD) by patch testing with PPD 0.3% in petrolatum. Contact Dermatitis. 2013 Jul; 69(1):26-31.

La compétitivité des entreprises exportatrices et les contraintes de financement: cas du Maroc

[Business competitiveness and export financing constraints: case of Morocco]

Najat MASKINI and Fettouma MAA

Laboratoire de Recherche en Sciences de Gestion,
Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales Settat,
Université Hassan premier, Morocco

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

ABSTRACT: The mastery of technical and funding instrument for export plays a vital role to enhance business competitiveness and assist exporters to increase their market share, and improve their competitive position internationally. The commitment of the government, banks and insurance companies, is essential to help companies better manage the technical financing and risk hedges with their provisions.

KEYWORDS: Competitiveness, financing techniques, Market share, State support instruments, Insurance contract.

RESUME: La maîtrise des techniques et instrument de financement à l'export joue un rôle essentiel pour renforcer la compétitivité des entreprises et aider les exportateurs à augmenter leur part de marché et à améliorer leur position concurrentielle au niveau international. L'engagement du gouvernement, des banques et des sociétés d'assurances, est fondamental pour accompagner les entreprises à mieux gérer les techniques de financement et de couvertures de risques mises à leurs dispositions.

MOTS-CLEFS: Compétitivité, Techniques de financement, Part de marché, Instruments d'appui étatique, Contrat d'assurance.

1 INTRODUCTION

Les dirigeants d'entreprises rappellent souvent la maîtrise des modalités de financement comme étant l'une des principales contraintes au développement de leurs parts de marché et de leur compétitivité. La maîtrise des modalités de financement fait partie des facteurs déterminants de la compétitivité des entreprises, les enquêtes montrent que, selon les entreprises, les obstacles financiers sont les principales barrières au développement de leurs performances à l'export, en outre les petites entreprises accèdent difficilement au financement et maîtrisent moins les rouages de financement que les grandes entreprises, dans la mesure où les mêmes obstacles ont un impact deux fois plus négatif sur la compétitivité des petites entreprises que sur celle des plus grandes entreprises. Le rapport publié par le centre du commerce international (ITC)¹ en 2009 montre que de nombreuses entreprises considèrent que l'accès au financement se positionne au 7^e rang et

¹ Centre du commerce international, Rapport "Accès à la finance : Guide pratique pour la PME exportatrice", pp.7, 2009

qu'il fait partie des principales entraves au développement des entreprises, et que d'autres pays en voie de développement positionnent l'accès au financement au premier rang des obstacles.

Dans ce cadre, notre travail s'intéresse à la problématique suivante : la maîtrise des modalités de financement favorise-t-elle le renforcement de la compétitivité des entreprises à l'export ? A la lumière de ce contexte, cet article sera structuré de la manière suivante. D'abord, on va présenter une revue de littérature sur les différents concepts de la compétitivité. Par la suite, on détaillera les différentes modalités de financement utilisées par les entreprises. Dans un dernier lieu, on va essayer d'explicitier à travers une étude de cas l'apport de la maîtrise des modalités de financement à la compétitivité des entreprises marocaines à l'export.

2 CADRE CONCEPTUEL ET THEORIQUE DE LA COMPETITIVITE

La compétitivité occupe une place importante dans la pensée et les théories économiques, par ailleurs il s'agit de la préoccupation majeure pour les entités économiques (les entreprises essentiellement) et les gouvernements. La durabilité et l'augmentation de la part de marché des entreprises sont tributaires de cette compétitivité.

2.1 DÉFINITION DE LA COMPÉTITIVITÉ

L'OCDE définit la compétitivité comme « étant la latitude dont dispose un pays, évoluant dans des conditions de marché libre et équitable, pour produire des biens et services qui satisfont aux normes international du marché tout en maintenant et en augmentant simultanément les revenus réels de ses habitants dans le long terme ». Toutefois un ensemble de facteurs peuvent agir sur cette compétitivité, notamment la maîtrise des modalités de financement, en effet celle-ci se présente comme l'un des indicateurs les plus importants pour apprécier le niveau de compétitivité des entreprises et l'évolution de leur part de marché au niveau mondial. Plusieurs auteurs considèrent la compétitivité comme un résultat reflétant la capacité concurrentielle de l'entreprise à conserver ou à accroître ses parts de marché à l'exportation et sur le marché domestique. Au niveau de la firme, on peut ainsi définir la compétitivité comme « L'aptitude à soutenir durablement la concurrence : l'entreprise compétitive possède un ensemble de capacités qui l'autorisent, selon le cas, à entrer, se maintenir ou se développer dans un champ concurrentiel constitué par l'ensemble des forces traversant son environnement et susceptible de s'opposer à ses objectifs, ses projets et ses opérations »². (Martinet André, 1984). Beaucoup d'auteurs se réfèrent à la part de marché pour définir la notion de compétitivité. Citons d'abord ceux qui font de la part du marché la clé de voute de leur définition. Ainsi par exemple, R.COURBIS, dans son ouvrage « compétitivité et croissance en économie concurrentielle », définit « la compétitivité des producteurs nationaux ou étrangers se mesure par leur plus ou moins grande aptitude à avoir une part élevée du marché »³. D'autres auteurs, tels que C.STOFFAES, dans son ouvrage 'la grande menace industrielle, définit la compétitive « comme la capacité à concurrencer efficacement les autres nations et à augmenter sa part de marché mondial »⁴. Dans le même d'ordre d'idées, la commission des communautés européennes dans son rapport économique définit la compétitivité comme la capacité d'un pays d'accroître sa part des marchés d'exportation ou de soutenir un taux de croissance plus élevé sans que son solde courant se détériore. « Une industrie compétitive est celle qui possède la capacité de gagner un profit et maintenir une part du marché domestique et/ou international »⁵. Malgré cette diversité de définitions, il y a lieu de noter que la compétitivité n'est pas un concept statique, mais plutôt relatif, l'étude de celle-ci est liée à plusieurs facteurs entre autres la maîtrise des modalités de financement. Un cadre conceptuel intégrant les différentes modalités de financement déterminant la compétitivité est proposé dans ce qui suit.

2.2 LES FACTEURS DE LA COMPETITIVITE A L'INTERNATIONAL

A l'échelle internationale, la compétitivité découle de plusieurs facteurs, parmi les plus importants on peut mentionner le taux de change, les conditions du marché international, le coût de transport international et enfin les privilèges et ententes entre les différents pays.

² Martinet, *Sciences de gestion et compétitivité de l'entreprise*, Ed. Economica, 1984

³ Courbis, "compétitivité et croissance en économie concurrentielle", *Revue française de gestion*, vol.28, no.6, pp. 52, 1977

⁴ Courbis, *Opt*, cité P 3

⁵ Martin, *Report "Task Force on Competitiveness in the Agri-Food Industry, Growing Together"*, Ministers of Agriculture. Agriculture Canada, pp.1-37, 1990

Selon P. BARDELL⁶, « il faut envisager la compétitivité au-delà de l'effet prix, en retenant :

- La nature et la qualité du produit et du service (qualité intrinsèque comme qualité fonctionnelle), le degré de fidélisation de l'acheteur (la sensibilité de la demande au prix n'est pas uniforme) L'existence de synergies entre les entreprises : économies externes (les clusters, la mutualisation des ressources, les pôles de compétitivité), l'appui des Etats et des acteurs publics (aménagement du territoire)
- La force « attractive » du producteur (image de marque, effet de taille)
- Le taux de change entre les monnaies
- Les variables identitaires, culturelles ou symboliques ... ».

Par conséquent, les entreprises sont obligées d'avoir une plus grande capacité d'anticipation, d'adaptation et de réaction, surtout puisqu'elles doivent faire face aux impératives de la mondialisation et être capables de valoriser et de mobiliser l'ensemble de leurs ressources et compétences en fonction des activités, des marchés et des pays. En effet, la compétitivité implique le développement des produits produisant des profits et concrétise les dispositions de l'entreprise à être meilleure ou à la limite aussi forte que ses concurrents actuels et potentiels. Elle est donc matérialisée par l'existence des facteurs prix et hors prix sur lesquelles se base la compétitivité du produit. Tous ces éléments nécessitent chacun un financement approprié. Assurer aux entreprises un accès à des types de financements diversifiés, adaptés à leur situation et compatibles avec les cycles longs et les investissements lourds qui caractérisent les entreprises exportatrices est ainsi une condition nécessaire à la restauration de leur compétitivité.

3 TECHNIQUES DE FINANCEMENT À L'EXPORT

Le financement des exportations fait de plus en plus appel à des montages de différentes formes variés tels : le préfinancement à l'export, la mobilisation des créances nées sur l'étranger (En dirham ou en devises), le factoring et forfait, les cautions et garanties internationales....La connaissance des instruments et techniques de financement à l'export constitue des atouts importants pour augmenter sa part de marché à l'export, elle permet à l'entreprise de mesurer ses échanges financiers avec ses différents partenaires étrangers, optimiser la mobilisation de ses créances et renforcer sa compétitivité au niveau internationale. Il est certain que le financement des transactions export est une des étapes les plus délicates pour l'entreprise car les erreurs d'appréciation peuvent avoir des conséquences importantes pour la suite des opérations et parfois pour l'équilibre et la trésorerie de l'entreprise⁷. Pour cela la société devra se pencher sur certaines investigations se rapportant aux crédits d'exportations comme, la nature des produits exportables et du besoin produisant la demande du crédit, le montant des dépenses financières supporté par l'entreprise, la durée du crédit. Par ailleurs, la vérification de la pertinence de la rentabilité des moyens de financement utilisés par l'entreprise exportatrice s'avère nécessaire, et ce en ce qui concerne⁸ :

- Son cycle d'exploitation des financements tel que (les acomptes à la commande, les crédits de préfinancement, les crédits acheteurs)
- L'exportation de biens de consommation ou d'équipement léger (des crédits de mobilisation de créances nées au moment de l'exportation ou des avances, devises à l'exportation, affacturage)
- L'exportation des biens d'équipement lourd (les crédits fournisseurs ou les crédits acheteurs en MAD ou en devises, les crédits financiers d'accompagnement ou l'utilisation des sociétés de confirmation de commande, de rachat forfaitaire de créance)
- Les grands projets des financements internationaux (les Euro-crédits, et euro-obligations, les aides des pouvoirs publics par des prêts à long terme export, des prêts participatifs des financements en fonds propres par prise de participation minoritaire et temporaire au capital, des subventions crédits d'impôts incitations fiscales, les aides des organismes internationaux).

A ce niveau d'analyse, Il est admis que la maîtrise des montages financiers à l'export permet au chef d'entreprise de rectifier et d'améliorer les actions envisagées dans le financement de ses opérations d'exportation, et de renforcer sa compétitivité au niveau international. Cependant toute activité commerciale à l'export entraîne un risque permanent,

⁶ <http://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/archives/COMPETITIVITE.pdf>

⁷ Daoudi, *Techniques du commerce international*, », Ed. Arabian al hilal, 1997

⁸ Ravalec, *L'audit export*, Ed. Jupiter exporter, 1986

depuis la prospection d'un marché jusqu'à l'encaissement final. L'entreprise doit donc identifier la nature du risque inhérent à chaque stade de la commercialisation et mettre en œuvre l'outil de protection adapté, la multiplicité des risques entraîne autant de garanties correspondantes.⁹

3.1 ASSURANCE À L'EXPORTATION

L'entreprise exportatrice marocaine prend un certain nombre de risques, politiques, financiers, commerciaux, de changes, pour cela la société devra mettre en place une politique de couvertures par des contrats assurance. En effet, la gestion des risques permet, dès lors à l'organisation de gérer efficacement l'incertitude afin d'améliorer sa compétitivité et sa capacité à générer de la valeur. Tous les opérationnels de l'entreprise doivent s'approprier les risques, ces derniers s'appuieront sur une démarche permanente ancrée dans la gestion quotidienne de l'entreprise, sans négliger le moindre signal »¹⁰. Dans ce cadre la Société Marocaine d'Assurance à l'Exportation « SMAEX »¹¹ a pour rôle de sécuriser l'exportateur quant au paiement de ses ventes, et assurer le remboursement partiel de ses frais promotionnels. Les entreprises devront utiliser judicieusement les opportunités d'assurances et de garanties fournies par l'assurance au niveau juridique, financier et de suivi de sinistres. pour cela les exportateurs devront se renseigner sur la durée de validité du contrat d'assurance, les risques couverts par la police (Risques commerciaux, Risques politiques, Catastrophiques et de non Transfert), L'étendue, la quotité et le coût de la garantie, la procédure d'admission à cette police (Agrément sollicité pour chaque acheteur, Option délivrée...), le montant du paiement (de la prime, des droits d'ouverture de dossier, de la contribution forfaitaire), les paiements effectués à l'assurance au titre de chaque garantie, les pays et marchés internationaux concernés par l'assurance, la période et le taux d'amortissement appliqués. Il s'agit donc essentiellement d'une technique de sécurité pour la bonne exécution du contrat de vente à l'export dans les meilleures conditions financières pour l'entreprise et également pour le renforcement de sa part de marché. En parallèle aux contrats d'assurance, les programmes de subvention lancés par l'Etat constituent un appui financier considérable encourageant les entreprises exportatrices à réaliser des volumes d'affaires importants et à augmenter leurs parts de marché à l'export

3.2 PROGRAMME DE SUBVENTION À L'EXPORT

Un programme de subvention est défini comme un instrument financier qui vise à soutenir, préparer et à adapter l'entreprise aux exigences du libre-échange. Les mesures inscrites dans un tel programme ont pour objet de lever certaines contraintes qui altèrent le climat des affaires, d'inciter les entreprises à devenir compétitives en termes de coûts, qualité, innovation et, enfin, de renforcer leur capacité de ventes sur les marchés internationaux.

Dans ce cadre, l'organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONUDI) présente les objectifs de tel programme de la manière suivante ¹²:

- Moderniser l'environnement industriel ;
- Renforcer les structures d'appui ;
- Promouvoir le développement des industries compétitives ;
- Améliorer la compétitivité et le développement de l'entreprise à l'international.

Le Maroc a mis en place plusieurs programmes de subvention entre autres le programme contrat de croissance à l'export et le programme des consortiums d'exportation visant le soutien financier des entreprises exportatrices à travers une prise en charge des actions de promotion visant le développement de leurs ventes à l'international. Le programme contrat de croissance à l'export est mis en œuvre à travers des contrats de croissance Etat-Entreprise d'une durée de 3 ans. Il constitue un instrument financier destiné à apporter le soutien financier de l'Etat aux entreprises marocaines porteuses d'un business plan ambitieux à l'export, l'état contribue ainsi, à la prise en charge de 80% des actions de commercialisation à destination

⁹ Blot, Chaillot, *le commerce international : la gestion des risques*, Ed. Technip, 1992

¹⁰ Berrada, *interne tout simplement : outil de création de valeur et d'amélioration de la gouvernance des organisations*, Ed. Afrique challenge, 2012

¹¹ Société Marocaine d'Assurance à l'Exportation qui a pour but d'offrir des polices d'assurance accessibles aux entreprises exportatrices marocaines ayant pour objet la gestion des risques d'exportation
<http://www.smaex.com/>

¹² Marniesse and E. Filipiak, "compétitivité et mise à niveau des entreprises", Agence Française de développement, vol.1, no.1, pp.92, 2003

des marchés étrangers pour le développement de leurs produits sur les marchés cibles, et le renforcement de leur positionnement à l'export. Les programmes des consortiums d'exportation sont définis par l'ONUDI comme étant « l'alliance volontaire d'entreprises, dont l'objectif est de promouvoir les biens et services de leurs membres à l'étranger et de faciliter l'exportation de ces produits grâce à des actions communes »¹³

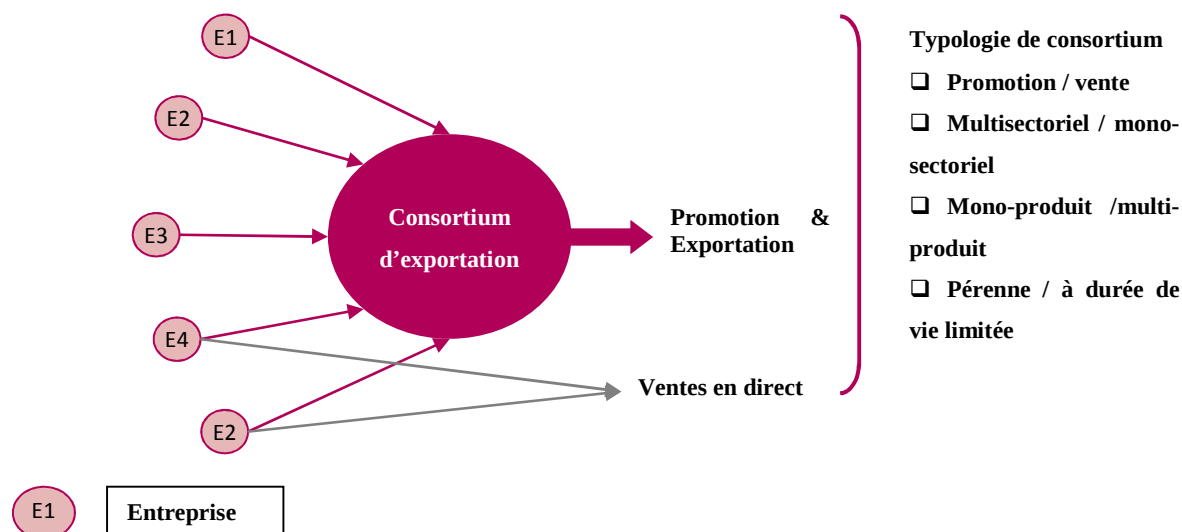


Figure N°1 : La typologie des consortiums d'exportation

*Rapport MCE : Maroc économie ouverte et plateforme d'exportation*¹⁴

L'Etat s'engage à couvrir les coûts liés aux actions promotionnelles comportant les frais de participation aux salons internationaux au Maroc et à l'étranger, de conception et d'aménagement de stand, les missions de prospection et les missions B2B, de conception et de promotion physiques et virtuels, avec un plafond de financement global de 1,5 Million de dirhams assorti d'un accompagnement en expertise équivalent à 20 jours d'assistance technique. A ce jour, 25 consortiums d'exportation sont constitués et ont bénéficié de ce mécanisme d'appui, ces consortiums opèrent dans plusieurs secteurs d'activité différents ; Textile, Habillement, Cuir, BTP, Agro-alimentaire, électricité, électronique, mécanique et tourisme.

4 ETUDE DE CAS

Cette étude est issue des réponses apportées par les chefs d'entreprise qui ont été interrogés du 10/06/2015 au 15/12/2015 via un guide d'entretien sur place ;

- 15 entreprises ont répondu avec un chiffre d'affaires export inférieur à 50 MDHS (primo exportatrice)
- 15 entreprises ont répondu avec un chiffre d'affaires export supérieur à 50 MDHS (confirmées)

Soit un total de 30 entreprises interrogées, les autres entreprises contactées qui n'ont pas donné un feedback positif n'ont pas été intégrés dans l'analyse des résultats.

4.1 CARACTÉRISTIQUES DES ENTREPRISES ÉTUDIÉES

Pour bien présenter les caractéristiques des entreprises étudiées, il est indispensable de commencer par classer les entreprises en fonction de leurs formes juridiques et expérience à l'export, il est également essentiel de mettre en valeur,

¹³ Organisation des Nations Unies pour le Développement industriel,

¹⁴ Ministère de l'industrie, du commerce et des nouvelles technologies, " Economie ouverte et plateforme d'exportation", pp.19, 2012

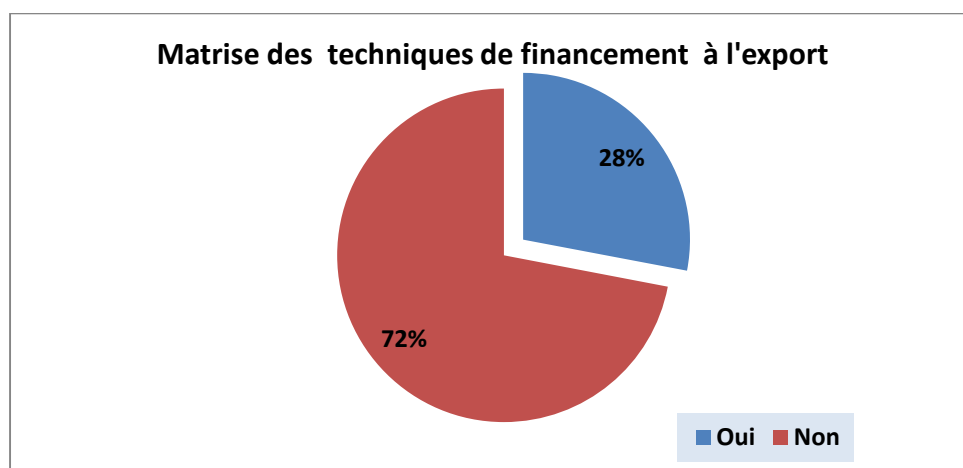
parmi elles, celles qui exportent directement, et celles qui réalisent des exports indirects via des intermédiaires et enfin présenter leurs zones de destinations des exportations actuelles.

- Les entreprises exportatrices de notre échantillon disposent de trois types de formes juridiques, (27%) de Société anonyme « SA », (60%) pour les sociétés à responsabilité limitée « SARL » et les coopératives avec un taux de (13%). Elles se classifient selon trois niveaux d'expériences dans l'export, les primo exportateurs avec un taux de (10%), les exportateurs occasionnels (20%), et les exportateurs réguliers (70%).
- Pour le mode d'opération adapté à l'export, nous avons constaté que (57%) des entreprises interrogées exportent directement, (37%) réalisent des exports indirects via des représentants et des commissionnaires, les (6%) restant représentent les entreprises qui exportent dans le cadre d'une alliance et groupement.
- Les entreprises interrogées citent l'Europe comme principale destination de leurs exportations avec (50%), le continent africain vient en deuxième position avec (21%) principalement l'Afrique du nord et l'Afrique de l'ouest, l'Amérique et Canada représentent (15%) en troisième rang, nous trouvons en dernier lieu l'Asie et Moyen-Orient avec un taux de (11%) et enfin l'Australie avec un pourcentage très faible de (3%).

4.2 ANALYSE DES RÉSULTATS

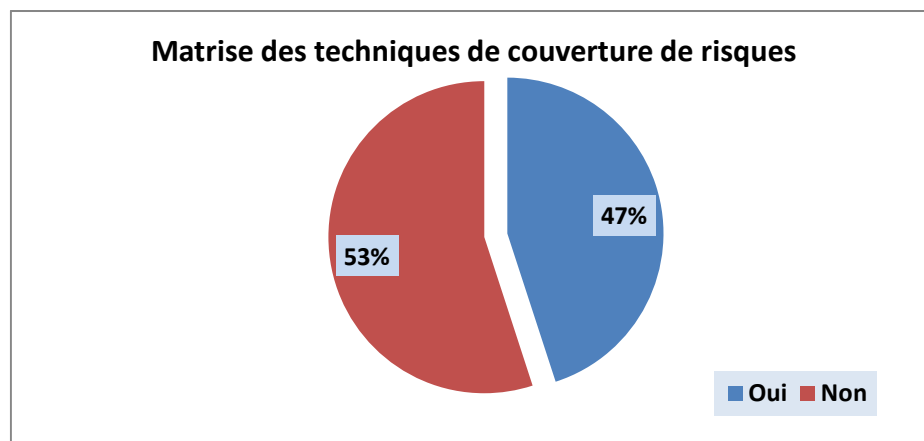
LES TECHNIQUES DE FINANCEMENT À L'EXPORT

La gestion des techniques de financement à l'export est cruciale, surtout pour les entreprises exportatrices, 28% des entreprises interrogées maîtrisent les techniques de financement à l'export. 72% des entreprises exportatrices affirment qu'elles ne les maîtrisent pas. Ce sont sans surprise les petites entreprises qui ont besoin de plus de formation, sensibilisation et soutien de la part de leurs organismes financiers.



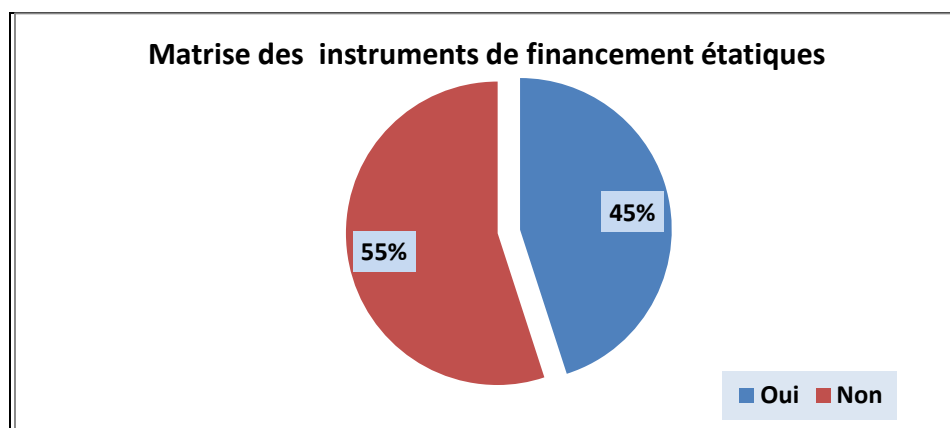
LES TECHNIQUES DE COUVERTURE DE RISQUES

47% des entreprises interrogées sont informées des services de la SMAEX, et arrivent à gérer efficacement les techniques de couverture de risques proposées par leur assurance. 53% des entreprises ne connaissent pas la SMAEX et les outils qu'elle propose aux entreprises, ce taux exprime un déficit d'information et de communication à l'expression du potentiel exportable du Maroc. D'où la nécessité de mettre en place un système d'évaluation du processus de communication et d'information des dispositifs mis en place par les assurances.



INSTRUMENTS DE FINANCEMENT ETATQUES

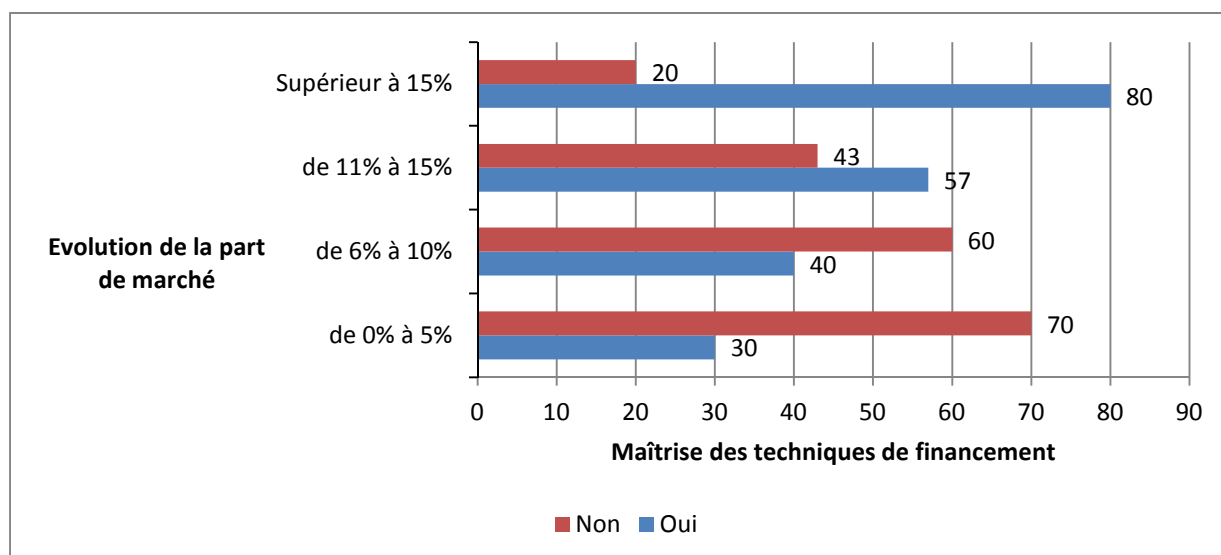
Seules 45% des entreprises interrogées ont déjà bénéficié d'un soutien public dans leurs démarches d'exportation, en effet l'apport financier accordé par l'état joue un rôle catalyseur dans le financement des charges liées à l'export. 55% des entreprises exportatrices reconnaissent n'avoir jamais été soutenues par l'état dans le remboursement de leurs charges à l'export.



4.3 LIEN ENTRE LES MODALITES DE FINANCEMENT ET LA PART DE MARCHE A L'EXPORT

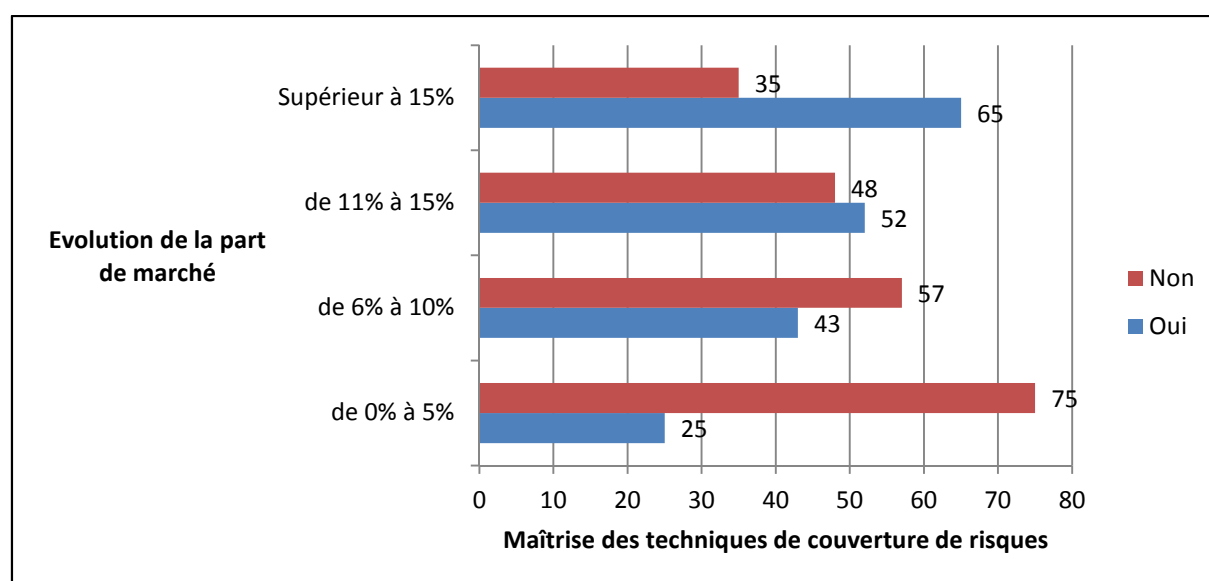
TECHNIQUES DE FINANCEMENT A L'EXPORT

La majorité des entreprises déclarent qu'elles ne maîtrisent pas les techniques de financement à l'export apportées par leurs banques. mais ce chiffre n'est que de 20% pour les entreprises enregistrant une variation positive de 17% de leur part de marché, de 52% pour les entreprises enregistrant une évolution de part marché comprise entre 6 et 15%, et de 70% pour les entreprises dont l'évolution de part marché est inférieure à 5%.



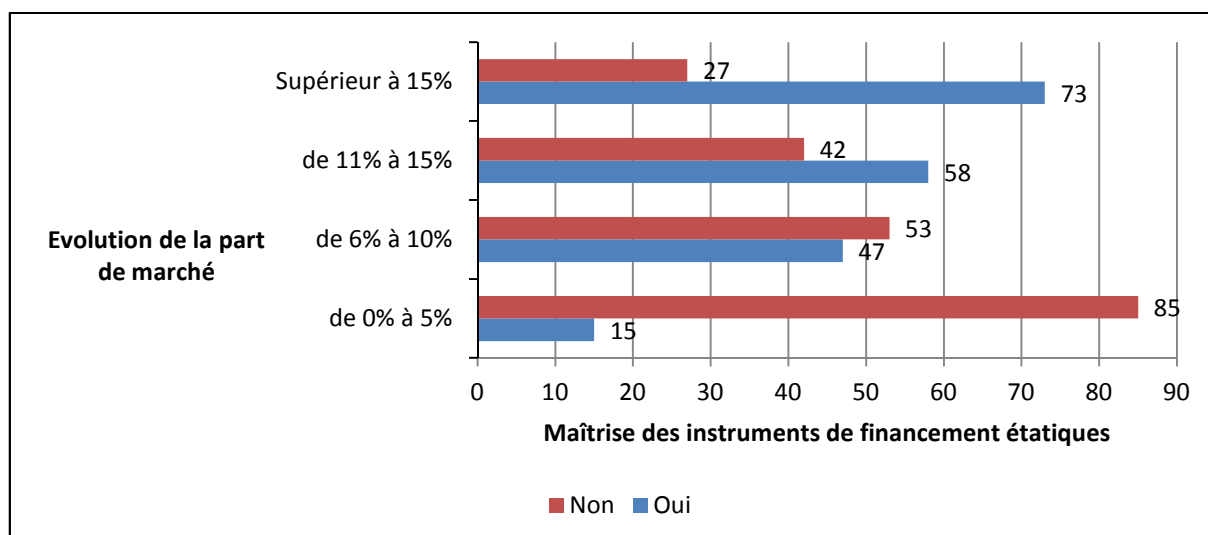
MAITRISE DES TECHNIQUES DE COUVERTURE DE RISQUES

65% des entreprises enregistrant une évolution positive de plus que 15% de leur part de marché maîtrisent les techniques de couverture de risques offerts par la société marocaine d'assurance à l'exportation, contre seulement un taux de 25% pour les entreprises enregistrant une faible évolution de leur part de marché. Pour l'évolution de la part de marché entre 6% et 15%, le pourcentage de connaissance et de maîtrises des techniques de couverture de risques offertes par la SMAEX est d'environ 47%.



INSTRUMENTS DE FINANCEMENT ETATIQUES

73% des entreprises maîtrisant les instruments de financement étatiques réalisent une évolution de part de marché de plus que 15%, près de 45% des entreprises pour l'évolution de part de marché entre 6% et 15% et seulement 15% pour les entreprises marquant une évolution inférieure à 5%.



Un effort de formation et de sensibilisation aux instruments de financement étatiques doit donc être fait auprès de toutes les catégories d'entreprises. Les entreprises doivent être notamment incitées à se rapprocher des aides et subventions de l'état. Dans ce cadre, il faut développer les mesures suivantes :

- Garantir un accompagnement personnalisé des entreprises exportatrices à l'international
- Aligner les dispositifs de financement export sur les meilleures pratiques étrangères par des stratégies de benchmarking
- Développer une stratégie d'attractivité des entreprises exportatrices
- Concevoir la "Marque Maroc" pour promouvoir l'image des entreprises exportatrices
- Développer les atouts des infrastructures et promouvoir les nouvelles technologies de l'information.

5 CONCLUSION

Plusieurs réformes ont été instaurées dans le but de renforcer la compétitivité du secteur d'exportation marocain et ce particulièrement dans un contexte de concurrence où l'ouverture devient une réalité et l'export impose certaines mesures. Les efforts entrepris par les pouvoirs publics marocains, dans ce cadre, ont permis de consolider l'environnement financier des entreprises et le renforcement des ressources financières bancaires, grâce à la diversification des techniques de financement, la mise en œuvre des programmes d'appui financier et de subventions à l'export, et l'opérationnalisation des politiques de couverture à travers des contrats assurance. Toutefois, l'évaluation de ces dispositifs financiers montre une difficulté de maîtrise de certains exportateurs aux techniques et instruments de financement, avec une faible évolution de part de marché de leurs exportations. En effet la moitié des entreprises de notre échantillon affirment qu'elles ne maîtrisent pas les techniques de financement préposées par leurs banques, qu'elles ne sont pas informées des services de l'assurance et de ses outils, et qu'elles n'ont jamais été soutenues par l'Etat dans le financement de leurs opérations à l'export. Face à cette situation et pour renforcer la compétitivité du secteur d'exportation, des efforts complémentaires méritent d'être mis en œuvre en faveur des entreprises marocaines visant le renforcement des programmes de formation en matière des techniques de paiement à l'export, l'accompagnement des entreprises potentiellement exportatrices dans leurs première démarche de financement. Ces efforts devraient également converger vers, la dynamisation du capital-risque et du rôle des assurances, l'amélioration des conditions de financement notamment pour la PME/TPE, le renforcement des instruments de financement étatiques, et l'évaluation du processus de communication et d'information sur les services des contrats d'assurance.

REFERENCES

- [1] Pierre BARDELLI, « COMPÉTITIVITÉ DÉFINITIONS FONDEMENTS », <http://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/archives/COMPETITIVITE.pdf>
- [2] Centre du commerce international, Rapport "Accès à la finance : Guide pratique pour la PME exportatrice", pp.7, 2009
- [3] Martinet, Sciences de gestion et compétitivité de l'entreprise, Ed. Economica, 1984
- [4] R. Courbis, "compétitivité et croissance en économie concurrencée", Revue française de gestion, vol.28, no.6, pp. 52, 1977
- [5] Martin, Report "Task Force on Competitiveness in the Agri-Food Industry, Growing Together", Ministers of Agriculture. Agriculture Canada, pp.1-37, 1990
- [6] Daoudi, Techniques du commerce international, », Ed. Arabian al hilal, 1997
- [7] Ravalec, L'audit export, Ed. Jupiter exporter, 1986
- [8] Blot, Chaillot, le commerce international : la gestion des risques, Ed. Technip, 1992
- [9] Berrada, interne tout simplement : outil de création de valeur et d'amélioration de la gouvernance des organisations, Ed. Afrique challenge, 2012
- [10] Société Marocaine d'Assurance à l'Exportation qui a pour but d'offrir des polices d'assurance accessibles aux entreprises exportatrices marocaines ayant pour objet la gestion des risques d'exportation <http://www.smaex.com/>
- [11] S. Marniesse and E. Filippiak, "compétitivité et mise à niveau des entreprises", Agence Française de développement, vol.1, no.1, pp.92, 2003
- [12] Ministère de l'industrie, du commerce et des nouvelles technologies, " Economie ouverte et plateforme d'exportation", pp.19, 2012
- [13] <http://www.oecd.org/fr/>

Fragmentation des écosystèmes forestiers: Définitions des concepts et évolution des méthodes d'évaluation

[Fragmentation of forest ecosystems: Definitions of concepts and evolution of assessment methods]

E.C. Alohou, C. Ouinsavi, and N. Sokpon

Laboratoire d'Etudes et de Recherches Forestières (LERF), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Parakou, Benin

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

ABSTRACT: This article appears as a review on habitats fragmentation. It clarified key concepts related to fragmentation and summarized methods and tools used for assessing fragmentation. Results revealed that fragmentation understanding was perceived at different ways. However, there is an intersection between all definitions we met in the literature. Fragmentation is commonly known as the filtering of a given habitat, its size, shape and the spatial distribution of its components. At forest level, fragmentation was known to limit fauna and flora needs due to the habitat's components migration and dispersion and hence induce biological and ecological erosion. Two approaches are commonly used in evaluating fragmentation of habitats. These include spatial and functional approach and spatial and statistical approach. Spatial and functional approach requires photo-interpretation analysis and socio-linguistic investigations. Such approach is based on models such as tasks-corridors-matrix models, grids-based models and index-based models. Spatial and statistic approach is based on autocorrelation models that globally includes semi-variogram and autocorrelation spatial index. The literature revealed that habitats fragmentation has recently been addressed in West Africa. Although acceptable efforts have concerned this environmental issue, there is a need to elucidate some unaddressed aspects in order to get deepened comprehension of fragmentation and its effects on natural resources and human being. We suggest the combination of both above mentioned approaches when studying fragmentation of sacred groves and forest reserves in a participatory way.

KEYWORDS: Ecology, Fragmentation, Landscape, Function, spatial index.

RESUME: Cet article fait une synthèse bibliographique de la notion de fragmentation des espaces naturels. Il définit les concepts clés de la fragmentation et dresse un état des lieux des méthodes et outils d'évaluation de la fragmentation. Les résultats de la documentation indiquent qu'il existe plusieurs définitions de la fragmentation, mais toutes s'accordent sur le fait que la fragmentation se traduit par le morcellement d'un espace qui, modifie la taille, la forme et la distribution spatiale des éléments de base de cet espace. Dans un espace forestier, elle a entre autres effets de limiter la satisfaction des besoins vitaux de la faune et la flore en termes de déplacements et de dispersion et participe ainsi à l'érosion biologique et écologique des milieux concernés. Deux grandes approches sont souvent utilisées séparément ou combinées pour appréhender le phénomène de la fragmentation. Il s'agit de l'approche spatiale et fonctionnelle et de l'approche spatiale et statistique. L'approche spatiale et fonctionnelle fait appel à des analyses par photo-interprétation et à des enquêtes de terrains. Dans cette approche, on reconnaît trois modèles que sont le modèle de *tâches-corridors-matrice*, le modèle d'*utilisation des mailles* et le modèle d'*analyse de la fragmentation par l'utilisation des indices*. L'approche spatiale et statistique est basée sur les modèles d'auto-corrélation spatiale qui mesurent et détectent l'auto-corrélation spatiale. Il existe globalement deux modèles d'analyse et d'étude de l'auto-corrélation spatiale : le semi-variogramme et les indices d'auto-corrélation spatiale. L'analyse des travaux de la sous-région Ouest-Africaine a montré que l'étude de la fragmentation est relativement récente. Bien que des efforts considérables aient été faits, il reste cependant des aspects à élucider pour affiner cette compréhension de la fragmentation et de ses effets sur les ressources naturelles et les hommes. Ainsi, dans une

étude de la fragmentation des blocs forêts classées-forêts sacrées il apparaît utile de combiner les deux approches susmentionnées tout en donnant une place importante à l'histoire dont les seuls détenteurs sont les peuples.

MOTS-CLEFS: Ecologie, Paysage, Fragmentation, Fonction, Indice spatial.

1 INTRODUCTION

Plusieurs groupes linguistiques venus de différents horizons se sont installés depuis des siècles dans le sud-est du Bénin. Ils ont créé des cités d'habitation, des lieux de culte et ont exploité la nature pour satisfaire leurs besoins. Se faisant, ils ont progressivement transformé le système naturel en place [1]. Ces transformations du milieu naturel restées globalement modérées pendant des siècles se sont accentuées avec l'avènement de la révolution verte [2],[3]. La première conséquence constatée est la fragmentation progressive du paysage [4], [5],[6], associée à la dégradation et à la perte d'habitat. La réduction des surfaces d'habitats naturels et le cloisonnement des espaces forestiers de plus en plus isolés par les zones de culture, les habitations et les infrastructures, sont indicateurs du phénomène de fragmentation [3]. Plusieurs auteurs estiment que comprendre le phénomène de la fragmentation des habitats naturel fait appel à l'histoire de la notion de l'écologie et plus récemment de l'écologie du paysage [7].

La notion de l'écologie est apparue avec les travaux du biologiste allemand Ernst Haeckel (1856) et qui la définit comme « la science qui étudie les relations entre les êtres vivants et leur milieu » et visant à établir les lois qui organisent les rapports entre les êtres vivants et leur environnement physico-chimique ainsi que les rapports entre les organismes. Pendant très longtemps, l'écologie a fait figure de « parent pauvre » de la biologie car cette dernière fut dominée pendant une grande partie du 20ème siècle par des disciplines jugées à l'époque plus nobles comme la systématique, l'embryologie, la physiologie, l'anatomie ou la génétique [8]. Ce n'est guère qu'à partir des années 1960 que l'écologie émergea vraiment comme discipline majeure dotée de ses propres théories et outils méthodologique. L'émergence de problèmes nouveaux liés aux changements globaux parmi lesquels le déclin de la biodiversité, la multiplication d'espèces envahissantes et d'autres encore oblige la communauté des chercheurs à redéfinir sa stratégie de recherche et à se mobiliser pour apporter des réponses à ces nouveaux défis [9]. On assiste de ce fait à un renouveau de l'écologie et à une mobilisation croissante des chercheurs sur le thème de la biodiversité, de son inventaire, de l'analyse de ses fonctions et des moyens de la valoriser et de la préserver [8]. Dans ce cadre, l'objectif de l'écologie peut se résumer aux questions suivantes : que trouve-t-on dans cet espace ? Comment les espèces qu'on y rencontre s'organisent-elles les unes par rapport aux autres ? Quelle est leur dynamique ainsi que celle du système que, toutes ensemble, elles constituent ? D'où viennent-elles ? Quels sont les mécanismes de leur régulation ? Quelles sont leurs trajectoires possibles dans le temps et dans l'espace ? Le but de l'écologie est donc de décrire des structures (patterns) et d'analyser des mécanismes (processus).

Concernant son champ d'application, l'écologie s'applique à tous les niveaux d'organisation du vivant, de la cellule à la biosphère mais les principales cibles de recherche sont les populations, les espèces et les ensembles d'espèces (peuplements) qui habitent un espace donné [10]. Un principe fondamental en écologie est de ne jamais dissocier l'organisme qu'on étudie de son environnement, lequel comprend des composantes vivantes (ou biotiques comme les prédateurs, parasites ou compétiteurs) et les composantes non vivantes (ou abiotiques comme la nature du sol, son pH, le degré hygrométrique, l'exposition, le climat etc.).

Ainsi l'écologie du paysage est une branche de l'écologie qui étudie les interactions entre l'organisation de l'espace et les processus écologiques [11]. Bien que le concept et l'expression « écologie du paysage » remontent à 1939 par Carl Troll, géographe, son application et son étude plus répandue dans différents domaines sont plus récentes. Elle s'attache à comprendre comment cette organisation influence et est influencée par les processus qui animent la dynamique des populations, des communautés et des écosystèmes [11]. Cela l'amène à s'intéresser aux causes et aux conséquences de l'hétérogénéité de l'espace, à de multiples échelles et donc à combiner deux approches celle, spatiale, de la géographie et celle, fonctionnelle, de l'écologie. En écologie, la reconnaissance du paysage comme niveau d'investigation des processus écologiques puise son inspiration en diverses théories qui, présentées par exemple dans les ouvrages classiques de [12], [13], [14] et [15], ont indiscutablement marqué le développement de l'écologie du paysage.

Selon [16], l'écologie du paysage apparaît clairement comme un des niveaux d'intégration utiles, au-delà des niveaux des populations, des communautés et des écosystèmes, pour toute prise en compte explicite de l'espace en écologie. Combinant approche spatiale et approche fonctionnelle, l'écologie du paysage étudie les interactions entre l'organisation spatiale (hétérogénéité des éléments de base d'un paysage, formes, distribution, distances entre les éléments) et les processus écologiques.

Le terme paysage revêt ainsi, en écologie, une acception particulière qui mérite d'être précisée. Selon [17], le paysage est reconnu comme un niveau d'organisation écologique et est défini comme un ensemble d'écosystèmes en interaction. Le paysage de l'écologue se compose d'une juxtaposition d'éléments appelés matrice (élément dominant souvent considéré de moindre valeur écologique), taches (fragments d'habitats présents dans la matrice) et corridors qui sont des éléments de forme linéaire entre les taches [18].

Diverses définitions de l'écologie du paysage proposées, ont souligné la nécessité de promouvoir des modèles et des théories à propos des relations spatiales, de s'insérer dans une démarche pluridisciplinaire, de construire une science pour l'action [19], [1]. Dans leur ensemble, ces définitions s'accordent sur l'importance de la configuration de l'espace sur le déroulement des processus écologiques. On peut considérer par exemple, non seulement le nombre d'îlots de forêts présents dans un espace, mais aussi leur distribution, leur taille et leur forme. Ces définitions s'accordent aussi sur la nécessité de prendre en compte des espaces plus étendus que ceux habituellement considérés en écologie. Pour beaucoup d'auteurs, la prise en compte de l'homme et de la société paraît également essentielle, tout paysage relevant à la fois de la nature et de la culture, de l'objectif et du subjectif [11]. Ces relations sont vues comme des éléments constructeurs d'un paysage défini, dont la structure évolue dans l'espace et dans le temps [17].

Le présent article fait une synthèse de la notion de fragmentation des espaces naturels. La méthodologie adoptée est essentiellement basée sur l'analyse bibliographique d'articles scientifiques, de thèses de doctorat, de rapports et de tout autres documents scientifiques consultés dans les centres de documentation et téléchargés sur internet. Il aborde la genèse et les définitions du concept de la fragmentation en remontant les théories de base de l'écologie et dresse un état des lieux des méthodes et outils d'évaluation de la fragmentation. Sa dernière partie propose quelques suggestions pour les recherches futures.

2 CONCEPT DE LA FRAGMENTATION DES ECOSYSTEMES NATURELS

2.1 ORIGINE DU CONCEPT DE FRAGMENTATION

Lorsqu'en 1967, [12] publient « La théorie biogéographique des îles », une nouvelle perspective apparaît dans le jeune domaine de l'écologie [20]. Avec l'introduction de la dimension géographique, on note l'établissement d'un lien entre la richesse spécifique d'une île et ses caractéristiques spatiales (surface de l'île et sa distance au continent). À l'aide de nombreuses études et relevés terrain, ces deux auteurs développent notamment une relation mathématique très simple qui se révèle vraie dans la majorité des cas :

$$S = cA^z \text{ (Eq. 1)}$$

Dans Eq. 1, S est le nombre d'espèces présente sur une île de superficie A , c est une constante et z une valeur se situant entre 0,20 et 0,35 ([12], p.8).

Cette théorie aborde de façon mathématique la relation positive existant entre le nombre d'espèces et la surface des habitats. Le nombre d'espèces résidentes s'établit en fonction de l'éloignement d'un habitat ressource jouant le rôle de réservoir d'espèces. De plus, la probabilité d'extinction d'une espèce sur cette île est fonction de la grandeur de l'île [19] [21]. L'analyse des populations et des espèces sous l'angle de critères géographiques était ainsi déjà un domaine d'étude en soi (la biogéographie), mais [12] poussèrent l'analyse d'un cran avec leur modèle, ce qui inspira plusieurs chercheurs à trouver des parallèles sur la terre ferme. « Cette théorie modifia la pensée écologique en identifiant la configuration spatiale des habitats comme un important facteur d'influence sur les populations et les communautés. » [20].

Le transfert des idées de [12] dans le domaine de l'occupation des terres a engendré, dès les années 1970 un intérêt pour l'étude de la biogéographie des « îlots terrestres » qui sont relativement homogènes, différents de leur environnement immédiat et interprétés comme des « tâches » ou des « parcelles » de milieu naturel [22], [1], [20]. L'analogie conceptuelle entre des îlots boisés au milieu de terres agricoles, ou « d'oasis naturels » entourés de zones urbanisées, devint ainsi un sujet de recherche en soi et ouvre la porte au concept de fragmentation forestière [20].

Ainsi commençait l'intérêt de la recherche scientifique sur le morcellement des forêts [23]. Le nombre croissant d'études scientifiques orientées sur le thème en 2007 en est la preuve [24]. La fragmentation éco-systémique représente un champ de recherche vaste intimement lié aux choix des échelles spatiales et temporelles envisagées et aux taxons étudiés.

2.2 DEFINITION DU CONCEPT DE LA FRAGMENTATION

De façon *stricto sensu*, la fragmentation est un « processus de division ou de différenciation de ce qui, antérieurement, était uni ou homogène » [25]. Elle renvoie à l'idée de discontinuité des lieux dans une logique d'archipel [26]. Le processus de fragmentation transforme une surface relativement vaste de l'habitat d'une espèce en fragments de plus en plus petits [17],[11]. La fragmentation est également définie comme étant la conversion d'un grand paysage continu en de plus petits blocs ou îlots d'habitats séparés les uns des autres avec des tailles et de configuration variables [27]. Selon Thompson, « la fragmentation est l'action de séparer en fragments. Au cours de ce processus, l'aire totale d'origine diminue et les fragments en place s'isolent progressivement les uns des autres. Il s'agit donc, à l'échelle de la nature, d'un processus, qui divise un habitat en fragments de taille variable, plus ou moins isolés les uns des autres et dont la surface totale est inférieure à celle de l'habitat original » [28].

En écologie du paysage, la fragmentation désigne tout phénomène artificiel de morcellement de l'espace, susceptible d'empêcher une ou plusieurs espèces vivantes de se déplacer ou de se disperser comme elles le pourraient en l'absence de facteur de fragmentation. En foresterie, la fragmentation désigne le phénomène qui se produit lorsque des forêts sont morcelées d'une manière qui transforme des massifs boisés en parcelles plus petites et plus ou moins isolées et en modifie le fonctionnement des communautés.

La notion de fragmentation a été associée à de nombreuses reprises à un impact souvent négatif, de l'intensification des pratiques agricoles sur la biodiversité [29]. La fragmentation progressive des paysages est citée comme la première conséquence du changement d'occupation des sols [30],[4] qui se traduit par la réduction de la quantité d'habitat [31], l'augmentation du nombre de tâches d'habitat, l'augmentation de l'isolement des tâches et l'augmentation de la proportion de lisières [32],[33],[34],[30]. La fragmentation est également associée au défrichement des forêts, entraînant une forte perte du couvert forestier tropical et l'isolement des espaces naturels correspondants [35]. A ceci s'est ajoutée la forte demande de bois de feu qui a parfois conduit à la disparition totale de grands blocs forestiers des régions fragiles. Selon [35], la dégradation d'une forêt produit des impacts environnementaux importants qui peuvent conduire à terme à la déforestation et au phénomène de fragmentation des forêts provoquant la restriction des habitats des espèces ligneuses et fauniques et bouleversant ainsi l'ensemble des processus écologiques (dissémination des graines, pollinisation pour le maintien de la diversité génétique, etc.).

2.3 EFFETS DE LA FRAGMENTATION

La fragmentation a des conséquences sur la qualité de l'habitat. Les individus, les espèces et les populations, sont différemment affectés par la fragmentation de leur habitat, selon leurs capacités adaptatives, leur degré de spécialisation ou de dépendance à certaines structures éco-paysagères, leur capacité à voler et franchir les obstacles facteurs de fragmentation (parois, falaises, grillages, routes, zones traitées par des pesticides, etc.), la biologie de leurs populations [1]. Les individus, les populations des écosystèmes fragmentés, sont confrontés à un nombre croissant de verrous écologiques (barrières physiques ou immatérielles) ou goulots d'étranglement, qui limitent ou interdisent la circulation des individus et le brassage des gènes entre populations au sein de l'aire normale de distribution des espèces, au point de provoquer leur régression et de les menacer à moyen ou long terme et pourra conduire à une perte d'espèces dans les îlots, si leurs superficies ne sont plus suffisantes.

Les effets généralement associés à la notion de fragmentation dérivée du modèle de la théorie biogéographique des îlots sont les suivants [36],[37],[20] :

- la perte d'habitat associée, réduit la diversité spécifique et la taille des populations résidentes ;
- la diminution de la taille des parcelles induisant la perte et le remplacement d'éléments éco-paysagers par d'autres ;
- l'augmentation de l'effet de bordure modifiant les écotones de lisière, plus ou moins en fonction des caractéristiques de la matrice environnante ;
- L'augmentation de leur isolement provoquant une diminution des taux de dispersion et d'immigration augmentant les risques d'extinction.

La notion de connectivité introduite par [38] est étroitement liée à la fragmentation et au degré d'isolement des habitats. Elle désigne le degré avec lequel un paysage facilite ou empêche le mouvement entre les différents îlots ou l'intégration des sous populations dans une unité fonctionnelle [39]. La connectivité est perçue comme une propriété du paysage, elle est caractérisée par le « degré de perméabilité du paysage lié au mouvement des individus entre les différents compartiments » [40] ou décrite comme un « facteur lié à la distance entre les patchs d'habitat et également à la taille de ces patchs » [41].

Par l'intermédiaire des définitions précédentes, on peut alors distinguer deux types de connectivités : la connectivité fonctionnelle et la connectivité structurale.

La connectivité fonctionnelle se caractérise par le flux et la dispersion des organismes par rapport à la structure du paysage [42]. L'aspect fonctionnel de la connectivité est basé sur les espèces. Un seul paysage peut avoir plusieurs mesures de connectivité en fonction des exigences d'habitat et des capacités de dispersion des espèces. L'approche fonctionnelle de la connectivité prend en compte l'influence négative ou positive de la matrice paysagère sur le mouvement des espèces entre les fragments [43].

La connectivité structurale est entièrement basée sur la structure du paysage et correspond aux liens et aux distances entre les habitats sans tenir compte des comportements des organismes. Ainsi, chaque paysage peut être caractérisé par un degré de connectivité structurale pour un habitat donné. L'aspect pratique de l'estimation de cette connectivité structurale par des outils simples (carte et SIG), explique sa prévalence dans la littérature scientifique. Les concepts de fragmentation et de connectivité des habitats s'appuient sur trois théories principales : la théorie de la biogéographie insulaire, la théorie des métapopulations et le modèle de l'écologie du paysage.

2.4 PRINCIPALES THEORIES DE LA FRAGMENTATION

THEORIES DE LA BIOGEOGRAPHIE INSULAIRE

Selon [44], le rôle bénéfique attribué aux corridors de migration de la faune résulte en grande partie de la théorie de la biogéographie des îles de [12]. Elle s'est appuyée sur l'étude des tâches d'habitats favorable à une communauté dans un environnement défavorable en prenant comme modèle les îles océaniques. Cette théorie de la biogéographie insulaire a établi une loi de distribution aléatoire des espèces dans un peuplement. Il démontre que l'abondance spécifique varie en fonction de l'aptitude à la compétition (modèle du bâton brisé) : dans un volume de niche donné (en pratique on se réfère à la surface de l'habitat préférentiel), les espèces peu compétitives confrontées à l'installation de nouvelles espèces gardent des effectifs stables, alors que les espèces compétitives réduisent leurs effectifs. Selon [27], les limites de cette théorie sont multiples : elle considère une situation à l'équilibre, la nature des communautés en place est ignorée, et l'environnement est appréhendé comme un contexte uniformément défavorable contenant des tâches d'habitats favorables. Cependant, cette théorie a posé les bases des connaissances sur le déplacement des organismes entre îlots d'habitats.

THEORIE DES METAPOPOPULATIONS

Elle est apparue dans les années 80 bien qu'énoncée plus tôt par [45]. Elle a été améliorée et appliquée au monde réel par [46]. La théorie des métapopulations se fonde sur les interactions des populations d'espèces entre différents îlots d'habitats, et a permis de considérer les populations biologiques, non comme des éléments isolés, mais comme faisant partie d'un ensemble de sous-populations plus ou moins isolées géographiquement et interconnectées par des échanges d'individus. La dynamique des populations au sein de ces habitats est déterminée par les probabilités de recolonisation et d'extinction des sous-populations. Les sous-populations les plus isolées connaissent une faible recolonisation, et les sous-populations de petite taille sont plus vulnérables à l'extinction. Il en découle logiquement que le meilleur moyen de maintenir la viabilité des populations est de faciliter les flux migratoires entre les habitats. De ce fait, cette théorie a été très tôt associée aux concepts de connectivité et est venue en appui à l'idée des corridors [47].

Bien que plus complète que la première, l'insuffisance du modèle des métapopulations est liée à la difficulté de quantifier les processus d'échanges fauniques et floristiques (flux génétiques) entre les îlots pour montrer que les corridors facilitent réellement les flux [27]. Ce manque de preuves et de résultats (données empiriques) provient en grande partie de la complexité des mesures nécessaires pour valider ou invalider cette théorie.

MODELE DE L'ECOLOGIE DU PAYSAGE

Ce modèle intègre les relations entre les mosaïques des habitats, le fonctionnement des systèmes écologiques, la dynamique des populations et la biodiversité en général. Elle cherche à comprendre comment la structure du paysage influence le mouvement des espèces et des phénomènes écologiques. Elle se fonde sur le paradigme matrice-tâche-corridor introduit par [48]. La «matrice» est l'habitat le plus connecté et dominant, la «tâche» est l'élément non linéaire, et le «corridor» est une entité linéaire qui diffère de la matrice. Les corridors servent donc de liens entre les habitats fragmentés [27]. Le déplacement des organismes, des matériaux et de l'énergie est une fonction du paysage. Ainsi, la fonction d'échange entre habitats peut être améliorée ou restaurée dans certains cas avec l'aide d'un corridor. Ce dernier peut aussi servir à

d'autres fonctions (barrière ou filtre pour permettre le passage d'une partie de la faune). En résumé les corridors remplissent plusieurs fonctions : (1) corridor biologique, spécifique à une espèce donnée, y compris du point de vue des échanges génétiques ; (2) corridor écologique, structure spatiale multifonctionnelle, qui peut rassembler divers corridors biologiques. Ainsi, la notion de connectivité exprime globalement la capacité d'un paysage à assurer la satisfaction des besoins de déplacements des espèces entre les différents éléments qui le composent, par l'existence d'un maillage paysager diversifié.

Il existe plusieurs types de connectivités notamment la connectivité biologique ou fonctionnelle et la connectivité spatiale ou structurelle. Selon [47], la connectivité biologique ou fonctionnelle est l'ensemble des éléments du paysage qui participent à favoriser ou limiter le déplacement des individus d'une espèce donnée. Cette connectivité dépend des exigences écologiques des espèces considérées. On considère dans ce cas qu'un corridor peut être bénéfique à la conservation d'une espèce et être néfaste à une autre [44]. La connectivité spatiale ou structurelle quant à elle, qualifie simplement le degré de lien physique entre éléments d'un paysage n'engageant aucune notion génétique (mouvements entre les différents habitats saisonniers pour une espèce par exemple).

En résumé, la théorie de l'écologie de paysage permet donc d'avoir une vision globale des éléments et de leurs mouvements dans le paysage. Ce faisant, l'écologie du paysage permet de repérer les variables clefs pour assurer une connectivité entre les habitats fragmentés pour des organismes visés.

3 MÉTHODES D'ÉVALUATION DE LA FRAGMENTATION

Deux grandes approches sont utilisées séparément ou combinées pour appréhender le phénomène de la fragmentation. Il s'agit de l'approche spatiale et fonctionnelle et de l'approche spatiale et statistique [1].

3.1 APPROCHE SPATIALE ET FONCTIONNELLE

L'approche spatiale et fonctionnelle définit les types d'habitat en identifiant les zones nodales, les continuums et corridors, des obstacles, des points de conflit et les relations entre les espèces, le comportement et la distance de dispersion, les types d'habitats occupés, etc. Elle fait appel à des analyses de données cartographiques (photographie aérienne, image satellitaire) et à données des enquêtes de terrains sur les points de conflits. Il s'agit dans ce cadre d'avoir une approche appliquée au terrain, complétée de données historiques disponibles. L'analyse des différents cas d'utilisation de l'approche spatiale et fonctionnelle permet d'identifier plusieurs modèles d'études dont le modèle « tâches-corridors-matrice » [20], le modèle d'utilisation des mailles et le modèle d'analyse de la fragmentation par l'utilisation des indices.

MODELE «TACHES-CORRIDORS-MATRICE»

Le modèle «tâches-corridors-matrice» correspond, par exemple, aux bosquets reliés par des haies sur un fond de terres cultivées dans les grandes plaines agricoles. Il se fonde sur l'hypothèse que toute mosaïque paysagère peut être comparée à une autre. Ce modèle constitue une autre tentative de classer le paysage par sa morphologie, afin de pouvoir éventuellement le quantifier par une systématisation du paysage [20]. Ce modèle est basé sur des cartes dotées de catégories géographiques, c'est-à-dire des cartes classiques représentant le paysage selon des formes polygonales. Toutefois le manque de théories quantitatives solides afflige ce modèle et limite son pouvoir prédictif. Pour réduire ces limites, le second modèle utilise les mailles.

MODELE D'UTILISATION DES MAILLES

Il s'agit de la taille qu'auraient les fragments d'espaces naturels s'ils avaient tous la même surface, au sein du territoire étudié. L'indicateur reflète à la fois la surface des espaces naturels dans le territoire et leur degré de découpage. On utilise à cet effet l'indice de fragmentation de Jaeger développé par [49] et intégré à « Fragstats », un logiciel de métriques paysagères. Cet indice mesure la *taille effective de maille* (*Effective Mesh Size*) en Anglais. Cet indice mesure la taille effective de maille qui est proportionnelle à la probabilité que deux points choisis au hasard dans une zone donnée soient connectés (qu'ils ne soient pas séparés par des barrières telles que des routes ou des zones bâties, par exemple). Cette probabilité diminue avec le nombre croissant de barrières dans le territoire. Ainsi, plus la taille effective de maille est faible, plus le paysage est fragmenté. Une faible taille effective de maille dénote un morcellement des espaces naturels du territoire étudié. L'évolution dans le temps et la variation dans l'espace de la taille effective de maille permettent de suivre la pression de la fragmentation des habitats sur la biodiversité. Le principal avantage de cet indice est qu'il permet de quantifier la fragmentation d'une entité indépendamment de sa taille, ce qui facilite les comparaisons d'une entité à une autre. Pour calculer cet indice, une entité de référence doit être choisie. L'indice de fragmentation de Jaeger est donné par :

$$m = \frac{A_t}{S} = \frac{1}{A_i} \sum_{i=1}^n A_i^2 \quad (\text{Eq. 2})$$

Dans l'Eq. 2, m désigne l'indice de Jaeger, A_t correspond à la superficie totale de l'entité choisie, A_i est la superficie de chaque fragment de l'entité découpée par les obstacles.

Il y a également la configuration spatiale des points, qui représentent des éléments géographiques sous forme de points (un exemple : l'étude d'une zone de forêt en identifiant chaque arbre par son espèce). L'intérêt de cette forme d'analyse du paysage est de voir si des formes d'agrégation sont présentes ou non [20]. Ensuite, la configuration spatiale des réseaux linéaires, analyse le paysage en ciblant les structures spatiales linéaires comme les réseaux hydrographiques, les réseaux routiers, etc. La matrice n'est généralement pas considérée dans cette analyse, ce sont plutôt les structures physiques qui sont étudiées. Deux exemples de mesures possibles sont la densité du réseau linéaire et la connectivité du réseau. Puis il y a aussi la configuration spatiale des surfaces, qui traduit les quantités présentes dans le paysage par des modèles tridimensionnels. Un exemple de cette méthode d'analyse est la classique illustration des courbes hypsométriques en trois dimensions. Cette méthode appliquée à une multitude de recherche, pêche dans la précision recherchée sur la dépendance spatiale, la portée de ressemblance et d'interdépendance [50],[20].

MODÈLE D'ANALYSE DE LA FRAGMENTATION PAR L'UTILISATION DES INDICES

Les études récentes de la fragmentation du paysage sont basées sur l'utilisation d'indices basés sur des interprétations mathématiques à l'aide d'outils SIG. Les indices utilisés pour apprécier l'évolution d'un bloc forestier pendant et au cours de la fragmentation sont l'indice de diversité de Shannon, l'indice de forme et l'indice d'élongation [51]. Ces indices d'écologie du paysage permettent de déterminer la répartition, l'arrangement et la complexité des différents éléments du paysage dans l'espace mais dépendent de la résolution des données et de l'étendue de la zone d'étude. Les relations entre les valeurs prises par ces indices et la viabilité des populations est parfois difficile à établir et dépendent du type de paysage étudié. Ainsi, pour être pertinents, les indices d'écologie du paysage doivent prendre en compte les besoins des espèces liées à un type d'habitat ou être utilisés pour mesurer l'évolution d'un paysage au cours du temps ou comparer plusieurs paysages entre eux.

Pour réduire les limites du modèle d'analyse de la fragmentation par l'utilisation des indices, certains auteurs ont combiné deux approches complémentaires: les indices de patron paysager et la modélisation du « coût de déplacement ».

En effet, selon [52], les indices de patron paysager quantifient la composition et la configuration des écosystèmes à travers un paysage (taille d'une unité d'habitat, distance au plus proche voisin, indice de proximité, etc.). Ils permettent donc une comparaison quantitative entre les différents paysages ou à l'intérieur d'un même paysage à des dates différentes. Les indices de patron paysagers donnent une information sur la structure de la mosaïque paysagère (composition physique et configuration) sans référence explicite aux fonctions écologiques: les éléments du paysage étant indépendants des éléments situés dans la matrice paysagère. Les relations existent seulement à l'intérieur d'un seul type d'occupation du sol.

Le modèle du « coût de déplacement » considère la matrice située entre chaque unité d'habitat comme un facteur important intervenant dans le mouvement des espèces, c'est-à-dire qu'il intègre la connectivité fonctionnelle du paysage. Ce modèle évalue les connections potentielles entre différents éléments du paysage (unité d'habitat) permettant ainsi une estimation quantitative de la connectivité ou de la fragmentation d'un paysage.

3.2 APPROCHE SPATIALE ET STATISTIQUE : MODELES D'AUTO-CORRELATION SPATIALE

Ce modèle couramment utilisé en géostatistique permet de mesurer et de détecter l'auto- corrélation spatiale. En effet, du fait que les structures spatiales que l'on trouve dans la nature sont communément des agrégations ou des gradients, les probabilités de présence (ou de densité) du phénomène observé en chaque point de l'espace sont spatialement dépendantes ou auto-corrélées [52]. L'estimation du degré d'auto-corrélation constitue une façon de caractériser une distribution spatiale hétérogène. Il existe deux modèles d'analyse et d'étude de l'auto-corrélation spatiale : le semi-variogramme et les indices statistiques d'auto-corrélation spatiale dont celui de Moran [53],[54].

SEMI-VARIOGRAMME

En géostatistique, l'auto corrélation dans une distribution spatiale est décrite par le variogramme, qui représente pour toute une gamme de distances de la semi-variance $\gamma(h)$ ou h est une mesure de distance. Ces méthodes géostatistiques

permettent de prendre en compte la corrélation spatiale [55]. Le variogramme est utilisé pour résumer la structure de covariance d'un processus stochastique spatiale et peut être caractérisé par trois paramètres (1) le palier (*Sill* en Anglais) - valeur maximum de semi-variance ($\gamma(h)$) obtenue dans l'échantillon; (2) la portée (*Range* en Anglais) - distance (h) pour laquelle la semi-variance se stabilise; (3) la pépité (*Nugget* en Anglais) - valeur non nulle de la semi-variance lorsque l'on tend vers l'origine ($h \sim 0$). L'estimateur du semi-variogramme est donné par [56] :

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Y(x_i) - Y(x_{i+h})]^2 \quad (\text{Eq. 3})$$

Dans l'Eq. 3, $\gamma(h)$ est l'estimateur du semi-variogramme, $Y(x_i)$ est la valeur du phénomène étudié Y au point d'abscisse x_i , et $Y(x_{i+h})$ est la valeur du même phénomène au point d'abscisse x_i+h et $N(h)$ = nombre de d'observations distantes de h dans la série de données.

Le semi-variogramme (Figure 1) empirique est obtenu en traçant les estimations de la semi-variance par rapport à la distance entre n'importe quelle paire d'emplacements.

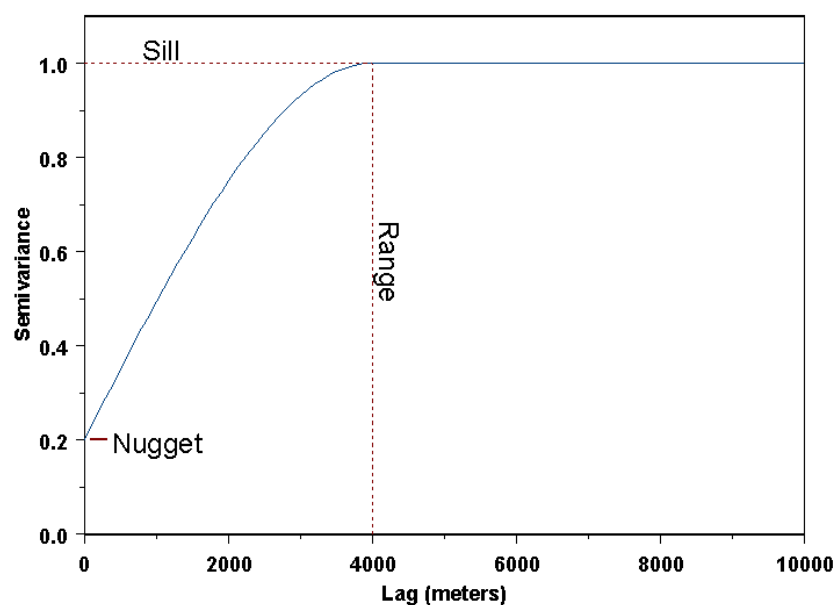


Figure 1. Illustration des concepts de palier, portée et pépité dans l'analyse du semi-variogramme. Adaptée de [57].

La portée est la distance où deux observations ne se ressemblent plus du tout en moyenne et ne sont plus liées (covariance nulle) linéairement. A cette distance, la valeur du variogramme correspond à la variance de la variable aléatoire [55],[58].

Le semi-variogramme empirique peut être utilisé pour détecter une éventuelle auto corrélation spatiale dans un ensemble de données. Si les observations proches les uns des autres, ont une forte corrélation, la covariance $C(h)$ augmente à mesure que la distance entre les observations devient plus petite, et la semi-variance $\gamma(h)$ diminue. D'autre part, la semi-variance $\gamma(h)$ augmente à mesure que la distance augmente. Lorsque la distance augmente à une certaine valeur (auto corrélation spatiale faible), la covariance $C(h)$ est réduite à 0 et la semi-variance atteint la variance spatiale du processus sous-jacent[57].

LES INDICES D'AUTO-CORRÉLATION SPATIALE

Plusieurs indices sont utilisés pour tester la présence d'auto-corrélation spatiale. Il s'agit de la matrice d'interactions spatiales, l'auto-corrélation spatiale locale (LISA), la statistique de Moran, la statistique de Geary, la statistique de Tango, la statistique de Besag Newell, etc., Mais les deux indices principalement utilisés pour tester la présence d'auto-corrélation spatiale, sont celui de Moran et celui de Geary. Dans la littérature, l'indice de Moran est souvent préféré à celui de Geary en raison d'une stabilité générale plus grande (voir notamment [59]).

La statistique de Moran [60] est égale au ratio de la covariance entre observations contigües (définies par la matrice d'interactions spatiales – *matrice carrée qui permet de mesurer les interactions entre les unités spatiales*) à la variance totale [61]. La statistique de Moran résume le degré de ressemblance des unités géographiques voisines. Elle prend des valeurs situées dans l'intervalle [-1 ; 1] et s'interprète comme un coefficient de corrélation de Pearson ou de Spearman. A la différence des autres indicateurs, la statistique de Moran est disponible en routine dans la plupart des logiciels statistiques, SIG (SAS, Arcview, R) et le logiciel Geostatistics for the Environmental Science (GS+). Toutefois, une des limites de la statistique de Moran est qu'elle ne prend pas en compte l'hétérogénéité des effectifs de population. Des versions alternatives de cette statistique ont néanmoins été proposées pour en tenir compte [61].

$$I_{Moran} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{Eq. 4})$$

Dans l'Eq. 4, i, j =unité spatiale; n =nombre d'unités spatiales; x_i est la valeur de la variable dans l'unité i ; $\bar{x}$ est la moyenne de x ; et w_{ij} sont les éléments de la matrice d'interactions spatiales, définie sous la forme de la contigüité, les distances ou les frontières communes

3.3 METHODES D'EVALUATION ET OBSERVATIONS EMPIRIQUES DE LA FRAGMENTATION AU BENIN ET DANS LA SOUS-REGION

Dans la sous-région Ouest Africaine, de récents travaux ont tenté d'évaluer le processus de la fragmentation et ses effets sur la composition floristique, la régénération ligneuse et sur la faune.

En Côte d'Ivoire, plusieurs travaux de recherches dont ceux de [63],[24],[64] ont abordé la thématique. [63], a étudié l'influence de la fragmentation forestière sur la composition floristique et la structure végétale dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Ses travaux ont permis de retracer précisément l'histoire du couvert forestier dans la zone d'étude et d'apprécier le processus de fragmentation des massifs forestiers avant d'évaluer son influence sur la composition spécifique des îlots forestiers. [24] a examiné l'influence de la fragmentation forestière sur la régénération des espèces arborées dans le Sud-Ouest de la Côte. A partir d'une méthode basée sur des relevées et des travaux de cartographie, ces travaux ont testé l'influence de la fragmentation sur la régénération des espèces arborées de l'intensité de l'isolation des fragments, approchée par leurs caractéristiques spatiales et temporelles (surface, durée d'isolation, distance aux massifs). [64] a étudié la relation entre la composition floristique et des indicateurs de la fragmentation du paysage dans une région de transition forêt-savane ivoirienne. Cette étude a combiné des études d'inventaires forestiers et de cartographie analysant les propriétés spectrales et spatiales d'une image Landsat ETM+. Ces trois travaux de recherche ont conclu que la fragmentation du paysage forestier en Côte d'Ivoire est reconnue comme étant un facteur important de la dégradation des forêts. Ces résultats permettent d'envisager une approche opérationnelle à partir de données multi-spectrales de résolution moyenne et d'indices de configuration spatiale pour l'évaluation et le suivi opérationnel des dégradations forestières à l'échelle régionale.

Au Ghana, [65] a étudié l'effet de la superficie, de la forme et de l'isolement des fragments de forêts tropicales sur la diversité des espèces d'arbres et leurs implications pour la conservation ; [66], a examiné l'influence de la fragmentation de l'habitat sur la biodiversité, l'implication de la coupe sélective et la fragmentation pour la diversité de l'avifaune dans les forêts conifères du sud-ouest du Ghana.

Au Togo, la synthèse des travaux menés depuis 1994 sur la flore et les groupements végétaux des îlots forestiers de la plaine côtière togolaise indique que plusieurs groupements végétaux se retrouvent dans d'autres forêts des pays voisins. Cependant, les groupements sont différents des types forestiers des forêts tropicales humides ouest-africaines. [67] a examiné la connectivité écologique dans l'évaluation environnementale stratégique dans la réserve de faune Oti Mandouri au Togo. L'auteur a montré que le maintien des corridors écologiques est l'une des stratégies développées dans l'approche transfrontalière de gestion de l'écosystème protégé W-Arly-Pendjari (WAP) partagée entre le Bénin, le Burkina Faso et le Niger.

Au Nigéria, plusieurs travaux de recherche utilisant des méthodes cartographiques et d'inventaire ont apprécié les facteurs déterminants la fragmentation des habitats forestiers ainsi que leurs incidences écologiques. [67] a examiné comment la fragmentation par des changements dans la superficie et les distances croissantes entre les îlots de forêts, affecte la richesse des espèces d'oiseaux. L'auteur montre que la richesse spécifique des oiseaux diminue avec l'augmentation de l'isolement des parcelles forestières [68]. L'auteur suggère que le maintien de la connectivité est

nécessaire pour le développement des espèces d'oiseau. [69] ont examiné les impacts de la construction de pipelines de pétrole et de gaz sur la forêt et la biodiversité dans les régions du Delta du Niger. Les résultats ont montré que la zone d'étude avait été témoin de la perte colossale de la biodiversité en raison du déplacement de l'habitat, la fragmentation des forêts et la déforestation.

Au Bénin, peu d'auteurs ont abordé dans les travaux d'écologie du paysage ou forestière, l'évaluation de la fragmentation des habitats. Les quelques études réalisées ont utilisé l'approche spatiale et fonctionnelle combinant des données cartographiques et qualitative de terrain pour évaluer la perception locale des effets de la fragmentation des forêts denses [70]. Certains travaux ont analysé à partir des résultats des enquêtes et des entretiens semi-structurés, la perception des populations de la qualité écologique des habitats du paysage de forêt classée et les facteurs déterminants de sa fragmentation [71]. D'autres ont fait des analyses diachroniques des images satellitaires du paysage à l'aide de plusieurs logiciels de télédétection comme ENVI 4.7, ERDAS 9.1 et ENVI EX et de cartographie comme Arc Map et Arc View et utilisé l'indice de Shannon pour apprécier la diversité des tâches (fragments) [72]. Certaines études s'appuient sur la présence d'espèces originelles dans les forêts denses et dans les îlots environnant pour justifier le phénomène de la fragmentation des forêts [73]. De récents travaux ont tenté d'utiliser de façon empirique, des variables régionalisées pour analyser le processus de la fragmentation des forêts dans la commune de Ouaké et autour de la forêt classée de Ouémé supérieur N'dali avec le calcul de l'indice de distance (portée) d'auto-corrélation spécifiques. Les difficultés rencontrées au cours de cette expérimentation de la méthode mathématique ont permis de mieux orienter et d'affiner la future méthodologie d'évaluation de la fragmentation des forêts.

4 CONCLUSION

Les méthodes utilisées pour évaluer la fragmentation des habitats de par le monde ont leurs limites respectives. L'évolution connue dans l'utilisation des approches, des modèles en partant du modèle « tâches-corridors-matrice », est fonction de la précision recherchée par les auteurs. La fragmentation est un phénomène artificiel de morcellement d'habitat naturel et qui évolue dans le temps. Les méthodes diachroniques d'analyse se révèlent peu pertinentes à cause de la non-disponibilité de données cartographiques anciennes pour mieux remonter dans le temps. Au Bénin par exemple, les premières informations cartographiques remontent aux années 60 et permettent très difficilement d'apprécier l'histoire de la fragmentation des massifs forestiers. La synthèse documentaire a permis de classer les approches et leurs différents modèles en deux grands types d'approche comme précédemment identifiées par [1]. Aujourd'hui le modèle spatiale et statistique se basant sur l'informatique est de plus en plus coté à cause de la rigueur et de la précision des résultats mais aussi des évolutions technologiques. L'indice de Moran très utilisé en écologie, indique la présence de corrélation ou la non-stationnarité. C'est aussi le modèle de régression le plus approprié pour réduire la non-stationnarité et alors mieux explorer la corrélation spatio-temporelle dans les résidus. Alternativement, nous pouvons également mettre l'accent sur la spécification de corrélation spatio-temporelle et obtenir des estimations en tenant compte de la corrélation.

Sur la base des analyses précédentes, il paraît judicieux dans une étude de fragmentation, notamment celles en relation avec les massifs classés et les forêts sacrées qui ont un caractère social, culturel, culturel et historique, de combiner les deux approches d'étude de la fragmentation à savoir l'approche spatiale et fonctionnelle, et l'approche spatiale et statistique. La première approche permettra en effet de réaliser des enquêtes avec les acteurs des localités concernées pour avoir leur perception de la dynamique spatiale des fragments de forêts sacrées. A défaut de disposer des données cartographiques très anciennes, une enquête structurée pourra ainsi être conduite pour identifier les types de végétation à l'origine de la sacralisation des forêts. Les résultats pourront être testés avec l'indice de Moran (approche spatiale et statistique) par la mesure de l'auto-corrélation des ligneux entre les forêts classées (massif original) et les îlots de forêts sacrées (fragments). L'utilisation combinée de ces deux approches permettra de montrer les connectivités des fragments de forêts sacrées aux massifs classés.

REFERENCES

- [1] F. GerbeaudMaulin, M. Long, La fragmentation des milieux naturels. Tome 1 - Etat de l'art en matière d'évaluation de la fragmentation des milieux naturels. Ministère de l'Energie, de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire – Direction Régionale de l'Environnement Provence Alpes Côte d'Azur. 73p, 2008.
- [2] J.F Richards, Land transformation. In: The earth as transformed by human action, Ed. by Turner B.L., Clark, W.C.Kates, R.W.Richards, J.F., Mathews J.T., Meyer W. pp. 163-178. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- [3] A. Alignier,. Distribution des communautés végétales sous l'influence des lisières forestières dans des bois fragmentés. Thèse de doctorat en Sciences Ecologiques, Vétérinaires, Agronomiques et Bioingénieries, 2010.

- [4] L. Fahrig: Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 487-515, 2003.
- [5] K.A Harper, S.E Macdonald, P.J.Burton, J.Chen, K.D.Brosofske, S.C Saunders., D.Roberts, M.S. Jaiteh, P. Essen, Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conserv. Biol.* 19: 768-782, 2005.
- [6] D.P.C. Peters, J.R. Gosz, W.T Pockman, E.E. Small., R.R.Parmenter, S.L. Collins & E.Muldavin, Integrating patch and boundary dynamics to understand and predict biotic transitions at multiple scales. *LandscapeEcol.* 21 19-33,2006.
- [7] S.Sahney, M.J.Benton, H.J Falcon-Lang, Rainforest collapse triggered Pennsylvanian tetrapod diversification in Euramerica. *Geology* 38: 1079–1082, 2010.
- [8] J.Blondel, Biogéographie : Approche écologique et évolutive. Paris : Masson, 1995 (écologie 27).
- [9] R.E. Ricklefs, et G.L. Miller, Ecologie (traduction de la 4ème édition de Ecology). Bruxelles : De Boeck et Larcier.821 p, 2005
- [10] R.Barbault, Ecologie des peuplements, structure et dynamique de la biodiversité. Paris : Masson 1992. 288p,1992.
- [11] H.Décamps, O.Décamps. « Organisation de l'espace et processus écologiques », Économie rurale [En ligne], 297-298 | janvier-avril 2007, mis en ligne le 01 mars 2009. URL : <http://economierurale.revues.org/index1990.html>. 2009
- [12] R.H. MacArthur, and E.O. Wilson, The Theory of Island Biogeography 1967, reprinted 2001.
- [13] R.H. MacArthur, Geographical ecology: patterns in the distribution of species Princeton University Press. 275 p, 1972 -
- [14] T. F. H Allen, and T. B. Starr, Hierarchy: perspectives for ecological complexity. University Chicago Press,1982.
- [15] R.V. O'Neill,, A.R. Johnson,, and A.W. King,. A hierarchical framework for the analysis of scale. *Landscape Ecology* 3: 193-206,1989
- [16] A. Farina, Principles and methods in landscape ecology. Chapman & Hall. 235 p, 1998.
- [17] Burel F., Baudry J. 1999. Ecologie du Paysage: Concepts, méthodes et applications. Editions Tec et Doc. 359 p.
- [18] J. Baudry, D. Le Cœur, B.Chauvel, C.Thenailz, S. Petit. Les apports de l'écologie du paysage pour comprendre la dynamique de la flore adventice. *Innovations Agronomiques*3 : 49-60p, 2008.
- [19] M.-G. Turner, R.-H Gardner., R.-V. O'Neill. Landscape Ecology in Theory and Practice. Springer, 2001.
- [20] C.A. Ouimet, Fragmentation, intégrité écologique et parcs nationaux Québécois : analyse de deux indicateurs. Centre universitaire de formation en environnement Université de Sherbrooke. Sherbrooke, Québec, Canada,. 88p. septembre 2008.
- [21] G. Berthoud Guide méthodologique des réseaux écologiques hiérarchisés. Dix années d'expériences en Isère. Econnet, 136P, 2010.
- [22] R.T.T. Forman, Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge, 632 p. 1995.
- [23] D.A. Saunders., R.J.Hobbs, C.R. Margules, Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conserv. Biol.* 5: 18-32, 1991.
- [24] P. Martin, Influence de la fragmentation forestière sur la régénération des espèces arborées dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat : Université de Genève, Suisse, 2008.
- [25] S.Rosière Dictionnaire de l'espace politique. Géographie politique et géopolitique, Paris, Armand Colin, 2008.
- [26] B. Bret Les notions d'intégration et de fragmentation, approche géographique (Integration and fragmentation, a geographical approach). *Bulletin de l'Association des Géographe français* 82 (4) : 387-392, 2005..
- [27] A.F. Bennett, Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 254 pp, 2003.
- [28] J.Thompson, 2008. « Des fragments de nature : éléments d'une hétérogénéité paysagère façonnée par l'homme» In Garnier, L. (sous la dir).Entre l'Homme et la nature, une démarche pour des relations durables.Réserves de Biosphère.Paris: UNESCO Notes techniques 3 , , p.50-53, 2008.
- [29] TG. Benton, JA Vickery, and JD.Wilson, Farmland biodiver-sity: is habitat heterogeneity the key? *Trends Ecol Evol*188, 182–88pp, 2003
- [30] S.Alongo, M.Visser, T. Drouet., F. Kombele, G.Colinet, J.Bogaert Effets de la fragmentation des forêts par l'agriculture itinérante sur la dégradation de quelques propriétés physiques d'un Ferralsol échantillonné à Yangambi, R.D. Congo. *Tropicultura* 31 (1): 36-43,2013.
- [31] C.Ouinsavi, N.Sokpon, Morphological Variation and Ecological Structure of Iroko (*Milicia excelsa* Welw. C.C. Berg) Populations across Different Biogeographical Zones in Benin. Laboratoire d'Etudes et de Recherches Forestieres, Faculté d'Agronomie, Universit'e de Parakou. International Journal of Forestry Research. Volume 2010
- [32] Collier K., Smith B.J. 2000, Interactions of adult stoneflies with riparian zones I. Effects of air temperature and humidity on longevity. *Aquat. Insects* 22 (4):275-284.
- [33] Haila Y. 2002. A conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology. *Ecological Applications* 12 (2): 321-334.

- [34] Hobbs R. 1993. Effects of landscape fragmentation on ecosystem processes in the Western Australian wheatbelt. *Conserv. Biol.* 64, 193-201.
- [35] S.Guéneau Vers une évaluation des dispositifs de prise en charge du problème du déclin des forêts tropicales humides, Thèse de doctorat, spécialité : sciences de l'environnement, option gestion, AgroParisTech, Paris, France, 2011..
- [36] H.Andrèn, Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos* 71, (3): 355-366, 1994.
- [37] P.Nikolakaki A GIS site-selection process for habitat creation: Estimating connectivity of habitat patches. *Landscape and Urban Planning* 68 : 77– 94, 2004.
- [38] G. Merriam Connectivity: a fundamental ecological characteristic of landscape pattern. In: Brandt J, Agger P(eds) Proceedings of first international seminar on methodology in landscape ecology research and planning, vol I. Roskilde Universitetsforlag GeoRue, Roskilde, Denmark, pp 5–15,1984
- [39] T.O. Andrade, Influence de la connectivité du paysage sur la biodiversité. Rapport bibliographique Université de Rennes1,2010.
- [40] P.D., Taylor, L.Fahrig, , K.Henin, , G.Merriam, Connectivity is vital element of landscape structure. *Oikos* 68, 571-573,1993.
- [41] P. Kindlmann, F. Burel, Connectivity measures:a review. *Landscape ecology* 23: 879-890p, 2008.
- [42] Taylor, P.D., Fahrig, L., With, K.A., 2006. Landscape connectivity: a return to the basics. Connectivity conservation, Cambridge University Press, 29-43.
- [43] K. Watts, P. Handley, Developing a functional connectivity to detect change in fragmented landscapes. *Ecological indicators*.10: 52-557 ; 2010
- [44] S.M Carrière, D.Hervé, F.Andriamahanafazy, et P Meral. Les corridors, passage obligé ? L'exemple malgache. In Aubertin,C. et Rodary, E.(ed.) (sous la dir.), Aires protégées : espaces durables ? Marseille:IRD(Objectifs sud), pp.89-112, 2008.
- [45] R.Levins, The strategy of model building in population biology. *American Scientist.* 54: 421-431, 1966.
- [46] I. Hanski, I.Ovaskainen, Metapopulation theory for fragmented landscapes. *Theoretical Population Biology*.64: 119-127, 2003
- [47] A.C. Bergès, I.Dumas, Y. J.L Dupouey,. Does the effect of forest roads extend a few meters or more into adjacent forest? A study on understory plant diversity in managed oak stands. *Forest Ecology and Management*, 259, 8, p. 1546-1555,2010
- [48] R.T.T Forman, M. Gordon. Landscape ecology. John Wiley & Sons, 619 p, 1986.
- [49] J.A.G Jaeger.. Landscape division, splitting index and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation, *Landscape Ecology* 15:115-130,2000.
- [50] J. Fischer, D.B Lindenmayer, I.Fazey Appreciating ecological complexity: habitat contours as a conceptual landscape model. *Conservation Biology* 18 (5): 1245-1253,2004.
- [51] R.T.T Forman, Land Mosaics, the ecology of landscapes and regions, Cambridge University Press,1995.
- [52] R. Laforzezza, R.C. Corry, G. Sanesi, R.G. Brown 2005. Quantitative approaches to landscape spatial planning: clues from landscape ecology. *Sustainable Development and Planning* 84 (1): 239-250.
- [53] E.J Gustafson, Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art? *Ecosystems*, 1, 143-156,1998.
- [54] J.N Perry, A.M Liebhold, M.S Rosenberg, J.Dungan, M.Miriti, A Jakomulska, S Citron-Pousty,Illustrations and guidelines for selecting statistical methods for quantifying spatial pattern in ecological data. *Ecography*, 25,578-600,2002.
- [55] Yi Xiong, Analysis of Spatio-Temporal Data for Forest Fire Control,80p,2015.
- [56] P. Petitgas, A.Prampart, Estimation de la variance: logiciel de géostatistique pour l'analyse structurale et les calculs de variance. ORSTOM Editions, collection LogOrstom, Paris,1995.
- [57] G.Bohling. Introduction to geostatistics and variogram analysis. 20p,2005
- [58] J.Rivoirard, 2000. Weighted variograms. In: Klein geld, W.J., Krige, D.G. (Eds.), Geostatistics, 2000 Cape Town. Geostatistical Association of Southern Africa, Cape Town, 145–155.
- [59] Upton G., Fingleton B. 1985 Spatial data analysis by example, New York, Wiley.
- [60] Moran P.A.P. 1950. A test for serial dependence of residuals, *Biometrika*, 37, pp. 178-181.
- [61] Jayet H. 2001. Econométrie et données spatiales, Cahiers d'économie et sociologie rurales, 58-59.
- [62] H.Lan, L.W. Pickle, B. Das, Evaluating spatial methods for investigating global clustering and cluster detection of cancer cases. Chichester, Royaume-Uni: Wiley,2008.
- [63] Bakayoko A. 2005. Influence de la fragmentation forestière sur la composition floristique et la structure végétale dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat : Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire.
- [64] Barima Y.S.S., Barbier N., Ouattara B., Bogaert J. 2010. Relation entre la composition floristique et des indicateurs de la fragmentation du paysage dans une région de transition forêt-savane ivoirienne. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 14(4), 617-625.

- [65] J. L. Hill P.J. Curran, Area, shape and isolation of tropical forest fragments: effects on tree species diversity and implications for conservation *Journal of Biogeography*, 30: 1391–1403, 2003.
- [66] L.Holbech, The implications of selective logging and forest fragmentation for the conservation of avian diversity in evergreen forests of south-west Ghana. *Bird Conservation International* 15:27–52, 2005..
- [67] D.F Danjuma., M.G Samuel , S.A Manu, The effects of forest fragmentation on species richness on the Obudu Plateau, south-eastern Nigeria. *African Journal of Ecology* 51(1): 32-36, 2013.
- [68] D.F Danjuma., M.G Samuel , S.A Manu, The Effect of Fragmentation and Land Use Types on Bannerman's Weaver *Ploceusbannermani* (A Globally-Threatened Bird Species) on the Obudu Plateau, Southeast Nigeria. *Journal of Natural Sciences Research*4, (19): 91-97,2014.
- [69] I.O.A Agbagwa., B.C. Ndukwu, Oil and Gas Pipeline Construction-Induced Forest Fragmentation and Biodiversity Loss in the Niger Delta. *Nigeria Natural Resources* 5: 698-718,2014.
- [70] I.I. TOKO Effets des facteurs abiotiques sur la répartition spatiale des groupements végétaux dans la zone de transition soudano-guinéenne du Bénin. nt. *J. Biol. Chem. Sci.* 7(6): 2178-2192, December 2013.
- [71] K.R. Sambiéni, M.S.Toyi, A.Mama, Perception paysanne sur la fragmentation du paysage de la Forêt classée de l'Ouémé Supérieur au nord du Bénin. *Vertogo*, Volume 15 n°2 Septembre 2015.
- [72] E.A. Tchibozo, E.Domingo, E.B Sohoun, Fragmentation and vulnerability of Ouémé - Boukou Classified Forest Plants (east – Center of Benin). *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* 3 (5),2014.
- [73] A.C Adomou. Vegetation patterns and environmental gradients in Benin: implications for biogeography and conservation. Thèse de doctorat. 150p. Université de Wageningen, Pays-Bas, 2005.

Premiers essais d'élevage d'un Siluriforme africain: Transfert et stockage de *Schilbe intermedius* (Rüppell, 1832)

[First breeding experiments of an African Siluriforme: Transfer and Storage of *Schilbe intermedius* (Rüppell, 1832)]

Comlan Ephrem TOSSAVI^{1,2}, Arnauld Sedjro Martin DJISSOU¹, Nahoua Issa OUATTARA², and Emile Didier FIOGBE¹

¹Laboratoire de Recherches sur les Zones Humides, Département de Zoologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey – Calavi, B.P. 526 Cotonou, Bénin

²Laboratoire d'Hydrobiologie, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22BP: 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: Transport is stressful to fish. The essential factors to take into consideration to reduce mortality during transport and storage of *Schilbe intermedius* (Rüppell, 1832) were evaluated by a series of experiments. Two systems, one closed and the other open were used to transport by land day (6h-8h) and night (20h-22h) fingerlings from 1.8 to 2.5 g and adults 16.5 to 23g. At densities of 10; 12.5; 15; 17.5 individuals / L of water (fingerlings) and 5; 7.5; 10; 12.5 individuals / L of water (adults), fish were transported during 30, 75 and 120 minute. The storage was carried out for 7 days in ponds and basins under different water renewal mode (continuous 1L / min, daily at 2/3 and without renewal). The closed system has proven most effective for transport. The best transportation densities with this system are 12.5 individuals / L and 7.5 individuals / L respectively for fingerlings and adults transported by night against 10 individuals / L (fry) and 5 individuals / L (adults) for fish transported by night for 30 minutes with the other system. The mortalities in ponds ($2.83 \pm 0.00\%$) and in basins with daily water renewal ($3.88 \pm 0.14\%$) were lower ($p < 0.05$) during storage. The best storage conditions require physicochemical parameters within the tolerances ranges of catfish but with requirements strictly pH values between 6 and 8 and a good oxygenation ($\geq 5\text{mg} / \text{l}$).

KEYWORDS: Transport; Storage; Survival rate; *Schilbe intermedius*; Fingerlings; physicochemical parameters.

RÉSUMÉ: Le transport est une source de stress pour les poissons. Les facteurs essentiels à considérer pour réduire la mortalité lors du transport et le stockage de *Schilbe intermedius* (Rüppell, 1832) ont été évalués par une série d'expériences. Deux systèmes dont l'un fermé et l'autre ouvert ont été utilisés pour transporter par voie terrestre de jour (6h-8h) et de nuit (20h-22h) des alevins de 1,8 à 2,5g et des adultes de 16,5 à 23g. Pour des densités de 10; 12,5; 15; 17,5 individus/L d'eau (alevins) et 5; 7,5; 10; 12,5 individus/L d'eau (adultes), les poissons ont été transportés pendant 30, 75 et 120 minutes. Le stockage a été réalisé pendant 7 jours en étangs et en bassins soumis à différent mode de renouvellement d'eau (continu de 1L/min, quotidien au 2/3 et sans renouvellement). Le système fermé s'est révélé le plus efficace pour le transport. Les meilleures densités de transport avec ce système sont de 12,5 individus/L et de 7,5 individus/L respectivement pour les alevins et les adultes transportés de nuit contre 10 individus/L (alevins) et 5 individus/L (adultes) pour les poissons transportés de nuit pendant 30 min avec l'autre système. Les mortalités enregistrées en étangs ($2,83 \pm 0,00\%$) et en bassins avec renouvellement quotidien d'eau ($3,88 \pm 0,14\%$) sont les plus faibles ($p < 0,05$) au cours du stockage. Les meilleures conditions de stockage requièrent des paramètres physico-chimiques comprises entre les gammes de tolérance des poissons-chats mais avec des exigences des valeurs de pH rigoureusement comprises entre 6 et 8 et une bonne oxygénation ($\geq 5\text{mg/l}$).

MOTS-CLEFS: Transport ; Stockage ; Taux de survie ; *Schilbe intermedius* ; Alevins ; Paramètres physico-chimiques.

1 INTRODUCTION

En Afrique, la production halieutique est stagnante depuis dix ans alors qu'il n'existe pas sur ce continent d'autres sources de protéines accessibles à tous [1]. Il est bien connu que pour l'alimentation humaine, les poissons sont une source de protéines de bonne qualité. Ils représentent aussi une source de revenus très importante pour les pays en développement. Vu la précarité de la sécurité alimentaire de ce continent et ses problèmes de subsistances, il importe donc de promouvoir une production halieutique durable en l'occurrence l'aquaculture pour pallier à cette situation très préoccupante. De plus en plus, la domestication de nouvelles espèces autochtones africaines d'eaux douces est envisagée pour améliorer la production piscicole [1]. Au Bénin, les activités piscicoles ont toujours été orientées vers l'élevage des espèces appartenant soit à la famille des Clariidae (*Clarias gariepinus*) soit à celle des Cichlidae (*Oreochromis niloticus*). Pour un élevage en captivité de nouvelles espèces, il est nécessaire de disposer d'alevins et de géniteurs pour les différentes phases de l'élevage. L'acheminement de ces derniers du milieu naturel vers le milieu contrôlé est délicat [2]. Il en résulte des mortalités dont le taux varie selon le moment, la durée, les moyens et la densité de transport. Pour assurer des taux de survie convenables, le transport des poissons nécessite entre autres l'étude minutieuse des conditions d'acheminement [3]. Au Bénin, *Schilbe intermedius* est très apprécié par les consommateurs pour la finesse de sa chair [4]. Actuellement, la domestication de cette espèce est envisagée. Ce taxon, bien qu'appartenant à la famille des poissons-chats, ne dispose pas d'organe respiratoire accessoire. Ceci le rend très exigeant d'une certaine norme de conditions physico-chimiques et vulnérable à la manipulation.

Des études réalisées sur *S. intermedius*, aucune ne s'est véritablement penché sur le transfert et le stockage de cette espèce. Les acquis disponibles en la matière, s'appuient pour l'essentiel, sur le savoir-faire empirique des pêcheurs. Toutefois, ce savoir-faire ne résout pas le problème de forte mortalité lié au transport et au stockage de cette espèce. Cette étude, vise donc à caractériser les conditions de transfert et de stockage des alevins et adultes de *S. intermedius* afin de maximiser les taux de survie liés au transport.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SYSTEMES DE TRANSPORT

Au cours de cette étude, deux systèmes de transfert ont été expérimentés : Le système ouvert traditionnel, constitué d'un panier immergent dans un récipient plastique contenant de l'eau et le système fermé, moderne, constitué de sac en polyéthylène hermétiquement fermés, remplis d'eau et d'oxygène. Dans ce dernier système, le sac est un manchon d'une largeur de 0,6m et d'une longueur de 1m. L'une des extrémités a été fermée hermétiquement avec un élastique. Avant leur remplissage (20 litres d'eau), les manchons ont été mis dans des seaux plastiques. Après y avoir mis les poissons, ils sont gonflés avec de l'oxygène puis fermés à leur bout supérieur conformément aux recommandations de [5] et de [6].

2.2 STRUCTURES DE STOCKAGE

Les structures d'accueil sont constituées de trois étangs et de neuf bassins. Les étangs, de forme rectangulaire, ont une assiette longue de 12 m et large de 4 m avec une hauteur de 1,2 m au point de vidange. Ils sont munis d'une vanne d'alimentation en eau et d'un moine, dispositif de vidange et de trop-plein. Les bassins quant à eux sont hors sol, en béton et de forme circulaire. Ils ont un rayon et une hauteur de 1m et dotés d'un système de renouvellement et d'évacuation d'eau, d'un système d'oxygénation assurée par un diffuseur et d'un dispositif d'ombrage pour maintenir la température ambiante.

2.3 CONDITIONS DE EXPERIMENTALES

2.3.1 ESSAI DE TRANSFERT DE *S. INTERMEDIUS*

Pour les deux systèmes, l'eau utilisée est celle du milieu de vie naturel des spécimens de poissons à transporter. Les différentes densités testées sont 10; 12,5; 15; 17,5 individus/L pour les alevins (1,8 à 2,5g) et de 5; 7,5; 10; 12,5 individus/L pour les adultes (16,5 à 23g). Les poissons ont été transportés de jour (6h-8h) et de nuit (20h-22h) de trois différentes localités à savoir : Agonlin-Lowé (90 Km, 120min) ; Djassin (60 Km, 75min) et Sô ava (20 Km, 30min). Le tableau 1 résume les conditions expérimentales du transport.

Tableau 1 : Conditions expérimentales de transport des alevins (1,8 à 2,5g) et adultes (16,5 à 23g) de *Schilbe intermedius* par le système fermé et ouvert. (Nbr = Nombre ; Ind = Individu ; Pds = Poids ; moy = moyen)

Temps	Jour (6h-8h)				Nuit (20-22h)			
	Nbr ind/ sac	Pds moy/sac (g)	Nrb ind/L	Nbr essais	Nbr ind/ sac	Pds moy/sac (g)	Nrb ind/L	Nbr essais
Alevins	200	404,33±1,11	10	3	200	400±1,33	10	3
	250	500±3,33	12,5	3	250	503,33±2,22	12,5	3
	300	602±4	15	3	300	604,33±2,88	15	3
	350	700,33±3,77	17,5	3	350	700,66±0,88	17,5	3
Adultes	100	2003,5±3,5	5	3	100	2002±2	5	3
	150	3004±4	7,5	3	150	3003,5±1,5	7,5	3
	200	4001,5±6,5	10	3	200	4002,5±2,5	10	3
	250	5002,5±7,5	12,5	3	250	5005,5±1,5	12,5	3

2.3.2 ESSAI DE STOCKAGE DE *S. INTERMEDIUS*

Le but de cet essai a été d'évaluer l'effet de la structure de stockage (01 étang rectangulaire et 03 bassins circulaire) sur la survie *S. intermedius*. Les poissons (1,8 à 2.5g) utilisés pour cette expérience sont issus du transfert de nuit (20h-22h) avec le système fermé. Ces poissons issus de différents temps de transfert ont été mis ensemble et tirés au hasard pour la réalisation de 04 lots de 600 individus affectés chacun à une structure de stockage : un étang rectangulaire vidangeable contenant 5m³ d'eau et 3 bassins contenant 1m³ d'eau chacun. Le premier bassin est sans renouvellement d'eau, le deuxième avec renouvellement continu de 1L/min et le troisième avec renouvellement quotidien au 2/3 tous les soirs. Cet essai a été réalisé en triplicat (soit 4 x 600 x 3 individus). Dans les 4 structures de stockage, le pH de l'eau été équilibré à 7 avant le début de l'expérience. A partir du deuxième jour de la mise en charge, les poissons ont été nourris avec des têtards vivants de grenouille (*Hoplobatrachus occipitalis*) qui ont été progressivement substitués par l'aliment commercial Coppens (56% de protéines) selon le schéma suivant : 25, 50, 75 et 100% leur ration. Cette ration a été fixée à 4,6% conformément à la ration optimale déterminée par [7] pour alevins la même espèce.

2.4 ECHANTILLONNAGE ET METHODES D'ANALYSES

Après le transport, le comportement et motilité des poissons ont été examinés puis la taille, le poids et le nombre des individus morts ont été déterminés par sexe. Les poissons n'ont été lâchés dans le milieu d'accueil qu'après acclimatation lorsque l'eau contenue dans le sac atteint la même température que l'eau du milieu d'accueil avec des écarts dans les deux sens de 1 à 2°C [5]. Une fois dans les bassins et étangs qui leurs a servi de lieux de stockage, les individus morts ont été dénombrés au fur et à mesure pendant 7 jours jusqu'à stabilisation de la population. Un échantillon de poissons bien portant, morbide et mort a été prélevé, séché au lyophilisateur pour des analyses ultérieures.

Les pourcentages de survie ont été traités en utilisant l'analyse de variance à un facteur, et les comparaisons multiples de moyenne ont été effectuées au seuil de signification de 5 % par le test de Duncan.

3 RESULTATS

3.1 ESSAI DE TRANSFERT DE *S. INTERMEDIUS*

Tableau 2: Taux de survie (% ; moyenne $\pm$ écartype) des alevins (1,8 à 2,5g) de *Schilbe intermedius* transportés de jour et de nuit par les systèmes fermé et ouvert pendant 30, 75 et 120 minutes.

Système de Transport	Charge		Alevins			
			200	250	300	350
Fermé	Jour (6h-8h)	30 min	99,50 $\pm$ 0,28a	98,66 $\pm$ 0,53a	98,11 $\pm$ 1,0a	98,09 $\pm$ 0,34a
		75 min	97,00 $\pm$ 0,57a	97,86 $\pm$ 0,13a	93,22 $\pm$ 0,11b	93,23 $\pm$ 0,25b
		120min	96,83 $\pm$ 0,44a	96,66 $\pm$ 0,48a	92,66 $\pm$ 0,38b	92,57 $\pm$ 0,16b
	Nuit (20-22h)	30 min	99,83 $\pm$ 0,16a	99,73 $\pm$ 0,26a	99,22 $\pm$ 0,48a	98,95 $\pm$ 0,53a
		75 min	100,00 $\pm$ 0,00a	99,60 $\pm$ 0,23a	96,55 $\pm$ 0,11b	94,76 $\pm$ 0,25c
		120min	99,33 $\pm$ 0,44a	99,06 $\pm$ 0,48a	96,33 $\pm$ 0,19b	94,38 $\pm$ 0,09c
Ouvert	Jour (6h-8h)	30 min	74,83 $\pm$ 0,16a	74,80 $\pm$ 0,61a	76,00 $\pm$ 1,64a	74,85 $\pm$ 0,59a
		75 min	67,33 $\pm$ 0,44ac	68,93 $\pm$ 0,48a	66,55 $\pm$ 0,29bc	65,23 $\pm$ 0,81b
		120min	64,50 $\pm$ 0,76a	64,13 $\pm$ 0,35a	62,33 $\pm$ 0,33b	61,04 $\pm$ 0,34b
	Nuit (20-22h)	30 min	77,00 $\pm$ 0,50a	75,86 $\pm$ 0,35ab	74,77 $\pm$ 0,22b	76,09 $\pm$ 0,25a
		75 min	71,83 $\pm$ 0,44a	71,33 $\pm$ 0,35a	69,33 $\pm$ 0,50b	71,14 $\pm$ 0,16a
		120min	69,50 $\pm$ 0,50a	66,93 $\pm$ 0,58b	66,00 $\pm$ 0,38b	62,57 $\pm$ 0,16c

Les valeurs se trouvant sur la même ligne et partageant la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

Tableau 3: Taux de survie (% ; moyenne $\pm$ écartype) des adultes (16,5 à 23g) de *Schilbe intermedius* transportés de jour et de nuit par les systèmes fermé et ouvert pendant 30, 75 et 120 minutes.

Système de Transport	Charge		Adultes			
			100	150	200	250
Fermé	Jour (6h-8h)	30 min	99,00 $\pm$ 0,57a	97,55 $\pm$ 0,80ab	98,16 $\pm$ 0,44a	96,00 $\pm$ 0,23b
		75 min	98,33 $\pm$ 1,20a	97,33 $\pm$ 0,38ac	94,83 $\pm$ 0,44bc	95,86 $\pm$ 0,48b
		120min	97,00 $\pm$ 0,57a	93,11 $\pm$ 0,58a	85,66 $\pm$ 0,92b	76,40 $\pm$ 2,22c
	Nuit (20-22h)	30 min	100,00 $\pm$ 0,00a	99,33 $\pm$ 0,38a	98,83 $\pm$ 0,72a	98,26 $\pm$ 0,26b
		75 min	98,66 $\pm$ 0,66a	98,44 $\pm$ 0,22a	98,50 $\pm$ 0,76a	96,13 $\pm$ 0,13b
		120min	98,66 $\pm$ 0,66a	97,77 $\pm$ 0,44a	91,66 $\pm$ 1,20b	90,13 $\pm$ 0,58b
Ouvert	Jour (6h-8h)	30 min	73,66 $\pm$ 0,88a	74,00 $\pm$ 1,01a	75,00 $\pm$ 0,28a	73,73 $\pm$ 0,48a
		75 min	63,00 $\pm$ 1,52a	66,66 $\pm$ 0,38b	65,66 $\pm$ 0,92b	64,66 $\pm$ 0,35b
		120min	57,00 $\pm$ 0,57a	52,88 $\pm$ 0,80a	48,33 $\pm$ 0,88b	40,40 $\pm$ 2,34c
	Nuit (20-22h)	30 min	82,00 $\pm$ 1,15a	76,00 $\pm$ 0,38b	76,16 $\pm$ 0,88b	75,46 $\pm$ 0,35b
		75 min	69,00 $\pm$ 0,57a	68,44 $\pm$ 0,44a	68,16 $\pm$ 0,44a	66,13 $\pm$ 0,13b
		120min	59,00 $\pm$ 1,00a	57,77 $\pm$ 0,44a	54,00 $\pm$ 1,04b	52,66 $\pm$ 1,13b

Les valeurs se trouvant sur la même ligne et partageant la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

D'une manière générale, il ressort des tableaux 2 et 3 que pour la même densité et le même temps de transport, les taux de survie des alevins et adultes transportés la nuit sont significativement supérieurs (Duncan ; $p < 0,05$) à ceux des poissons transportés le jour.

Les mêmes tableaux montrent que pour le système fermé, le temps de transport n'influence pas la survie des poissons. Les taux de survie les plus élevés enregistrés avec ce système chez les alevins (99,73 $\pm$ 0,26 à 100,00 $\pm$ 0,00) sont obtenus avec les densités de 10 et 12,5 individus/L pour le transport de nuit. Ces valeurs sont significativement différentes de celles enregistrées au niveau des densités de 15 et 17,5 individus/L. Chez les adultes de *S. intermedius*, ce sont les poissons transportés la nuit à des densités de 5 et 7,5 individus/L qui présentent les meilleurs taux de survie (97,77 $\pm$ 0,44 à 100,00 $\pm$ 0,00).

Quant au système ouvert, la survie des poissons transportés est fortement influencée par la durée du transport, la densité et le moment du transport. La survie est alors proportionnelle à la durée et à la densité. Ainsi, pour ce système, les

meilleurs taux de survie chez les alevins ($77,00 \pm 0,50$) et adultes ($82,00 \pm 1,15$) ont été enregistrés pour 30 min avec une densité de 10 alevins/L et 5 adultes/L. Par contre, les plus faibles valeurs ($40,40 \pm 2,34$ et $61,04 \pm 0,34$ respectivement pour les adultes et alevins) ont été enregistrées pour 120 min de transport avec une densité de 12,5 adultes/L et 17,5 alevins/L.

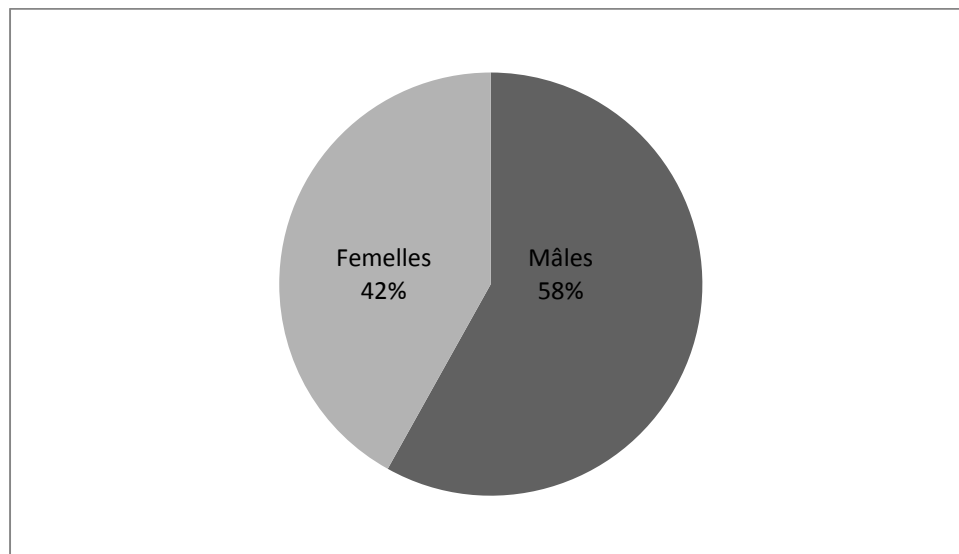


Figure 1 : Répartition des sexes d'un lot de 11785 spécimens de *Schilbe intermedius* morts au cours des différentes expérimentations de transport par les systèmes fermé et ouvert

Sur un total de 11785 individus morts lors des différents essais, la figure 1 relative à la proportion des morts en fonction du sexe nous montre une vulnérabilité des spécimens mâles et ceux de petites tailles.

3.2 ESSAI DE STOCKAGE DE *S. INTERMEDIUS*

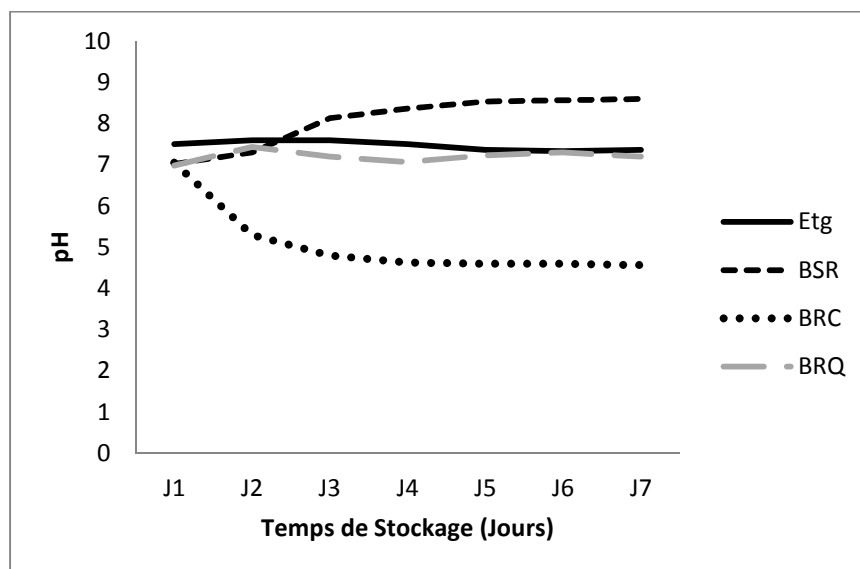


Figure 2 : Evolution du pH des eaux des quatre structures : Etang (Etg) ; Bassin sans renouvellement d'eau (BSR) ; Bassin avec renouvellement continu d'eau (BRC) et Bassin avec un renouvellement quotidien d'eau (BRQ) ayant servi pour le stockage des alevins (1,8 à 2,5g) de *Schilbe intermedius* pendant 7 jours

Les variations du pH de l'eau des structures de stockage sont représentées au niveau de la Figure 2. Sur les 7 jours de stockage, le pH de l'eau des étangs (Etg) et des bassins avec un renouvellement quotidien d'eau (BRQ) est resté constant avec des valeurs comprises entre 7 et 7,5. Celui des bassins sans renouvellement d'eau (BSR) a augmenté progressivement

pour passer la barre de pH=8 dès le troisième jour. Quant aux bassins avec renouvellement continu d'eau (BRC), le pH a diminué plutôt avec des valeurs en dessous de 6 le deuxième jour et proches de 4 les jours suivants.

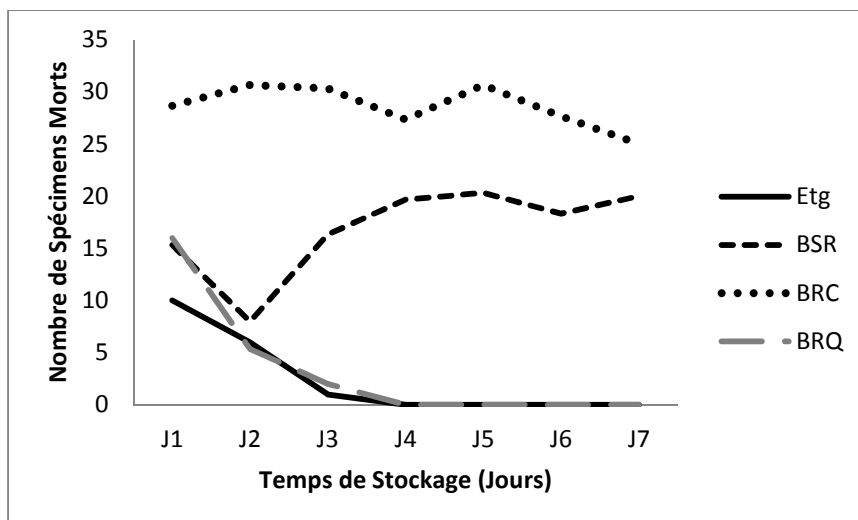


Figure 3 : Evolution de la mortalité journalière des alevins (1,8 à 2,5g) de *Schilbe intermedius* stockés pendant 7 jours en Etang (Etg), en Bassin sans renouvellement d'eau (BSR), en bassin avec renouvellement continu d'eau (BRC) et en bassin avec un renouvellement quotidien d'eau (BRQ)

La figure 3 montre que les poissons stockés en bassin avec un renouvellement continu de l'eau présentent la plus forte mortalité qui reste constante sur toute la durée de l'expérimentation. La mortalité enregistrée le premier jour pour les poissons stockés dans les autres structures (Etg, BSR et BRQ) diminue considérablement les jours suivants jusqu'à s'annuler le quatrième jour pour ceux maintenus en étangs et en bassins avec renouvellement quotidien d'eau. Quant aux poissons stockés en bassin sans renouvellement, à partir du deuxième jour, on note une montée progressive de la mortalité jusqu'à l'obtention de valeurs ($20,00 \pm 0,57$) proches de celles poissons en bassin avec renouvellement continu d'eau ($25,00 \pm 0,57$) le dernier jour de l'expérimentation.

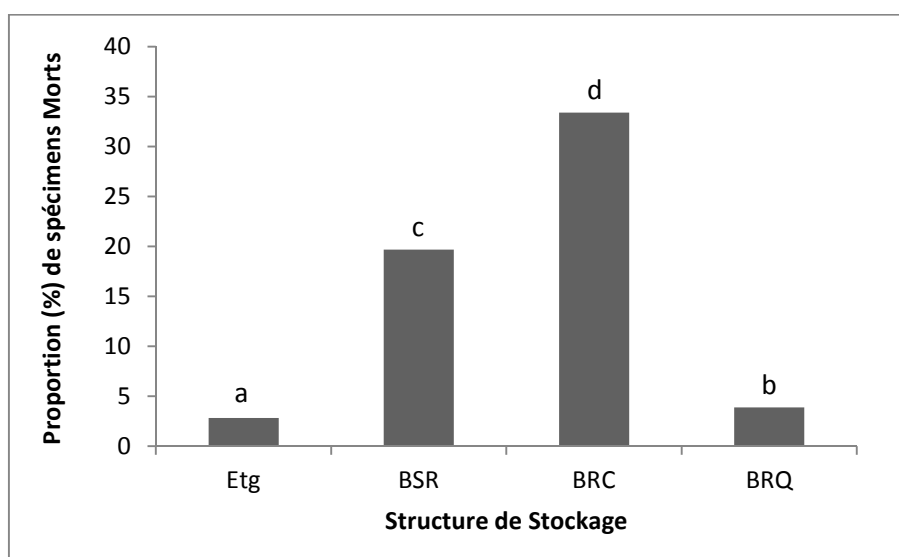


Figure 4 : Proportion (%) des alevins (1,8 à 2,5g) de *Schilbe intermedius* morts sur les 600 individus/structure pendant 7 jours : Etg = Etang ; BSR = Bassin sans renouvellement d'eau ; BRC = Bassin avec renouvellement continu d'eau et BRQ = Bassin avec un renouvellement quotidien d'eau. ^{abcd} les diagrammes portant des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0,05$)

De la Figure 4, l'analyse de variance met en évidence une différence significative des valeurs de la mortalité au niveau des 4 structures de stockage (Duncan ; $p > 0,05$). En effet, à l'issu des 7 jours de stockage, les plus fortes mortalités ($33,38 \pm 0,24\%$ et $19,66 \pm 0,25\%$) ont été enregistrées respectivement avec les poissons stockés en bassin avec renouvellement continu d'eau (BRC) et en bassin sans renouvellement d'eau (BSR). Par contre, les plus faibles mortalités ont été observées en étang ($2,83 \pm 0,00\%$) et en bassin avec un renouvellement quotidien d'eau ($3,88 \pm 0,14\%$).

Tableau 4 : Variation de l'oxygène dissous (O_2) et de la température (Temp) pendant les 7 jours de stockage des alevins (1,8 à 2,5g) de *Schilbe intermedius* en Etang (Etg), en Bassin sans renouvellement d'eau (BSR), en bassin avec renouvellement continu d'eau (BRC) et en bassin avec un renouvellement quotidien d'eau (BRQ).

Paramètres	Structures d'accueil	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7
O_2	Etg	5,10 $\pm$ 0,05b	5,23 $\pm$ 0,03c	5,00 $\pm$ 0,00c	5,00 $\pm$ 0,11bc	4,90 $\pm$ 0,05a	4,96 $\pm$ 0,03b	4,90 $\pm$ 0,05a
	BSR	5,30 $\pm$ 0,05a	5,30 $\pm$ 0,00bc	4,90 $\pm$ 0,10ac	4,66 $\pm$ 0,03a	4,36 $\pm$ 0,03c	4,16 $\pm$ 0,03c	3,76 $\pm$ 0,14c
	BRC	5,40 $\pm$ 0,05a	4,90 $\pm$ 0,05a	4,80 $\pm$ 0,05a	4,80 $\pm$ 0,10ac	4,73 $\pm$ 0,03a	4,70 $\pm$ 0,05a	4,70 $\pm$ 0,00a
	BRQ	5,30 $\pm$ 0,05a	5,40 $\pm$ 0,05b	5,26 $\pm$ 0,03b	5,26 $\pm$ 0,12b	5,16 $\pm$ 0,08b	5,10 $\pm$ 0,05b	5,16 $\pm$ 0,03b
Temp	Etg	28,00 $\pm$ 0,28b	27,66 $\pm$ 0,33b	27,00 $\pm$ 0,57a	26,33 $\pm$ 0,33a	26,16 $\pm$ 0,16ac	25,66 $\pm$ 0,33ab	25,50 $\pm$ 0,28a
	BSR	26,00 $\pm$ 0,57a	25,50 $\pm$ 0,28a	25,50 $\pm$ 0,28b	24,66 $\pm$ 0,33b	24,66 $\pm$ 0,33b	24,00 $\pm$ 0,57b	24,33 $\pm$ 0,33b
	BRC	25,00 $\pm$ 0,57a	26,33 $\pm$ 0,33ab	27,33 $\pm$ 0,33a	27,00 $\pm$ 0,57a	26,33 $\pm$ 0,33a	26,16 $\pm$ 0,60a	25,66 $\pm$ 0,33a
	BRQ	25,00 $\pm$ 0,00a	25,33 $\pm$ 0,66a	25,50 $\pm$ 0,28b	26,00 $\pm$ 0,28a	25,00 $\pm$ 0,57bc	25,00 $\pm$ 0,57ab	25,33 $\pm$ 0,33ab

Pour chaque paramètre, les valeurs se trouvant dans la même colonne et partageant la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

Le Tableau 4 montre que les valeurs les plus élevées du taux d'oxygène dissous (5,4 mg/l) et de température (28°C) ont été enregistrées le premier jour dans les bassins avec renouvellement continu et les étangs tandis que les plus faibles valeurs (3,7 mg/l; 24°C) ont été notées le septième et le sixième jour dans les bassins sans renouvellement d'eau.

4 DISCUSSION

4.1 ESSAI DE TRANSFERT DE *S. INTERMEDIUS*

Les meilleurs taux de survie ($99,73 \pm 0,26\%$ à $100,00 \pm 0,00\%$) enregistrés au cours de cette expérience pour le transport de nuit des alevins de *S. intermedius* sont en accord avec les études de [8] et de [9] qui montrent l'influence du poids des poissons et de la température sur le métabolisme et sur la consommation d'oxygène pendant le transport. En effet, la consommation d'oxygène des poissons augmente avec le poids et la température. D'où les faibles mortalités enregistrées lors du transport des alevins et adultes la nuit où la température est relativement faible comparée à la journée. Ceci explique aussi le fait que les densités des alevins (10 et 12,5 individus/L) soient plus élevées que celles des adultes (5 et 7,5 individus/L) transportés avec le système fermé. Avec ce système, le temps de transport qui varie de 30 à 120 minutes n'influence pas la survie des poissons. Cette durée de transport est bien inférieure à celle des 12 heures et 42 heures préconisées respectivement par [10] et [11] pour le transport des truites dans des sacs en polyéthylène hermétiquement fermés remplis d'eau et d'oxygène. Les meilleurs taux de survie (alevins = $77,00 \pm 0,50\%$; adultes = $82,00 \pm 1,15\%$) pour le système ouvert ont été enregistrés pour un temps de transport de 30 minutes. Ces résultats sont en accord avec les travaux de [5] qui recommande le système fermé pour des transports d'une durée supérieure à une demi-heure afin d'éviter les projections d'eau et de réduire les risques de blessures pour les jeunes poissons qui peuvent se cogner les uns contre les autres dans les paniers. Ceci explique les fortes mortalités enregistrées à partir de 75 minutes de temps de transport avec ce système. Par ailleurs, l'agitation des poissons accroît aussi la consommation d'oxygène [5]. De plus, dans un tel système sans oxygénation, la teneur en oxygène de l'eau ne permet pas de couvrir les exigences des poissons ce qui impose au poisson une modification de son métabolisme de manière à utiliser l'oxygène accumulé dans son organisme. Il se crée pour le poisson une dette d'oxygène qui est un facteur très important de stress et de mortalité ([2]; [5]; [10]; [12]). La vulnérabilité des petits poissons observée dans cette étude a déjà été révélée et confirmée par les travaux de [2], [5] et [13] relatifs à l'influence de la taille des poissons sur la consommation de l'oxygène. En effet, pour ces auteurs, les petits individus, plus actifs que les gros, consomment plus d'oxygène par unité de poids. Cette exigence en oxygène des petits spécimens explique aussi la vulnérabilité des mâles de *S. intermedius* car les mâles de cette espèce même matures sont plus petits que les femelles [14].

4.2 ESSAI DE STOCKAGE DE *S. INTERMEDIUS*

Les valeurs de température enregistrées au cours de cette expérience se situent bien dans la gamme des valeurs qui garantissent la survie et une bonne croissance des espèces tropicales et plus particulièrement des poissons-chats ([15] ; [16] ; [17]). Les faibles taux d'oxygène des bassins sans renouvellement d'eau, sont en dessous de $5,6 \pm 2,6$ mg/l [18] mesurées dans le milieu de vie (Fleuve Ouémé) de ce poisson très exigeant en oxygène. Ceci expliquerait en partie la mortalité continue enregistrée dans ces bassins tout au long des sept jours qu'a duré l'expérience. Concernant les variations du pH au cours de cette expérience, la superposition des résultats des figures 2 et 3 nous permet d'établir une corrélation entre la mortalité des poissons et le pH. En effet, les bassins ayant enregistrés des mortalités continues sont ceux dont le pH est passé en dessous de 6 ou au-dessus de 8 à partir du troisième jour. Ces résultats corroborent ceux de [19] selon lesquels, les pH faibles (eaux acides) augmentent le risque de présence d'ions toxiques et les pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons. Ainsi les fortes mortalités enregistrées à partir du troisième jour dans les BRC pourraient s'expliquer alors par l'acidité des eaux de ces bassins et celles des BSR par le pH alcalin et le faible taux d'oxygène résultant de la dégradation de la matière organique [20] et de la respiration des algues qui s'installent avec le temps. Les mêmes observations sont faites par [19] dont les travaux confirment que les concentrations en oxygène dissous constituent, avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. Quant à la mortalité enregistrée les trois premiers jours dans les quatre structures d'accueil où les paramètres physico-chimiques (pH, Oxygène dissous et Température) se situent dans les gammes de tolérance de l'espèce, ceci pourrait s'expliquer par le stress résultant du transport et de la manipulation des poissons lors de la mise en charge ([2] ; [10] ; [21]). D'une manière générale la plus faible mortalité ($p > 0,05$) enregistrée en étang serait due entre autres à la densité de mise en charge des poissons dans cette structure qui est 5 fois inférieure aux autres. Cette faible densité permet une plus grande disponibilité de l'oxygène dissous utilisée pour solder la dette d'oxygène engendrée par le transport et les manipulations [5]. A la différence des autres poissons-chats et plus particulièrement le poisson-chat épineux (*Amblydroras nauticus*) qui tolère des pH de 5 à 7,5 [22], *S. intermedius* est très exigeant sur les paramètres physico-chimiques.

5 CONCLUSION

Au terme de cette étude, il est à retenir que pour maximiser les taux de survie après transport de *S. intermedius*, le transport de nuit (20h-22h) avec le système fermé est le mieux adapté. Avec ce système, le temps de transport (jusqu'à 120 min) n'influence pas la survie des poissons et la densité optimale de transport des alevins (1,8 à 2,5g) est de 250 ind/20L (12,5ind/L) tandis que celle des adultes (16,5 à 23g) est de 150ind/20L (7,5ind/L). Pour ce qui est du stockage des poissons, dans les conditions de cette expérience, les stockages en étangs et en bassins avec un renouvellement quotidien offrent les meilleurs résultats. Le stockage nécessite que la plupart des paramètres physico-chimiques de l'eau soient maintenus dans les gammes de tolérance des poissons chats mais que le pH ne soit inférieur à 6 ni supérieur à 8.

REMERCIEMENTS

Nos sincères remerciements au Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (MAEP) de la République du Bénin qui, à travers le Projet de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO) nous a octroyé une bourse doctorale. Nous remercions également M. Fidèle HOUNSOU, M. Wenceslas KOUTEMON et M. Landry ALAPINI pour leur contribution lors des différentes missions d'échantillonnage et de transport des poissons.

REFERENCES

- [1] Y. Fermon, *La pisciculture de subsistance en étangs en Afrique: Manuel technique*. ACF-International network, 274 p. 2010.
- [2] H. Chartois, D. Latrouite and P. Le Carre, *Stockage et transport des crustacés vivants*. Rapports Internes de la Direction des Ressources Vivantes de l'Ifremer, 1994.
- [3] A.G. Buxton, "The transportation of fish from near and far" *Premier Congrès international d'aquariologie, MONACO*, 1 : 153-160, 1960.
- [4] Bills R, Cambray J, Getahun A, Lalèyè P, Marshall B, Moelants T, Ntakimazi G, Olaosebikan BD, Tweddle D. 2010. *Schilbe intermedius*. The IUCN Red list of Threatened Species 2010. e. T181729A7715866. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T181729A7715866.en>. (Downloaded on 20 February 2016).
- [5] R. Berka, "Le transport des poissons vivants : Etude de synthèse", *Doc.Tech.CECPI*, 1986.
- [6] O. Pecha, R. Berka, J. Kouril, "Fry transport in polyethylene bags". *Ser.Metod.VURH Vodnany*, 1983.

- [7] C.E. Tossavi, A. N'tcha, A. Djissou, D. Kpogue, N.I. Ouattara and E.D. Fiogbe, "Feeding rate requirements for *Schilbe intermedius* (Rüppel, 1832) fingerlings reared in captivity". *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*. 7(6): 34-41, 2015.
- [8] R.G. Piper, I.B. McElwain, L.E. Orme, J.P. McCraren, L.G. Fowler and J.R. Leonard, *Fish hatchery management*. Washington, D.C., U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, 517p, 1982.
- [9] R. Champagne. "Systèmes d'oxygénation en pisciculture", Document d'information DADD-09. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, 1998. <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/Fr/Pêche>
- [10] Y. Rouger, J. Aubin, B. breton, B. Fauconneau, A. Fostier, P.Y. Le Bail, M. Loir, P. Prunet and G. Maisse, "Réponse au stress induit par le transport chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*)". *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 350-351 :511 -519, 1998.
- [11] C. Le Baut and C. Alzieu, *Méthodes De Transports D'animaux Vivants Aux Fins D'expérimentations*. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes. Nantes, LSTPM-Bibliothèque Nantes, 1980.
- [12] FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), *Méthodes améliorées de manutention du poisson*. In *La qualité et son évolution dans le poisson frais*. 2015.
- [13] N.I. Ouattara, *Etude du potentiel aquacole d'une population du tilapia estuarien Sarotherodon melanotheron Rüppell 1852 isolée dans le lac de barrage D'ayame (côte d'ivoire)*. Thèse de doctorat, Université de Liège, 288 p. 2004.
- [14] S. Ahouansou-Montcho, A. Chikou, P.A. Lalèyè and K.E. Linsenmair, "Population structure and reproductive biology of *Schilbe intermedius* (Teleostei: Schilbeidae) in the Pendjari River, Benin". *African Journal of Aquatic Science*, 36(2): 139-145, 2011.
- [15] P. Lalèyè, *Ecologie comparée de deux espèces de Chrysichthys, poissons Siluriformes (Claroteidae) du complexe lagunaire « Lac Nokoué-Lagune de Porto-Novo » au Bénin*. Thèse de doctorat, Université de Liège, 199 p. 1995.
- [16] E. Baras and A. F. d'Almeida, "Size heterogeneity prevails over kinship in shaping cannibalism among larvae of sharptooth catfish *Clarias gariepinus*" *Aquat. Liv. Res.* 14(4): 251-256, 2001.
- [17] I. Imorou Toko, *Amélioration de la production halieutique des trous traditionnels à poissons (whedos) du delta de l'Ouémé (Sud Bénin) par la promotion de l'élevage des poissons-chats *Clarias gariepinus* et *Heterobranchus longifilis**. Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en sciences, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix-Namur-Belgique, Faculté des sciences, 214 p. 2007.
- [18] A. Chikou, *Etude de la démographie et de l'exploitation halieutique de six espèces de poissons-chats (Teleostei, Siluriformes) dans le delta de l'Ouémé au Bénin*. Thèse de Doctorat, Université de Liège, Belgium, 459 p. 2006.
- [19] J. De Villers, M. Squilbin, C. Yourassowsky, *Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général*. Fiche N°2 de Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement, 16 p. 2005.
- [20] J-L. Hubiche, *L'Oxygène de l'eau*. Fiche appartient au CAHIER INDICATEURS, édité par Loire Estuaire Cellule de Mesures et de Bilans, 2002.
- [21] A.G. Maule, C.B. Schreck, O.S. Bradford and B.A. Barton, "Physiological effects of collecting and transporting emigrating juvenile Chinook salmon past dams on the Columbia river". *Trans. Amer. Fish. Soc.* 117 : 245-261. 1988.
- [22] Aquabase, "*Amblydroras nauticus*", 2015. [Online] Available: <http://www.aquabase.org/fish/view.php3?id=2917&desc=Amblydroras-nauticus> (Fiche consultée sur Aquabase le 11 Novembre 2015).

Caractérisation physicochimique des graines de quatorze variétés de niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp) de Côte d'Ivoire

[Physicochemical characterization of seeds of fourteen varieties of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) from Côte d'Ivoire]

Casimir Anauma KOKO¹, Massé DIOMANDE¹, Benjamin Kan KOUAME¹, Edwige-Salomé Sopie YAPO², and Jacob N'dri KOUASSI²

¹Département de Biochimie et Microbiologie,
Université Jean Lorougnon Guédé,
BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Physiologie et Pathologie végétale,
Université Jean Lorougnon Guédé,
BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: Cowpea is a legume consumed in Côte d'Ivoire. There are many cultivars whose seeds are widely available. This study aimed to determine some physicochemical characteristics of seeds of fourteen cowpea cultivars in order to identify differences and as soon as possible, select the best cultivars for the suitable uses. Parameters such as moisture, ash, protein, fat, total carbohydrates and energy value were determined following conventional methods. To appreciate the differences and identify cultivars with the best characteristics for the areas of intended use, chemometric methods were used. The results revealed that the seeds are energy foods (368.92 ± 4.71 kcal / 100 g), rich in protein ($21.22 \pm 0.69\%$) and carbohydrates ($63.82 \pm 1.12\%$). On the other hand, they showed low fat ($3.19 \pm 0.60\%$), ash ($4.12 \pm 0.26\%$) and moisture ($7.61 \pm 0.77\%$) contents. The low moisture content could facilitate the conservation of seeds for a relatively long period. Differences were observed between the physicochemical parameters of the analyzed cultivars seeds. The B3N12P4 cultivar which recorded the highest ash content (4.90 ± 0.05) could be used in food fortification. White cultivar (B1N19P5) recorded the highest protein content ($23.31 \pm 0.03\%$). Therefore, its seeds could be used to supplement traditional foods and be recommended in the field of composite flours. The use of seeds in these areas could help reduce the protein-deficiency in some poor populations affected by energy and protein diseases.

KEYWORDS: Cowpea, cultivar, chemical composition, legume, energy food, seeds, vegetable proteins.

RESUME: Le niébé est une légumineuse consommée en Côte d'Ivoire. Il en existe de nombreux cultivars dont les graines sont largement disponibles. La présente étude a eu pour objectif de déterminer quelques caractéristiques physicochimiques des graines de quatorze cultivars de niébé aux fins d'identifier des différences et sélectionner si possible les meilleurs cultivars pour des usages appropriés. Les paramètres tels que l'humidité, la teneur en cendres, les protéines, les lipides, les glucides totaux et la valeur énergétique ont été déterminés selon des méthodes conventionnelles. Pour apprécier les différences et identifier les cultivars présentant les meilleures caractéristiques pour les domaines d'utilisation envisagée, des méthodes chimiométriques ont été utilisées. Les résultats ont révélé que les graines sont des aliments énergétiques ($368,92 \pm 4,71$ kcal/100 g), riches en protéines ($21,22 \pm 0,69 \%$) et en glucides ($63,82 \pm 1,12 \%$). Par contre, elles sont pauvres en lipides ($3,19 \pm 0,60 \%$), en cendres ($4,12 \pm 0,26 \%$) et ont une faible humidité ($7,61 \pm 0,77 \%$) pouvant faciliter leur conservation sur une période relativement longue. Des différences ont été observées entre les paramètres physicochimiques des graines de

cultivars analysés. Le cultivar B3N12P4 qui a enregistré la teneur en cendres ($4,90 \pm 0,05$) la plus élevée pourrait être utilisée dans la fortification des aliments. Le cultivar blanc (B1N19P5) a enregistré la teneur la plus élevée en protéines ($23,31 \pm 0,03$ %). Par conséquent, ses graines pourraient être utilisées pour compléter des aliments traditionnels et être recommandées dans le secteur des farines composées. L'utilisation des graines dans ces domaines pourrait contribuer à réduire les déficits en protéines chez certaines populations pauvres, en proie aux maladies protéino-énergétiques.

MOTS-CLEFS: niébé, cultivar, composition chimique, légumineuse, aliment énergétique, graines, protéines végétales

1 INTRODUCTION

Le niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., est une des principales légumineuses alimentaires mondiales. Il est susceptible de combler les nombreux déficits protéiques enregistrés dans les pays en développement où les carences alimentaires demeurent encore un fléau majeur d'actualité [1]. En effet, dans certains pays, le niébé fournit plus de la moitié des protéines consommées et joue un rôle clé dans l'alimentation [2].

En Afrique, le niébé est cultivé avant tout pour ses graines sèches, cuisinées sous les formes les plus diverses. Dans de nombreuses régions, on consomme aussi ses jeunes feuilles, fraîches ou séchées, et ses gousses immatures [2], [3]. Selon Coulibaly et Lowenberg-Deboer [4], l'Afrique Occidentale est actuellement loin de couvrir ses besoins en niébé par sa propre production. Une augmentation de la production pourrait donc générer d'importantes devises pour tous les acteurs de la filière.

En Côte d'Ivoire, bien que beaucoup consommé, le niébé demeure une culture marginale [5]. Sa production avoisine les 36.310 tonnes/an, ce qui représente moins de 2 % de la production africaine [6]. Pourtant, le niébé, du fait de sa teneur relativement élevée en protéines devrait être valorisé dans plusieurs domaines. Il y a notamment, le domaine de farines composées et celui de l'enrichissement des aliments traditionnels.

Par ailleurs, il existe de nombreux cultivars locaux de niébé dont la diversité génétique a été étudiée au Sénégal en utilisant les marqueurs biochimiques et moléculaires [7]. De même, la variabilité agromorphologique de quarante-cinq de ces cultivars et leur structuration sur la base de dix-huit descripteurs a fait l'objet d'étude au Tchad [8]. Compte tenu du fait que, très peu de données existent sur la composition biochimique du niébé en Côte d'Ivoire, il est essentiel de caractériser les cultivars locaux. De plus, l'enrichissement des aliments traditionnels (à base de céréales) par adjonction de protéines végétales (légumineuses) étant susceptible d'améliorer leur valeur nutritionnelle [9], [10], l'utilisation du niébé dans ce domaine pourrait contribuer à réduire les nombreux déficits ou carences alimentaires.

Toutefois, la connaissance de la matière première à traiter constitue la première étape de toute recherche de développement technologique et industriel [11]. Ainsi, la caractérisation physicochimique des niébés de Côte d'Ivoire a-t-elle été entreprise.

L'objectif de cette étude est de caractériser la nature physicochimique de quatorze cultivars locaux de niébé aux fins d'identifier des différences entre eux et sélectionner si possible, les meilleurs cultivars pour un éventuel enrichissement des aliments traditionnels.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Des graines sèches de quatorze (14) cultivars de Niébé provenant de diverses régions de Côte d'Ivoire ont été utilisées dans cette étude. Pour chaque cultivar, trois (3) échantillons de graines ont été prélevés. Au total, quarante-deux (42) échantillons de niébé, à raison de trois par cultivar, ont été analysés.

2.2 MÉTHODES D'ANALYSES PHYSICOCHIMIQUES

Sur les échantillons de Niébé, des paramètres physicochimiques tels que les teneurs en eau, en protéines, en cendres, en glucides, en matières grasses (MG) et la valeur énergétique ont été déterminés. L'humidité, la teneur en protéines, la teneur en matières grasses et la teneur en cendres ont été évaluées selon la méthode BIPEA [12]. La teneur en glucides a été déterminée par calcul selon l'expression suivante :

$$\text{Glucides totaux (\%)} = 100 - [\text{cendres (\%)} + \text{protéines (\%)} + \text{lipides (\%)} + \text{humidité (\%)}]$$

La valeur énergétique a été calculée en tenant compte des coefficients d'Atwater [13] selon l'expression suivante :

$$\text{Valeur énergétique (kcal/100 g)} = [(\% \text{ glucides} \times 4) + (\% \text{ protéines} \times 4) + (\% \text{ lipides} \times 9)]$$

2.3 MÉTHODES CHIMIOMÉTRIQUES

Les données recueillies à l'issue de la caractérisation physicochimique des échantillons de graines de Niébé ont été soumises à des analyses statistiques. Ainsi, une analyse de variance multidimensionnelle a été réalisée aux fins d'apprécier l'existence de différence entre les échantillons étudiés. Par ailleurs, des analyses de variance ont été également effectuées sur ces données. Des tests de comparaison multiples (Tukey HSD) ont été conduits lorsque la différence a été révélée comme significative ($p < 0,05$) aux fins de séparer les différents échantillons. Pour regrouper les cultivars de niébé suivant leur similarité, une analyse de classification hiérarchique a été réalisée. Enfin, l'analyse en composantes principales a été effectuée aux fins de visualiser les différences et d'associer aux différents cultigrupes identifiés, leurs caractéristiques principales. Pour ces traitements statistiques, le logiciel STATISTICA 7.0 a été utilisé.

3 RÉSULTATS

3.1 COMPOSITION CHIMIQUE MOYENNE DES ÉCHANTILLONS DE NIÉBÉ

La composition chimique des échantillons de niébé a été déterminée. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 1. A l'analyse, les graines de niébé ont une humidité moyenne de l'ordre de $7,61 \pm 0,77$ %. De plus, avec une teneur moyenne en cendres de $4,12 \pm 0,26$ % et un taux de matières grasses de l'ordre de $3,19 \pm 0,60$ %, ces graines contiennent des glucides totaux ($63,82 \pm 1,12$ %). Elles renferment par ailleurs, des protéines ($21,22 \pm 0,69$ %). En outre, la consommation des graines de niébé fournit en moyenne une énergie de $368,92 \pm 4,71$ kcal/100 g. Au niveau des échantillons de ces graines, certains paramètres ont des coefficients de variation (CV) supérieurs à 15 %. Il s'agit notamment des teneurs en matières grasses (CV=18,86 %).

Tableau 1. Composition chimique moyenne des graines de Niébé de Côte d'Ivoire

Paramètres	N	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type	Coefficient de Variation (%)
Humidité (%)	42	7,61	6,29	9,35	0,77	10,22
Cendres (%)	42	4,12	3,72	4,96	0,26	6,51
Matières grasses (%)	42	3,19	1,86	4,13	0,60	18,86
Glucides (%)	42	63,82	61,28	65,84	1,12	1,76
Protéines (%)	42	21,22	20,54	23,35	0,69	3,28
Valeur énergétique (kcal/100 g)	42	368,92	360,45	376,45	4,71	1,27

N : Nombre d'échantillons

3.2 CORRÉLATION ENTRE LES VARIABLES CARACTÉRISANT LES GRAINES DE NIÉBÉ

La matrice de corrélation des variables caractérisant les graines de niébé (Tableau 2) montre qu'il existe de nombreuses relations significatives entre les caractéristiques physicochimiques. C'est ainsi qu'il y a une relation positive et significative entre la teneur en eau et la teneur en cendres (coefficient de corrélation de Pearson égal à 0,48) ; ce qui signifie que les graines caractérisées par un taux d'humidité élevé sont celles dans lesquelles la proportion de cendres est importante. Des relations positives existent aussi, entre la valeur énergétique et des paramètres tels que les matières grasses (coefficient de corrélation de Pearson égal à 0,60) et les glucides totaux (coefficient de corrélation de Pearson égal à 0,52).

En revanche, il existe de nombreuses relations significatives et négatives entre les caractéristiques des graines. C'est le cas de la valeur énergétique qui est corrélée avec l'humidité (coefficient de corrélation de Pearson égal à -0,75), avec la teneur en cendres (coefficient de corrélation de Pearson égal à -0,53) et avec les protéines (coefficient de corrélation de Pearson égal à -0,32). D'autres relations significatives et négatives existent entre les glucides totaux et l'humidité (coefficient de corrélation de Pearson égal à -0,79) d'une part et entre les glucides totaux et les cendres (coefficient de corrélation de

Pearson égal à -0,54) d'autre part. Il en existe également entre les protéines et les matières grasses (coefficient de corrélation de Pearson égal à -0,55).

En somme, les corrélations les plus significatives au seuil de 5 % valaient +0,60 et -0,79.

Tableau 2. Matrice de corrélation entre les variables caractérisant les graines de niébé

Variables	Humidité	Cendres	Matières grasses	Glucides	Protéines	Valeur énergétique
Humidité	1,00					
Cendres	0,48	1,00				
Matières grasses	0,02	0,04	1,00			
Glucides	-0,79	-0,54	-0,23	1,00		
Protéines	-0,01	-0,11	-0,55	-0,28	1,00	
Valeur énergétique	-0,75	-0,53	0,60	0,52	-0,32	1,00

En gras les valeurs significatives au seuil $\alpha=0,05$ (test bilatéral)

3.3 DIFFÉRENCIATION ENTRE LES ÉCHANTILLONS DE GRAINES DE NIÉBÉ

Une classification hiérarchique des échantillons de graines de niébé a été réalisée. Les résultats sont présentés sur la figure 1. L'analyse du dendrogramme a révélé que des différences existent entre les échantillons au point où l'on peut distinguer plusieurs classes :

- la classe 1 comprend les échantillons tels que B1N19P5, B3N10P1, B2N13P5, B3N1P4, B3N12P4 ;
- la deuxième classe renferme les échantillons tels que B2N2P2, B2N8P3, B2N5P4, B2N9P4, B3N7P4, B3N17P3
- et la troisième classe est composée de B2N4P3, B3N3P3 et B3N15P1.

Le regroupement des graines en trois classes sur la base de leur similarité permet de résumer à 82,43 % les différenciations entre ces graines. De plus, chaque classe comprend des graines de différents cultivars. Les classes obtenues sont donc assez composites.

Par ailleurs, une analyse de variance multidimensionnelle a été réalisée sur les caractéristiques physicochimiques des échantillons de niébé. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 3. A l'analyse, il ressort que les effets de la variété culturale sont significatifs ($p<0,05$) sur l'ensemble des caractéristiques des graines.

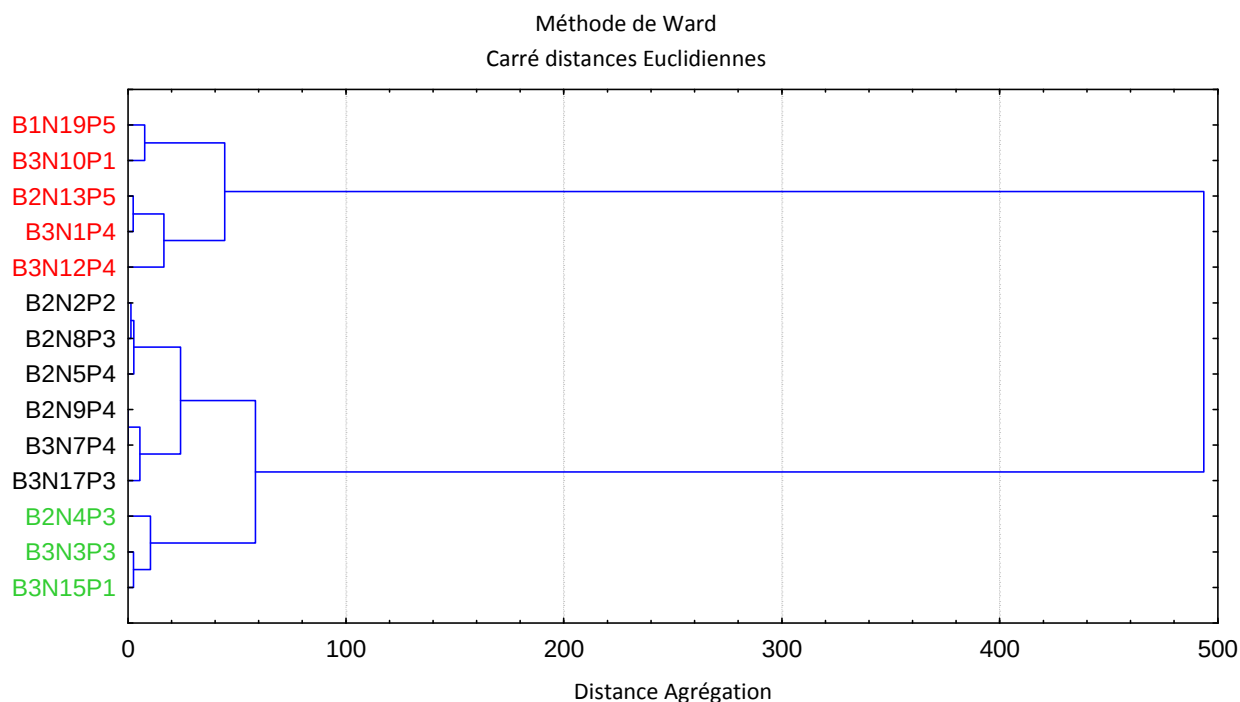


Fig. 1. Dendrogramme des graines de quatorze cultivars de niébé

Tableau 3. Résultats de l'analyse de variance multidimensionnelle sur les paramètres physicochimiques des échantillons de graines de niébé

Effet	Test	Valeur	F	effet dl	Erreur dl	P
Cultivars	Wilk	0,000000	100	65	117,3632	0,00

Les effets sont significatifs à $p < 0,05$.

3.4 COMPARAISON ENTRE LES CARACTÉRISTIQUES PHYSICOCHIMIQUES DES CULTIVARS DE NIÉBÉ

Le tableau 4 présente les compositions chimiques moyennes des graines de chaque cultivar de niébé. L'humidité des graines a varié de $6,31 \pm 0,02$ % pour le cultivar B2N4P3 à $9,33 \pm 0,01$ % (cultivar B3N12P4). Au niveau des cendres, les teneurs enregistrées ont varié de $3,83 \pm 0,15$ % (cultivar B3N15P1) à $4,90 \pm 0,05$ % (cultivar B3N12P4). De même, la teneur en matières grasses des graines a varié de $1,95 \pm 0,08$ % (cultivar B3N1P4) à $4,01 \pm 0,16$ % pour le cultivar B2N2P2. Concernant la teneur en glucides, elle a varié de $61,44 \pm 0,14$ % (cultivar B3N12P4) à $65,81 \pm 0,02$ % pour le cultivar B3N17P3. La teneur en protéines et la valeur énergétique de graines ont varié respectivement de $20,63 \pm 0,02$ % (cultivar B3N3P3) à $23,31 \pm 0,03$ % (cultivar B1N19P5) et de $362,25 \pm 0,86$ kcal/100 g (cultivar B2N13P5) à $375,84 \pm 0,78$ kcal/100 g (cultivar B2N4P3).

Par ailleurs, l'analyse de variance a montré que toutes ces variations étaient significatives ($p < 0,05$) quel que soit le paramètre physicochimique considéré (Tableau 4). Par conséquent, tous les paramètres physicochimiques des graines étudiées (humidité, cendres, lipides, glucides, protéines, énergie) diffèrent significativement (au risque de 5 %) entre les cultivars. Ainsi, les graines du cultivar B1N19P5 ont obtenu la teneur en protéines la plus élevée ($23,31 \pm 0,03$ %), suivi de celles du cultivar B3N1P4 ($22,11 \pm 0,07$ %) pendant que le cultivar B3N3P3 a enregistré la valeur la plus basse ($20,63 \pm 0,02$ %). Au niveau de la teneur en matières grasses, les cultivars B2N2P2, B3N15P1 et B2N5P4 ont enregistré les taux les plus élevées avec respectivement $4,01 \pm 0,16$ %, $3,79 \pm 0,04$ % et $3,65 \pm 0,06$ %. Pendant que le cultivar B3N12P4 a obtenu les teneurs en cendres ($4,90 \pm 0,05$) et en eau ($9,33 \pm 0,01$ %) les plus élevées, le cultivar B2N4P3 a enregistré la valeur énergétique la plus élevée ($375,84 \pm 0,78$ kcal/100 g). En outre, les cultivars B3N17P3 et B2N4P3 ont obtenu les teneurs en glucides les plus élevées avec respectivement $65,81 \pm 0,02$ % et $65,72 \pm 0,13$ %.

Tableau 4. Caractéristiques physicochimiques des graines de quatorze variétés de niébé de Côte d'Ivoire

Variétés	Humidité (%)	Cendres (%)	Matière grasse (%)	Glucides (%)	Protéines (%)	Valeur énergétique (kcal/100 g)
B1N19P5	$7,29 \pm 0,05^a$	$4,18 \pm 0,03^a$	$2,32 \pm 0,12^a$	$62,88 \pm 0,15^a$	$23,31 \pm 0,03^a$	$365,72 \pm 0,79^a$
B2N2P2	$7,95 \pm 0,02^b$	$3,94 \pm 0,02^b$	$4,01 \pm 0,16^b$	$62,90 \pm 0,13^a$	$21,18 \pm 0,03^b$	$372,46 \pm 0,80^b$
B2N4P3	$6,31 \pm 0,02^c$	$3,94 \pm 0,01^{c,b}$	$3,37 \pm 0,15^c$	$65,72 \pm 0,13^b$	$20,64 \pm 0,08^c$	$375,84 \pm 0,78^c$
B2N5P4	$7,17 \pm 0,01^d$	$4,30 \pm 0,01^a$	$3,65 \pm 0,06^{d,b,c}$	$63,28 \pm 0,56^a$	$21,25 \pm 0,06^{d,b}$	$370,99 \pm 2,02^{d,b}$
B2N8P3	$7,41 \pm 0,02^e$	$4,02 \pm 0,02^{d,b,j}$	$3,54 \pm 0,21^{e,c}$	$63,73 \pm 0,24^c$	$21,31 \pm 0,04^{e,b}$	$372,07 \pm 0,98^{e,b,d}$
B2N9P4	$7,68 \pm 0,03^f$	$3,88 \pm 0,01^{e,b}$	$3,18 \pm 0,09^{f,c}$	$64,44 \pm 0,15^d$	$20,80 \pm 0,07^{f,c}$	$369,63 \pm 0,51^{f,d,e}$
B2N13P5	$8,52 \pm 0,03^g$	$4,23 \pm 0,01^a$	$2,65 \pm 0,15^a$	$63,53 \pm 0,07^e$	$21,07 \pm 0,05^{g,b}$	$362,25 \pm 0,86^g$
B3N1P4	$7,96 \pm 0,01^{h,b}$	$3,88 \pm 0,06^{f,b}$	$1,95 \pm 0,08^a$	$64,10 \pm 0,07^f$	$22,11 \pm 0,07^h$	$362,39 \pm 0,56^{h,g}$
B3N3P3	$7,03 \pm 0,01^i$	$4,17 \pm 0,02^{a,j}$	$3,61 \pm 0,09^{g,c}$	$64,54 \pm 0,09^g$	$20,63 \pm 0,02^{i,c}$	$373,23 \pm 0,45^{i,b,e}$
B3N7P4	$7,64 \pm 0,01^{j,f}$	$4,00 \pm 0,01^{g,b,j}$	$3,28 \pm 0,21^{h,c}$	$64,28 \pm 0,17^h$	$20,78 \pm 0,08^{j,c}$	$369,86 \pm 1,02^{j,d,e,f}$
B3N10P1	$8,40 \pm 0,01^k$	$4,16 \pm 0,01^{a,j}$	$3,27 \pm 0,08^{i,c}$	$63,15 \pm 0,05^a$	$21,00 \pm 0,14^{k,b,f,j}$	$366,11 \pm 0,42^a$
B3N12P4	$9,33 \pm 0,01^l$	$4,90 \pm 0,05^h$	$3,52 \pm 0,06^{j,c}$	$61,44 \pm 0,14^i$	$20,79 \pm 0,15^{l,c,f,j}$	$360,68 \pm 0,21^{k,g,h}$
B3N15P1	$7,32 \pm 0,03^a$	$3,83 \pm 0,15^{i,b}$	$3,79 \pm 0,04^{k,b}$	$63,74 \pm 0,11^j$	$21,30 \pm 0,07^{m,b}$	$374,34 \pm 0,49^{l,b,c,e,i}$
B3N17P3	$6,52 \pm 0,03^m$	$4,23 \pm 0,02^a$	$2,49 \pm 0,11^a$	$65,81 \pm 0,02^{k,b}$	$20,93 \pm 0,09^{n,f,g,j}$	$369,39 \pm 0,61^{m,d,f,j}$

Les teneurs avec des lettres identiques dans la même colonne sont statistiquement identiques (risque de 5 %).

En addition, une analyse en composantes principales a été effectuée. La représentation des différents cultivars dans un espace bidimensionnel est montrée par la figure 2. Celle-ci permet de visualiser les différences entre les cultivars étudiés dans un plan factoriel (F1-F2). Dans ce plan qui résume les différenciations à près de 78 %, certains cultivars tels que, B1N19P5 et B3N1P4 d'une part, et B3N12P4 d'autre part sont très isolés des autres. Le cercle de corrélation des variables

caractérisant les graines de niébé est présenté sur la figure 3. A l'analyse, la première composante (F1) est caractérisée par les paramètres tels que l'humidité, les glucides et valeur énergétique dont les coefficients sont supérieurs à 0,7 (en valeur absolue) tandis que la composante 2 (F2) est définie par les variables telles que les protéines et les matières grasses. L'analyse comparative des figures 2 et 3 a révélé que le cultivar B3N12P4 est caractérisé par son humidité ($9,33 \pm 0,01$ %) qui est la plus élevée de tous. En outre, les cultivars B1N19P5 et B3N1P4 sont caractérisés par leur teneur élevée en protéines d'une part et par leur faible teneur en matières grasses d'autre part.

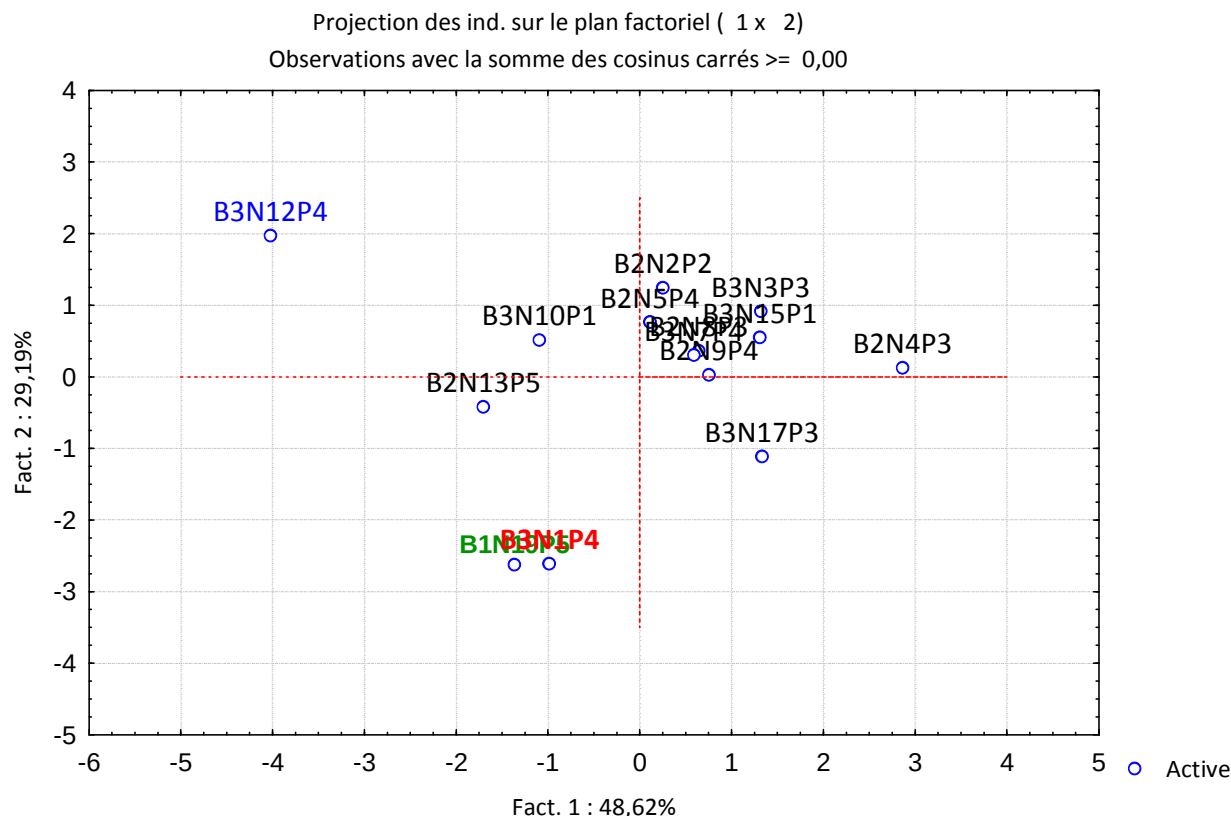


Fig. 2. Représentation des résultats de l'Analyse en Composantes Principales réalisée sur les cultivars de niébé (plan factoriel F1 –F2)

4 DISCUSSION

La caractérisation physicochimique des échantillons de niébé a révélé que les graines possèdent une faible humidité ($7,61 \pm 0,77$ %). Ceci représente un véritable atout pour la conservation de ces graines sur une période relativement longue. En effet, une teneur en eau maximale de 9 % est idéale pour la conservation des graines séchées [14]. Des valeurs plus basses ($5,55 \pm 0,10$ %) obtenues sur un cultivar nigérian (*Kanando*) de niébé ont été rapportées [15]. En outre, les graines de niébé contiennent des cendres dont la valeur est plus élevée que celle de $2,6 \pm 0,05$ % obtenue sur une variété améliorée (cultivar BRS-Milênio) au Brésil [16]. La teneur en matières grasses (3,19 %) est relativement faible comme pour la plupart des légumineuses. Ces résultats confirment ceux de Khalid et al. [10] qui ont enregistré un taux de lipides de l'ordre de $2,1 \pm 0,1$ % dans une farine entière de niébé au Soudan. La richesse des échantillons analysés, en protéines ($21,22 \pm 0,69$ %) et en glucides ($63,82 \pm 1,12$ %) confirme bien le fait que le niébé est une légumineuse. Des teneurs en protéines plus élevées (25,79-29,25 %) ont été signalées [17]. Par ailleurs, la teneur élevée en glucides ainsi qu'en protéines indique clairement que la graine de niébé est un aliment énergétique. Ainsi, la valeur énergétique de l'ordre de $368,92 \pm 4,71$ kcal/100 g en est un indicateur. De plus, la consommation d'un kilogramme de graines permet de couvrir les besoins énergétiques journaliers d'un homme adulte qui s'élèvent à 3050 kcal [18]. La valeur énergétique enregistrée dans cette étude est plus élevée que celle de l'ordre de 323,4 kcal/100 g obtenue sur des graines d'une variété améliorée de niébé au Brésil [16]. Par ailleurs, des valeurs comprises entre 337 et 361 kcal/100 g de graines de niébé ont été rapportées [17].

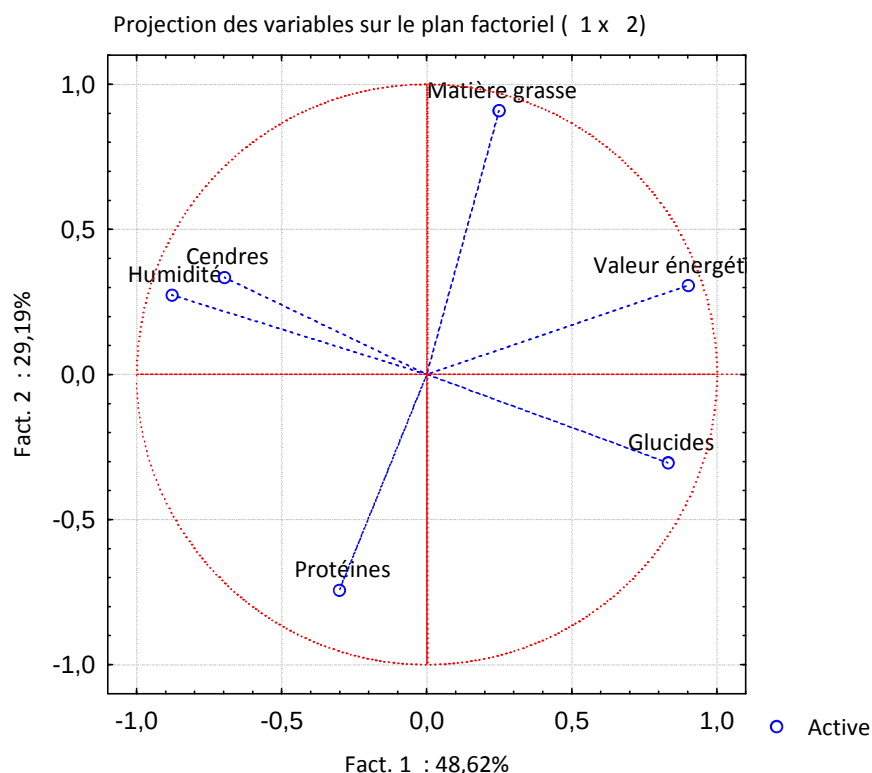


Fig. 3. Cercle de corrélation de variables

L'analyse de la matrice de corrélation a indiqué que les corrélations les plus significatives au seuil de 5 % valaient +0,60 et -0,79. La corrélation de 0,60 concerne la valeur énergétique et la teneur en matières grasses dont le coefficient de détermination est 0,36 ; ce qui signifie que l'élévation de la valeur énergétique est expliquée à 36 % par l'importance de matières grasses. Ce résultat met en exergue le rôle énergétique de la matière grasse qui a déjà été signalé [13]. Dans le cas de la corrélation négative de -0,79 entre l'humidité et la teneur en glucides totaux, le coefficient de détermination de 0,62 montre que l'élévation du taux de glucides est expliquée à 62 % par la faible teneur en eau des graines. Cette étude confirme bien que les graines de niébé sont riches en énergie.

En outre, au niveau des échantillons de ces graines, la teneur en matières grasses (CV=18,86 %) dont le coefficient de variation (CV) est supérieur à 15 %, varie significativement d'un échantillon à l'autre [19]. Ceci laisse supposer l'existence de différence entre les échantillons analysés. Ces différences ont été mises en évidence par l'analyse de classification hiérarchique. En effet, l'analyse réalisée sur les caractéristiques des graines des différents cultivars a permis de les regrouper sur la base de leur similarité. Ce regroupement des graines prenant en compte près de 82,43 % des différenciations entre les cultivars permet de distinguer trois classes assez composites. Cette typologie semble montrer l'influence de la variété culturale sur les caractéristiques physicochimiques des graines de niébé. En effet, les cultivars regroupés dans la classe 1 sont dominés par des graines de couleur blanche. En addition, une analyse de variance multidimensionnelle a été effectuée sur les paramètres physicochimiques des échantillons de graines de niébé aux fins d'apprécier l'effet de la variété culturale. Les résultats ont confirmé les effets significatifs ($p < 0,05$) de la variété sur l'ensemble des paramètres physicochimiques des graines.

L'analyse de variance a indiqué par ailleurs, que chacun des paramètres physicochimiques des graines variait significativement d'un cultivar à l'autre. Ces paramètres permettent donc de faire la différence entre les cultivars. Il s'agit de l'humidité, des cendres, des matières grasses, des glucides, des protéines et de la valeur énergétique des graines. Les différences de teneurs enregistrées au niveau des paramètres physicochimiques des graines issues de différents cultivars peuvent être dues aux conditions environnementales, aux pratiques culturales et au facteur génétique [17], [20]. De ce fait, les graines du cultivar B1N19P5 ont enregistré la teneur en protéines la plus élevée ($23,31 \pm 0,03$ %), suivi de celles du cultivar B3N1P4 ($22,11 \pm 0,07$ %). En général, une teneur élevée en protéines dans le niébé est souhaitable pour une meilleure nutrition [21]. Par conséquent, la teneur en protéines plus élevée du cultivar B1N19P5, donne à penser qu'il pourrait être une importante source de protéines pour les populations. Agbogidi [22] a affirmé que, le niébé est la source principale de

protéines pour les populations pauvres. Cette haute teneur est par ailleurs, une indication que son utilisation en alimentation humaine pourrait aider à réduire l'incidence ou la survenue de maladies nutritionnelles telles que le kwashiorkor [23].

En outre, cette forte teneur en protéines fait que le niébé est considéré comme un excellent supplément des céréales en Afrique sahélienne [3]. Les cultivars B1N19P5 principalement et B3N1P4 accessoirement peuvent être recommandées à cette fin. Le cultivar B1N19P5 possède des petites graines de couleur blanche avec un œil blanc pendant que B3N1P4 est un cultivar blanc-noir ayant de grosses graines. Hamid et al. [20], étudiant les caractéristiques de deux variétés de niébé, ont rapporté que les graines du cultivar noir étaient plus riches en protéines ($23,23 \pm 0,44$ %) que celles du cultivar rouge ($19,6 \pm 0,04$ %). Dans cette étude, le cultivar rouge (B3N3P3) a également enregistré la valeur la plus faible ($20,60 \pm 0,02$ %).

Les deux cultivars (B1N19P5 et B3N1P4) peuvent être aussi valorisés dans le domaine des farines composées. En effet, compte tenu du coût élevé de la farine de blé importée par les pays en développement, la substitution partielle du blé par des farines locales présente de nombreux avantages [24], [25]. De plus, des produits de boulangerie et de pâtisserie très appréciés par les consommateurs ont été obtenus en substituant le blé par une farine de légumineuse (Voandzou) dans des proportions comprises entre 0 et 20 % [26]. Le cultivar B1N19P5 présente un atout supplémentaire du fait de sa couleur blanche. En effet, la couleur est importante selon l'application industrielle, puisque toute pigmentation aurait un impact sur le produit final et donc son acceptation pourrait être affectée [20]. L'humidité ($9,33 \pm 0,01$ %) relativement élevée, enregistrée au niveau du cultivar B3N12P4, ne représente pas un véritable problème pour la conservation de ses graines sur une longue période. En effet, cette valeur est proche de celle de 9 % d'humidité recommandée [14]. Au niveau de la teneur en matières grasses, les cultivars B2N2P2, B3N15P1 et B2N5P4 ont enregistré les taux les plus élevés avec respectivement $4,01 \pm 0,16$ %, $3,79 \pm 0,04$ % et $3,65 \pm 0,06$ %. Ces valeurs sont supérieures à celle de l'ordre de $2,50 \pm 0,03$ % de lipides, obtenue dans une variété améliorée (*Nhyira*) au Ghana [23]. Le cultivar B3N12P4 a la teneur en cendres ($4,90 \pm 0,05$ %) la plus élevée. Cette valeur est proche de celle de l'ordre de 4,56 %, enregistrée dans une variété locale « *kpayo* » au Bénin [27]. Par ailleurs, la valeur énergétique la plus élevée ($375,84 \pm 0,78$ kcal/100 g) qui a été enregistrée au niveau du cultivar B2N4P3 est proche des $360,67 \pm 2,43$ kcal/100 g obtenue dans le cultivar *Akidi* au Nigéria [17]. Ce cultivar est tout aussi riche en énergie que les racines de manioc dont les valeurs énergétiques oscillent entre 385 et 388 kcal/100 g [28]. La teneur relativement élevée en cendres ($4,90 \pm 0,05$ %) du cultivar B3N12P4 représente un avantage, en ce sens qu'il pourrait être utilisé pour la fortification d'aliments traditionnels de base.

5 CONCLUSION

Les caractéristiques physicochimiques des graines de quatorze cultivars locaux de niébé ont été déterminées. Il ressort de cette étude que les graines sont des aliments énergétiques, riches en protéines et en glucides. Par contre, elles sont pauvres en cendres, en matières grasses et ont une faible humidité pouvant faciliter leur conservation sur une période relativement longue. Des différences ont été observées entre les paramètres physicochimiques des graines de cultivars analysés. Celles-ci sont certainement liées aux conditions environnementales, aux pratiques culturales et au facteur génétique. Les cultivars B1N19P5 principalement et B3N1P4 accessoirement, ayant enregistré les teneurs en protéines les plus élevées, peuvent être utilisés en alimentation pour combler les déficits en apport protéique des populations en proie aux maladies protéino-énergétiques dans les pays en voie de développement. Les graines de ces cultivars peuvent du fait de leur teneur élevée en protéines, être recommandées dans le domaine des farines composées en vue de la fabrication de produits de boulangerie, de biscuiterie et de pâtisserie.

NOMENCLATURE

B1N19P5 : cultivar blanc avec des petites graines et un œil blanc
 B2N2P2 : cultivar blanc avec des grosses graines et un œil blanc
 B2N4P3 : cultivar blanc-noir avec de petites graines
 B2N5P4 : cultivar brun avec de grosses graines
 B2N8P3 : cultivar rouge clair avec de petites graines
 B2N9P4 : cultivar noir
 B2N13P5 : cultivar blanc avec des graines moyennes et un œil noir
 B3N1P4 : cultivar blanc-noir avec de grosses graines
 B3N3P3 : cultivar rouge
 B3N7P4 : cultivar rouge clair avec de grosses graines
 B3N10P1 : cultivar brun avec de petites graines
 B3N12P4 : cultivar blanc avec des graines moyennes et un œil blanc

B3N15P1 : cultivar blanc avec des grosses graines et un œil noir

B3N17P3 : cultivar blanc avec des petites graines et un œil noir

REFERENCES

- [1] C. J. Ndouyang, A. R. Ejoh, Aboubakar, B. Facho, Y.N. Njintang, B. A. Mohammadou, et C. M. Mbofung, "Propriétés physico-chimiques et fonctionnelles de *Tacca leontopetaloides* (L.) Kuntze, tubercule non conventionnel," *Revue de génie industriel*, 3, pp. 34-45, 2009.
- [2] Pasquet, S. R., et Baudoin, J. P., *Le niébé*, In : A. Charrier, M. Jacquot, S. Hamon, and D. Nicolas (Eds.), *L'amélioration des plantes tropicales*, Montpellier : CIRAD, ORSTOM, pp. 483-505, 1997.
- [3] A. Balla, et M. Baragé, "Influence de la variété, du temps de stockage et du taux de natron sur la cuisson des graines de niébé," *TROPICULTURA*, 24, 1, pp. 39-44, 2006.
- [4] Coulibaly, O. and Lowenberg-Deboer, J., *The economics of cowpea in west Africa*, In: C. A. Fatokun, S. A. Tarawali, B. B. Singh, P. M. Kormawa, and M. Tamo (Eds.), *Challenges and Opportunities for enhancing sustainable cowpea production*, Ibadan: IITA, pp. 354- 366, 2002.
- [5] F. P. M. N'gbesso, L. Fondio, K. B. E. Dibi, A. H. Djidji, et N. C. Kouamé, "Étude des composantes du rendement de six variétés améliorées de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]," *Journal of Applied Biosciences*, 63, pp. 4754 – 4762, 2013.
- [6] FAOSTAT, Fao statistical production, 2014. [Online] Available: <http://www.faostat3.org>. (02/03/2016)
- [7] K. C. Kouakou, H. Roy-Macauley, M. C. Gueye, M. C. Otto, J. F. Rami, N. Cissé, et R. S. Pasquet, "Diversité génétique des variétés traditionnelles de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] au Sénégal : étude préliminaire," *Plant Genetic resources Newsletter*, 152, pp. 33-44, 2007.
- [8] D. Nadjiam, A. N. Doyam, et D. Bedingam, "Etude de la variabilité agromorphologique de quarante-cinq cultivars locaux de niébé (*Vigna unguiculata*, (L.)Walp.) de la zone soudanienne du Tchad," *Afrique SCIENCE*, 11, (3), pp. 138–151, 2015.
- [9] E. O. Afoakwa, S. Sefa-Dedeh, and E. Sakyi-Dawson, "Effects of cowpea fortification, dehydration method and storage time on some quality characteristics of maize-based traditional weaning foods," *AJFAND*, Vol. 4, (1), pp. 1-15, 2004.
- [10] I. I. Khalid, B. Elhardallou, and E. A. Elkhalifa, "Composition and functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*, (L.) Walp) flour and protein isolates," *American Journal of food technology*, 7, (3), pp. 113-122, 2012.
- [11] Miche J. J., *Conservation des aliments, composition, qualité, biodisponibilité*, PUF, France, 1974.
- [12] BIPEA, *Bureau Inter Professionnel d'Etudes Analytiques. Recueil des méthodes d'analyses des Communautés Européennes*, BIPEA : Gennevillier, 1976.
- [13] FAO, *Food energy - methods of analysis and conversion factors*, Food and Agriculture Organization of United Nations: Rome, 2003.
- [14] Hayma J., *Le stockage des produits agricoles. Agrodok 31*, 4^e Edition. Digigrafi, Wageningen, The Netherlands, 2004.
- [15] A. S. Famata, S. Modu, H. M. Mida, L. Hajjagana, A. Y. Shettima, and A. Hadiza, "Chemical composition and mineral element content of two cowpea (*Vigna unguiculata* L. walp) varieties as food supplement," *International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics*, Vol. 3, (4), pp. 93-96, 2013.
- [16] K. M. G. Frota, R. A. M. Soares, and J. A. G. Arêas, "Chemical composition of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp), BRS-Milênio cultivar," *Ciênc. Tecnol. Aliment, Campinas*, 28, (2), pp. 470-476, 2008.
- [17] C. E. Chinma, I. C. Alemede, and I. G. Emelife, "Physicochemical and Functional Properties of Some Nigerian Cowpea Varieties," *Pakistan Journal of Nutrition*, 7, (1), pp. 186-190, 2008.
- [18] FAO, *Besoins d'énergie et de Protéines: rapport d'une consultation d'expert conjointe FAO/OMS/ONU*, Série des rapports techniques, N°724. Genève, OMS, 1985.
- [19] Feinberg M., *La validation des méthodes d'analyse : Approche Chimiométrique de l'assurance qualité au laboratoire*, Ed. Masson, 1996.
- [20] S. Hamid, S. Muzzafar, I. A. Wani, and F. A. Masoodi, "Physicochemical and functional properties of two cowpea cultivars grown in temperate Indian climate," *Cogent Food & Agriculture*, 1: 1099418, 2015.
- [21] Lambot, C., *Industrial potential of cowpea*. In: C. A. Fatokun, S. A. Tarawali, B. B. Singh, P. M. Kormawa, and M. Tamo (Eds.), *Challenges and Opportunities for enhancing sustainable cowpea production*, Ibadan: IITA, pp: 367-375, 2002.
- [22] O. M. Agbogidi, "Response of six cultivars of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) to spent engine oil," *African Journal of Food Science and Technology*, 1, (6), pp. 139-142, 2010.
- [23] F. Appiah, J. Y. Asibuo, and P. Kumah, "Physicochemical and functional properties of bean flours of three cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) varieties in Ghana," *African Journal of Food Science*, Vol. 5, (2), pp. 100 – 104, 2011.
- [24] Touko, A. B., Egue, K., Goto, C. E, Sedzro, K., Tougnon, K., Amouzou, A., *Promotion du manioc par la diversification de ses formes d'utilisation*, In: G. Amani, C. Nindjin, B. N'zué, A. Tschannen, D. Aka (Eds), *Atelier International sur les Potentialités à la Transformation du Manioc en Afrique de l'Ouest*, Abidjan : FIDAfrique, pp. 120-122, 2007.

- [25] E. I. Ohimain, "The Prospects and Challenges of Cassava Inclusion in Wheat Bread Policy in Nigeria," *International Journal of Science, Technology and Society*, 2, (1), pp. 6-17, 2014.
- [26] S. K. Diallo, D. Soro, K. Y. Koné, N. E. Assidjo, K. B. Yao, and D. Gnagri, "Fortification et substitution de la farine de blé par la farine de Voandzou (*Vigna subterranea* L. verdc) dans la production des produits de boulangerie," *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 18, no. 2, pp. 434-443, 2015.
- [27] R. L. F. Houinsou, E. S. Adjou, D. E. Ahoussi, D. C. K. Sohounhloué, and M. M. Soumanou, "Caractéristiques biochimique et sensorielle du niébé (*Vigna unguiculata*) conservé au moyen des huiles essentielles extraites de plantes de la famille des Myrtaceae," *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 9, no. 1, pp. 428-437, 2014.
- [28] A. C. Koko, K. B. Kouamé, Y. B. Anvoh, N. G. Amani, N. E. Assidjo, "Comparative study on physicochemical characteristics of cassava roots from three local cultivars in Côte d'Ivoire," *European Scientific Journal*, 10, (33), pp. 418-432, 2014.

Screening phytochimique de deux variétés de pamplemousse: citrus paradisi yellow et blood

[Phytochemical screening of two grapefruit varieties: citrus paradisi yellow and blood]

Bahia BOUABID¹, Ouafae EL YAHYAOU¹, Amal SAMMAMA¹, Saloua KERROURI¹, Lella OULD ABDELLAHI¹, Nabil AIT OUAZIZ², L. Aicha LRHORI¹, Ali QUYOU², and Rachid BENGUEDDOUR¹

¹Laboratoire de Biochimie, Biotechnologies et Santé et Environnement, Département de Biologie, Faculté des sciences, Université Ibn Tofail, Kenitra, Maroc

²Département de Biologie, Faculté des sciences, Université Ibn Tofail, Kenitra, Maroc

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

ABSTRACT: Citrus fruits and juices are an important source of bioactive compounds; called secondary metabolites, including phenolic and non-phenolic compounds. Several studies have demonstrated the antioxidant properties of these citrus fruits. Grapefruit, Citrus paradisi scientifically called is one of these citrus essentially consumed for its medical and antioxidant properties due to the presence of flavonoids, vitamin C and tannins. Characterization of two varieties of grapefruit, namely; citrus paradisi yellow and blood, was carried out through a phytochemical screening. The results obtained showed the presence of tannins, flavonoids, derivatives of anthracene, quinones, several other secondary metabolites that can be responsible for important therapeutic properties and use answered in the medical and cosmetic fields.

KEYWORDS: phytochemical screening, phenolics compounds, secondary metabolites, Grapefruit, Citrus paradisi yellow and blood.

RESUME: Les agrumes et leurs jus sont une source importante de composés bioactifs; appelés métabolites secondaires, notamment les composés phénoliques et non phénoliques. Plusieurs études ont démontré les propriétés antioxydantes de ces agrumes.

Le pamplemousse, scientifiquement appelé citrus paradisi est l'un de ces agrumes consommée essentiellement pour ses vertus médicales et antioxydantes dues à la présence de flavonoïdes, de vitamine C et tanins.

Une caractérisation de deux espèces de pamplemousse, à savoir ; citrus paradisi yellow et blood, a été effectué par le biais d'un screening phytochimique. Les résultats obtenus ont démontré la présence de tanins, de flavonoïdes, de dérivés anthracéniques, de quinones, de plusieurs autres métabolites secondaires qui peuvent être à l'origine de propriétés thérapeutiques importantes et une utilisation répondu dans les domaines médicales et cosmétiques.

MOTS-CLEFS: criblage phytochimique, composés phénoliques, métabolites secondaires, pamplemousse, citrus paradisi yellow et blood.

1 INTRODUCTION

Les plantes possèdent des métabolites dits « secondaires » par opposition aux métabolites primaires que sont les protéines, les glucides et les lipides. Ces composés diffèrent en fonction des espèces et, bien que leurs rôles soient encore

mal connus, il est cependant clair qu'ils interviennent dans les relations qu'entretient la plante avec les organismes vivants qui l'entourent. Ils sont probablement des éléments essentiels de la co- évolution des plantes avec les organismes vivants, tels que parasites, pathogènes et prédateurs, mais aussi pollinisateurs et disséminateurs. Ces différentes relations ont donné lieu à une extrême diversification des composés secondaires. [1]

Si leur rôle écologique reste encore à préciser, leur utilisation par l'homme dans de nombreuses préparations thérapeutiques est très largement répandue. La pharmacognosie est étymologiquement la connaissance (gnosis) des poisons (pharmacon) d'origine naturelle. Ces substances toxiques possèdent, parfois à faible dose, des propriétés médicamenteuses et peuvent être utilisées à des fins thérapeutiques. Les molécules naturelles responsables de ces activités servent aujourd'hui de modèle à la créativité des chimistes qui tentent d'en améliorer les activités ou d'en diminuer les effets secondaires et la toxicité. Par ailleurs, les limites entre plantes médicinales et aliments sont parfois peu nettes, et un champ d'application nouveau, la «nutraceutique», exploite ce fait.[1]

La diversité des espèces utilisées et des métabolites secondaires déjà isolés laisse présager de l'ampleur de ce qui reste à découvrir. On considère effectivement que, jusqu'à ce jour, moins de 10 % des espèces de végétaux supérieurs qui peuplent actuellement la planète ont été explorées pour leurs propriétés chimiques et biologiques.[1]

On peut classer les métabolites secondaires en plusieurs grands groupes : parmi ceux-ci, les composés phénoliques, les terpènes et stéroïdes et les composés azotés dont les alcaloïdes. Chacune de ces classes renferme une très grande diversité de composés qui possèdent une très large gamme d'activités en biologie humaine. [1]

Plusieurs études ont prouvé les propriétés médicinales ; anti-inflammatoires, antibactériennes et antiseptiques de ces métabolites secondaires.

- Le pamplemousse, surtout consommé sous forme de jus auquel l'amertume confère des qualités désaltérantes ; il contient, outre que la vitamine C, de nombreuses substances antioxydantes complexes ; le lycopène, les limonoïdes et la naringine [2] ; un flavonoïde rarement présent dans les agrumes et très précieux dans la lutte contre les radicaux libres.
- Il renferme aussi de grandes quantités de pectine [2] ; et de tanins actifs hydrolysables [3].

Ainsi la présence de flavonoïdes, de limonades, de vitamine C et de caroténoïdes confère au pamplemousse des effets bénéfiques dans la prévention des cas de cancers de la bouche, du pharynx, de l'oesophage et de l'estomac [4]

En vue d'une caractérisation phytochimique de métabolites de deux espèces de pamplemousse, à savoir ; citrus paradisi yellow et blood, un screening phytochimique est élaboré pour la recherche de tanins, flavonoïdes, dérivés anthracéniques, quinones libre, alcaloïdes, stérols et terpènes, sucres réducteurs, saponines, et d'autres métabolites secondaires.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PREPARATION DES ECHANTILLONS

Les fruits testés ont été récoltés au niveau d'une ferme exemplaire située dans la région du rabat-salé-kénitra, province de kénitra- lgharb.

Deux espèces de pamplemousse ; citrus paradisi yellow et blood ont été prélevées aléatoirement, lavées et découpées en rondelles. Elles ont été par la suite séchées et broyées afin d'obtenir une poudre fine utilisable pour le criblage phytochimique.

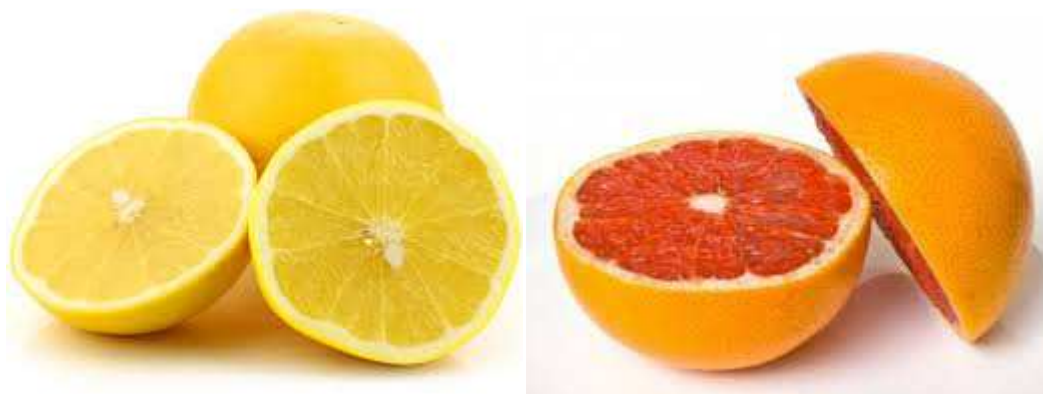


Fig. 1. Image des deux variétés du pamplemousse testées

2.2 SCREENING PHYTOCHIMIQUE

2.2.1 CARACTÉRISATION DES TANINS

Les poudres de notre matériel végétal ont été préparées sous forme d'infusion dans 100ml d'eau distillée bouillante. Après 15 min, l'infusé est filtré et rincé dans une fiole jaugée de 100ml à l'eau distillée chaude, le volume est ajusté jusqu'au trait de jauge. La même préparation va nous servir pour caractériser différents types de flavonoïdes.

15 ml du réactif de Stiasny dans 30 ml de l'infusé a pu montrer la présence des tannins galliques. Après 15 min de chauffage au bain marie à 90°C, le mélange est filtré et saturé par 5g d'acétate de sodium. 1 ml d'une solution de FeCl_3 à 1% a été ensuite ajouté. La présence de tanins galliques est indiquée par l'apparition d'une teinte bleu-noire.

1 ml de HCl concentré a été ajouté à 5 ml de l'infusé. Le mélange est porté à ébullition pendant 15 minutes. La formation d'un précipité rouge insoluble dans l'alcool iso-amylique montre la présence de tanins catéchiques. [5]

2.2.2 CARACTÉRISATION DES FLAVONOÏDES

L'infusé préparé au préalable va nous servir pour caractériser les flavonoïdes. 5 ml de cet infusé a été ajouté à 5 ml d'alcool chlorhydrique (HCl concentré à 50% dans l'éthanol) et 1 ml d'alcool iso-amylique avec quelques morceaux de magnésium. Une coloration rose-orange (flavones) ou rose violacée (flavonones) indique la présence de flavonoïdes libres. [5]

La même réaction à la cyanidine citée précédemment mais sans ajout de morceaux de magnésium permet de montrer la présence des anthocyanines. Après 15 minutes de chauffage au bain marie, l'apparition d'une coloration rouge-cerise caractérise la présence des leucoanthocyanes (flavonols et flavanonols) alors qu'une coloration brun-rouge montre la présence des catéchols. [5]

Les anthocyanes ont été montrés par ajout à 5 ml du même infusé à 5 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) à 10% et 5 ml d'ammoniaque (NH_4OH) à 50%. La coloration de l'infusé s'accroît par acidification puis vire au bleu en milieu basique en présence d'anthocyanes. [5]

2.2.3 CARACTÉRISATION DES STÉROLS ET POLYTERPÈNES

1g du matériel végétal est nécessaire pour préparer un macéré dans 20ml de l'éther pendant 24 heures dans un flacon en verre fermé. Ce macéré sert à la fois pour caractériser les stérols et polyterpènes, les caroténoïdes et les coumarines [5]

1ml de CHCl_3 est ajouté au résidu de 10ml du macéré évaporé. La solution obtenue est partagée dans deux tubes à essai. 1 à 2ml de H_2SO_4 est ajouté au 1^{er} tube, le deuxième servira de témoin. La présence des stérols et polyterpènes est révélée par la formation d'un anneau rouge brunâtre ou violet au niveau de la zone de contact des deux solutions. [5]

2.2.4 CARACTÉRISATION DES CAROTÉNOÏDES

2 à 3 gouttes du trichlorure d'antimoine saturé dans le chloroforme sont ajoutées au résidu de 5ml du macéré évaporé à sec. Une coloration bleue devenant rouge indique la présence des caroténoïdes [5].

2.2.5 CARACTÉRISATION DES COUMARINES

- **1^{ère} méthode**

4 ml de la solution éthanolique 5% est réparti dans deux tubes à essai. On ajoute à l'un des tubes 0,5 ml de NaOH à 10%, l'autre tube sert de témoin. Puis les deux tubes à essai sont chauffés au bain-marie jusqu'à ébullition. Après refroidissement, on ajoute dans chaque tube à essai 4 ml d'eau distillée. Si le liquide du tube à essai dans lequel l'on a ajouté la solution alcaline est plus clair par rapport au liquide du tube à essai témoin (sans solution alcaline), alors la réaction est positive. En acidifiant la solution transparente avec quelques gouttes de HCl concentré, elle perd sa coloration jaune, se trouble ou forme un précipité [6].

- **2^{ème} méthode**

5ml de l'extrait éthéré sont évaporés à sec. Les résidus sont repris dans 2ml d'eau chaude et 1ml de NH₄OH à 25%. L'observation sous UV à 366nm d'une fluorescence bleue intense indique la présence qualitative des coumarines [5].

2.2.6 CARACTERISATION QUANTITATIF DES SAPONINES : INDICE DE MOUSSE

1g du matériel végétal réduit en poudre dans à 100ml d'eau distillée bouillante permet d'obtenir un décocté à 1%. Ce dernier est ensuite mis au bain marie pendant 15 min à une température d'ébullition. Le décocté est ensuite filtré et réparti dans 10 tubes à essai de 1 à 10ml d'une manière successive. Le volume de chaque tube est complété à 10 ml par l'eau distillée. Chaque tubes est agité verticalement pendant 15 sec. La hauteur de la mousse est ensuite mesurée après 15min de repos. L'indice de mousse est calculé au niveau des tubes où la hauteur de la mousse est supérieure ou égale à 1cm selon la relation suivante :

$$I_m = 1000/N \quad (N : \text{numéro de tube dans lequel la mousse est de 1cm}) [5]$$

2.2.7 CARACTÉRISATION DES SUCRES RÉDUCTEURS

2 g de poudre du matériel végétale de chaque plante sont macérées dans 15ml de méthanol pendant 48h dans un flacon en verre à fermeture afin d'éviter l'évaporation du solvant. 5ml du macéré filtré est ajouté à 5ml de la liqueur de Fehling et disposée dans un tube à essai (2,5ml de la solution A obtenue par l'ajout de 2g de SO₄Cu à 50ml d'eau distillée et 2,5 ml de la solution B obtenue en dissolvant 7,5g de NaOH dans 50ml d'eau distillée puis ajouter 10g du Tartrate Na/K). Après le chauffage du tube au bain marie 2 à 3 min à 70°C, l'apparition d'un précipité rouge brique signifie la présence de composées réducteurs [6].

2.2.8 CARACTÉRISATION DES ALCALOÏDES

2 g des drogues végétales de chaque plante ont été macéré dans 15 ml d'eau distillée pendant 24 heures dans les conditions climatiques ambiantes. Après filtration, le macéré de chaque échantillon est disposé dans un tube à essai pour être testé par le réactif de Dragendorff ; un deuxième tube à essai ; contenant de l'eau distillée et quelques gouttes du réactif ; est considéré comme témoin. La réaction est dite positive s'il y a formation d'un précipité de couleur orange-rougeâtre [7].

2.2.9 CARACTÉRISATION DES QUINONES LIBRES

2g du matériel végétal sont macérés dans 20ml d'éther de pétrole. Après quelques minutes d'agitation, le mélange est laissé au repos pendant 12h. Quelques gouttes de NaOH 1/10 sont ajoutées à l'extrait d'éther de pétrole évaporé à sec. La présence de quinones libres est révélée par un virage de la couleur des phases aqueuses au jaune, rouge ou violet [8].

2.2.10 TEST DE MUCILAGE

1ml du décocté des échantillons à 10% est additionné à 5ml d'éthanol absolu. La formation d'un précipité mousseux indique la présence de mucilage [5].

2.2.11 RECHERCHE DE STUPÉFIANTS

Dans un tube à essai peser 0.5g de la poudre végétale et ajouter 5ml d'éther de pétrole. Après une agitation 15 min, filtrer le mélange et évaporer le filtrat à sec dans un bain-marie. 4 à 5 gouttes de KOH à 5% dans l'alcool sont ajoutées aux résidus. Une coloration violette montre la présence de stupéfiants de type tétrahydrocannabinols (réaction de BEAM) [9].

2.2.12 CARACTÉRISATION DES PROTÉINES

La mise en évidence des protéines a été faite par la réaction du Biuret. 1g de la poudre végétale a été ajouté à 2 ml de NaOH aqueux à 20% dans un tube à essai, auxquels sont ajoutées 2 à 3 gouttes d'une solution aqueuse de CuSO_4 à 2%. Une coloration violette, quelque fois teintée de rouge, indique une réaction positive [6].

2.2.13 CARACTÉRISATION DES LIPOÏDES

2g du matériel végétal ont été macérés dans 15 ml d'éther du pétrole pendant 30 minutes. Le filtrat ainsi obtenu est évaporé. 3 gouttes de H_2SO_4 ont été ajoutées aux résidus. L'apparition d'une forte coloration violette ou verte témoigne de la présence des lipoïdes (Etudes rwandaises, 1977) [7].

2.2.14 CARACTÉRISATION DES HUILES ESSENTIELLES

10ml de l'extrait au dichlorométhane 1% ont été évaporés à sec. Le résidu est ensuite dissous dans 3 ml d'éthanol. La solution ainsi obtenue est à nouveau évaporée à sec. La sensation d'une odeur parfumée indique la présence d'huiles essentielles [10].

2.2.15 CARACTÉRISATION DES IRRIDOÏDES

Un décocté est préparé en ajoutant 1g du matériel végétal à 20ml d'eau distillée. L'ensemble est porté à ébullition pendant 1h. Après refroidissement du filtrat et évaporation, 1ml d'acide chloridrique concentré est ajouté aux résidus. Le test est dit positif s'il y a formation de précipité noirâtre après chauffage de la solution [8].

3 RESULTATS

Les résultats du criblage phytochimique effectué pour les deux espèces de pamplemousse sont rapportés au niveau du tableau suivant selon le degré de réactivité.

Tableau 1. Résultat du criblage phytochimique des deux variétés du pamplemousse

variétés		Citrus paradisi yellow	Citrus paradisi blood
Groupes chimiques			
Tannins	Tannins libres	++	+++
	Tannins catéchiques	-	-
	Tannins galliques	-	-
Flavonoïdes	Flavones	-	-
	Flavanones	++++	++
	Leucoanthocyanes	-	-
	Anthocyanes	-	-
Dérivés anthracéniques	Anthracéniques libres	-	-
	Anthracéniques combinés	++	-
		O-hétérosides	-
		O-hétérosides génines	-
	C-hétérosides	±	++
Quinones		-	++
Alcaloïdes		++	++
Stérols and terpènes		+++	++
Sucres réducteurs		+	+
Saponosides		-	-
coumarines		++++	++++
caroténoïdes		+++	+
Huiles essentielles		+	+
lipoïdes		+++	+
stupéfiants		-	-
Protéines		-	+
irridoides		++++	+++

+ + + +: Strong positive reaction; + +: Moderately positive reaction; + + +: positive reaction; +: weakly positive reaction; -: negative test

Au regard des résultats renseignés dans le tableau 1, les citrus paradisi yellow et blood renferment d'importants métabolites secondaires.

Une présence modérée de tanins est observée respectivement au niveau du citrus paradisi yellow et du citrus paradisi blood. En effet, le pamplemousse ; avec ces différentes espèces, contiennent bien des tanins hydrolysables [3].

Des flavonoïdes de types flavanones et des caroténoïdes ont été fortement remarquées au niveau du citrus paradisi yellow, mais leur présence est modérée chez le citrus paradisi blood. Les mêmes résultats sont cités au niveau des travaux de Fujioka K et al ;2006[4].

Une réaction fortement positive a été observée chez les deux espèces de citrus montrant la présence de coumarine et des irridoides.

Les protéines sont présentes chez le citrus paradisi blood contrairement au citrus paradisi yellow qui a montré une réaction négative

En revanche, une présence de quinones et de dérivés anthracéniques de type C-hétérosides est observée chez le citrus paradisi blood contrairement au citrus paradisi yellow. Les dérivés anthracéniques de type O-hétérosides sont observés uniquement chez le citrus paradisi yellow.

La formation d'un anneau rouge brunâtre témoigne d'une présence de stérols et terpènes chez les deux espèces de pamplemousse, néanmoins, le citrus paradisi yellow a montré une réactivité plus importante que celle observés chez le citrus paradisi blood.

Contrairement aux alcaloïdes ; métabolites moyennement présent chez les deux espèces testés, les sucres réducteurs sont faiblement observés chez les deux espèces de citrus.

Une réaction négative est notée pour le test des saponines et des stupéfiants chez les citrus paradisi yellow et blood.

4 CONCLUSION

Dans le but d'une caractérisation phytochimique de deux espèces du pamplemousse (jaune et rouge, un screening phytochimique basé sur des réactions de coloration et/ou de précipitation a été effectué pour faire ressortir les différents métabolites secondaires.

En effet, cette étude a permis de mettre en évidence divers métabolites secondaires, à savoir, les flavonoïdes, les tanins, les alcaloïdes, les dérivés anthracéniques, les caroténoïdes, les quinones et d'autres pouvant être à l'origine de l'activité antioxydante de ces deux espèces d'agrumes, d'où l'intérêt de leurs utilisations dans la phytothérapie traditionnelle ainsi que le domaine pharmacologique et cosmétique.

REFERENCES

- [1] Sabrina KRIEF « Métabolites secondaires des plantes et comportement animal surveillance sanitaire et observations de l'alimentation de chimpanzés (*pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda » thèse de doctorat, septembre 2003.
- [2] Effets métaboliques et interactions médicamenteuses provoqués par certaines substances d'origine végétale : pamplemousse, millepertuis et ail, La presse médicale 2002, vol. 31, n°30, pp. 1416-1422
- [3] J-J.Macheix, A.Fleuriet,C.Jay-Allemand. Les composés phénoliques des végétaux : Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed. PPUR. Lausanne. 191p.2005.
- [4] The effects of grapefruit on weight and insulin resistance: relationship to the metabolic syndrome, Fujioka K¹, Greenway F, Sheard J, Ying Y. J Med Food. 2006 Spring; 9(1):49-54.
- [5] Mamadou Badiaga, « étude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de NAUCLEA LATIFOLIA smith une plante médicinale africaine récoltée au Mali », thèse de doctorat, Mali 2012, 92 p
- [6] Yves-Alain BÉKRO et al. Sciences & Nature Vol. 4 N°2 : 217 - 225 (2007)
- [7] Screening phytochimique de *Achillea Millefolium* L et *Bridelia Brideliifolia* et tests d'activité biologique sur *Escherichia Coli*, *Salmonella Polyvalento* et *Shigella Flexneri* par la méthode de tests antibiogrammes par Matenga Masumbuko- Institut supérieur pédagogique de Bukavu - Licence en pédagogie appliquée 1996
- [8] Différences et similitudes des métabolites secondaires chez deux espèces du genre *Allium*, *Allium roseum* L. et *Allium ampeloprasum* L.)
- [9] Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Syzygium guineense* Willd (*Myrtaceae*). 2005
- [10] Criblage phytochimique et évaluation de la toxicité aigüe de *Pisolithus tinctorius* (basidiomycète). J. sci. pharm. biol., Vol.10, n°2 - 2009, pp.6-13

Foreign Direct Investment and Trade Openness: The Case of South Asian Economies

Ali Asghar

Department of Economics, University of Gujrat, Pakistan

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

ABSTRACT: This paper examined the relationship between Foreign Direct Investment inflows and trade openness in the South Asian economies. In literature there had been diversification about this relationship. Some studies approved positive and significance relationship between FDI and Trade Openness and some found it insignificant. Our study examined the relationship of 7 countries for the time period of 12 years from 1998 to 2010 with panel data. On our data random effects were estimated. Trade openness was measured by three indicators, in terms of imports, exports and a joint combination of both the factors. The results suggested that there is significance relationship between trade openness and foreign direct investment inflows. Trade openness has positive and significance effects for FDI inflows in South Asian countries.

KEYWORDS: FDI, Trade openness. South Asian Economies, Government final consumption expenditure, Exchange rate volatility.

1 INTRODUCTION

Is there any relationship exist between trade and FDI? There has been a lot of literature in order to explain this relationship between trade and FDI. But answer is not straightforward. Even there exist differences and sometimes conflicts in these studies. In this research paper I have tried to explain the relationship between trade liberalization and foreign direct investment.

Foreign direct investment plays a major role in the development of a nation. One of the major issues of the developing economies is that they do not have sufficient capital or national savings to sponsor their investments. Same is the case with developing nations of South Asian region. As a result they always look towards the developed nation to invest more in their countries in which they have more abundant resources and labor. So they are always looking for capital in form of direct and indirect investments. After 1980s debt crises, many countries were forced to rethink about their investment policies. So most suitable solution to attract the capital was the FDI. Thus it became a popular source of bank loans as a source of capital inflow. So now days many developing countries has made FDI as a major source of capital inflow and promoting FDI to attract foreign investors in different ways.

It has been seen that foreign direct investment (FDI) had strong influence on the economic growth in the world since the last three decades. According to Omisakin et al (2009) FDI is an important source for proving the funds for Domestic investment which leads to the capital formation. Now days, number of economies are offering incentives like tax free zone, subsidies to foreign firms, market preferences and some monopoly rights as well (Bouoiyour (2003). Because it is seen that FDI inflows can give a hand to the economy by numerous ways like enhancement in service sector including telecommunication, banking, finance and transport. Similarly the same case has been with wholesale, retail trade, business and legal services. In this time period there had been different studies in literature regarding the FDI inflows and its determinants in the developed as developing economies.

UNCTAD (2009) explains that a number of developing countries as well some least developed ones could manage only a small quantity of FDI inflows in their economies. In the view of more globalizing world they made many efforts towards economic liberalization. But it has been seen that FDI inflows are in very limited economies. Because demand side of FDI theory explains that mostly investment goes to countries where there is large enough support to production by scale of

economies (Trevino and Mixon 2004). Grosse and Trevino (1996) finds that mostly FDI moves to developed economies rather than developing because historically it always has been marketing seeking. So developing countries have to make a contest with developed countries in order to attract the higher percentage of FDI inflows in them.

This study is focused in finding the impact of trade openness on FDI inflows. It will be tested that either South Asian markets are more likely to attract the FDI inflows are not. We have divided our study in three sections. In first sections study discusses different the introduction and literature review. In second, we discussed data and indicators of openness and in third section study focus upon model estimations and results. And lastly conclusion is drawn from results and discussion.

2 LITERATURE REVIEW

FDI is basically an investment made to acquire lasting interesting enterprises operating outside the economy of the investor. There are two types of FDI, when local capital is invested abroad it is called outward FDI and when foreign capital is invested locally it is called inward FDI. The relation between FDI and trade is not a straightforward one but there exist differences and sometimes conflicts in the literature. These conflicts are sometimes due to the difference in methodology and data use in estimating relationship. (Andre marten 2008)

The major determinants of foreign direct investment are trade openness, market size, labor force growth, and infrastructure growth. FDI also depend upon the rate of return that an investor receives from the host country. In general south Asian nations must attain more openness in trade in order to improve FDI. (pravekar sahuo 2006)

It is seen that there exist a positive and significant relation between trade openness and FDI. Trade openness boost up export oriented FDI inflows while trade restrictions attracts tariff jumping FDI. So we can say that trade openness of developing economies is positively related to the size of export oriented capital inflows. Other than trade liberalization, FDI also depends upon the political stability, exchange rate stability and market size of economy. So developing countries must stabilize their exchange rate and political situation along with trade openness in order to attract more FDI. (panagiotis liargovas and Skandalis 2010)

(Bloningen 2005) states that in literature it is found that FDI decisions depends on a diverse features of the host countries like exchange rate, market size and potential, openness, political stability (risk), labor cost, investment cost, trade costs, human capital, trade deficit, external debt, domestic investment, human capital, inflation, tax, budget deficit, government consumption and energy use. It also has been observed that economically sound environment is more suitable for foreign business which leads to FDI inflows (Kumar 2002). There are also some other factors which attracts the FDI inflows like institutional quality, physical infrastructure, imports tariffs, macroeconomic stability and political stability (Trevino et al. 2002). Furthermore Trevino et al 2002; Grosse and Trevino 1996 state that economic growth of host country also an attractive driver of FDI. According to Victor Mponda-Banda, infrastructure development has significant and positive impact on FDI but trade has insignificant influence on the FDI in the case of Malawi. He further argued that determinants of FDI which are proven or disproven in other countries may not hold in all countries so every region must be analyzed differently.

Dunning (1993) states that rent seeking, efficiency seeking, strategic asset and market seeking are also more attractive for FDI inflows. Foreign firms also tend to seek cheaper factors of production and inputs. Those firms which tend to capture markets for exports can increase their sales in host country. This will help those firms who want to minimize their different trade restrictions like high transport costs and rules of origin. The firms which want efficiency seeking use small number of countries as their host countries. Some other factors in this intension are location, government regulation and factors endowments. Finally the strategic-asset is an important motive for foreign firms to keep their international position and competitiveness.

Here in this study we focus on trade openness as important factor impacting upon FDI inflows. In literature openness can be discussed from different angles e.g. social or socio-economic prospects. But will discusses openness from the economic dimension i.e. trade. Trade openness always attracts export-oriented FDI while when there are trade restrictions tariff-jumping FDI will be attracted. And its target will be the attraction of domestic market (Kosteletou and Liargovas 2000).

Zhang (2006) tested the growth driven by FDI for the China with panel data techniques. The study mentioned possible channels through which FDI causes positive as well as negative impacts on economic growth; findings suggested that FDI is an important channel for economic growth.

Causality link between growth, openness to trade and capital inflow has been explored by Iqbal *et al* (2010). The study utilized quarterly data set over the period 1998-2009 and applied Vector Auto Regressive (VAR) model to test the existence of long run relationship, while direction of causality is found by multivariate VECM. Findings suggested bidirectional causality between trade sector growth and economic FDI is detected, while a positive and robust link has been suggested between FDI

and trade promotion in long run. A similar analysis by Abubaker Bujaasi Mayanja (2003), investigated whether FDI is important for accessing foreign technology by using industry level panel data from the census of production for 205 four-digit industries in United Kingdom.

Kim and Bang (2008) studied the same link between FDI and economic growth for Ireland. Empirical findings found statistically significant effects of foreign direct investment on economic growth in short run as well as long run. Granger causality results indicated that foreign direct investment leads to economic growth Katarina and John (2004) analyzed the relationship between foreign direct investment and economic growth for Western European and US economy and documented similar findings. Shah and Ahmad (2003) analyzed the diversity in modes of international transaction along with movement of resources across the border and found a direct effects on inward FDI flows in Pakistan.

Tentatively both trade restrictions and openness could affect FDI inflows in positive or negative ways. But some policies of trade openness produced healthy effecting attracting the FDI. We can take the example of free trade agreement (FTA) in several Latin American countries which are able to attract FDI significantly. According to Goldberg and Klein (1998) FDI increases the exports, substitutes for imports or enhances the trade in intermediate inputs. While Raff (2004) suggests that under some specific conditions FTA does not lead to attract the FDI however FDI is welfare improving. But there are also some other studies which had found positive relationship between trade openness and FDI flows (Biglaiser and deRouen 2006; Chakrabarti 2001).

On the other side we can see that some others like (Seim 2009) explore a negative as well complex relationship between trade openness and FDI inflows. During research it needs some careful explanation which may depend on features of each case. Briefly, the impact of trade openness on FDI inflow may change according to the inspiration for appealing FDI activities (Markusen and Maskus 2002; Dunning 1993).

The present study takes part in the literature for finding the role of trade openness measured by three different variables which are used in the literature. It will investigate that either trade openness an active determinant of FDI inflows in South Asian countries which are relatively in more tough condition than other Asian countries.

3 DATA AND INDICATOR OF OPENNESS

Our panel data set contains 7 South Asian countries which cover the period of 1998 to 2010. The economies are: Pakistan, India, Bangladesh, Maldives, Nepal, Bhutan and Sri Lanka. We concentrate on the last decade time period because large investment was made all over the world in this period. We check this fact from the Figure 1 given below which is extracted from UNCTAD data base. The figure indicates the larger increase of world FDI after the time period of 1990 as compare to the time period of 1980's or earlier. There is upraising in FDI in almost every region of the world like developed economies, developing economies, transition economies and other territories. So in the study this upraises will be observed with respect to the South Asian economies in the trade openness prospective.

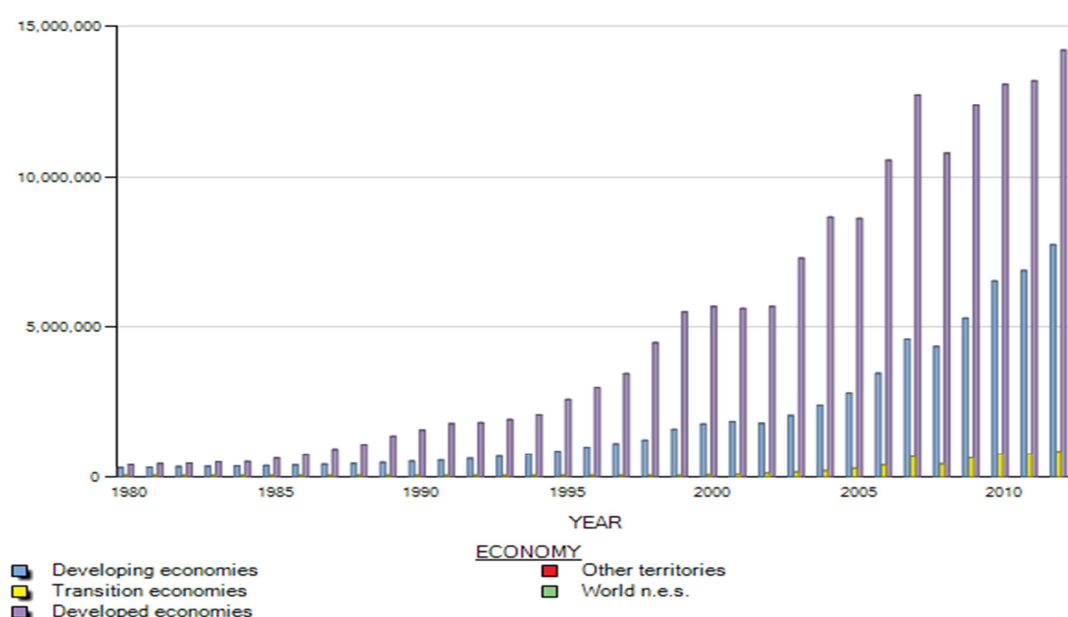


FIGURE 1

There is another table drawn from the UNCATD data base. It presents the same results as drawn from the above diagram. Over the time FDI inflows has been increased in the all segments of the world. Though its intensities had been different in all regions.

TABLE 1

YEAR	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
ECONOMIES FDI INFLOWS									
Developing economies	3854.46	9709.49	7469.39	14164.7	34762.9	1169573	2645428	3345212	637063
Transition economies	0.00004	0.00004	23.6004	15.0004	75.2004	4106.78	7038.35	33611.8	75056.3
Developed economies	9491.25	16857.5	46575.1	41662.1	1725248	2224801	1141588	6214849	6964178

Another figure 2 also reveals same pattern of FDI inflows regarding South Asian economies. The abrupt more or less increase in FDI trend has been observed in all economies. In south Asian region Afghanistan and Iran are also included in some international reports (UNCTAD). But we are going to exclude these economies from our studies due to unavailability of data of our desired variables. Still we have missing values in our model so panel model will be used for the study because it carries meaning full results in the presence of missing values. In this way we may avoid from some complications which may arise in time series data.

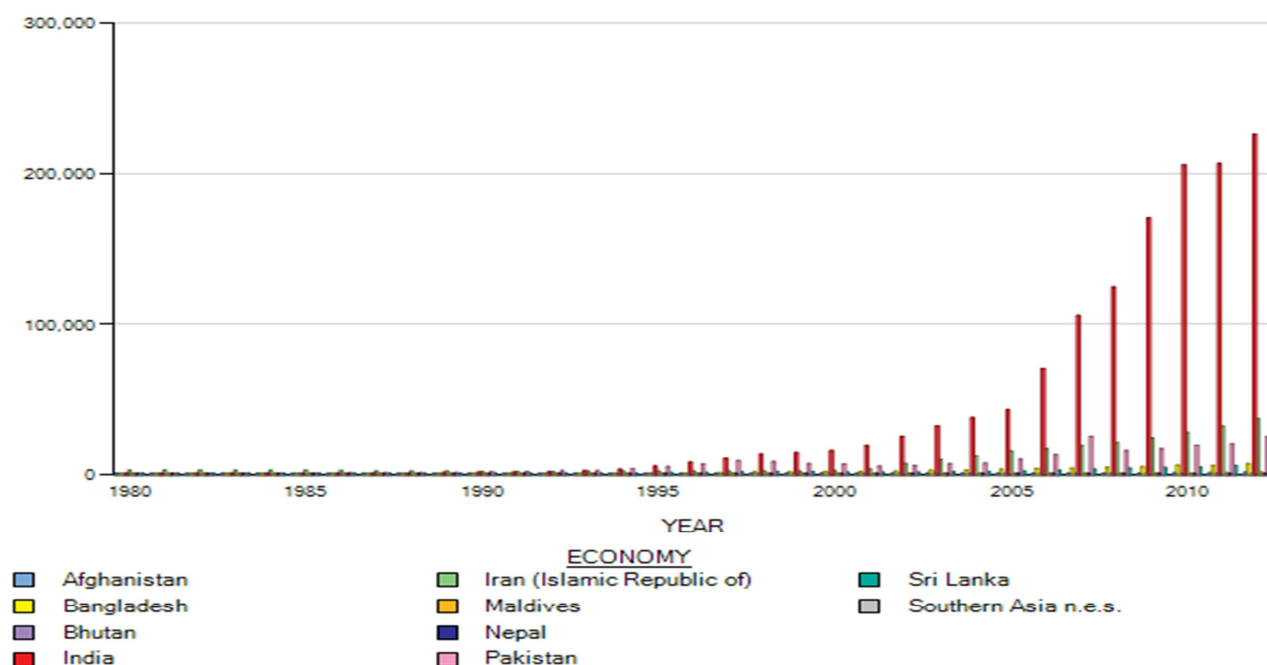


FIGURE 2

Study includes Foreign Direct Investment inflows as dependent variable. Chakrabarti (2001) and Bardhyl Dauti (2008) used these variables in the study. Here we determine six main variables as determinants of FDI from the literature. These are exchange rate stability, GDP, GDP per Capita, political risk and trade openness and government final consumption expenditures.

TABLE 2

Variable	Definition	Source
FDI	Foreign direct investment inward outward flows	UNCTAD
Trade Openness= m/GDP	Imports/GDP	WDI
Trade Openness= x/GDP	Exports/Imports	WDI
Trade Openness= $x+m/GDP$ per capita	Exports Imports/GDP per capita	WDI
Political stability	Proxy of political risk. Ranges from approximately -2.5 (weak) to 2.5 (strong) governance performance)	WGI
Government final consumption expenditure	Government final consumption expenditure in a year	WDI
GDP	Gross domestic product	WDI
GDP per capita	GDP per capita	WDI
Exchange rate volatility	Measured by standard deviation of exchange rate	www.oanda.com

Table 2 describes the definitions of out variables and their data sources. The data of all variables had been taken from World Development Indicators except Exchange rate volatility, FDI and Political stability. There data has been collected from OANADA data base, UNCTAD and World Governance Indicators respectively.

Exchange rate stability is measured by exchange rate volatility. According to Kosteletou and Liargovas (2000) as exchange rate volatility increases FDI decreases. Its other meanings are that if there is stable exchange rate then it will affect FDI positively. So risk aversion firms may from entering foreign markets in the presence of exchange rate volatility. In literature different standards have been used by researches to measure the exchange rate volatility. Anderton and Skudely (2001) used the variance of weekly nominal exchange rate to measure the exchange rate volatility. Similarly Zubair and Jega (2008) used standard deviation of series to measure the exchange rate volatility. And Gujarati (2003) measures exchange rate volatility in terms of mean adjusted and squared deviation of variance each series. But we will use the Zubair and Jega (2008) method in the study because it is used in many times in the literature and trouble-free to deal with it. And GDP captures the overall size of the market in an economy. It is probable that wider markets extract more FDI inflows. GDP of an economy also defines the purchasing power of an economy at international comparable standard. Butler and Joaquin (1998) define Political risk as risk to a government in host country which can alter the institutional environment in which business is established. From fiscal point of view, political risk changes the flows of operating cash due to specific inequitable and regulations. However many studies presented mixed results about the political risk and FDI inflows (Grosse and Trevino 1996; Tallman 1988), it is expected that an economy having more political risk will less attract foreign investors.

There is huge diversity regarding the trade openness in the literature. Some emphasize export-led growth and there is other who forces openness to imports. Squalli and Wilson (2009) tried to incorporate both approaches. Therefore we will also include these approaches in our study. So we exercise:

- Exports divided by GDP (X/GDP)
- Imports divided by GDP (M/GDP)
- And total trade divided by GDP per capita ($X+M/GDP$ per capita).

These measures are mostly used in the literature to explain trade intensities. These indicators are appropriate measure of openness variable. Furceri and Borelli (2008) and Asiedu (2002) explored that these indicators had significant relationship with FDI inflows. So we will incorporate these variables in our study for the measurement of openness. With the help of these indicators of trade openness, we will investigate the association of trade openness and FDI inflows by escaping from measurement issues. But one thing is clear that none of the above indicator of trade openness could estimate the trade barriers.

These indicators are measure of trade dependence. But trade dependence might have other reasons than trade barriers. For example larger economies of the world had less dependence upon trade while G7 had more. Similarly Australia is an isolated economy and it also had low dependence than Canada which has common boundaries with United States. Those

economies which concentrate on exports may also have more dependence. However it is away from the scope of this study to include such indicators which can measure trade barriers.

4 MODEL ESTIMATION AND RESULTS

Our model is expressed in following way:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 EXCH_{it} + \beta_2 GDP_{nomit} + \beta_3 GDP_{percapit} + \beta_4 POLITICAL_{it} + \beta_5 OPEN_{it} + \beta_6 GovtCon_{it} + \mu_{it}$$

Chakrabarti (2001) used these variables in the study. Panagiotis G. Liargovas *et al* (2012) used this model in their study. Where Y_{it} is the variable of foreign direct investment inflows (dependent variable) in country i and time t . $EXCH_{it}$, $OPEN_{it}$, GDP_{nomit} , $GDP_{percapit}$, $POLITICAL_{it}$ and $GovtCon_{it}$ stand for Exchange Rate Stability, the variables of Openness, GDP, Per Capita GDP (\$), Political stability and Government final consumption expenditure respectively. We incorporated panel data estimations in our study due to many reasons which have been discussed in the literature. Our data is has some missing values so according to Hsiao (2003) and Klemarken (1989) panel data minimizes the risk of obtaining the biased estimations. Because it describes that all units of analysis are heterogeneous in nature. Similarly panel data has less collinearity among independent variables, more degree of freedom, more efficiency and more informative inputs for estimations. Precisely panel data give chance to measure and detect those effects which are measurable in cross-sectional and time-series data.

In our study, we selected random effects model (Table 5) on the biases of Hausman specification test (Table 6). So Table 4, Table 5, Table 6 describes our estimations results. We use a cross country panel data model to determine the effects of a number of trade openness indicators on FDI inflow in South Asian countries of our sample. We regressed panel least squares regression with a time series component of twelve years (1998-2010).

TABLE 3

Variables	coefficient	std.error	t	p
C	6.56E+09	3.02E+09	2.17	0.03
Std.deviatin	-9.39E+08	5.67E+08	-1.66	0.098
tdOpPrecp	84.12817	41.01884	2.05	0.04
tdoppim	1.55E+09	6.91E+09	2.24	0.025
Gdp	-2.76E-01	3.93E-02	-7.02	0
Pcy	2.31E+05	1.60E+06	0.14	0.885
GovtCon	2.13E+00	1.07E-01	19.86	0
Ps	-1.69E+09	9.91E+08	-1.71	0.087
tdopxpgdp	8.42E+09	8.00+09	1.05	0.293

$$R^2 = 0.97$$

$$Chi^2 = 2831.79(0.000)$$

Table 3 describes the estimated results. It appears from Table 3 that the variable of our interest, openness, is significant in the two three of them. More specifically M/GDP (tdoppim) and X+M/GDP per capita (tdOpPrecp) are positive as well have significant impact, while X/GDP is only positive but not significant. These results were extracted by Furceri and Borelli (2008), Asiedu (2002) and Gastanaga *et al.* (1998) who reported that open economies are more likely to influence the initiation of foreign capital. Furthermore interesting result is that market size as described by the variables GDP (Gdp) and Government final consumption expenditure (GovtCon) affects positively and significantly the FDI inflows in our regression. These results lie with Trevino *et al* (2002) and Grosse and Trevino (1996). On the other hand political stability (PS), per capita income (pcy), and exchange rate (std.deviatin) had negative relationship with FDI. Azam and Khattak (2009), Danish and Adiga (2012) also estimated same results. And R^2 and Chi^2 values are also significant. This tells that most of the variations are within the model and overall model is significant.

5 CONCLUSION

This study explored the significance relationship of Foreign Direct Investment inflows with Trade Openness in South Asian Economies which according to UNCTAD attracts only small amount of FDI. Using panel data and random effects the relationship found positive and significant relationship. Other than trade openness, Government final consumption expenditure and GDP are also found significant and positive and had significant influence on FDI existence.

So it is suggested that trade should be open in the South Asian region to attract more FDI inflows. This will ultimately enhance the GDP of these countries. Another important aspect of this study is that FDI should bring sustainable development. Because Per Capita income has not significant relationship with FDI inflows so governments should keep eye at this aspect while formulating policies regarding Trade openness.

REFERENCES

- [1] Asiedu (2002). On the determinants of foreign direct investment to developing countries: If Africa different? *World Development*, 30, 107–119.
- [2] Biglaiser & DeRouen (2006). Economic reforms and inflows of foreign direct investment in Latin America. *Latin American Research Review*, 41(1), 51–75.
- [3] Bloningen (2005). A review of the empirical literature on FDI determinants. NBER working papers no. 11299. Cambridge, MA.
- [4] Butler & Joaquin (1998). A note on political risk and the required return on foreign direct investment. *Journal of International Business Studies*, 29(3), 599–608.
- [5] Chakrabarti (2001). The determinants of foreign direct investment: Sensitivity analyses of cross-country regressions. *KYKLOS*, 54, 89–112.
- [6] Dunning (1993). *Multinational enterprises and the global economy*. Wokingham: Addison Wesley.
- [7] Ferrieri (2006). A method for measuring international openness. *Social Indicators Research*, 77, 245–255.
- [8] Frankel, J. A. (2000). Assessing the efficiency gains from further liberalization, KSG Faculty Paper No. RWP01-030. <http://ssrn.com/abstract=284009>. Accessed 2 March 2010.
- [9] Furceri & Borelli (2008). Foreign direct investments and exchange rate volatility in the EMU neighborhood countries. *Journal of International and Global Economic Studies*, 1(1), 42–59.
- [10] Gastanaga, Nugent & Pashamova (1998). Host country reforms and FDI inflows: how much difference do they make? *World Development*, 7(26), 1299–1314.
- [11] Goldberg, L. S., & Klein, M. W. (1998). Foreign direct investment, trade and real exchange rate linkages in Southeast Asia and Latin America. In R. Glick (Ed.), *managing capital flows and exchange rates: Perspectives from the pacific basin* (pp. 73–100). Cambridge: Cambridge University Press.
- [12] Grosse, R & Trevino, L. J. (1996). Foreign direct investment in the United States: An analysis by country of origin. *Journal of International Business Studies*, 27(1), 139–155.
- [13] Hsiao, C. (2003). *Analysis of panel data* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- [14] Klevmarken, N. (1989). Panel studies: What can we learn from them? Introduction. *European Economic Review*, 33(2/3), 523–542.
- [15] Kosteletou, L., & Liargovas, P. (2000). Foreign direct investment and real exchange rate interlinkages. *Open Economies Review*, 11(2), 135–148.
- [16] Kumar, N. (2002). *Globalization and the quality of foreign direct investment*. Oxford: Oxford Press.
- [17] Markusen, J. R., & Maskus, K. E. (2002). Discriminating among alternative theories of the multinational enterprise. *Review of International Economics*, 10(4), 694–707.
- [18] Omisakin, O., Adeniyi, O., & Omojolaibi, A. (2009). Foreign direct investment, trade openness and growth in Nigeria. *Journal of Economics Theory*, 3, 13–18.
- [19] Raff, H. (2004). Preferential trade agreements and tax competition for foreign direct investment. *Journal of Public Economics*, 88(12), 2745–2763.
- [20] Seim (2009). FDI and openness: Differences in response across countries line, Chr. Michelsen Institute. <http://www.nek.lu.se/ryde/NordicEcont09/Papers/seim.pdf>. Accessed 2 March 2010.
- [21] Squalli, J., & Wilson, K. (2009). Openness and access. *Applied Economics*, 41(3), 363–379.
- [22] Tallman, S. B. (1988). Home country political risk and foreign direct investment in the United States. *Journal of International Business Studies*, 19(2), 219–234.
- [23] Trevino, L. J., Daniels, J. D., Arbelaez, H., & Upadhyaya, K. P. (2002). Market reform and foreign direct investment in Latin America: Evidence from an error correction model. *International Trade Journal*, 16(4), 367–392.
- [24] Trevino, L. J., & Mixon, F. G., Jr. (2004). Strategic factors affecting foreign direct investment decisions by multi-national enterprises in Latin America. *Journal of World Business*, 39, 233–243.
- [25] UNCTAD (2013). Training manual on statistics for FDI and the operations of TNCs volume 1 FDI flows and stocks. http://www.unctad.org/en/docs/diaeia20091_en.pdf.
- [26] www.wdi.org.pk

APPENDIX

TABLE 3. POOLES OLS

. reg fdi ps gdp pcy govtconsm stddeviation tdopprecap tdoppimgdp tdopxpgdp

Source	SS	df	MS	Number of obs = 71		
Model	9.3526e+22	8	1.1691e+22	F(8, 62)	=	353.97
Residual	2.0477e+21	62	3.3027e+19	Prob > F	=	0.0000
Total	9.5573e+22	70	1.3653e+21	R-squared	=	0.9786
				Adj R-squared	=	0.9758
				Root MSE	=	5.7e+09

fdi	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ps	-1.69e+09	9.91e+08	-1.71	0.092	-3.68e+09	2.87e+08
gdp	-.275821	.0393066	-7.02	0.000	-.3543938	-.1972481
pcy	230944.5	1596037	0.14	0.885	-2959487	3421376
govtconsm	2.134455	.1074642	19.86	0.000	1.919637	2.349273
stddeviation	-9.39e+08	5.67e+08	-1.66	0.103	-2.07e+09	1.94e+08
tdopprecap	84.12817	41.01884	2.05	0.045	2.132667	166.1237
tdoppimgdp	-1.55e+10	6.91e+09	-2.24	0.029	-2.93e+10	-1.68e+09
tdopxpgdp	8.42e+09	8.00e+09	1.05	0.297	-7.58e+09	2.44e+10
_cons	6.56e+09	3.02e+09	2.17	0.034	5.27e+08	1.26e+10

TABLE 4. PANEL ESTIMATION

. xtreg fdi ps gdp pcy govtconsm stddeviation tdopprecap tdoppimgdp tdopxpgdp, fe

Fixed-effects (within) regression
Group variable: cntry

R-sq: within = 0.9828
between = 0.9968
overall = 0.9079

corr(u_i, xb) = -0.8991

Number of obs = 71
Number of groups = 7
Obs per group: min = 6
avg = 10.1
max = 11

F(8,56) = 401.16
Prob > F = 0.0000

fdi	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ps	-9.44e+08	1.29e+09	-0.73	0.467	-3.52e+09	1.64e+09
gdp	.0603667	.0794788	0.76	0.451	-.0988485	.2195819
pcy	-2154232	1787229	-1.21	0.233	-5734481	1426018
govtconsm	1.283907	.2027312	6.33	0.000	.8777879	1.690027
stddeviation	-1.54e+08	4.18e+08	-0.37	0.715	-9.91e+08	6.84e+08
tdopprecap	-61.20201	45.41157	-1.35	0.183	-152.1723	29.7683
tdoppimgdp	4.00e+08	6.28e+09	0.06	0.949	-1.22e+10	1.30e+10
tdopxpgdp	1.26e+09	5.56e+09	0.23	0.821	-9.87e+09	1.24e+10
_cons	-1.08e+10	3.37e+09	-3.22	0.002	-1.76e+10	-4.09e+09

sigma_u	2.566e+10
sigma_e	3.671e+09
rho	.97994053

(fraction of variance due to u_i)

F test that all u_i=0: F(6, 56) = 15.99 Prob > F = 0.0000

TABLE 5

```
. xtreg fdi pcy gdp ps stddeviation govtconsmdopprecap doppingdp doppinggdp, re
```

Random-effects GLS regression
Group variable: cntry

R-sq: within = 0.9720
between = 0.9868
overall = 0.9786

corr(u_i, X) = 0 (assumed)

Number of obs = 71
Number of groups = 7
Obs per group: min = 6
avg = 10.1
max = 11

wald chi2(8) = 2831.79
Prob > chi2 = 0.0000

	fdi	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
pcy		230944.5	1596037	0.14	0.885	-2897230 3359119
gdp		-.275821	.0393066	-7.02	0.000	-.3528606 -.1987814
ps		-1.69e+09	9.91e+08	-1.71	0.087	-3.64e+09 2.48e+08
stddeviation		-9.39e+08	5.67e+08	-1.66	0.098	-2.05e+09 1.72e+08
govtconsmd		2.134455	.1074642	19.86	0.000	1.923829 2.345081
dopprecap		84.12817	41.01884	2.05	0.040	3.732711 164.5236
doppingdp		1.55e+10	6.91e+09	2.24	0.025	-2.90e+10 -1.95e+09
doppinggdp		8.42e+09	8.00e+09	1.05	0.293	-7.26e+09 2.41e+10
_cons		6.56e+09	3.02e+09	2.17	0.030	6.44e+08 1.25e+10
sigma_u		0				
sigma_e		3.671e+09				
rho		0				(fraction of variance due to u_i)

```
. estimates store fe
```

TABLE 6

```
. hausman fe
```

Note: the rank of the differenced variance matrix (4) does not equal the number of coefficients being tested (8); be sure this is what you expect, or there may be problems computing the test. Examine the output of your estimators for anything unexpected and possibly consider scaling your variables so that the coefficients are on a similar scale.

	Coefficients		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
	(b) fe	(B) .		
ps	-1.69e+09	-1.69e+09	.0000587	48
gdp	-.275821	-.275821	-4.44e-16	8.67e-09
pcy	230944.5	230944.5	7.21e-08	.0220971
govtconsmd	2.134455	2.134455	5.33e-15	2.25e-08
stddeviation	-9.39e+08	-9.39e+08	9.66e-06	21.16601
dopprecap	84.12817	84.12817	-6.82e-13	6.73e-06
doppingdp	-1.55e+10	-1.55e+10	.0000229	652.6745
doppinggdp	8.42e+09	8.42e+09	-.0005274	362.0387

b = consistent under H₀ and H_a; obtained from xtreg
B = inconsistent under H_a, efficient under H₀; obtained from xtreg

Test: H₀: difference in coefficients not systematic

chi2(4) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
= 0.00
Prob>chi2 = 1.0000
(V_b-V_B is not positive definite)

Reproduction de la seiche commune *Sepia officinalis* (Linnaeus, 1758) de la zone économique exclusive de la Côte d'Ivoire

[Reproduction of the common cuttlefish *Sepia officinalis* (Linnaeus, 1758) of the exclusive economic zone of Côte d'Ivoire]

Ekumou Valeri AKESSE¹, Coffi Franck Didier ADOU², Fulgence KOUATO¹, Mamadou KARAMOKO¹, and Atcho OTCHOUMOU¹

¹Laboratoire de Biologie et Cytologie Animale,
Pôle de recherche productions animales,
Université Nangui Abrogoua,
Abidjan, Cote d'Ivoire, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

²Département des Sciences et Technologies, Ecole Normale Supérieure,
Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

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

ABSTRACT: The study of the reproduction of *Sepia officinalis* of the exclusive economic zone of Ivory Coast was made between July 2014 and December 2015 on a total of 756 specimens (399 females and 357 males), dorsal length of coat ranging between 10 and 29,5 cm. The monthly followed parameters of reproduction were the gonado-somatic ratio (RGS), the sex-ratio, the fecundity and the ovocyte diameter. The results obtained reveal that this species reproduces all the year with a strong rate of reproduction in cold season. The total sex-ratio in general shows a predominance of the females compared to the males (1:1,12; $\chi^2 = 2,33; p > 0,05$). The size of the first sexual maturity was obtained by the calculation of the percentage of the mature individuals by class of size and sex. It is 18,83 cm and 18 cm respectively in the females and the males. Absolute fecundity varies from 912 to 1704 ovocytes per ovary with a relative fecundity ranging between 0,25 and 1,55 ovocyte per gram of body weight of female. The average diameter of the ovocytes is of $3,4 \pm 0,08$ mm.

KEYWORDS: fecundity, sexual maturity, *Sepia officinalis*, sex-ratio, ZEE.

RESUME : L'étude de la reproduction de *Sepia officinalis* de la zone économique exclusive ivoirienne a été faite entre juillet 2014 et décembre 2015 sur un total de 756 spécimens (399 femelles et 357 mâles), de longueur dorsale de manteau comprise entre 10 et 29,5 cm. Les paramètres de reproduction suivis mensuellement ont été le rapport gonado-somatique (RGS), le sex-ratio, la fécondité et le diamètre ovocytaire. Les résultats obtenus révèlent que cette espèce se reproduit toute l'année avec un fort taux de reproduction en saison froide. Le sex-ratio global montre en général une dominance des femelles par rapport aux mâles (1:1,12; $\chi^2 = 2,33; p > 0,05$). La taille de première maturité sexuelle a été obtenue par le calcul du pourcentage des individus matures par classe de taille et par sexe. Elle est de 18,83 cm et de 18 cm respectivement chez les femelles et les mâles. La fécondité absolue varie de 912 à 1704 ovocytes par ovaire avec une fécondité relative comprise entre 0,25 et 1,55 ovocyte par gramme de poids corporel de femelle. Le diamètre moyen des ovocytes est de $3,4 \pm 0,08$ mm.

MOTS-CLEFS: fécondité, maturité sexuelle, *Sepia officinalis*, sex-ratio, ZEE.

1 INTRODUCTION

Dans la zone économique exclusive de Côte d'Ivoire, les Céphalopodes constituent un potentiel halieutique important après les poissons. Parmi les espèces de Céphalopodes débarqués à Abidjan, la seiche *Sepia officinalis* figure en première place en termes d'abondance et de régularité dans les débarquements. En moyenne 1,047 tonne de seiches a été débarquée quotidiennement au port industriel de pêche d'Abidjan au cours de l'année 2015. Ainsi, il a été enregistré dans les débarquements 331,969 tonnes de cette espèce au cours de cette dernière année pour une valeur marchande estimée à 298.772.100 FCFA.

Malgré cette place non des moindres qu'occupe la seiche dans la pêche chalutière en Côte d'Ivoire, elle ne semble pas attirer l'attention des chercheurs et autres halieutes. De nombreux travaux ont été consacrés à l'étude du cycle biologique de la seiche dans d'autres zones. En Méditerranée, [1] a démontré que le nombre de femelles mûres n'est jamais nul durant le cycle annuel et que la période de ponte est étalée sur plusieurs mois. Selon le même auteur, le comportement de la seiche de la Méditerranée ne diffère pas de celui de la seiche de l'Atlantique. La référence [2] a fait le même constat sur *Sepia hierreda* des côtes sénégalaises. Cependant, sur les côtes Ivoiriennes, aucune étude sur la biologie de la seiche n'a été entreprise. Pourtant, la connaissance de la biologie de la reproduction d'une espèce, est essentielle pour une bonne gestion des ressources halieutiques.

Afin de mieux connaître les processus liés à la reproduction d'une espèce, il est nécessaire de déterminer la proportion qui existe entre les sexes, les tailles de première maturité sexuelle, l'évolution dans le temps de cette maturation et la détermination la plus précis possible, de la période de ponte le long du cycle annuel. Pour ce faire, la présente étude s'est fixée comme objectif, de déterminer la période de reproduction et la fécondité de cette espèce dans la ZEE ivoirienne, sur la base de quelques paramètres tels que : la taille de première maturité sexuelle, le rapport gonado-somatique et les stades de maturation sexuelle.

2 ZONE DE PECHE, MATERIEL ET METHODES

2.1 ZONE DE PECHE

La pêche a lieu dans la façade maritime de la Côte d'Ivoire encore appelée zone économique exclusive (ZEE). Cette zone de pêche (Figure 1), longue de 550 km se situe entre 8° et 3° de longitude ouest. Elle part du Cap des Palmes (8° W) à l'Ouest au Cap des Trois Pointes (2°30 W) à l'Est. Le plateau continental est étroit et la pente est abrupte. Elle est caractérisée par une série de zones sableuses et rocheuses.

L'eau de mer de la zone économique exclusive de Côte d'Ivoire présente quatre saisons marines. La petite saison froide intervient durant les mois de janvier à février. La grande saison froide quant à elle, se déroule de juillet à octobre. La petite saison chaude s'installe de novembre à décembre et la grande saison chaude de mars à juin [3].

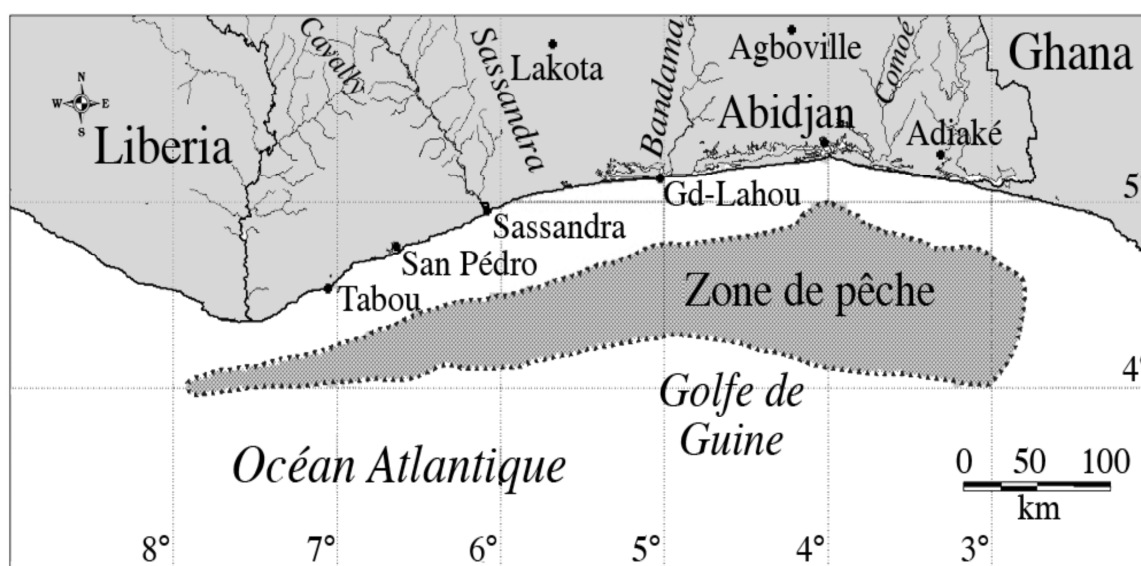


Fig. 1. Zone de pêche des Céphalopodes de la zone économique exclusive de la Côte d'Ivoire

2.2 MATERIEL BIOLOGIQUE

Sepia officinalis (Linnaeus, 1758) est un mollusque à coquille interne, de la classe des Céphalopodes (rattachement du pied à la tête), de la famille des Sepiidae et du genre *Sepia*. Les observations morpho-anatomiques montrent qu'elle possède huit bras, deux tentacules préhenseurs et un siphon. La famille des Sepiidae à laquelle appartient *Sepia officinalis* se caractérise par un manteau large, robuste et aplati dorso-ventralement. Chez les céphalopodes, les sexes sont séparés et stables [4]. Le testicule s'ouvre sur un gonoducte séparé en différentes glandes étroitement associées (vésicules séminales) et impliqués dans la formation des spermatophores. Chez la femelle, la gonade est constituée d'un unique gonoducte qui s'étire sur le côté gauche de la cavité palléale [5]. La seiche est une espèce semelpare à courte durée de vie qui produit des œufs télolécithes. La synthèse du vitellus s'effectue au cours de l'ovogenèse, qui se caractérise particulièrement chez les céphalopodes par des relations étroites entre l'ovocyte et les cellules folliculaires [6]; [7]; [8] et [9].

2.3 MÉTHODES D'ÉTUDE

Des spécimens capturés par la pêche aux chaluts de fond et par la pêche artisanale à la turlutte locale et débarqués à Abidjan de juillet 2014 à décembre 2015 ont été collectés mensuellement. Un total de 756 individus a servi à cette étude. Pour chaque animal, la longueur dorsale du manteau (LDM), le poids (Pt) ainsi que le poids éviscéré (Pév) ont été relevés respectivement au centimètre et au gramme près. Les paramètres de reproduction que sont la taille de première maturité (L50), Le sex-ratio (SR) et le rapport gonado-somatique (RGS) ont été déterminés ainsi que les fécondités absolues et relatives.

2.3.1 TAILLE DE PREMIÈRE MATURITÉ SEXUELLE

La taille L50 testé par le test non paramétrique des médianes nous a permis de déterminer la taille à laquelle les mâles et les femelles arrivent pour la première fois en maturité sexuelle. La L50 nous est donnée par l'équation suivante :

$$P = \frac{1}{(1 + \exp(-a * (LDM - L50)))}$$

P : proportion des matures par classe de taille ;

a : constante qui dépend de l'augmentation des Proportions de matures selon la taille ;

LDM : valeur centrale de la longueur dorsale du manteau;

L50 : longueur correspondant à 50% d'individus matures.

2.3.2 SEX-RATIO

$$SR = \frac{F}{M}$$

SR : sex- ratio ; F : nombre de femelles ; M : nombre de mâles

2.3.3 RAPPORT GONADO-SOMATIQUE

$$RGS = \frac{Pg}{Pév} \times 100$$

Pg : poids des gonades en g ; Pév : poids éviscéré en g

Une moyenne mensuelle des RGS est calculée à partir des données individuelles.

2.3.4 FÉCONDITÉS

Les fécondités absolue (nombre d'ovocytes dans un ovaire) et relative (nombre d'ovocyte par unité de poids corporel) ont été évaluées pour déterminer le potentiel reproducteur d'une espèce. La fécondité a été déterminée à partir de comptages des ovocytes dans un sous-échantillon d'ovaire de poids connu prélevé au niveau de la partie médiane. Seuls les ovaires des femelles matures ont été pris en compte. Le nombre total d'ovocytes dans l'ovaire (N) et la fécondité relative (Fr) sont calculés par les formules suivantes:

$$N = \frac{n \times P_g}{p} ; \quad Fr = \frac{N}{p_t}$$

N : nombre total d'ovocytes dans l'ovaire ou fécondité absolue ; n : le nombre d'ovocytes dans l'échantillon ;

P_g : poids de l'ovaire (g) ; P : poids de l'échantillon (g) ; P_t : poids total de la seiche (g). Le diamètre des ovocytes a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse.

3 RESULTATS

3.1 SEX-RATIO

Sur un ensemble de 756 spécimens de *S. officinalis* échantillonnés, 399 femelles et 357 mâles ont été identifiés. Les femelles sont numériquement plus nombreuses que les mâles. Le sex-ratio (Mâles: Femelles) associé à ces valeurs est de 1:1,12 c'est-à-dire 1,12 femelles pour 1 mâle (Tableau 1). Ce sex-ratio n'est pas significativement différent du sex-ratio théorique 1:1 ($\chi^2 = 2,33$; $p > 0,05$). La variation mensuelle du sex-ratio montre qu'il n'y a pas de différence significative avec la valeur théorique 1:1 tout au long de notre étude excepté les mois de Janvier, Août et Octobre 2015 où la différence est significative ($\chi^2 = 5,49$; 7,05 et 7,41 ; $p < 0,05$). Pendant les saisons froides les femelles sont plus importants en nombre, la comparaison des données de sex-ratio sur cette période, indique une différence significative ($\chi^2 = 4,63$; $p < 0,05$). Pendant les saisons chaudes, le nombre de mâles est légèrement supérieur à celui des femelles mais cette différence n'est pas significative ($\chi^2 = 0,01$; $p < 0,05$).

Tableau 1 : Variations mensuelle et saisonnière de la proportion des sexes et de la sex-ratio chez *S. officinalis* capturé dans la ZEE de Côte d'Ivoire

Mois	Effectif femelles	Effectif Males	Effectif total	Sex-ratio (M:F)	χ^2
Juillet 2014	15	24	39	1 : 0,63	2,08
Août	19	23	42	1 : 0,83	0,38
Septembre	23	19	42	1 : 1,21	0,38
Octobre	24	17	41	1 : 1,41	1,2
Novembre	20	22	42	1 : 0,91	0,1
Décembre 14	22	20	42	1 : 1,1	0,1
Janvier 2015	28	13	41	1 : 2,15	5,49*
Février	21	19	40	1 : 1,11	0,1
Mars	22	20	42	1 : 1,1	0,1
Avril	23	19	42	1 : 1,21	0,38
Mai	22	21	43	1 : 1,04	0,02
Juin	17	26	43	1 : 0,65	1,89
Juillet	21	27	48	1 : 0,78	0,75
Août	29	12	41	1 : 2,42	7,05*
Septembre	23	22	45	1 : 1,05	0,02
Octobre	28	11	39	1 : 2,55	7,41*
Novembre	21	22	43	1 : 0,95	0,02
Décembre	21	20	41	1 : 1,05	0,02
TOTAL	399	357	756	1 : 1,12	2,33
Saisons Froides	231	187	418	1 : 1,24	4,63*
Saisons Chaudes	168	170	338	1 : 0,99	0,01

*différence significative (test χ^2 au seuil de 5%).

3.2 VARIATION MENSUELLE DES STADES DE MATURITE SEXUELLE

L'analyse de l'évolution de la maturité sexuelle chez les femelles met en évidence les stades IV sur toute la période d'échantillonnage mais avec des proportions variées. Ce graphique montre que le nombre de femelles matures n'est jamais nul sur toute l'année. Quelques seiches au stade post-ponte (stade V) ont été observées au cours du mois d'octobre 2014 et de janvier 2015. Les stades I et II n'ont pas été observés au cours des mois de Septembre 2014, Février et Septembre 2015 (figure 2).

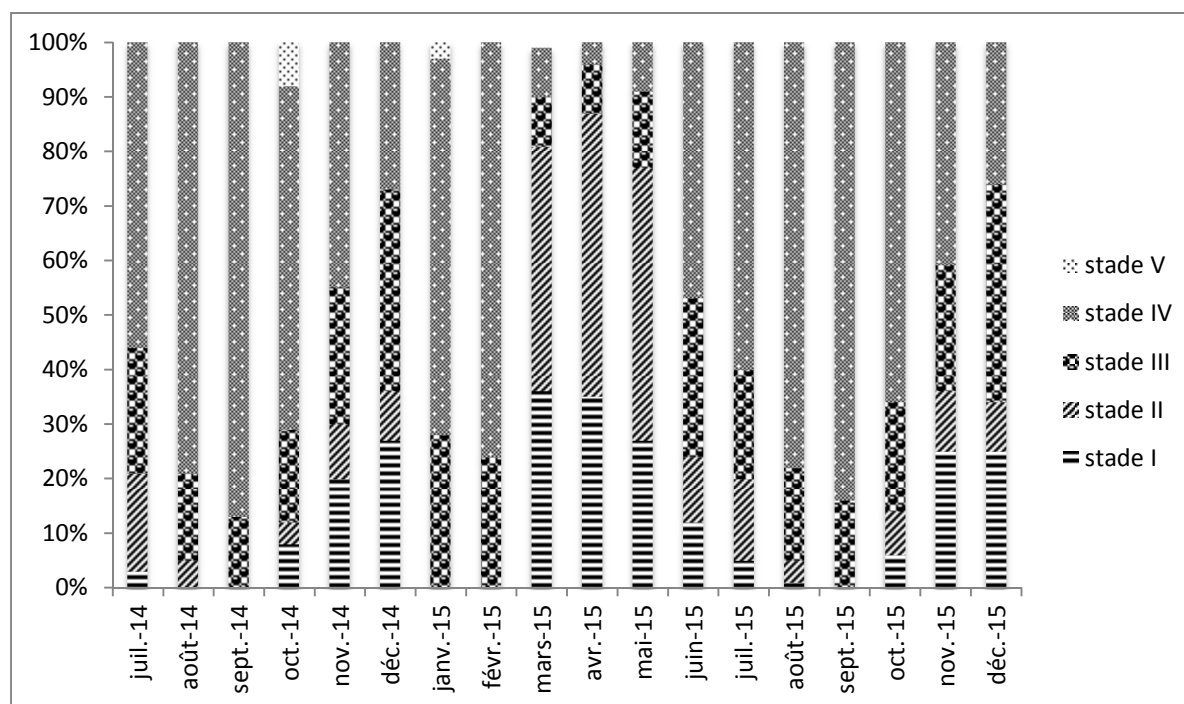


Fig. 2. Evolution mensuelle des proportions des différents stades de maturation sexuelle des femelles de *Sepia officinalis* de juillet 2014 à décembre 2015.

3.3 RAPPORT GONADO-SOMATIQUE (RGS) ET PERIODE DE REPRODUCTION

La figure 3 montre l'évolution mensuelle du RGS des mâles et des femelles durant les 18 mois d'échantillonnage. Dans l'ensemble, le RGS des femelles est plus élevé que celui des mâles. Les courbes de variations mensuelles du RGS chez les femelles comme chez les mâles évoluent en dents de scie et font ressortir plusieurs pics. Chez les femelles les valeurs les plus élevées sont obtenues au cours des mois d'août et septembre pour l'année 2014 et janvier, février, août et septembre pour l'année 2015 avec des valeurs de RGS suivantes : août 2014 ($3,65 \pm 1,03$), septembre 2014 ($5,16 \pm 1,24$), janvier 2015 ($3,45 \pm 2,28$), février 2015 ($4,65 \pm 1,54$), août 2015 ($3,98 \pm 1,2$) et septembre 2015 ($5,75 \pm 1,5$). Les faibles valeurs sont enregistrées en novembre 2014 ($2,23 \pm 1,8$), décembre 2014 ($2,28 \pm 0,37$), mars 2015 ($1,78 \pm 0,7$), avril 2015 ($1,2 \pm 0,4$), mai 2015 ($0,98 \pm 0,3$) et novembre 2015 ($2,1 \pm 0,5$). Chez les mâles la variation du RGS suit pratiquement la même évolution que chez les femelles. Le niveau maximal du RGS est atteint en septembre 2014 ($1,63 \pm 0,33$), février 2015 ($1,35 \pm 0,22$) et septembre 2015 ($1,78 \pm 0,4$). Les pics de faibles valeurs sont mentionnés en mars 2015 ($0,59 \pm 0,12$), avril 2015 ($0,48 \pm 0,18$) et mai 2015 ($0,51 \pm 0,2$) et juin 2015 ($0,67 \pm 0,36$). Ces variations mensuelles révèlent que cette espèce a une reproduction continue sur toute l'année avec une intensité plus importante en saisons froides.

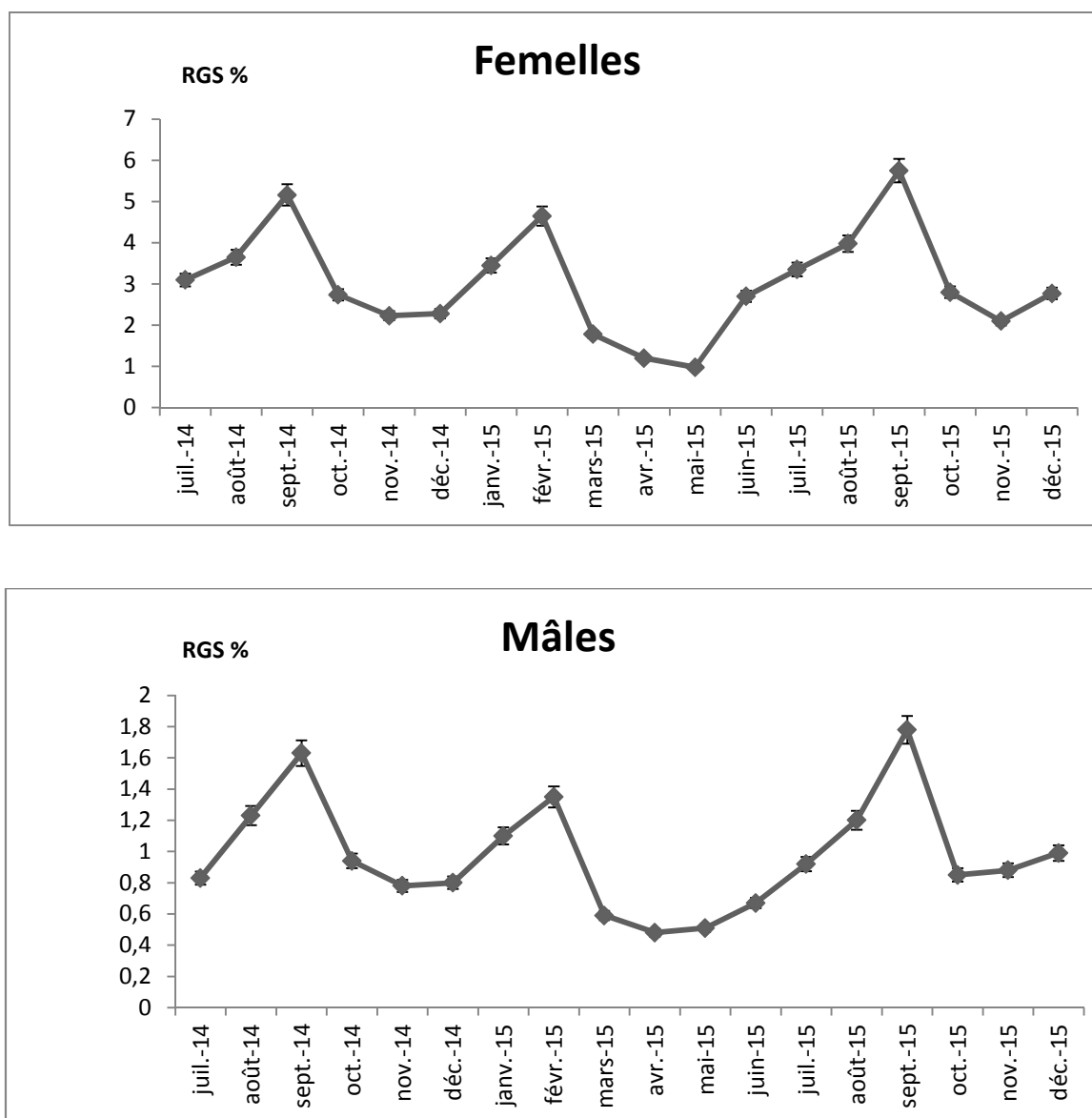


Fig. 3. Variations mensuelles du rapport gonado-somatique (RGS) des femelles et des mâles de *Sepia officinalis* de juillet 2014 à décembre 2015.

3.4 TAILLE A LA PREMIERE MATURETE SEXUELLE

Les tailles de première maturité sexuelle sont de 18,83 cm chez les femelles (figure 4) et de 18 cm chez les mâles (figure 5). Les mâles atteignent leur maturité sexuelle à une taille inférieure à celle des femelles. La différence de taille n'est pas statistiquement significative ($\chi^2 = 0,02$; $p > 0,05$). Le plus petit individu mature obtenu est de 16 cm pour les femelles et de 14,8 cm pour les mâles.

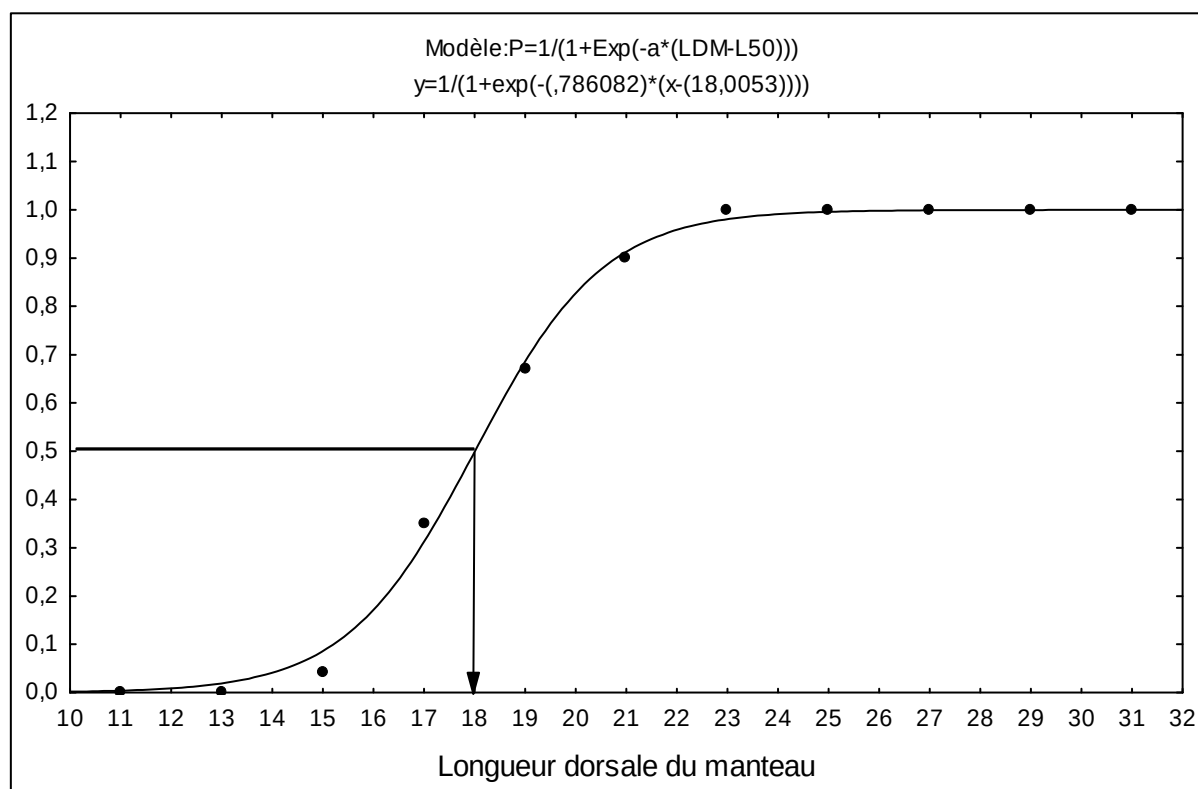
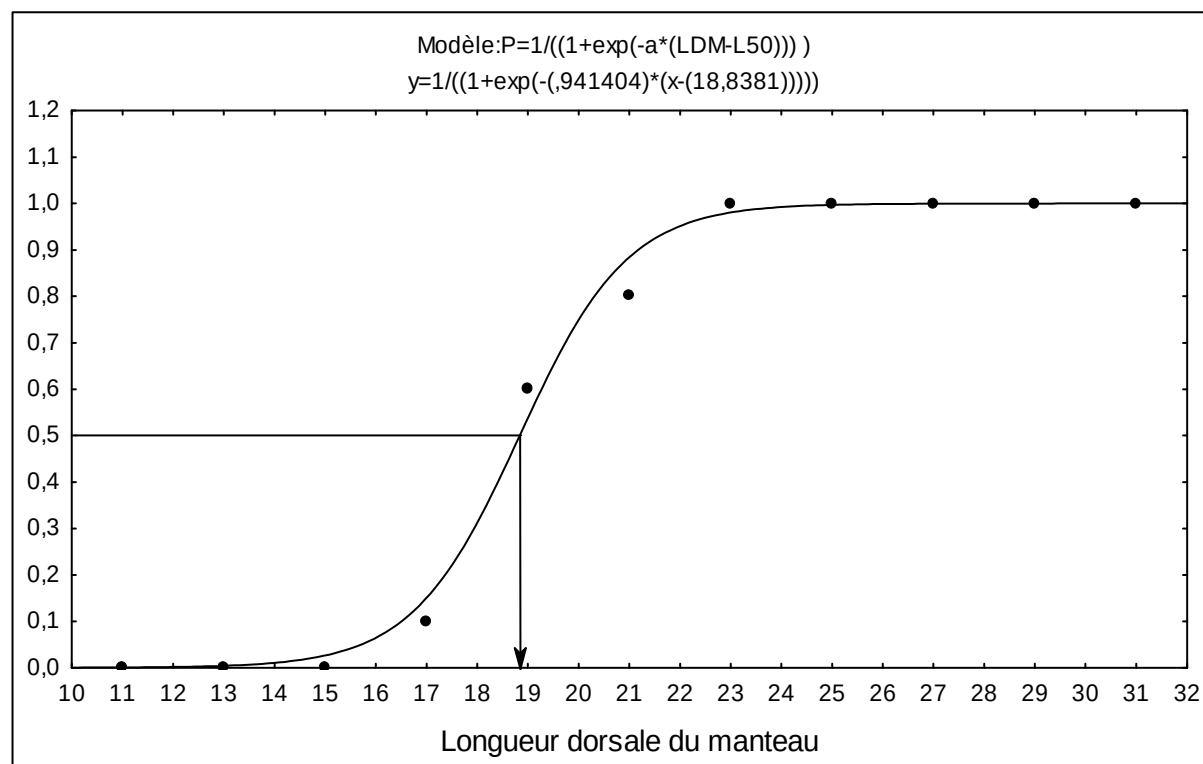


Fig. 4. Courbe de la première maturité sexuelle chez le mâle de *Sepia officinalis*

3.5 FECONDITE

Le nombre d'ovocytes par ovaire (fécondité absolue) varie de 912 à 1704 ovocytes avec une valeur moyenne de 1240 ± 300 ovocytes. Les spécimens ont une longueur totale comprise entre 10 et 29,5 cm et un poids variant entre 198 et 2585g. Quant à la fécondité relative, elle est comprise entre 0,25 et 1,55 ovocytes par gramme de poids corporel, avec une valeur moyenne de $1,1 \pm 0,25$ ovocytes. Les ovocytes ont un diamètre compris entre 3 et 5 mm. Le diamètre moyen des ovocytes est de $3,4 \pm 0,08$ mm.

4 DISCUSSION

Le sex-ratio 1:1,12 observé chez l'ensemble de la population de *Sepia officinalis* montre qu'il y a une dominance des femelles par rapport aux mâles. La référence [9] a fait le même constat dans la zone côtière entre Laâyoune et Boujdour au Maroc. La variation saisonnière révèle la prédominance des femelles pendant les saisons froides, mais les saisons chaudes sont légèrement en faveur des mâles.

L'analyse combinée du RGS moyen et des stades de maturité sexuelle montre que l'activité de reproduction de la seiche est continue du fait que les femelles mûres sont rencontrées durant toute l'année. Cependant les saisons froides sont plus propices à la reproduction de *Sepia officinalis* de la zone économique et exclusive de la Côte d'Ivoire. En Méditerranée, [1] a démontré que le nombre de femelles mûres n'est jamais nul durant le cycle annuel et que la période de ponte est étalée sur plusieurs mois. Selon le même auteur, le comportement de la seiche de la Méditerranée ne diffère pas de celui de la seiche de l'Atlantique. Ce constat est analogue à celui de [10] au Golfe de Tunis et de [2] sur *Sepia hierreda* des côtes sénégalaises. Cette situation est bien différente de celle retrouvée en mer du nord et dans la Baie de Seine. En effet, [4], [7] et [11] ont révélé l'existence d'une seule saison de ponte qui débute en mi-avril jusqu'en mai-juin et qui est assurée par les individus de deux ans. Sur les côtes normandes, la saison de ponte survient entre mi-avril et juillet [12]. En Méditerranée [13] et [10] ont noté la présence d'une ponte pendant toute l'année avec un maximum entre avril et juillet. Au Sénégal, [15] a mis en évidence deux périodes de ponte pour *Sepia hierreda*. Au Golfe de Gascogne, la saison de ponte est étalée sur une courte période de l'année (mi-mars et fin juin).

Quelques rares spécimens au stade V (post-ponte) ont été retrouvés dans nos échantillons, ce qui atteste que cette espèce se reproduit effectivement dans les eaux ivoiriennes. Le très faible nombre de ces spécimens à ce stade rencontrés révèle le caractère semelpare de la seiche. En effet les Céphalopodes en général ne survivent pas à un cycle de reproduction. La référence [16] a noté l'absence de spécimens matures après la saison de ponte, selon cet auteur cette situation est due à une mortalité post-ponte.

La taille à la maturité sexuelle a été estimée à 18 cm pour les mâles et à 18,83cm pour les femelles. Cela montre que les mâles arrivent d'abord en maturité avant les femelles. Des résultats similaires ont été trouvés par [17]. La taille à la maturité sexuelle des femelles est comparable à celle de 18,65 cm trouvée sur les côtes normandes par [7], mais elle est plus grande que celle de 10 cm au Golfe de Gascogne [16], 11 cm en Méditerranée [14], 10 cm au Golfe de Tunis [11] et 13 cm sur les côtes sénégalaises. Cette différence pourrait être attribuée à la différence de température entre les milieux de vie de l'espèce. Le référence [4] a montré en effet que des températures élevées accélèrent la croissance somatique et gonadique des seiches en milieu contrôlé. C'est par exemple le cas de la Méditerranée où les eaux plus chaudes augmentent la croissance et accélèrent le développement sexuel de l'espèce.

La fécondité absolue varie de 912 à 1704 ovocytes avec une moyenne de 1240 ovocytes et la fécondité relative quant à elle, est comprise entre 0,25 et 1,55 ovocyte par gramme de poids corporel. Ces résultats sont comparables à ceux décrits par un rapport de [18] sur les céphalopodes de la région nord du COPACE. Ce rapport stipule qu'en moyenne les femelles adultes pondent 1400 œufs soit 0,52 œufs par gramme de poids corporel. Le diamètre ovocytaire varie de 3 à 5 mm avec pour valeur moyenne de $3,4 \pm 0,08$. L'étude de la fécondité montre que la seiche est espèce prolifique produisant de nombreux œufs volumineux.

5 CONCLUSION

Cette étude montre que dans la zone économique exclusive de la Côte d'Ivoire les seiches *Sepia officinalis* se reproduisent toute l'année avec une période plus favorable en saisons froides. La ponte des femelles est maximale en Janvier, Février, Août et Septembre. La taille à la première maturité sexuelle est atteinte à la taille de 18,83 cm de longueur dorsale de

manteau chez les femelles et de 18 cm chez les mâles. La fécondité absolue varie de 912 à 1704 ovocytes avec une valeur moyenne de 1240 ± 300 ovocytes.

REFERENCES

- [1] MANGOLD-WIRZ, K., Biologie des céphalopodes benthiques et nectoniques de la mer Catalane. *Vie et Milieu*, Suppl., 13, 285p., 1963.
- [2] BAKHAYOKHO, M., Pêche et biologie des céphalopodes exploités sur les côtes Sénégal. Thèse de 3ème cycle. Université Bretagne Occidentale Brest, 122, 119p., 1980.
- [3] PEZENNEC O, BARD FX., Importance écologique de la petite saison d'upwelling ivoiro-ghanéenne et changements dans la pêche de *Sardinella aurita*. *Aquat. Living Resour.*, 5: pp. 249-259, 1992.
- [4] RICHARD, A., Action qualitative de la lumière dans le déterminisme du cycle sexuel chez le céphalopode *Sepia officinalis* L. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 272, pp. 106-109, 1971.
- [5] BERNAY B., Contrôle ovulaire de la ponte chez l'huître creuse *Crassostrea gigas* : utilisation du modèle *Sepia officinalis* pour la caractérisation des peptides régulateurs. Thèse de doctorat, université de Caen, 183p., 2005.
- [6] DHAINAUT, A. & RICHARD, A., Vitellogenèse chez les céphalopodes décapodes. Évolution de l'ovocyte et les cellules folliculaires au cours de la maturation génitale. *Archives d'Anatomie microscopique*, tome 65, n° 3, pp. 183-208, 1976.
- [7] MEDHIOUB, A., Etude de la croissance et du cycle sexuel de la seiche *Sepia officinalis* des côtes normandes. Thèse Doctorat 3ème cycle Université Caen, France, 117p. 1986.
- [8] KOUETA, N. et BOUCAUD-CAMOU, E., Étude cytologique des gonades au cours de la maturation sexuelle des seiches *Sepia officinalis* de la baie de Seine : intérêt pour une étude expérimentale. *Cahier Biologie Marine*, 34, pp. 461-476. *Bulletin de la Société zoologique de France* 133 (1-3) 128, 1993.
- [9] IDRISSE, F.H., KOUETA, N., IDEHALLA, M. & BELGHYTI, D., Les modalités du cycle sexuel du poulpe *Octopus vulgaris* d'Atlantique sud marocain (Tan Tan-Boujdour). *C.R. Biologies*, 329, pp. 902-911, 2006.
- [10] IDRISSE F.H., KOUETA N., BELGHYTI D., et EL HAMOU H., Données sur le cycle biologique et la gamétogenèse de la seiche femelle *Sepia officinalis* au sud atlantique marocain. *Bulletin Société zoologique Française*, 2008, 133(1-3) : pp. 117-129, 2008.
- [11] NAJAI, S., Contribution à l'étude de la biologie des pêches des céphalopodes de Tunisie. Application à l'espèce *Sepia officinalis* L. Thèse de 3ème cycle, Univ. Tunis 1, 299 p., 1983.
- [12] BOUCAUD-CAMOU, E., KOUETA, N., BOISMERY, J. & MEDHIOUB, A., The sexual cycle of *Sepia officinalis* L. from the bay of Seine. *Acta of the first International Symposium on the cuttlefish Sepia*, Centre de Publications de l'Université de Caen, pp. 141-151, 1991.
- [13] MEDHIOUB, A. & BOUCAUD-CAMOU, E., Étude de la maturation gonadique de la seiche *Sepia officinalis* L. des côtes normandes. *Haliotis*, 19, pp. 183-188, 1989.
- [14] MANGOLD-WIRZ, K., *Sepia officinalis* de la Mer Catalane. *Vie et Milieu*, Suppl. 17, pp. 961-1012, 1966.
- [15] Bakhayokho, M., Biology of the cuttlefish (*Sepia officinalis hierreda*) off the Senegalese coast. "in assessment of world cephalopod resources", *FAO Fish.Tech.Pap.*, (231): 204-63, 1983.
- [16] GAUVRIT, E., LE GOFF, R. & DAGUZAN, J., Reproductive cycle of the cuttlefish, *Sepia officinalis* (L.) in the northern part of the bay of Biscay. *Journal Mollusc Study.*, 63, pp. 19-28, 1997.
- [17] DUNN, M., Aspects of the stock dynamics and exploitation of cuttlefish, *Sepia officinalis* (Linnaeus, 1758), in the English Channel. *Fish. Res.* 40 (3), pp. 277-293, 1999.
- [18] FAO, Rapport du troisième groupe de travail ad hoc sur l'évaluation des stocks de céphalopodes dans la région nord du COPACE, Rome, FAO, COPACE/PACE Séries/86/41 108p., 1987.

Time-scale characteristics of Kasai river hydrological regime variability for 1940-1999

Jean-Marie Tshitenge Mbuebue, Albert Mbata Muliwavyo, Vincent Lukanda Mwamba, Edmond Phuku Phuati, Albert Kazadi Mukenga Bantu, and Franck Tondozi Keto

Department of Physics, University of Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, DR Congo

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

ABSTRACT: The present study was undertaken with the aim of contributing to the characterization of the nonstationary variability of the hydrological regime of the Kasai River using the wavelet analysis for 1940-1999. The rainfalls and discharge over Kasai Basin have marked fluctuations with a perceptible downward trend and some shift around 1950, 1960, 1970, 1983 and 1994. The results show that rainfalls over Kasai basin and the discharge at Ilebo station patterns exhibit a strong annual oscillation and some intermittent oscillations in 2-8 years (1950-1975, 1983-1995) and 8-16 years (1970-1999) time scales. The wavelet coherence analysis reveals a weak possible connection between hydrological variables (rainfalls, discharge) and climate indices relative to sea surface temperature and atmospheric circulation over Atlantic tropical, Indian and Pacific Oceans (coherence less than 0.55).

KEYWORDS: wavelet transform, coherence analysis, rainfall, discharge, climate indices.

1 INTRODUCTION

The Kasai river is the chief southern tributary of the Congo River, into which, at Kwamouth, Congo (Kinshasa), 200 km above Malebo (Stanley) Pool, it empties a volume approaching one-fifth that of the main stream. This stretch is interrupted by several spectacular rapids and waterfalls, the river flowing in deeply trenched valleys at elevations of about 600–900 m. The Kasai River eventually crosses a further series of rapids and falls, broadening and deepening to make navigation possible.

For effective and sustainable management of water resources in the Kasai basin the knowledge of their availability and their variability is needed. It is also an important indication for modeling and exploration of the evolution of water resources of this region. In order to improve the understanding of the influence of various factors on the evolution of the hydrological response of the Kasai, and more broadly on the development of water resources, from the regional to a global scale, Kasai watershed has been subject of few studies undertaken by De Backer [1], Devroey [2] who provided a lot of information's about Kasai basin. Ntombi et al. [3] and Kisangala et al. [4] have focused on statistical analyzes based on existing data to establish an understanding of hydrology of the basin.

In the context of climate change, the determination of preferential scales between climate variability and hydrological variability of Kasai watershed is needed. The overall variability of short-term climate is generally associated with phases of oceanic and atmospheric phenomena coupled with El Niño (ENSO) and the North Atlantic Oscillation (NAO). While El Niño Southern Oscillation (ENSO) affects weather and climate variability around the world, the North Atlantic Oscillation (NAO) is the climate dominant mode in the region of the North Atlantic. These oscillations have been used in several studies to develop accurate models able to predict climate variability. The determination of the climate change impact on hydrological systems and their water resources constitutes a major issue of the 21st century for which scientists must answer.

The main objectives are to:

- identify and quantify the main modes of variability of the climate and hydrological response of Kasai river basin;
- characterize the relationships between discharge at Ilebo's station, gridded rainfall over Kasai basin signals and some climate indices.

2 STUDY AREA AND DATA

Kasai basin covers an area of 904,000 square kilometers, between longitudes 15.75 ° and 24.7 ° east and between 0.75 ° South and 12.25 ° South latitude (Fig. 1). 72.4% of this basin is in DR Congo and the remaining 27.6%, representing the Southwest part is located in Angola.

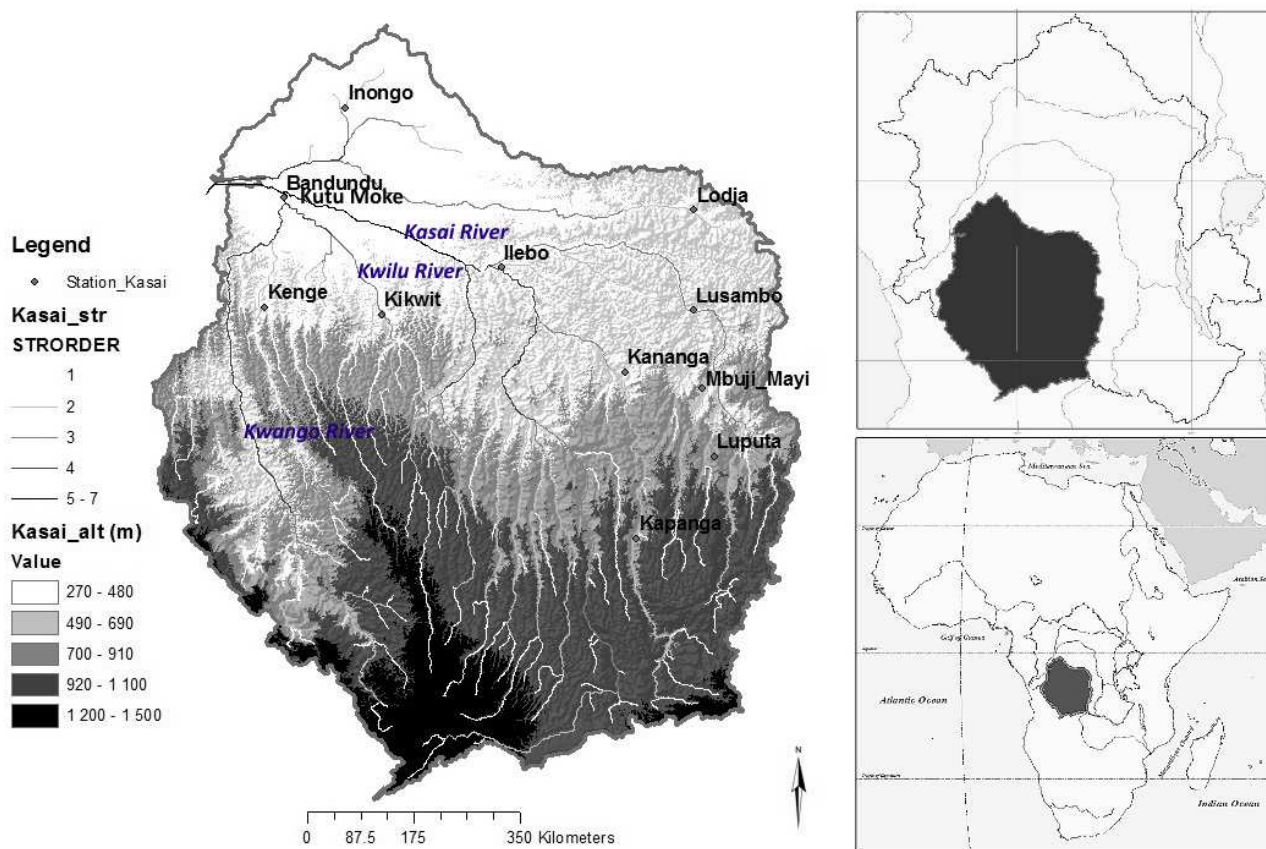


Fig. 1. Relief and stream order map of Kasai watershed

From orographic point of view (Fig. 1), one can identified a depression, sprinkled with few isolated massifs, at the North of the basin around the 4th parallel which is between 300 and 500 meters of altitude. The trays exceeding the altitude of 1000 meters are located on the western edge of the basin between Wamba and Loange, to the south, as well as in the Southeast part. The rapids that cut most of the major tributaries of the basin are located between the plateau at 500 meters of altitude and the central depression.

The longest river in the southern Congo River basin system, the Kasai River, measures 2,153 km from its source on the eastern slope of the Bie Plateau in Angola by 12 ° South and 19 ° East longitude Greenwich, near the plateau 1500 meters above sea level where the Zambezi River also takes its origins [2] to Kwamouth. The Kasai River is the largest tributary of the Congo River. It swells waters of many tributaries whose some of them measure themselves more than 1,000 kilometers.

Its headstream runs east for 250 miles (402 km), then turns north for nearly 300 miles (483 km) to form the frontier between Angola and Congo. Traffic is especially heavy on the 510-mile- (820-kilometre-) long waterway from Kinshasa to Ilebo. Above Ilebo, navigation is impeded by sandbanks, but shallow-draft boats can reach Djokupunda. There the Mai-Munene Falls require goods to be carried 40 miles (64 km) by rail to the next navigable reach, from Mukumbi to Mai-Munene. In its lower reaches, the river enters the equatorial rainforest. Below its confluence with the Kwango, it forms Wissmann Pool and then receives the Fimi-Lukenie, bringing the waters of Lake Mai-Ndombe. Thereafter, it is known as the Kwa.

The climate is equatorial in the northern part of Kasai basin. It is characterized by little difference in seasons, with high temperature and humidity virtually constant. The rainfall distribution throughout the year is on average around 1500 millimeters.

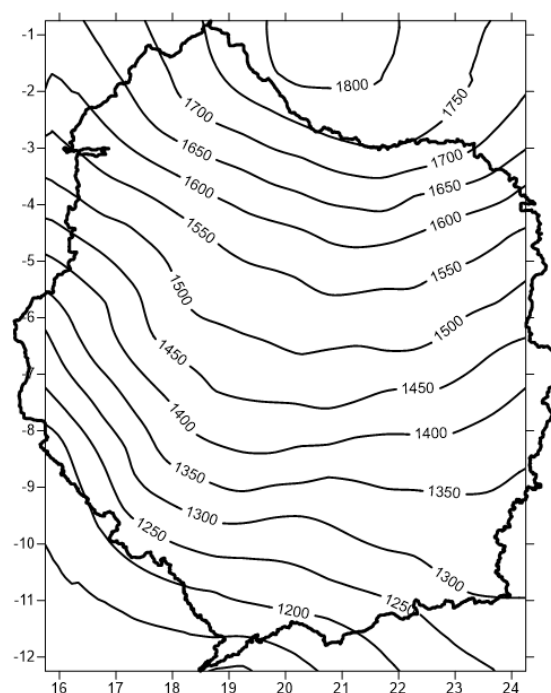


Fig. 2. Mean annual rainfall map of the Kasai basin (1940-1999). Data: SIEREM.v1 at a $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ resolution. Isohyets in mm.

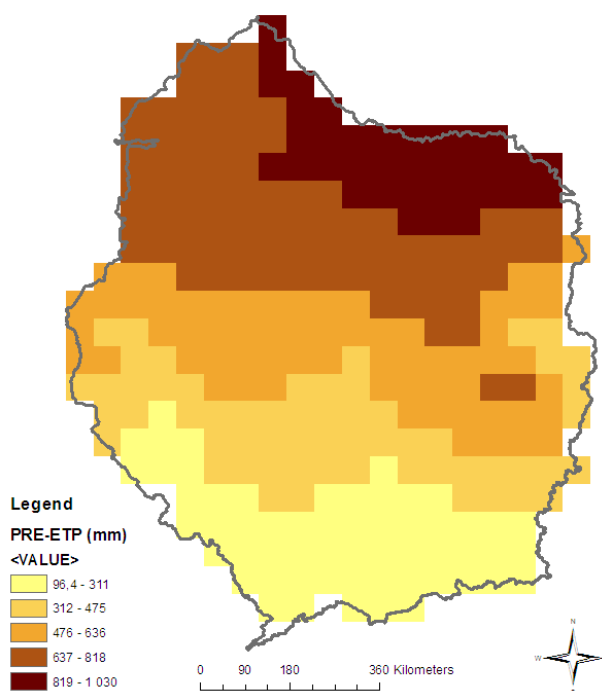


Fig. 3. Rainfalls minus Evapotranspiration (PRE-ETP) map over Kasai watershed the Kasai basin (1940-1999). Data: Climate Research Unit CRU CL 3.10 climatology at a 0.5° resolution (New et al., 2002). Isohyets in mm.

In the South, there is the tropical climate of the Sudan type with two maxima of rainfall and temperature; the dry season becomes longer as one progresses from the north towards the south in the basin. The relief of the southern region of Kasai basin causes a slight temperature drop.

Variations in the length of the rainy season depending on the latitude are clearly demonstrated by the graph in Fig. 6. This basin had 38 weather stations in the colonial era. The mean maximum and minimum absolute temperatures are respectively 32 °/27 °C and 21 °/13 °C in the north/south of Kasai basin (Fig. 4).

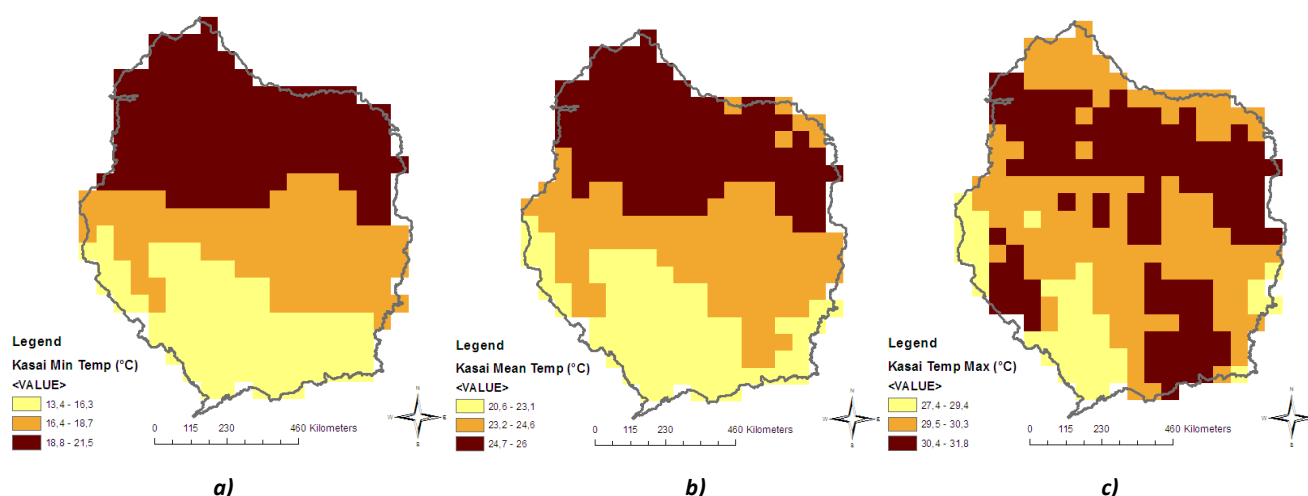


Fig. 4. a) Minimum, b) Mean and c) maximum temperature over Kasai watershed the Kasai basin (1940-1999). Data: Climate Research Unit CRU CL 3.10 climatology at a 0.5° resolution (New et al., 2002). Isohyets in mm.

The great equatorial forest covers just about any depression of the central basin until about the 5th parallel; it pushes its ramifications as wide wooded galleries, going up through the valleys of Kwilu, Kasai and Lulua until the 7th parallel.

Climate data

Gridded rainfall (1940-1999) were extracted from the African gridded data set from the SIEREM database [5] provided by the HydroSciences Montpellier Laboratory on the basis of several data sources, including the former ORSTOM (now IRD – Institut de Recherche pour le Développement) rainfall database [6]. This data set SIEREM.v1 was constructed from SIEREM database by kriging interpolation. SIEREM is an environmental information system for water resources. Raw historical climate datasets are not appropriate for statistical analysis because of inhomogeneity and leakage while gridded datasets have undergone rigorous quality control and have been homogenized [7] [8].

Climate indices used are listed in table 1.

Table 1. Data sources used for monthly climate indices

Climate indices	Data	Periods	Source
NAO	North Atlantic Oscillation [9]	1950-2013	“Earth System Research Laboratory (ESRL) of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)” web page http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/index/
Nino 3.4	East Central Tropical Pacific SST Index [10]	1951-2013	
TNA	Tropical Northern Atlantic Index [11]	1948-2013	
TSA	Tropical Southern Atlantic Index [11]	1948-2013	
Solar	Solar Flux [12]	1948-2014	
DMI	Dipole Mode Index [13]	1870-2014	The Frontier Research Center for Global Change (JAMSTEC, Japan)” web page (http://www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod/HTML/Dipole%20Mode%20Index.html)

3 METHODS

Characterization of the hydrological variability (discharge), the rainfall fluctuations and their comparison with the climate indices are performed by using the signal processing methods (multitaper, wavelet analysis,...).

Climate variability refers to the climatic parameter of a region varying from its long-term mean. Every year in a specific time period, the climate of a location is different. Some years have below average rainfall, others have average or above average rainfall.

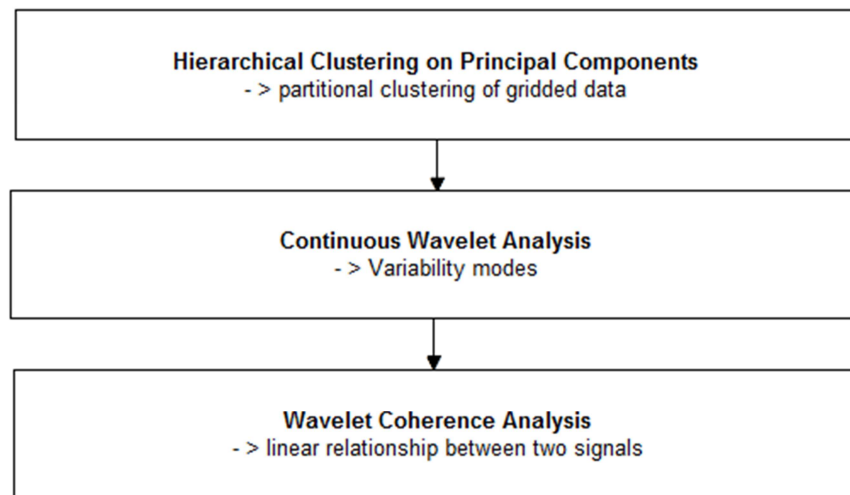


Fig. 5. *Diagram of the overall approach of the study*

3.1 HIERARCHICAL CLUSTERING ON PRINCIPAL COMPONENTS

Combining principal component methods, hierarchical clustering and partitional clustering, help to better visualize data and highlight the main features of the data set [14] [15].

3.2 THE SEGMENTATION METHOD OF HILBERT

The time series segmentation procedure in this case gives several changes of average. By using a specific algorithm, one or more shift dates (if any) which separate adjacent segments whose averages have a significant difference under the Scheffe test are selected [16].

3.3 WAVELET TRANSFORM

Recently the wavelet transform has gained a lot of popularity in the field of signal processing. This is due to its capability of providing both time and frequency information simultaneously, hence giving a time-frequency representation of the signal. The traditional Fourier transform can only provide spectral information about a signal. Moreover, the Fourier method only works for stationary signals. In many real world applications, the signals are non-stationary. One solution for processing non-stationary signals is the wavelet transform. The wavelet analysis allows the passage of a representation of a signal to another as Fourier analysis, with a different time-frequency resolution. The wavelet transform $W_n(s)$ of a discrete time series x_n is defined as the convolution of x_n with a scaled and translated version of a function ψ_0 called « mother wavelet » [17]:

$$W_n(s) = \sqrt{\frac{\delta t}{s}} \sum_{n'=0}^{N-1} x_{n'} \psi_0 \left[\frac{(n'-n)\delta t}{s} \right] \quad (1)$$

where δt and s are respectively the time step and the scale.

In this paper, Morlet wavelet is used as « mother wavelet » and consists of a plane wave modulated by a Gaussian:

$$\psi_0(\eta) = \pi^{-1/4} e^{i\omega_0\eta} e^{-\eta^2/2} \quad (2)$$

and ω_0 is taken to be 6 [18].

3.4 GLOBAL WAVELET SPECTRUM (GWS) OR TIME AVERAGE OF LOCAL WAVELET SPECTRA

The Global Wavelet Spectrum (GWS) is used to estimate changes of wavelet power with frequency [19]. It provides an unbiased and consistent estimation of the true power spectrum of a time series. :

It is calculated by:

$$\overline{W}^2(s) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |W_n(s)|^2 \quad (3)$$

3.5 SCALE-AVERAGED WAVELET POWER (SAWP)

The Scale-Averaged Wavelet Power (SAWP), which is defined as the weighted sum of the wavelet power, is used to examine fluctuations in power over a range of a scales (a band). It is given by:

$$\overline{W}_n^2 = \frac{\delta_j \delta_t}{C_\delta} \sum_{j=j_1}^{j_2} \frac{|W_n(s_j)|^2}{s_j} \quad (4)$$

where $C_\delta = 0.776$ for the Morlet wavelet, δ_j is the factor of scale averaging, δ_t is the sampling period, j_1 and j_2 are the scales over which SAWP is computed.

The wavelet –filtered reconstructions of a determined oscillation band-passed, j_1 and j_2 , is given by:

$$X_n = \frac{\delta_j \delta_t^{1/2}}{C_\delta \psi_0(0)} \sum_{j=j_1}^{j_2} \frac{\mathcal{R}\{W_n(s_j)\}}{s_j^{1/2}} \quad (5)$$

where the factor $\psi_0(0)$ is used for removes the energy scaling.

3.6 WAVELET COHERENCE ANALYSIS

The wavelet coherence, $R_n^2(s)$, is defined as the square of the cross-spectrum normalized by the individual power spectra [20].

$$R_n^2(s) = \frac{|S(s^{-1}W_n^{XY}(s))|^2}{S(s^{-1}|s^{-1}W_n^X(s)|^2)S(s^{-1}|s^{-1}W_n^Y(s)|^2)} \quad (6)$$

where $R_n^2(s) \in [0,1]$, $W_n^{XY}(s) = W_n^X(s) \times W_n^{Y*}(s)$ is the cross-wavelet, n represents the time index, s the scale of wavelet transform, $W_n^X(s)$ and $W_n^Y(s)$ are the wavelet transform of X and Y and S denotes the smoothing operator for $W_n^{XY}(s)$.

The wavelet phase difference or relative phase between two time series X and Y is given as:

$$\phi_n = \tan^{-1}(\mathcal{I}\{s^{-1}W_n^{XY}(s)\} / \mathcal{R}\{s^{-1}W_n^{XY}(s)\}) \quad (7)$$

where $\mathcal{I}\{.\}$ and $\mathcal{R}\{.\}$ are the imaginary and real parts of the wavelet spectra.

Wavelet coherence lies between 0 and 1. This reflects the time–scale variability of the linear relationship between two signals. A near-zero coherence indicates no linear relationship between the signals. Coherence close to 1 indicates a linear relationship between both signals.

4 RESULTS

Hierarchical Clustering on Principal Components Kasai basin rainfalls shows that the Kasai basin can be divided into three areas as in fig. 7.

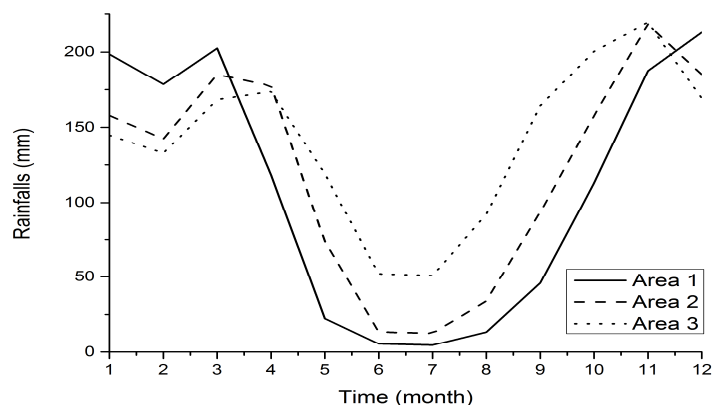


Fig. 6. Typology of rainfall regimes over the Kasai basin. Based on a hierarchical cluster analysis of mean monthly rainfall for 1940-1999 (SIEREM.v1data).

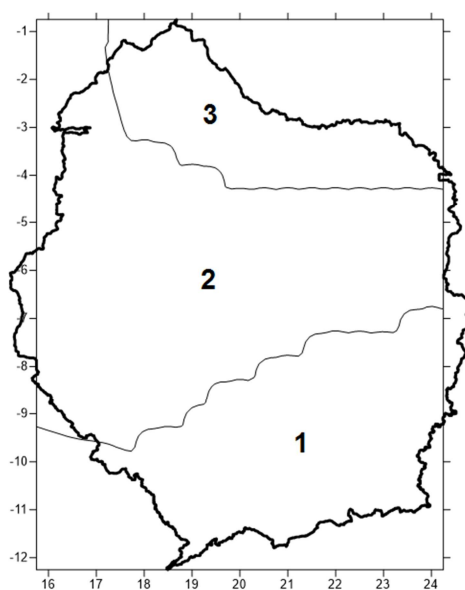


Fig. 7. Map of the 3 regional divisions of Kasai basin after hierarchical clustering methods on principal component analysis of rainfall

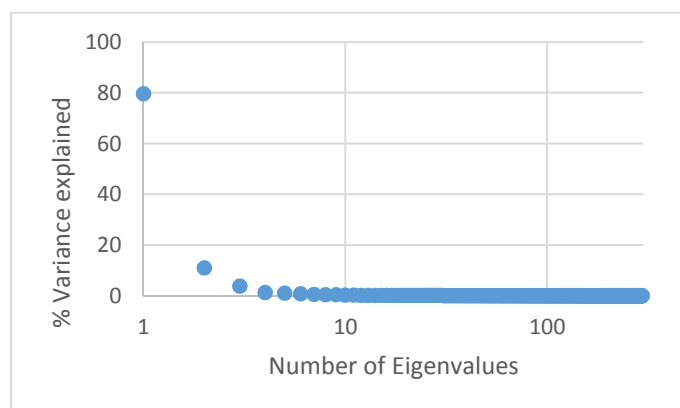


Fig. 8. Percentage of variance explained

Only PC1 will be discussed as it contributes for 80 % of the rainfall variability in the Kasai basin.

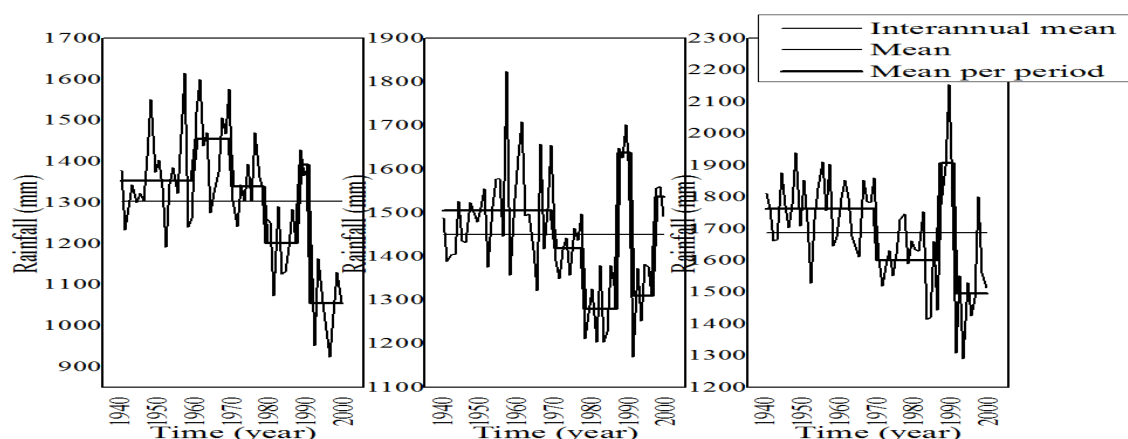


Fig. 9. Phases of homogeneous rainfalls over area 1,2 and 3 of Kasai basin (1940-1999)

By Hubert segmentation, which gives us the year of different ruptures observed on the rainfall time series (Fig. 9), we can see that rains on the Kasai basin are marked by fluctuations with a tendency on the one hand to the noticeable decline between 1970 and 1990, 1993 and 1999 and also an upward trend between 1960 and 1970 in area 1, 1990 and 1992.

The rain in area 1 presents five ruptures and therefore six times homogeneous rainfall:

- wet phases 1940-1959; 1959-1969; 1970-1979; 1988-1990;
- dry phases 1980-1987; 1991-1999;

The rain in area 2 presents five ruptures and therefore six times homogeneous rainfall:

- wet phases 1940-1969; 1988-1990; 1996-1999;
- dry phases 1970-1975; 1976-1987; 1991-1995;

The rain in area 3 presents three ruptures and therefore four times homogeneous rainfall:

- wet phases 1940-1959; 1970-1979;
- dry phases 1959-1969; 1980-1987;

4.1 IDENTIFICATION OF VARIABILITY MODES

The wavelet analysis is used to study the frequency composition and visualize unsteady fluctuations of hydro variables so as to identify the main modes of variability of flows and precipitation in the basin of the Kasai.

Table 1 shows the contribution of the energy bands in the discharge at Ilebo station and in rainfall in the Kasai basin.

The wavelet analysis of Kasai flow shows a plurality of energy bands (Figure 10 and 11):

- A period of about 1 year mainly expressed
- A band of 2-8 years well localized:
 - between 1953 and 1973 for both rainfalls and discharge;
 - between 1973 and 1995 for rainfalls
- A band of 8-16 years with a structure which begin around 1973 till 1999.

One can find a change point around 1970 (Figure 9 and 10) which is associated to low rainfalls and discharge.

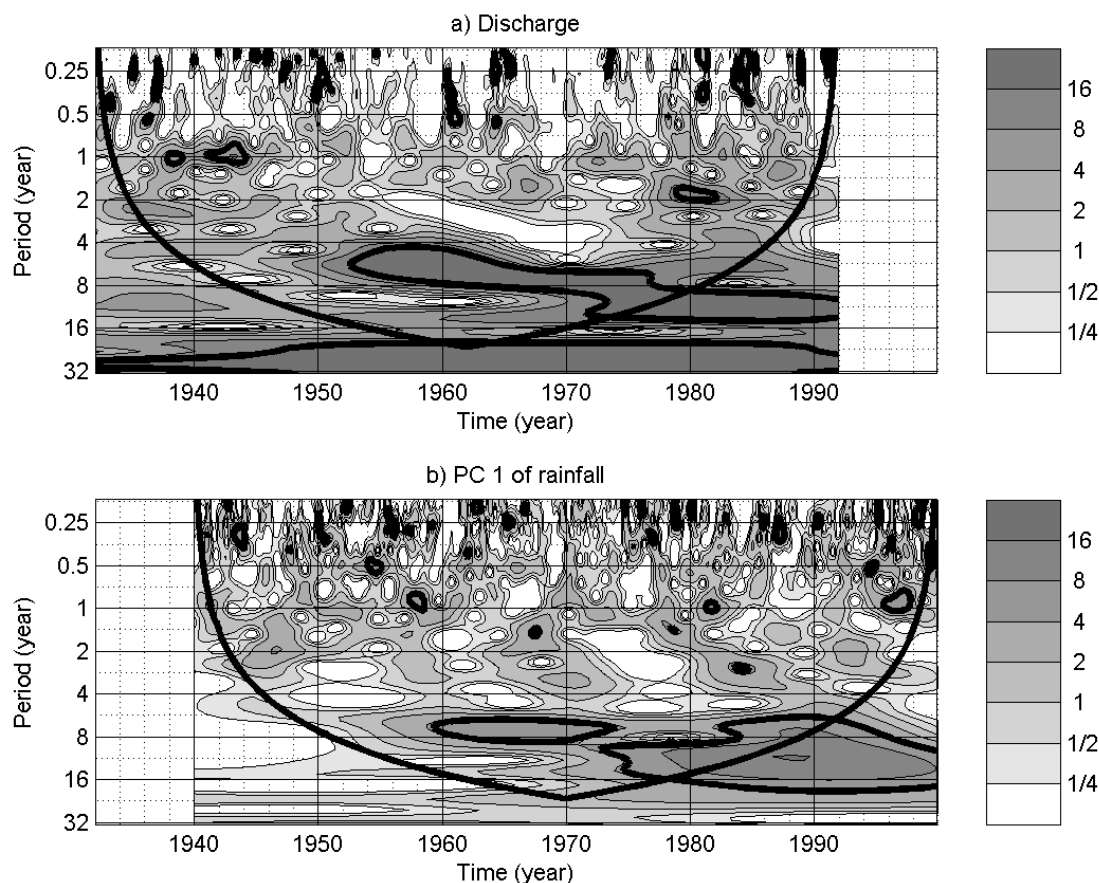


Fig. 10. Continuous wavelet power spectrum of a) discharge of Kasai River at Ilebo station and b) PC 1 of gridded rainfall over Kasai basin. The left axis is the Fourier period (in yr) corresponding to the wavelet scale on the right axis. The bottom axis is time (yr). The thick black contour designates the 5% significance level against red noise and the cone of influence (COI) where edge effects might distort the picture is shown as a lighter shade.

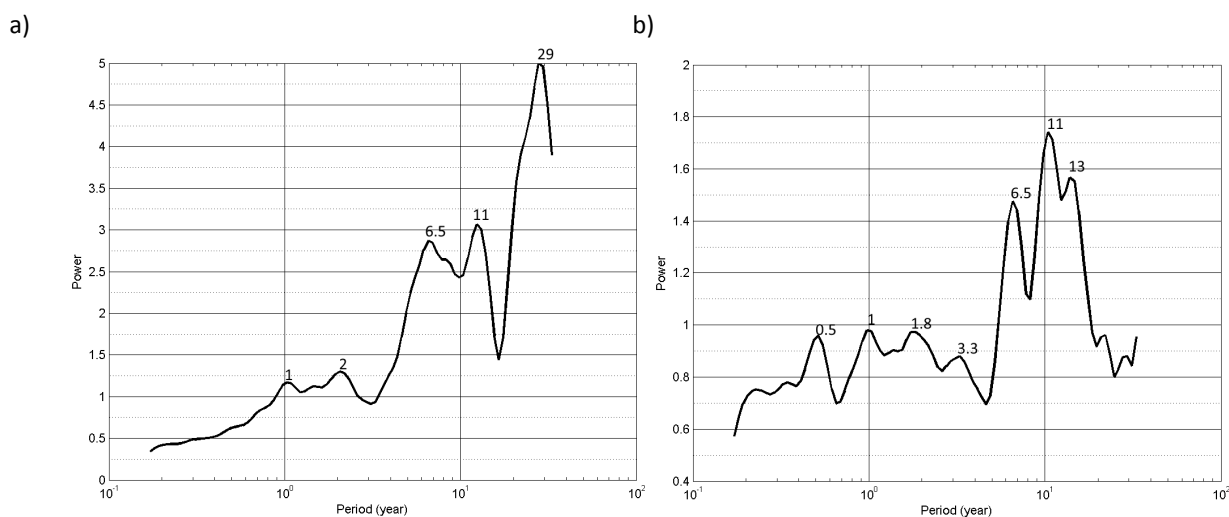


Fig. 11. Map of the 2 regional divisions of Kasai basin after hierarchical clustering methods on principal component analysis of rainfall

Table 2. Contribution of selected energy bands on total variance of discharges for the Kasai River at Ilebo station and rainfalls in Kasai basin

	Discharge	Rainfall		
	Ilebo	Region 1	Region 2	Region 3
0-1 year	42%	44%	45%	45%
1-2 years	34%	35%	30%	25%
2-8 years	10%	5%	6%	8%
8-16 years	6%	3%	4%	6%

4.2 COHERENCE BETWEEN RAINFALLS AND DISCHARGES

The discharge of Kasai River at Ilebo station seems to be strongly related to the rainfalls with total coherence around 59.63%. Figure 12 attests that the coherence between discharge and rainfall in the Kasai basin are essentially distributed across one year cycle and in 2-8 band (6.5 years).

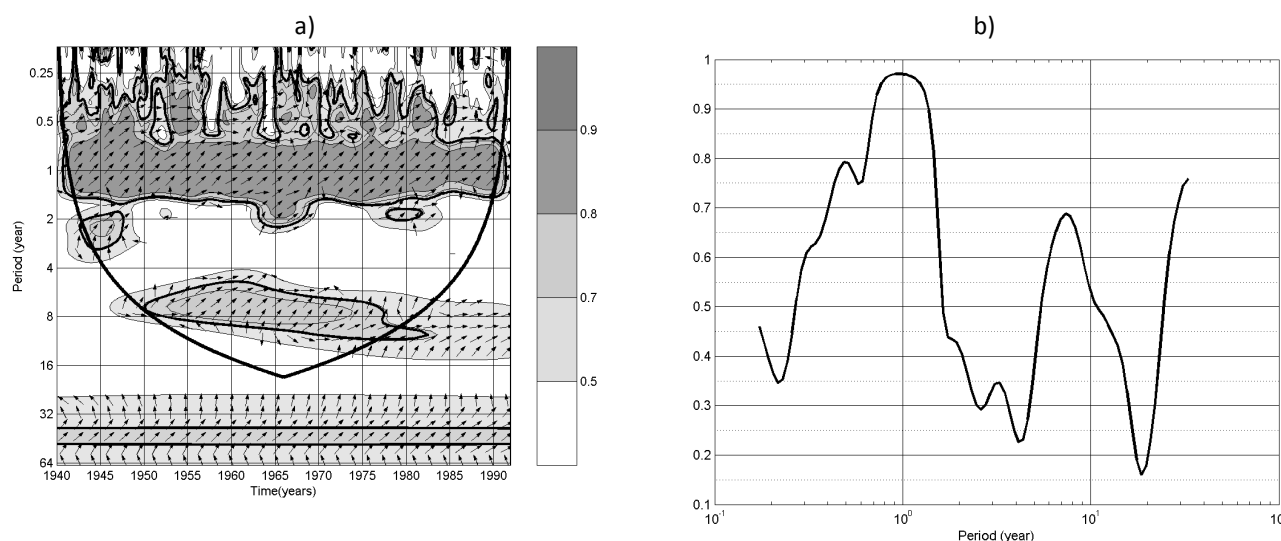


Fig. 12. Wavelet coherence between the discharge of Kasai River at Ilebo station and the PC 1 (80%) of rainfalls over Kasai basin. The 5% significance level against red noise is shown as a thick contour. The relative phase relationship is shown as arrows (with in-phase pointing right, anti-phase pointing lefting straight down).

4.3 RELATIONSHIP TO CLIMATE FORCING

Some characteristic oscillations were next related to several well-known climate indices. The coherence wavelet analyses between discharge time series at Ilebo station, rainfalls (Figure 12) in the three area of Kasai basin and climate index (NAO, NINO 3.4, TNA, TSA, DMI and Solar flux) show period of high coherence during some periods listed in table 2 and 3. Figure 13 and 14 also shows the characteristic periods of high wavelet coherence between discharge at Ilebo station, first principal component of rainfalls in Kasai basin and selected climate indices.

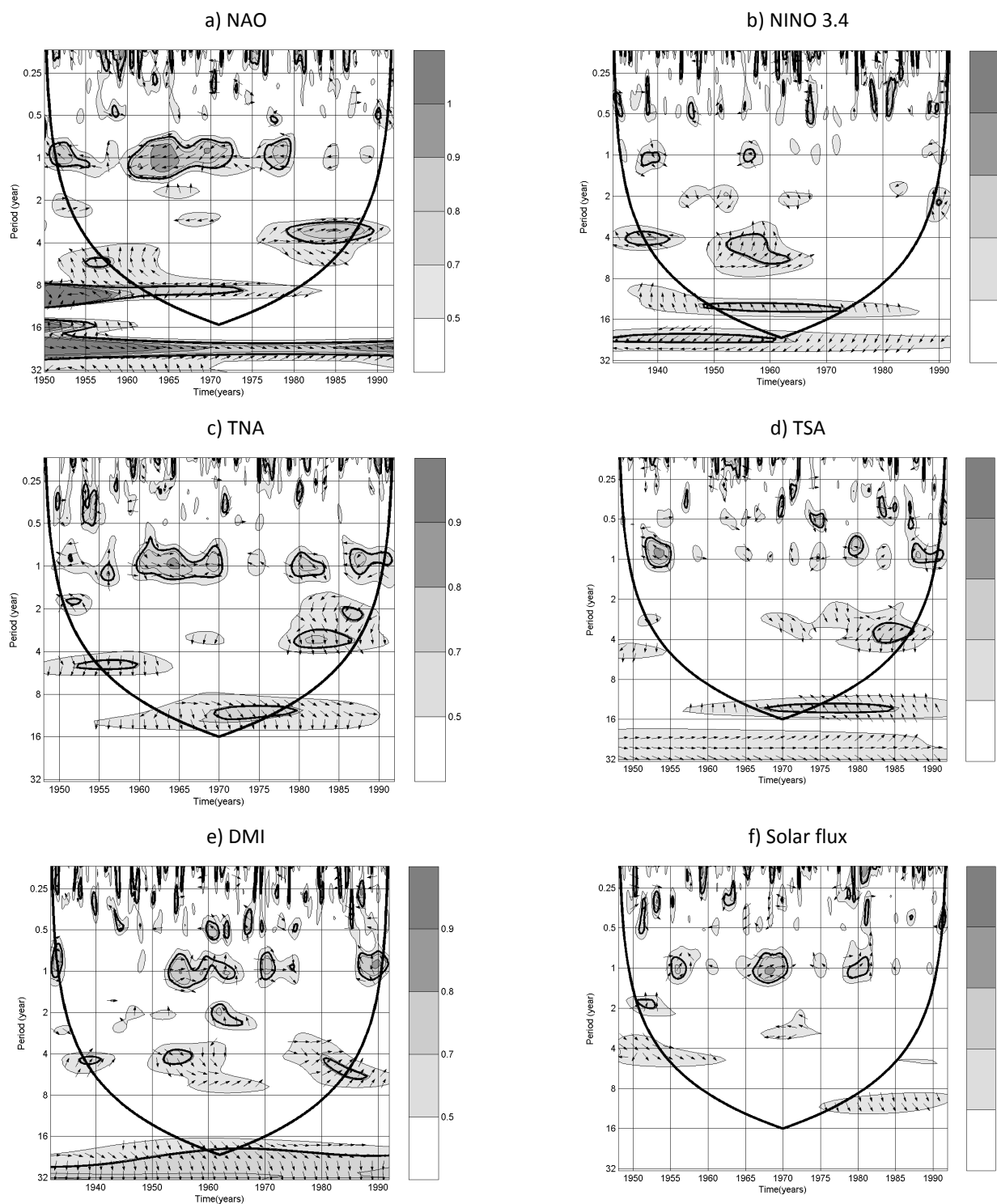
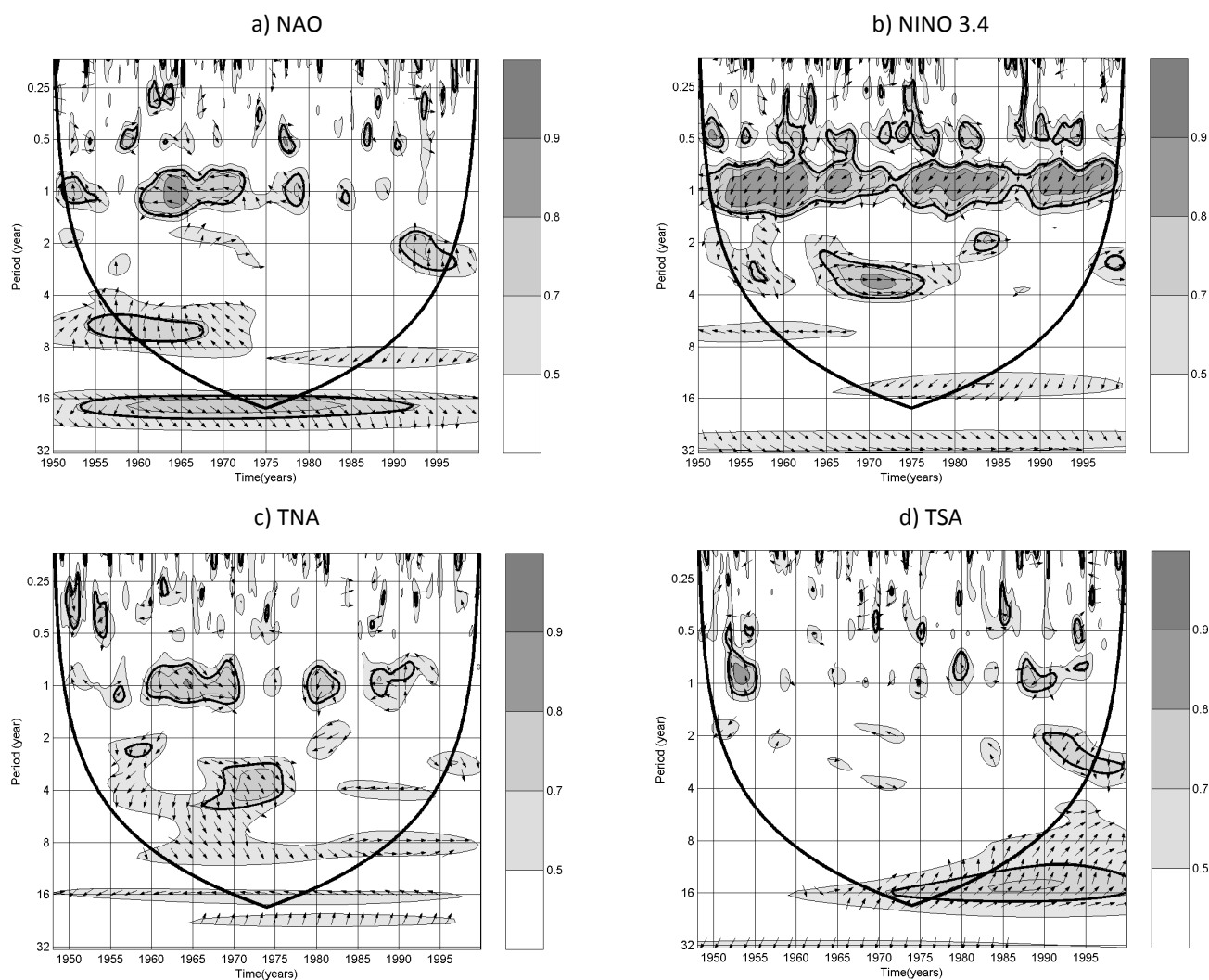


Fig. 13. Wavelet coherence between the discharge of Kasai River at Ilebo station and climate indices (NAO, Nino 3.4, TNA, TSA, DMI, Solar flux). The 5% significance level against red noise is shown as a thick contour.

Table 3. Contribution of selected energy bands on total variance of discharges for the Kasai River at Ilebo station and rainfalls in Kasai basin

Observed scales	NAO	Nino 3.4	TNA	TSA	DMI	Solar
2-4 years	1951-1955 1965-1971 1979-1990		1982-1987	1982-1987	1960-1969	
4-8 years	1955-1958	1932-1945 1952-1962			1950-1957 1980-1990	1948-1962
8-16 years	1950-1960	1948-1972	1967-1985	1967-1985		



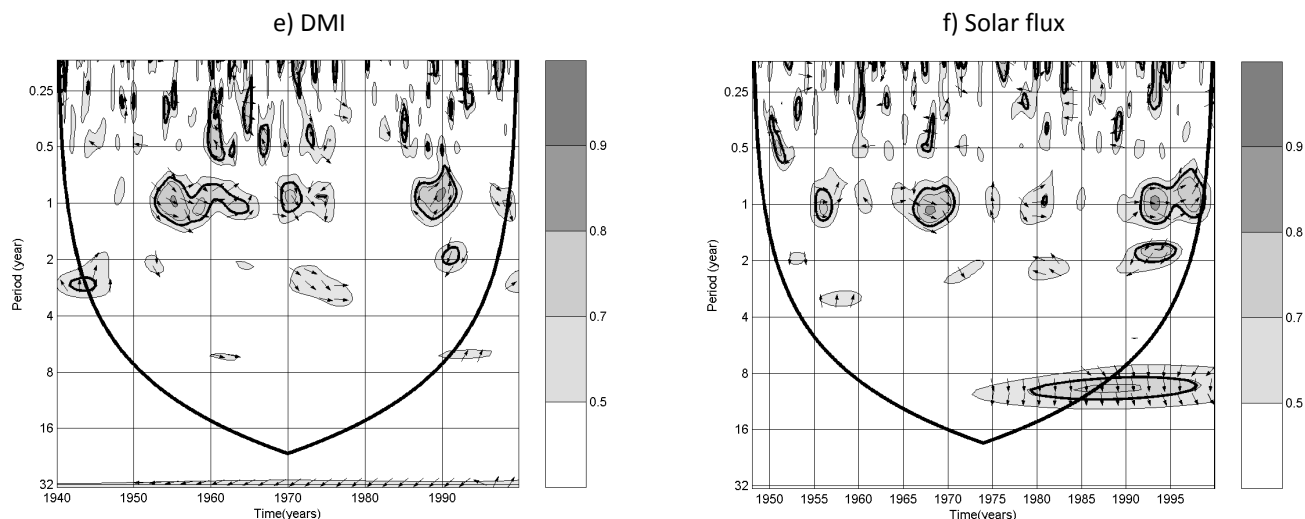


Fig. 14. Wavelet coherence between the PC 1 of rainfalls over Kasai basin and climate indices (NAO, Nino 3.4, TNA, TSA, DMI, Solar flux. The 5% significance level against red noise is shown as a thick contour. The relative phase relationship is shown as arrows (with in-phase pointing right, anti-phase pointing left, and BMI leading AO by 90° pointing straight down).

Table 4. Contribution of selected energy bands on total variance of discharges for the Kasai River at Ilebo station and rainfalls in Kasai basin

Observed scales	NAO	Nino 3.4	TNA	TSA	DMI	Solar
2-4 years		1955-1957 1964-1975	1957-1960 1967-1976 1979-1984 1982-1992	1990-1999	1940-1948 1951-1952 1970-1978	1956-1961
4-8 years	1954-1967	1950-1967	1962-1972			
8-16 years	1975-1995	1967-1999	1957-1999	1972-1999		1980-1997

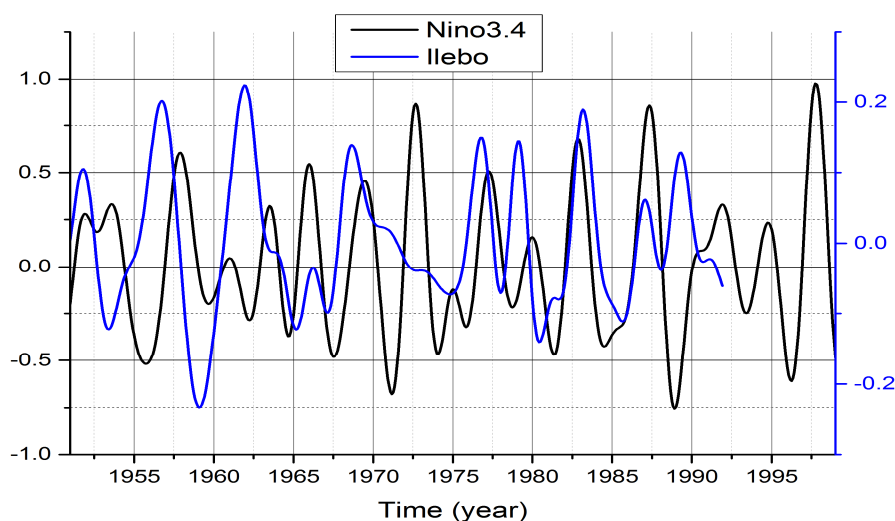


Fig. 15. Comparison between the wavelet –filtered reconstructions of the monthly discharge over 2-8 band-passed of Kasai river at Ilebo station and Nino 3.4 index.

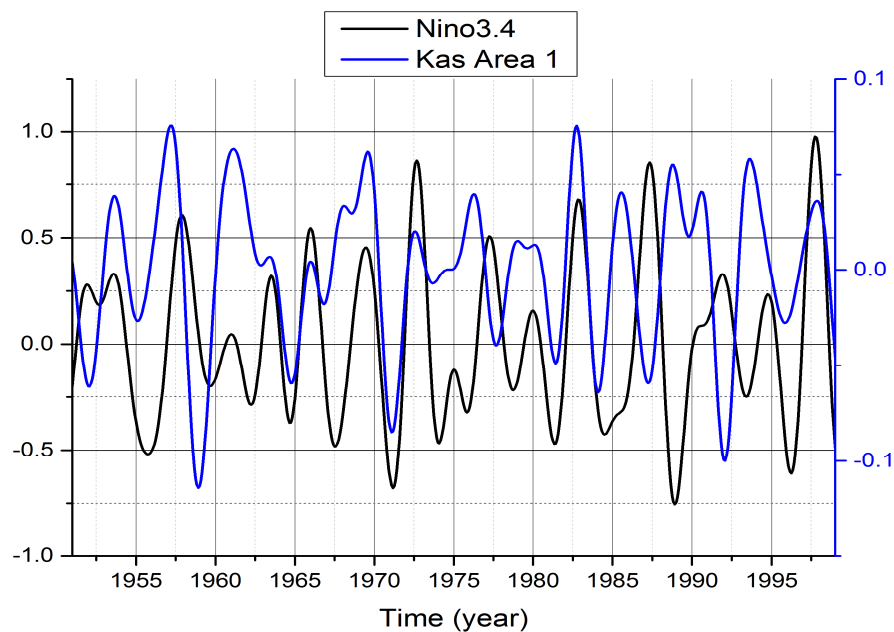


Fig. 16. Comparison between the wavelet –filtered reconstructions of the monthly rainfall over 2-8 band-passed on area 1 of Kasai basin and Nino 3.4 index.

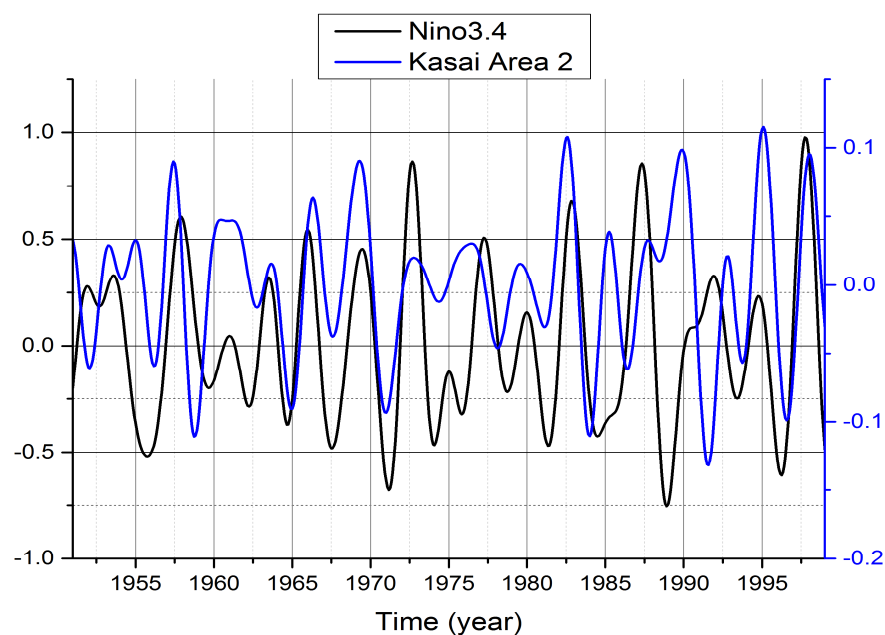


Fig. 17. Comparison between the wavelet –filtered reconstructions of the monthly rainfall over 2-8 band-passed on area 2 of Kasai basin and Nino 3.4 index.

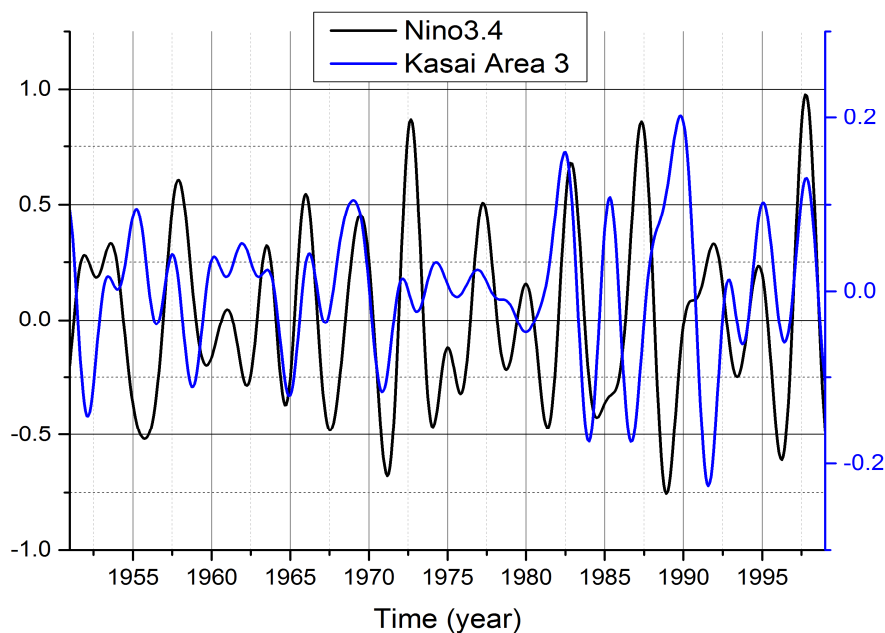


Fig. 18. Comparison between the wavelet -filtered reconstructions of the monthly rainfalls over 2-8 band-passed on area 3 of Kasai basin and Nino 3.4 index.

Figure 19 presents the relationships over the 2–8-yr band between the first principle component of the gridded rainfall over Kasai basin and the Niño3.4 SST index.

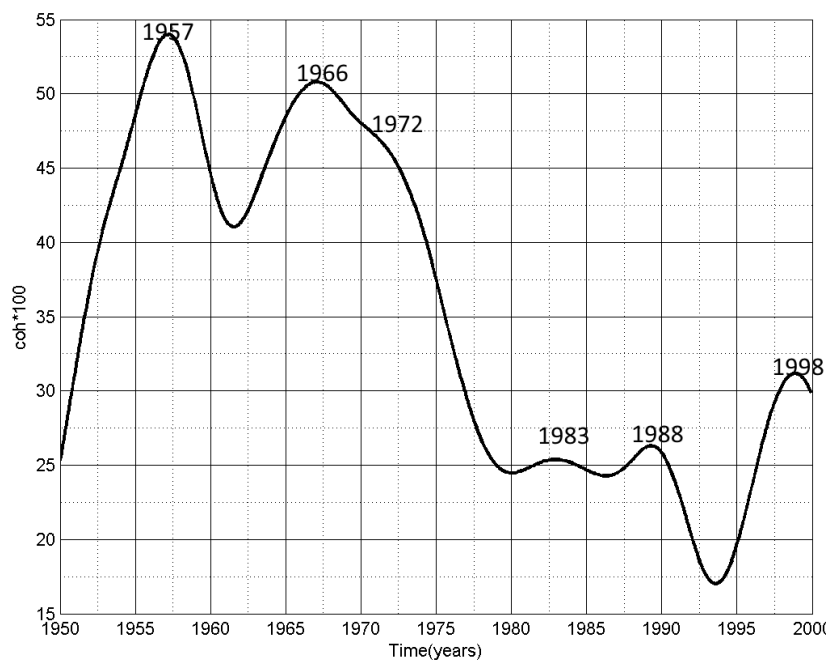


Fig. 19. Percentage of scale-averaged wavelet coherence over the 2–8-yr band for the gridded rainfall over Kasai basin and the Niño 3.4 SST index.

Mean percentage of wavelet coherence between discharge at Ilebo station or rainfall and some selected climate indices except Nino 3.4 index shows a weak nonlinear relationship (figure 20).

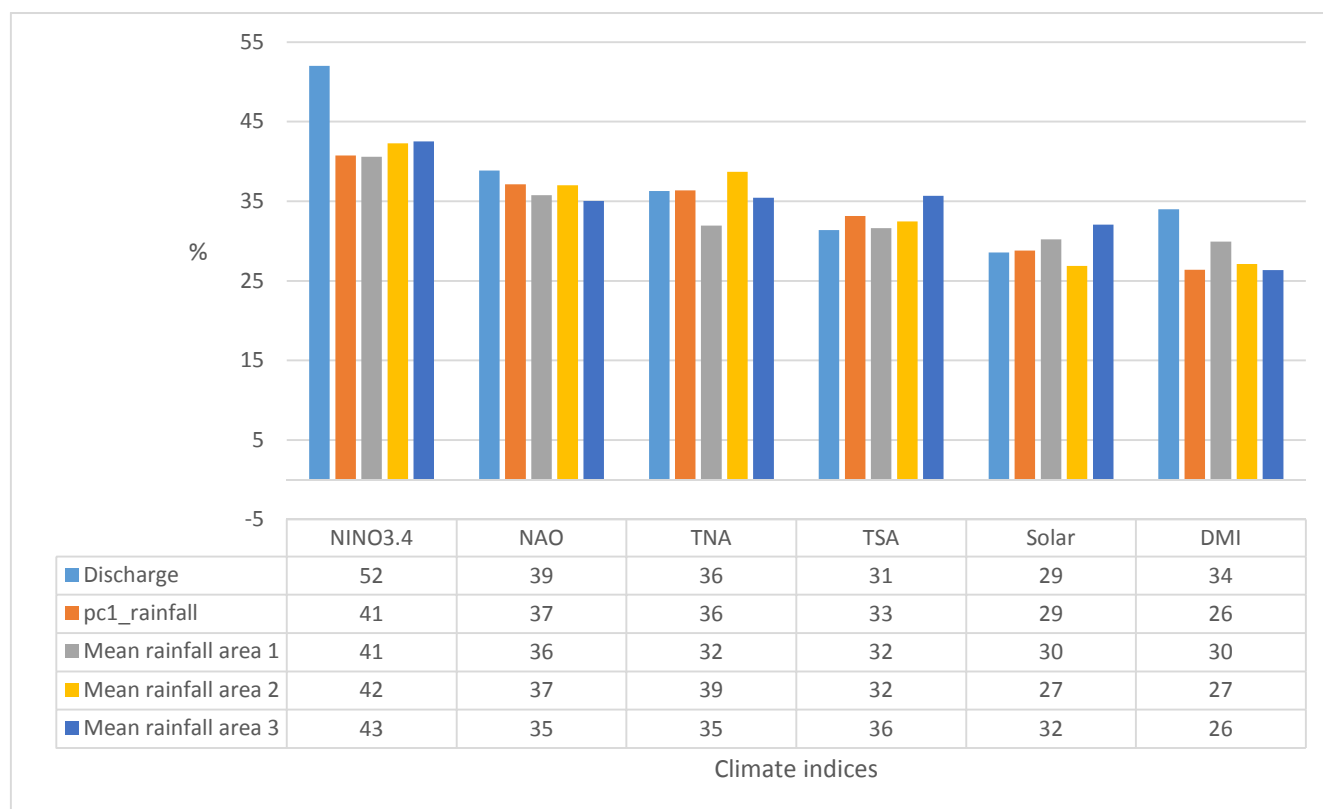


Fig. 20. Mean percentage of wavelet coherence (2-8 years band-passed) between of Ilebo's discharge, PC 1 of gridded rainfalls, Monthly mean rainfalls in Kasai's area 1, area 2, area 3 and some climate indices (NAO, NINO 3.4, TNA, TSA, DMI and Solar flux)

5 DISCUSSIONS AND CONCLUSION

We propose in this article a time-scale analysis of the river discharge fluctuations at Ilebo and rainfalls over the Kasai basin. The two temporal discontinuities around 1970-1975 and 1990-1995 over figure 9 and 10 were also found in other studies [8], [21]. The wavelet coherence between discharges at Ilebo and rainfall over Kasai River shows a high correlation in annual and the 2-8 year band –passed. Wavelet coherence between discharges at Ilebo and rainfall over Kasai River and selected climate index confirm a less (figure 20) and nonlinear relationship between the hydrology of the Kasai basin and the Pacific, Atlantic and Indian SST fluctuations. One can see covariability between rainfalls in the Kasai basin and ENSO phenomenon, particularly at El Niño years [10] (Figure 15-19). The influence of teleconnections is low but their effects seem especially important having regard to the covariability observed with El Niño example. Further investigations should be conducted to understand the variability of the Kasai river basin regime variability. What is the role of deforestation and of human activity and urbanization on water resource to availability?

ACKNOWLEDGMENTS

Thanks for the gridded rainfall data providers IRD and HydroSciences Montpellier, France. The wavelet software was provided by:

- Torrence and Compo at <http://atoc.colorado.edu/research/wavelets/>
- A. Grinsted at <http://www.pol.ac.uk/home/research/waveletcoherence/>

REFERENCES

- [1] D. Backer, "La rivière Kasai entre Kwamouth et Port - Francqui. L'amélioration de ses conditions de navigabilité par balisage, signalisation et travaux d'aménagement," *bulletin des séances de l'Institut Royal Colonial Belge*, vol. III, no. 1, pp. 252 - 278, 1932.
- [2] Devroey and E. , Le Kasai et son bassin hydrographique, Goemaere, 1939.
- [3] Ntombi and Kisangala, "Impact de la lithologie et de l'hydrométrie sur la navigabilité du Kasai en R. D. Congo," *Annales de la Faculté des Sciences*, pp. 157-164, 2002.
- [4] Kisangala and Ntombi, "Estimation des réserves régulatrices et établissement de la courbe de tarissement du bassin versant du Kasai durant la période d'étiage à l'échelle de Lumbu," *Revue Congolaise des Sciences Nucléaires*, vol. 26, no. 2, 2012.
- [5] J.-F. Boyer, C. Dieulin, N. Rouché, A. Cres, E. Servat, J.-E. Paturel and G. Mahé, "SIEREM : an environmental information system for water resources," in *Climate variability and change : hydrological impacts*, vol. 308, P. -. AISH and 308, Eds., Wallingford (GBR) ; Paris, AISH ; UNESCO, 2006, pp. 19--25.
- [6] N. Rouché, G. Mahé, S. Ardoin-Bardin, B. Brissaud, J.-F. Boyer, A. Crès, C. Dieulin, G. Bardin, G. Commelard, A. Dezetter, J.-E. Paturel and É. Servat, "Constitution d'une grille de pluies mensuelles pour l'Afrique (période 1900-2000)," *Sécheresse*, vol. 11, no. 1, 2010.
- [7] G. Mahé, «Modulation annuelle et fluctuations interannuelles des précipitations sur le bassin-versant du Congo,» chez *Actes du Colloque PEGI Grands Bassins Fluviaux Péri-Atlantiques : Congo, Niger, Amazone, INSU, CNRS, ORSTOM, 22-24 nov. 1993*, Paris, 1995.
- [8] G. Mahe, Y. L'Hote, J. Olivry and G. Wotling, "Trends and discontinuities in regional rainfall of West and Central Africa: 1951–1989," *Hydrological Sciences Journal*, vol. 46, pp. 211-226, 2001.
- [9] J. W. Hurrell, "Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation," *Science*, vol. 269, no. 5224, pp. 676-679, 1995.
- [10] K. E. Trenberth, "The definition of el nino," *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 78, pp. 2771-2777, 1997.
- [11] D. Enfield and E. Alfaro, "The dependence of Caribbean rainfall on the interaction of the tropical Atlantic and Pacific oceans," *Journal of Climate*, vol. 12, p. 2093–2103, 1999.
- [12] "Latest Solar Radio Flux Report from DRAO, Penticton," Natural Resources Canada, 10 february 2016. [Online]. Available: <http://www.spaceweather.ca/solarflux/sx-4-en.php>.
- [13] K. Ashok, Z. Guan and T. Yamagata, "Impact of the Indian Ocean dipole on the relationship between the Indian monsoon rainfall and ENSO," *Geophysical Research Letters, Wiley Online Library*, no. 28, pp. 4499-4502, 2001.
- [14] S. Le Dien and J. Pagès, "Hierarchical Multiple Factor Analysis: application to the comparison of sensory profiles," *Food Quality and Preference*, vol. 14, p. 397–403, 2003.
- [15] L. Lebart, A. Morineau and K. Warwick, *Multivariate descriptive statistical analysis*, Wiley, 1984.
- [16] P. Hubert, J. P. Carbonnel and A. Chaouche, "Segmentation des séries hydrométéorologiques-application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'ouest," *Journal of hydrology, Elsevier*, vol. 110, pp. 349-367, 1989.
- [17] C. Torrence and G. Compo, "A practical guide to wavelet analysis," *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, vol. 79, pp. 61-78, 1998.
- [18] M. Farge, "Wavelet transforms and their applications to turbulence," *Annual Review of Fluid Dynamics*, vol. 24, pp. 395-457, 1992.
- [19] Y. Hao, G. Liu, H. Li, Z. Li, J. Zhao and T. Yech, "Investigation of karstic hydrological processes of Niangziguan Springs (North China) using wavelet analysis," *Hydrol. Process*, vol. 26, pp. 3062-3069, 2012.
- [20] C. Torrence and P. Webster, "Interdecadal changes in the ENSO-monsoon system," *J. Climate*, vol. 12, pp. 2679-2690, 1999.
- [21] A. Laraque, G. Mahe', D. Orande and B. Marieu, "Spatiotemporal variations in hydrological regimes within Central Africa during the XXth century," *Journal of Hydrology*, vol. 245, p. 104–107, 2001.

Conservation status assessment method for habitat types at Site of European Community Interest scale

Frederic Bendali and Nikolaos Nellas

Eco-Consultants S.A., Holargos, Greece

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

ABSTRACT: Most 92/43/EEC Directive (Natura 2000) Habitat Types are defined by vegetation, with reference to the phytosociological method. Habitat types' conservation status assessment is based partly on "Typical Species", structure, function and future trend of habitats. The 92/43/EEC Directive application guidance document does not mention a clear definition of "Typical Species". Furthermore, this Directive imposes for assessment to deal with Habitats types variants depending on local conditions. The method presented in this paper, is based on Frequency Analysis and is applied on the Site of Community Interest of the Volvi and Koronia lakes, in Greece. It defines firstly Typical Species using two species bond probability calculation and aggregation of the Species in vegetation units limited with probability thresholds, and secondly bonds probability calculation between species and environmental variable status for each species in the unit, presented in ecological profiles. This Phyto-ecological method not only defines Typical Species at site scale, using relative small number of plots (66), but also bonds Typical Species with habitat structure and function environmental variables such as grazing and edaphic ones at this scale. The information provided by this method helps short and middle term future trend prevision of Habitat and more "tuned" management on site scale than with global plots (relevés) treatment from all the country.

KEYWORDS: Habitat Types, Conservation Status, Typical Species, Frequency Analysis, Ecological Profiles, Site of community Interest Monitoring.

1 INTRODUCTION

In the frame of 92/43/EEC European Union Directive, habitat types are mostly defined by vegetation, with reference to the phytosociological method [3], and their conservation status is assessed through "parameters" such as area, range, structure, function, future prospects, pressures and threats. In this frame, the assessment of habitat structure and function requires checking the presence of Typical Species' (TS) from a given list.

There is no clear definition of what a is "Typical Species" in the guidance for the 92/43/EEC Directive application [7] and the Greek Explanatory Implementation Manual for the Conservation Degree Assessment of Habitat Types [6]. According to [6], TS may be not stable for the same habitat type along the sites in Europe or even in a country, and each habitat type is composed by vegetation units determined by ecological factor that may have not the same strength from a Site of Community Interest (SCI) to another. In this way, habitat types have variants depending on local conditions, and the 92/43/EEC Directive imposes this variability to be dealt with. The definition of structure in [7] and [6], due to the use of its TS completion list, is not much clear, although the structure of vegetation is well defined by many studies and is enough taken in account in the field data-recording database [13] (percentage of land cover by each vegetation strate). According to [7] and [6], the function of habitat, is leaved to "expert judgment".

The field data-recording database [13] created, for Habitat and Species assessment in Greece, includes lists of TS for each habitat type connected with phytosociological analysis [6] of the 15991 relevés (plots) from the initial phase records, concerning the whole country [14]. The analysis method uses the Tsiripidis et al. [15] algorithm and the Phi coefficient [5] that indicates the ability of a Species to separate a plant group from others. Nevertheless, for some reasons, including the

difficulty to define the Phi threshold on which is based the decision to include or not a Species in the group of TS, the least choice of TS for the database is left to “expert judgement”.

The results that derived from this process include lists of 16 to 49 TS in the Greek assessment database [13] for each of the habitat types we focused in the study area: Local variant (association *Salicetum albae*) of the 92A0 (*Salix alba* and *Populus alba* galleries), local variant (association *Tamaricetum parviflorae*) of 92D0 (Southern riparian galleries and thickets that corresponds to *Nerio-Tamaricetea* and *Securinegion tinctoriae*), local variant of 6420 (Mediterranean tall humid grasslands of the *Molinio-Holoschoenion*), a variant of 72A0 (Reed beds that corresponds to the association *Phragmitetum*), another variant of 72A0 (Reed beds that corresponds to the association *Scirpetum lacustris*) and the local variant of 3290 (Intermittently flowing Mediterranean rivers of the *Paspalo-Agrostidion*).

Because of the great number of TS for each habitat type in the [13] database, it would take at least the same time as for the initial phytosociological relevé, where every Species is noted, to check for presence and other parameters as abundance or vitality for each TS in a field plot. Also, besides the difficulty of assessing the habitat conservation status, looking whether some of the numerous TS are lacking or not, there maybe also difficulty in deciding to which habitat type belong some relevés, due to common TS. According to the [13] database, 10 common TS exist between 92A0 and 92D0, 9 between the two variants of 72A0 and 5 between 92A0 and at least one of the two variants of 72A0. Also 6 TS are common between 92A0 and 92D0 and at least one of the two variants of 72A0. This shows the possibility of evolution from one habitat type to another, with some probability that a station belongs to an intermediate form between two types inside the study area. This incertitude is maintained in spite of dealing with the habitats variants, which very often differentiate SCI [14].

Better knowledge of the factors that conduct the changes among habitat types and the TS that are the most sensible to these factors should be useful [10], but this is more efficient at local scale, in each SCI. In this way we should be able to indicate a few TS that are operational indicators, firstly, of a habitat type, and secondly, of the dynamics status of each habitat. For this purpose, we must dispose a processing method that gives satisfactory results with a small amount of relevés due to the restriction of the work area. This paper exposes this method, using a sub sample of 66 relevés, on geological substratum not older than tertiary deposits, from those, which have been gathered during the fieldwork for monitoring and assessing habitat conservation in the Greek Volvi and Koroni lake National Park, Thessaloniki Prefecture during 2013-2015 period [1], [2].

2 MATERIAL AND METHOD

We used 66 vegetation and environmental variables field samples (relevés) on surfaces between 8 and 100 m², depending on habitat type and its richness in Species. The samples' location has been chosen by stratified sampling method [10], using habitat type and geological substrata maps [1], [2]. In these samples the presence of each Species is noted, and also its abundance, its vitality and in which vegetation strata it is the most abundant. The status of 25 environmental variables was also noted on the plots. Only process of Species' presence and four variables is presented here.

2.1 PHYTOSOCIOLOGICAL PROCESSING METHOD WITH FREQUENCY ANALYSIS

In phytosociology the probability to find in the same relevé two or more plant Species is the basic principle on which, it could be mentioned, that a Species is characteristic of one vegetation unit. The Conservatoire Botanique National Alpin [9] has studied the problem of finding TS in France and reached to the definition that a TS has a large probability to be found with other Species which together characterize a habitat type in one or another phytosociological taxon. The process used by the upward authors is to calculate the exact probability of finding two Species together in a relevé, and not a statistic coefficient (as Phi or Chi²) or parameter that is supposed to represent a phenomenon in a large sample, that is not efficient in small samples. So, the above-mentioned method [9] adopted by us, is not inferential, and is called “Frequency Analysis”. The probability calculation is explained downwards.

Table 1: Combination number of presence and absence of two Species in the relevés

Frequencies		2d Species		
		Presence	Absence	Total
1 st Species	Presence	a	b	a+b
	Absence	c	d	c+d
	Total	a+c	b+d	n

Where: $n = a+b+c+d$

The probability (P) of the table is: $P = \frac{(a+b)!(c+d)!(a+c)!(b+d)!}{n!a!b!c!d!}$

The information quantity (I) that offers is: $I = \log_2 \frac{1}{P}$

The amount of information I (with sha as unit), from the Information Theory [4], [8], is used here as a practical bound between two Species, which can be visually represented as a distance where a short distance is a tight bound. This gives a dendrogram named “archipel” [9], [10], with an algorithm that starts with the two Species that have the highest I. The two first Species form a first vegetation unit that will be enlarged with a third Species that has the highest I with one of the Species of the unit and so on till a threshold I. The algorithm is reinitiated with the rest of the Species that are not in the first unit to form a second unit and so on. In our case, we chose the threshold $I = 5$ sha, that means a 97% probability to be wrong if we say that the two Species with this amount of mutual information quantity are not bounded. The fidelity of Species to a unit can be measured by this method.

To attribute each vegetation unit - resulting from the above-described process- to each habitat type, each vegetation unit is compared with the proposed TS composition of the habitat types in the [13] database. To precise correspondence between TS and local variants of Habitat types through phytosociological units, we used the results of the Twinspan method's phytosociological process [12], by which have been described a Northern Greece study area's habitats through 5238 relevés [14] and includes our study area. This method uses reciprocal averaging frequencies to define characteristic Species of habitat types, which is an additional inferential method to the one used throughout Greece [6].

Frequency analysis shows that when two Species are present only two times in the sample of 66 relevés, and when they are present both in the two same relevés, there is 99,95 % chance to be wrong if we suppose that they are not bounded. This is important information that counts, although more information on these two relevés is needed. The second part of the process, presented downwards can be used in order to gather this information. With this method, it is possible to exploit the information given by mutual presence of Species less than 5 and then exploit small number of relevés.

2.2 PHYTO-ECOLOGICAL PROCESSING METHOD WITH FREQUENCY ANALYSIS

The ecological meaning of the abovementioned bonds between Species need coded variables of the environment and the frequencies of Species in the variable classes. This process is called phyto-ecological process [11], [10].

Table 2: Combination number of presences and absences of a Species and variable class in the relevés.

Variable V		Presence of class V(i)	Presence of all other classes of V	Total
Species S	Presence	A	b	a+b
	Absence	C	d	c+d
	Total	a+c	b+d	n

The probability of this table is calculated with the same formula as in table 1. It is reiterated the calculation for each class V(i) and establish the ecological profiles for each Species of groups of Species and for each variable to verify the effect on the plant Species' repartition.

Simultaneously the combinations between variables classes are calculated from variables pairs for detection of redundancies in variables or eventual bias in bonds interpretation.

Table 3: Ecological profile of Species

Classes of variable V	V(1)	V(i)	...	V(n)	Total of relevés
Presences of the class P(i)	P(1)	P(i)	...	P(n)	$\Sigma P(i)$
Name of the Species S	Presence of S in V(1)	Presence of S in V(i)	...	Presence of S in V(n)	Total presence of the Species S

In the same table cell for the presence of S in V(i), the significance of the probability to find the Species S in the variable class V(i) with the downwards signs is mentioned.

+	Significative bond (probability <0,05)
++	Very significative bond (probability < 0,01)
+++	Extremely significative bond (probability < 0,001)
-	Significative incompatibility (probability <0,05)
--	Very significative incompatibility (probability <0,01)
---	Extremely significative incompatibility (probability <0,001)

The calculations have been processed through ECHO database' software of the Montpellier's Institut de Botanique that can be provided mailing to migodron@wanadoo.fr.

3 RESULTS AND DISCUSSION

The vegetation units and their correspondence to habitat types (presented in introduction) are presented bellow, with mention in parentheses of the mutual information (I) between the Species in sha.

- **Unit 1:** This unit combines the habitat type 6420, and especially the Trifolion resupinati Micevski 1957, characterized by *Juncus acutus* and *Scirpoides holoschoenus* (I=17), with the 92A0, and especially the Salicetum albae, characterized by *Salix alba* (I=11 with *Scirpoides holoschoenus*), *Populus alba* (I=10 with *Salix alba*), *Alnus glutinosa* (I=9 with *Populus alba*) and *Rubus ulmifolius* (I=7 with *Alnus glutinosa*).
- **Unit 2:** It combines the habitat type 92A0, and especially the Salicetum albae, with the 92D0, and especially the Tamaricetum parviflorae, and is characterized by *Aristolochia clematitis*, *Ballota nigra* (I=7), *Urtica dioica* (I=7 with *Ballota nigra*), *Phytolacca americana* (I=7 with *Urtica dioica*) and *Cornus mas* (I=6 with *Urtica dioica*).
- **Unit 3:** This unit is part of the 72A0 type, and especially the Scirpetum lacustris, characterized by *Cyperus longus*, *Lythrum salicaria* (I=13), *Pulicaria dysenterica* (I=9 with *Cyperus longus*) and *Schoenoplectus lacustris* (I=6 with *Cyperus longus*). *Agrostis stolonifera* (I=9 with *Cyperus longus*), which, according to the [11] database, is TS of all the mentioned habitat types but the 3290, is member of this group.
- **Unit 4:** This unit belongs to the 3290 type, and especially the Paspalo-Agrostidion semiverticillatae Br.-Bl. Roussine et nègre, characterized by *Cyperus fuscus*, *Echinochloa crus-galli* (I=16) and *Paspalum paspalodes* (I=11 with *Cyperus fuscus*), but *Paspalum paspalodes* and *Echinochloa crus-galli* are also TS of the 72A0, according to the [11] database.
- **Unit 5:** This unit, with *Cichorium intybus*, *Crepis setosa* (I=12), *Cynodon dactylon* (I=10 with *Cichorium intybus*) and *Plantago lanceolata* (I=6 with *Cichorium intybus*), due to the two last characteristics, belongs to the 6420 type, and especially to the Trifolion resupinati Micevski 1957, although *Crepis setosa* is characteristic of the Cirsion appendiculati Horvat, Pawlowski et Walas 1937, which have been classified in 2001 in the 6432 type (Eutrophic tall herbs).

The method does not distinguish a unit that would correspond well with the 92D0 type as characterized in the [13] database because this type has Species that live in different soil structure, as it can be seen bellow for *Vitex agn. castus* and *Tamarix parviflora*.

Bellow some ecological profiles of the group's Species are presented that can explain the reasons why the units are differentiated, using variables of structure and function of the habitats. The habitat types they characterize, according to [13] and [14] are in parenthesis.

Table 4: Ecological profile of the group Species for the aquifer's depth in summer

Class of depth (cm)	0-20	20-40	40-80	80-120	>120	Total of relevés
Presences of the classes	4	8	14	18	22	66
Species	Presences of the Species					Total presences of the Species
<i>Vitex agn. castus</i> (92D0)	0	0	3	1	10 ++	14
<i>Rubus ulmifolius</i> (92A0, 92D0)	0	0 -	4	9 +	7	20
<i>Cichorium intybus</i> (6420)	0	1	2	8 +	7	18
<i>Salix alba</i> (92A0, 92D0)	1	0	3	4	0 -	8
<i>Scirpoides holoschoenus</i> (92D0, 6420, 72A0)	0	2	6 +	5	1 -	14
<i>Agrostis stolonifera</i> (92A0, 92D0, 6420, 72A0)	1	3	4	1	0 -	9
<i>Juncus acutus</i> (92D0, 6420, 72A0)	1	2	6	6	0 ---	15
<i>Phragmites australis</i> (92A0, 92D0, 72A0)	2	4	7	9	1 ---	23
<i>Pulicaria dysenterica</i> (72A0)	2 +	1	2	2	0 -	7
<i>Echinochloa crus-galli</i> (72A0)	2 ++	1	0	0	0	3
<i>Paspalum paspalodes</i> (72A0, 3290)	3 ++	2	1	0	0	6
<i>Cyperus fuscus</i> (3290)	2 ++	1	0	0	0	3

The relations between potential TS and aquifer depth in summer can be locally verified using these ecological profiles:

- Unit 4, relied with 3290 type, is bounded with the moistest soils and the Species that forms it can be chosen as TS for this habitat type.
- 72A0 does not correspond precisely with soil moisture in our study area because a large population of its most TS, as reed (*Phragmites australis*), is on the Koronia lake's shore, which is subject of desiccation, and shows relative adaptation to this factor. The number of TS for 72A0 should be restrained to those of the unit 3 for our study area.
- *Vitex agnus castus*, which characterizes 92D0 habitat type in all the Natura 2000 web, is founded here mostly on the less moist soils upon newer geological deposits (not older than tertiary)

Ecological groups [11], [8], which are groups of Species that have the same profile for a variable, can differentiate habitat types or habitat variants, or contribute to several types, as vegetation units. In our case the salinity can explain one variant of 92D0.

Table 5: Ecological profile of Species for the soil's reaction on HCl

Soil's reaction on HCl	No	Weak and brief	Weak and long	Strong and brief	Strong and long	No data	Total of relevés
Presences of the classes	23	6	10	9	14	4	66
Species	Presences of the Species						Total presences of the Species
<i>Vitex agn. castus</i> (92D0)	9 +	2	1	0	0 -	2	14
<i>Rubus ulmifolius</i> (92A0, 92D0)	10	5 ++	1	4	0 --	0	20
<i>Scirpoides holoschoenus</i> (92D0, 6420, 72A0)	6	2	1	3	0 -	2	14
<i>Tamarix parviflora</i> (92D0)	5	3	2	5 +	2	0	17

Tamarix parviflora invades the argillic Koronia lake's bottom, that has been exposed when water level was restricted. Soil's salinity is explained by evaporation of alcalic water and concentration of salt on the soil's surface. Soils with more stable water dynamics, like the Volvi lake shores, support less resistant to salinity plants such as *Rubus ulmifolius*, characteristic of 92A0 and 92D0, according to the [13] database. *Vitex agn. castus* shows, in the abovementioned profiles that soil salinity can explain the existence of a 92D0 variant with this plant as characteristic. The following profiles completes the definition of this variant.

Table 6: Ecological profile of Species for the geologic substrate

Geological substrate	New soil	Lacustrine sediments	Other quaternary deposits	Tertiary deposits	Total of relevés
Presences of the classes	33	7	16	5	66
Species	Presences of the Species				Total presences of the Species
<i>Vitex agn. castus</i> (92D0)	4 -	1	5	4 +	14
<i>Scirpoides holoschoenus</i> (92D0, 6420, 72A0)	12 ++	1	1	0	14
<i>Tamarix parviflora</i> (92D0)	13 ++	1	3	0	17

New soil concerns either new exposed lake's bottom or new deposits from estuaries since the 1970' decade. The above ecological profiles confirm the need of a variant with *Vitex agn. castus* for 92D0.

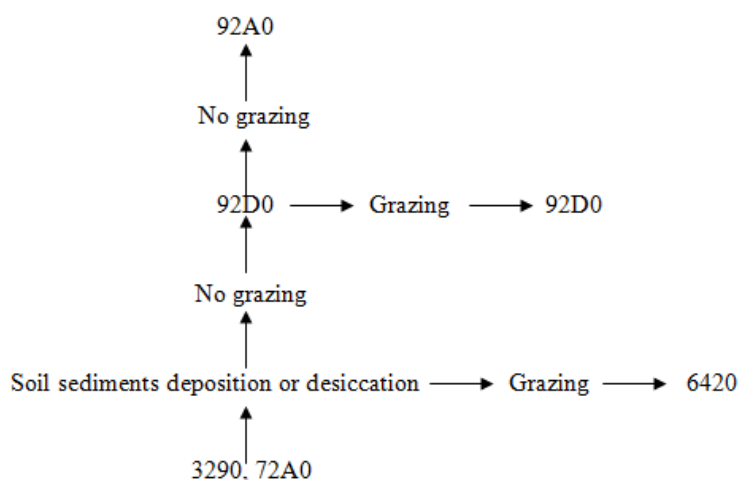
Another very important variable for the signification of vegetation units is the intensity of grazing estimated by its effect on the vegetation's structure.

Table 7: Ecological profile of Species for the intensity of grazing

Intensity of grazing	No grazing	Not restrain veg. dynamics	Restrain without veg. structure change	Change veg. structure	Total of relevés
Presences of the classes	16	27	21	2	66
Species	Presences of the Species				Total presences of the Species
<i>Cynodon dactylon</i> (6420)	2 --	10	17 +++	1	30
<i>Juncus acutus</i> (92D0-6420-72A0)	3	4	8 +	0	15
<i>Cichorium intybus</i> (6420)	1 -	8	8	1	18
<i>Phragmites australis</i> (92A0-92D0-72A0)	5	13 +	5	0	23
<i>Aristolochia clematitis</i> (92A0-92D0)	3 +	0	1	0	4
<i>Urtica dioica</i> (92A0)	7 +++	0 -	1	0	8

The table above shows two types of profiles. *Aristolochia clematitis* and *Urtica dioica*, that grow under the shadow of the 92A0's trees or the 92D0's bushes, are significantly bonded with no evidence of grazing, when *Cynodon dactylon*, *Juncus acutus* and *Cichorium intybus*, characteristics of the 6420 habitat type, are significantly bonded with grazed meadows. We remark that *Phragmites australis* is bonded with a weak intensity of grazing. For the above-mentioned reasons, the TS proposed locally for 6420 (humid grasslands) are *Cynodon dactylon*, *Cichorium intybus*, and *Juncus acutus* because they indicate that grazing is going on. Grazing maintains the vegetation low, aborting trees or high shrubs' growth, that in turn maintains enough light for the grass. It is urged upon that *Cynodon dactylon* is significantly negatively bonded with more than 70% trees cover.

Better knowledge of the relationship between TS, structure and function of the habitats allowed us to propose an algorithm of habitat dynamics in the Volvi and Koroni lakes national Park [1], as follows. Under the hydrologic and edaphic dynamics of the study zone, grazing is the most important factor.



4 CONCLUSIONS

The phyto-ecological method allowed us to indicate a small amount of Typical Species for habitat types in order to check their population parameters in each field plot, based on local relationship, not only between the Species but also between

the Species and habitats' structure and function variables. Using this method and these variables help tightening the relationship between the "parameters" of assessment, that are the Typical Species, the structure of the habitat, (which is not only based on vegetation in our method), and the functions where factors such as grazing or of soil dynamics are important. It looks good to have a small number of TS, given the known relationship between them and the Habitat's structure and function, for Habitat assessment efficiency and time saving.

Assessing habitat with locally efficient structure and function variables allows better knowledge on future prospects, pressure and threat and, at last, site monitoring.

REFERENCES

- [1] Bendali F., Vavizos G., Zannaki K., Monitoring and Assessment of the Community Interest Habitat Types' Conservation Status in the Volvi and Koroni Lakes Managing Body's Authority region, Volvi and Koroni Lakes Managing Body, 2th Final Report, 87 p., 2013 (in Greek).
- [2] Bendali F., Vavizos G., Zannaki K., Nellas N., Monitoring and Assessment of the Community Interest Habitat Types' Conservation Status in the Volvi and Koroni Lakes Managing Body's Authority region, Volvi and Koroni Lakes Managing Body, 4th Final Report, 20p., 2015 (in Greek).
- [3] Braun-Blanquet, J. Les groupements végétaux de la France méditerranéenne. Macabert Frères, Vaison la Romaine, 1952.
- [4] Science and Information Theory. Academic Press, 351 p., 1962
- [5] M. Chytrý, L. Tichý, J. Holt and J. Botta-Dukát, "Determination of diagnostic Species with statistical fidelity measures", Journal of Vegetation Science vol. 13, pp. 79–90, 2002.
- [6] Dimopoulos P., Tsiripidis I., Xystrakis F., Panitsa M., Fotiadis G., Kallimanis A.S. and Kazoglou I., Deliverable A6. Explanatory Implementation Manual for the Conservation Degree Assessment of Habitat Types – 1st edition, Ministry of Environment, Energy and Climate Change, OIKOM Ltd - E. Alexandropoulou - A. Glavas, Athens, 38 p., 2014 (in Greek).
- [7] Evans D. and Arvela M., Assessment and reporting under Article 17 of the Habitats Directive. Explanatory Notes & Guidelines for the period 2007-2012. Final draft. European Topic Centre on Biological Diversity, 123 p., 2011
- [8] M. Godron, "Application de la théorie de l'information à l'étude de l'homogénéité et de la structure de la végétation », Oecol. Plant., vol. 2, pp. 187-197. 1966.
- [9] Godron, M., Andrieu, J., Mise en évidence statistique d'un continuum à facettes dans les Baronnies, in F. Alexandre et A., Genin, Continu et discontinu dans l'espace géographique, Tours: Presses universitaires François Rabelais, pp. 145-170, 2008.
- [10] Godron M., Écologie et évolution du monde vivant, Paris: Ed. de l'Harmattan, 1722 p., 2011.
- [11] M. Gounot, « L'exploitation mécanographique des relevés pour la recherche des groupes écologiques », Bulletin du Service de la Carte Phytogéographique. B, vol 4, no. 2, pp. 147-177, 1959.
- [12] Hill, M.O., DECORANA and TWINSpan, for ordination and classification of multivariate Species data: a new edition, together with supporting programs, in FORTRAN 77. Huntingdon: Institute of Terrestrial Ecology, 1994
- [13] Kotzageorgis G., Mantzavelas A., Hadjicharalambous E., Defingou M., Gioutlakis M., Papagrigoriou S., Alexandridou E. (Editors), "Deliverable B4: Manual on the updated Database of the monitoring project, 1st edition". YPEKA, Athens, Joint venture of Enveco S.A, Omikron Ltd., Karolidis Theodoros, Fyselias Spyridon, Consultant EKVY, 83 p., 2014 (in Greek)
- [14] MEPW (Ministry of Environment and Public Works) - Environmental Planning Direction, Identification and Description of Habitat Types in Community Interest area for Nature Preservation, Final Report, Athens (in Greek), 2001.
- [15] I. Tsiripidis, E., Bergmeier, G. Fotiadis, and P. Dimopoulos, « A new algorithm for the determination of differential taxa », Journal of Vegetation Science, vol. 20, pp. 233-240, 2009.

Implantation et mise en application d'un nouveau tableau de bord en santé sécurité au travail dans une entreprise d'accueil

[Implantation and application of a new system of performance indicator in health and safety at work in a host company]

Fahd Mahrat, Bouchra Lotfi, Elaami Semma, Ahmed Mousrij, and Mostafa Chhiba

Université Hassan 1^{er}, Faculté des sciences et techniques, Settat, Maroc

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

ABSTRACT: The measurement of performance in health and safety at work is done until now by indicator of result which does not allow the reaction in convenient time and thereafter they are useless in the risk prevention. In this direction, we established our own method of creation of prospective system of performance indicator and thereafter we designed our own instrument panel in health and safety. Thus, this work will be devoted to the application in a company of reception. Then, and after having presented this company, we will constitute the team of establishment of the project to then be able to set up our system and to finally be able, to detect the limits and the constraints associated with its installation.

KEYWORDS: health and security at work; system of performance indicator; result indicator; performance.

RESUME: La mesure de performance en santé sécurité au travail se fait jusqu'à présent à l'aide d'indicateur de résultat qui ne permet pas la réaction en temps opportun et par la suite ils sont inutiles dans la prévention des risques. Dans ce sens, nous avons établis notre propre méthode de création de tableau de bord prospectif et par la suite, nous avons conçu notre propre tableau de bord en santé sécurité au travail. Ainsi le présent travail sera consacré à son application dans une entreprise d'accueil. Alors, après la présentation de cette entreprise, nous allons constituer l'équipe d'implantation du projet pour pouvoir ensuite mettre en place notre système et pouvoir finalement, détecter les limites et les contraintes associées à sa mise en place.

MOTS-CLEFS: santé et sécurité au travail ; tableau de bord prospectif; indicateur de résultat ; performance ;

1 INTRODUCTION

La santé sécurité au travail SST détienne ces dernières années, une importance particulière au niveau de la réglementation et de l'engagement étatique, notamment au Maroc à fin de préserver la santé et l'intégrité des employés. Au niveau de la mesure de performance en SST, nous avons remarqué qu'elle se fait majoritairement jusqu'à présent à l'aide d'indicateurs dites de résultats (nombre d'accidents, nombre de journée perdue par incapacité...) ne permettant pas l'anticipation des événements ([1] ; [2] ; [3] ; [4]...) Ainsi, nous avons consacré nos articles antécédents [5] et [6] d'abord, à la conception d'une méthode de création de tableau de bord prospectif en SST. Ensuite, à la conception d'un système de management sécurité SMS adapté au contexte étudié (marocain) et finalement à l'explicitation, et le couplage de notre tableau de bord avec notre SMS.

Dans ce sens, nous allons nous appuyer sur l'état de l'art et sur nos expérimentations sur les pratiques et la gestion de la SST sur une période de quatre années. Ainsi, nous offrons aux entreprises un tableau de bord en SST, basé sur des indicateurs

précis et détaillés de performance autour d'un SMS beaucoup plus efficace en adaptant les différents processus de gestion de la sécurité mis en place au contexte marocain étudié.

Ce travail Alors, traite les principaux résultats de l'implantation et la simulation de notre système d'indicateur de performance SIP proposé en [5] et [6], au sein d'une entreprise industrielle d'accueil. Ainsi et après la présentation de cette entreprise, nous allons entamer les différentes étapes d'implantation du système, allant de la constitution de l'équipe du projet jusqu'à l'application des différentes exigences de notre système de management sécurité et le calcul de nos différents indicateurs.

Notre objectif dans cet article est de mieux décrire notre système, la méthode avec laquelle il sera appliqué et d'éclaircir ainsi les contraintes associées à son implantation, ces apports et ces limites, afin d'avoir un retour d'expérience sur son applicabilité en entreprise. Quant à notre démarche, alors nous allons tout d'abord réaliser les étapes préliminaires du projet et qui sont : l'identification de l'équipe d'implantation, le diagnostic de la SST, l'établissement de la politique SST et l'attribution des responsabilités. Juste après, nous allons décrire et entamer la simulation de notre SIP par axes stratégiques adaptés.

2 PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE D'ACCUEIL

L'entreprise d'accueil fait la production et le montage des carrosseries pour camions (benne, caisses frigorifiques...). C'est une SARL de droit marocain, créée en 2004. Le siège social de la société se trouve à Casablanca. Il gère une unité de production installée à Ain Sebâa sur une surface globale de 28 000 m². La société peut atteindre jusqu'à 120 employés selon les fluctuations de la commande dont 80 opérateurs intérimaires. Dans notre présentation nous n'allons pas dévoiler l'identité de l'entreprise étudiée pour des raisons de confidentialité.

Alors, l'usine de l'entreprise d'accueil est composée de :

- Un magasin de matière première incluant 3 magasiniers et leurs chefs d'équipe
- Un parking à l'air libre pour le stockage des produits finis (carrosseries et camions)
- Une zone de ferraille et une autre de déchet.
- Un vestiaire
- Un bâtiment de direction abritant le personnel administratif et les managers (20 personnes)
- Un atelier de maintenance, abritant les pièces de rechange et les différents outils de maintenance avec une équipe de maintenance contenant un responsable maintenance et 6 agents de maintenance polyvalents
- Un atelier de chaudronnerie spécialisé dans le montage des benne métalliques, incluant 30 chaudronniers polyvalents, 3 chefs d'équipe et un chef d'atelier
- Un atelier de montage de caisses frigorifiques, incluant 2 chefs d'équipe et 20 opérateurs spécialisés dans le montage des différentes parties constitutives des caisses (vissage, montage des accessoires, finition...).
- Un atelier de menuiserie incluant deux chefs d'équipes et 16 menuisiers spécialisés dans la préparation des cadres (de bois) pour caisses frigorifiques.
- Un atelier de peinture incluant un chef d'équipe et 10 peintres spécialisés dans la peinture carrosserie.

Finalement, nous ajoutons à ces éléments, 5 opérateurs dédiés aux nettoyages et arrangements et une équipe de manutention de 4 conducteurs de chariots élévateurs.

3 ETAPES PRÉLIMINAIRES D'IMPLANTATION DE LA MÉTHODOLOGIE PROPOSÉE

3.1 IDENTIFICATION DE L'ÉQUIPE D'IMPLANTATION DU PROJET

Nous tenons à mentionner, que la mise en place d'un système de management sécurité est un projet nécessitant une approche participative de l'ensemble des intervenants au sein de l'entreprise, et que la motivation et l'implication des leaders sont indispensables à l'implantation et à la réussite de cet outil. Nous tenons à mentionner également, qu'il est impossible ni techniquement ni conceptuellement de créer une méta procédure qui couvrirait toutes les situations possibles. Dans ce sens, nous comptons favoriser la participation et l'anticipation des situations non prévues par les opérateurs à travers la formation des collectifs professionnels pouvant élaborer des réponses originales à ces situations inhabituelles, en mobilisant leurs ressources individuelles et collectives, et éventuellement en consultant la hiérarchie et en créant des débats pour leur résolution selon l'approche humaine et organisationnelle en sécurité [7]. C'est la raison pour laquelle, nous avons veillé lors de notre choix de l'équipe d'implantation, de sélectionner l'ensemble des personnes ayant l'autorité et le pouvoir d'amorcer cette dynamique escomptée.

Alors, le point de départ de l'élaboration de notre programme est l'identification d'une équipe incluant les décideurs de l'entreprise et ayant l'influence et l'autorité nécessaires, afin de garantir le meilleur déploiement possible, une qualité irréprochable de mise en œuvre et une conviction parfaite de l'ensemble des opérateurs. Cette équipe va initier les efforts de constitution des collectifs professionnels, favoriser les échanges bilatéraux entre opérateurs et administration, coordonner l'introduction de notre programme, garantir une communication efficace et de manière générale contrôler la mise en œuvre du programme et la disponibilité des ressources. Ainsi, nous avons constitué l'équipe responsable de l'implantation du système, et qui contient :

- **Le président directeur général** qui doit piloter, approuver et vérifier l'achèvement des actions et l'affectation des ressources.
- **Le directeur des ressources humaines** qui doit chapoter la planification des formations et des sensibilisations ainsi que la formalisation des responsabilités affectées aux différents intervenants.
- **Le médecin du travail** qui doit identifier l'ensemble des activités pouvant altérer la santé des travailleurs, comme il doit être impliqué et informé de l'ensemble des modifications et des actions engagées.
- **Le responsable maintenance** : il est chargé du déploiement de notre programme au sein de son équipe de maintenance réalisant les tâches les plus risquées et les plus variées et qui doivent par la suite faire l'objet d'une grande rigueur et concentration.
- **Le responsable HSE** (hygiène sécurité environnement) représentant l'expert technique au sein de l'équipe. Ainsi, il doit préparer à l'avance la planification du projet et les propositions d'action.
- **Le responsable logistique** : il est chargé du déploiement de notre programme au sein de son équipe réalisant des tâches de manutention, de stockage et de magasinage fréquentes, très variées et très risquées et qui doivent par la suite faire l'objet d'une grande rigueur et concentration.
- **Le responsable de production** : en collaboration avec les chefs d'ateliers et chefs d'équipes, il est chargé du déploiement de notre programme au sein de son équipe de production, réalisant le cœur du métier.
- **Deux chefs d'atelier, trois chefs d'équipe et trois anciens opérateurs** : dans le cadre de l'approche participative que nous devons adapter, nous allons nous servir de l'expérience de ces membres et de leur représentativité, ainsi ils sont chargés de la sensibilisation, de l'implication et de la conviction de leurs collègues sur l'importance de l'adhésion à ce projet visant leur sécurité et leur intégrité.

Les membres cités ci-dessus ont été choisis lors d'une réunion officielle, pendant laquelle nous avons expliqué à l'ensemble de ces membres la valeur et les enjeux de notre système ainsi que les grandes lignes et les différentes étapes du projet d'implantation.

A l'issue des débats engagés autour de l'application et la mise en place de notre système, les participants ont fortement apprécié cette dynamique et la réunion a convenu d'attribuer à l'équipe chargée du projet de réaliser un diagnostic de la situation actuelle de la santé sécurité au travail, et qui représente la première étape dans notre approche.

3.2 ETABLISSEMENT DU BILAN INITIAL OU DIAGNOSTIC DE LA SST

Nous rappelons que le diagnostic se base sur l'état des anomalies et des dysfonctionnements prélevés, autrement dit les points faibles de la situation mais également ses forces. Nous nous sommes basés aussi sur l'historique existant de l'entreprise en matière d'accident et d'incident survenus. Dans ce sens, nous avons impliqué l'ensemble des opérateurs et chefs d'équipe lors de notre opération, afin de garantir des informations réelles et crédibles et ainsi initier le dialogue social autour des conditions de la SST. Le diagnostic a été réalisé dans une période de deux semaines et qui a été répartie selon la taille et la complexité de chaque atelier et chaque poste de travail. Ainsi, nous présentons dans le tableau ci-dessous nos constatations par thème (les plus flagrants):

Tableau.1. diagnostic de la sécurité de l'entreprise d'accueil

Thème	Problèmes et conséquences	Constatations
Problèmes Organisationnels Et Culturels	Problème : L'ensemble de la société, fonctionne comme un grand garage .dans la désorganisation la plus complète, ce qui expose les opérateurs aux énormes risques et situations dangereuses. Conséquences : l'inorganisation et l'absence d'une culture positive de la santé sécurité au travail, créent d'énormes problèmes au niveau de la SST en exposant les opérateurs aux multiples risques et situations dangereuses.	■ On travaille dans la plupart des cas en UDU (l'urgence dans l'urgence). ■ L'information circule très mal entre les différents services et trop souvent verbalement. ■ La maintenance actuelle est de type 100 % curatif. Il n'y a pas de planning de maintenance préventive (on ne gère que des urgences). ■ L'aménagement des postes n'est pas optimisé. ■ Les opérateurs ne sont pas figés à leur poste et leur tâche n'est pas clairement définie. ■ La hiérarchie n'est pas clairement définie à ce jour. ■ La coordination entre les différents « ateliers » n'est pas optimisée, ce qui empêche un flux de production continu et de ce fait de nombreux « temps morts » qui ont une action néfaste sur la productivité !!!! mais ce qui nous intéresse le plus c'est que les opérateurs quittent leur poste et circulent dans l'usine... ■ La violence règne à l'intérieur de l'usine, le climat est assez défavorable. ■ Le syndicat représente un obstacle à la productivité, en provoquant des arrêts assez fréquents. ■ Il n'existe aucune coordination entre opérateurs et administration en matière de la SST. ■ L'absentéisme est assez fréquent (maladie, affaire personnelle...) ■ Le personnel se plaint du manque d'outillage et des tenues de travail ■ Il n'existe pas de procédure de critères d'embauche, ni d'intégration, ni d'évaluation de compétences acquises et par la suite beaucoup d'opérateurs incompetents et un grand taux d'analphabétisme.
Port des EPI	Problème : Non respect du port des EPI dans la quasi-totalité des cas Conséquences : élévation remarquable des accidents représentants des atteintes aux mains, aux pieds et aux yeux (selon l'historique des accidents)	■ Absence d'une procédure claire de gestion des EPI, la distribution doit être faite par le service HSE et non pas par le magasinier, le besoin en EPI n'est pas identifié en fonction de la nature du poste, il n'y a aucune preuve d'affectation d'EPI ce qui produit leur perte et parfois leur vente à l'extérieur. ■ Les EPI existants sont d'une mauvaise qualité, il n'y a aucune politique d'approvisionnement en EPI action nécessitant surtout l'engagement de la direction, les chefs d'équipes ne sont pas du tout sensibilisés sur l'importance des EPI ce qui représente une cause structurelle du non port des EPI.
Circulation Interne	Problème : Absence de plan de circulation du site Conséquences : élévation des collisions entre chariots élévateurs et opérateurs et collisions entre chariots et entre véhicules	■ Les voies de circulation des engins et celles des piétons ne sont pas identifiées, et l'absence de passages piétons, ■ L'absence d'une procédure de rentrée d'engins transportant des pièces critiques et circulation aléatoire des engins et des piétons ce qui engendre une interférence importante entre les deux flux (risque de circulation interne important) ■ L'occupation des voies de circulation par les chariots élévateurs ou camions sans autorisation et sans signalisation Un stationnement un peu partout des engins et l'absence de procédure de gestion de rentrée/sortie.
Affichage et Signalisation	Problème : aucun affichage sur les lieux de travail, ni adresses et numéros de secours, ni consignes de sécurité, ni pictogrammes de risque et panneaux de signalisation Conséquences : infraction par rapport au réglementation (art 289 du code de travail marocain), et risques inconnus dans les zones de travail.	■ Lieux et zones de travail risquées puisqu'aucune information sur leur nature n'est communiquée.
Opérations de Levage	Problème : les opérateurs manipulant les ponts roulant ne sont ni formés sur les techniques de	■ Manque de sensibilisation et responsabilisation des chefs d'équipe et d'atelier sur l'interdiction d'ordonner ou d'imposer des levages

	levage ni responsabilisés sur leurs actes, le matériel de levage (câbles, crochets, élingues...) n'est pas contrôlé et presque 60% de ce matériel est défaillant. Conséquences : des opérations de levage fréquentes très risquées et le nombre d'accident associés est très élevé	jugés non sécuritaires aux opérateurs. ■ L'absence du contrôle annuel des ponts roulant ce qui représente une infraction réglementaire et les leaders ne sont pas conscients de leurs responsabilités pénales en cas d'accidents. ■ les élingueurs ne sont pas formés sur les techniques sécuritaires d'élinguage (ils se situent souvent entre la charge et un obstacle, parfois ils ne cernent pas le centre de gravité de la charge...). ■ Les câbles et les chaînes ne sont pas inspectés et ils sont dans la majorité des cas défaillants. ■ Les opérateurs prétendent qu'ils sont conscients des risques encourus, et veillent à évacuer les zones de levages.
Travaux en Hauteur	Problème : *les plates-formes de travail et les échafaudages sur roues utilisés sont non-conformes (freins défaillants, planchers ne sont pas assez solide *opérateurs ne sont pas formés sur l'utilisation des échelles Conséquences : risque de chute de hauteur important et de graves chutes de hauteur sont répertoriés dans l'historique d'accident notamment la mort d'un opérateur et un autre paralysé à vie.	■ l'absence de formation des opérateurs, chefs d'équipe et chefs d'atelier aux travaux en hauteur notamment l'utilisation des échelles, des ceintures de sécurité, d'échafaudage et plates formes roulantes. ■ Montage ou plutôt bricolage des plates formes sans aucun contrôle ou vérification (garde corps, consols, plinthes...).
Sanitaires et Conditions Hygiéniques	Problème : *Conditions d'approvisionnement en eau potable sont défavorables *réfectoire insuffisant pour le nombre existant des opérateurs *toilettes males entretenues Conséquences : condition hygiéniques défavorables (infraction par rapport à l'article 283 du code marocain de travail	■ L'ensemble des opérateurs a exprimé son regret par rapport à la situation dramatique des lieux sanitaires. ■ Réfectoire mal rangé, toilettes en situation catastrophique
Matières chimiques	Problème : *Stockage non-conforme (fûts stockés directement sur terre, transvasement très risqué et sans mise à la terre...) *manipulation sans gants et sans EPI nécessaires *les opérateurs et chefs d'équipes ne sont pas formés sur les risques de matières chimiques utilisées, Conséquences : risques chimiques énormes	■ La mousse polyuréthane en suspension inhalé par les opérateurs (cancérogène), ■ déversement de résine et solvant partout dans l'usine sans aucun traitement, ■ les procédures des achats ne prennent pas en compte le volet sécurité et donc aucun étiquetage sur ces produits, absence de fiche de données de sécurité des produits chimiques et par la suite leurs effets sont inconnus...
Risque d'incendie et d'explosion	Problème : *Les opérateurs ne sont pas formés sur l'extinction du feu *les extincteurs sont insuffisants et l'existant est non-conforme à 90 % *stockage de bouteilles d'oxygène à coté d'acétylène, chute, ferraille, poubelles non évacuées, bref l'absence et la défaillance du matériel de défense contre l'incendie. Conséquences : le risque d'incendie est important et nous n'aurons pas les moyens de le combattre.	■ Extincteurs très anciens sans aucun contrôle, extincteurs dégoupillés, ils ne sont pas suffisants et ne sont pas répartis selon les normes, en générale l'ensemble du matériel de défense contre l'incendie DCI est défaillant. ■ stockage de matières inflammables très dangereux sans précautions, l'existence des atmosphères explosives et aucun matériel anti-déflagrant et aucune précaution, ■ le réseau d'eau incendie n'est pas fonctionnel (robinet d'incendie armé RIA) ■ stockage adjacent des bouteilles d'oxygène et d'acétylène, cumule de déchets sans protection, armoires électriques sans extincteurs CO2...
Ordre et Arrangement	Problème : Les postes de travail sont désordonnés, mal rangés, cumul de déchet, matériels et outillage délaissés partout, superposition aléatoires des objets... Conséquences : Risque important de chute et trébuchement et chute d'objet, conditions défavorables de travail...	■ les chefs d'équipe et d'atelier ne sont pas sensibilisés et convaincus de l'importance de garder les postes de travail propres et organisés (infraction par rapport à l'art 283 du code marocain) ■ On ne Préserve pas un quart d'heure avant chaque fin de poste pour son nettoyage ■ L'absence de bacs de rétentions de poubelles et donc débordement partout de déchets. ■ L'absence d'une procédure efficace de gestion de déchets (collecte et fréquence d'évacuation)

Après avoir réalisé notre diagnostic préliminaire, il nous est évident que la situation en SST est dramatique et l'entreprise ne dispose d'aucun système de management sécurité. Alors, il va falloir un énorme travail au niveau des équipements, d'infrastructure, de formation et de qualification des employés, d'organisation et des procédures de travail...

Ainsi, nous établissons dans le paragraphe suivant notre politique SST, conformément à notre référentiel et prenant en compte les problèmes réels de la SST de l'entreprise d'accueil, prélevés lors de notre diagnostic.

3.3 ETABLISSEMENT DE LA POLITIQUE SST DE L'ENTREPRISE ÉTUDIÉE

Nous rappelons que la politique SST assure l'engagement de la direction et la détermination du chef d'entreprise, mais sa rédaction ne suffit pas pour garantir un engagement physique et réel de la direction surtout dans le contexte de PMI marocaines qui affichent des textes de politique sans application ou applicables seulement dans les bonnes conditions, alors qu'il n'est pas viable de se préoccuper de prévention quand les affaires sont calmes et de la négliger dans les coups durs ou devant une concurrence accrue. Ainsi, il faut que les principes de prévention soient au coeur du système pour garantir sa réussite.

L'engagement de la Direction et la description de sa politique sont donc beaucoup plus que de simples documents affichés. Ce sont les textes fondateurs de la politique SST et du management de la sécurité entérinés par la direction et sur lesquels s'appuie l'ensemble des acteurs de l'entreprise.

Notre système est déjà doté d'une carte stratégique déclinée en objectifs globaux sur les quatre axes stratégiques du Balanced Scorecard transposés en SST [5]. Alors notre politique sera la reconstitution de nos objectifs stratégiques cités auparavant en un texte cohérent réaliste et compréhensible par tous les niveaux de l'entreprise. Ainsi nous présentons notre politique établie au sein de l'entreprise étudiée :

Politique SST de l'entreprise

La politique de l'entreprise d'accueil consiste à garantir une gestion responsable de toutes ses activités. Pour cela, l'excellence de la SST est essentielle dans le cadre de cette politique et l'entreprise veut:

- ④ Être une entreprise responsable au sein de la société, engagée dans un processus d'amélioration continue en termes de SST.
- ④ Former l'ensemble des employés aux méthodes sécuritaires.
- ④ Développer une culture qui encourage les employés à engager leur responsabilité personnelle en matière de SST.
- ④ Offrir à l'ensemble du personnel un cadre de travail qui soit sûr et sain.
- ④ Adapter une démarche d'analyse des risques efficace et efficiente.
- ④ Implanter un système de management sécurité efficace et efficient.
- ④ Respecter les réglementations, exigences légales ou conventions internationales.
- ④ S'assurer que les considérations SST sont bien intégrées à toutes les activités.
- ④ communiquer ouvertement les résultats SST et engager le dialogue avec les parties intéressées
- ④ créer des collectifs professionnels experts en SST et favoriser leur participation ainsi que la remontée d'information.
- ④ Se fixer pour objectif l'élimination de tout accident ou toute blessure

Cette politique a été adoptée par le conseil d'administration et s'applique à l'ensemble du personnel et des activités. La conformité avec la Politique SST est un caractère obligatoire.

Figure.1. Politique modèle de notre référentiel

Ce manuscrit représente alors, un moyen de donner nos orientations aux collaborateurs pour savoir où ils vont. Ils facilitent l'adhésion au projet de personnalités diverses et qui ne voient pas toujours l'intérêt d'un système construit de management de la sécurité. C'est dans ce sens que nous avons mené lors de son établissement une compagnie de

communication et de débat social autour de ses différents objectifs, afin d'atteindre un partage effectif de nos orientations avec l'ensemble des intervenants.

3.4 DÉFINITION DES RESPONSABILITÉS EN MATIÈRE DE LA SST

Conformément aux exigences de notre référentiel [6], nous avons dispatché les différentes responsabilités, rôles et obligations à chaque intervenant, de l'opérateur jusqu'au PDG en établissant une liste incluant les différents postes et leurs responsabilités en matière de la SST. Nous avons veillé lors de cette opération que ces responsabilités soient raisonnables et réalisables en vérifiant la disponibilité des moyens permettant de les assumer. Ainsi, nous présentons les responsabilités attribuées aux différents postes.

- **Président directeur général** : c'est le pilote symbolique de l'implantation du projet, il représente l'autorité ultime au sein de l'entreprise, ainsi il doit mobiliser et engager l'ensemble des employés, notamment les directeurs et les managers dans la réussite du système et l'atteinte des objectifs escomptés (idem pour le directeur général).
- **Le directeur des ressources humaines** : il représente l'un des piliers de l'équipe d'implantation du suivi et du maintien du système, il doit formaliser les différentes responsabilités en matière de santé sécurité au travail dans les fiches de postes des employés. Il doit également formaliser un système de sanction en cas d'infractions répétitives et collaborer avec le responsable HSE et les différents responsables, afin de planifier et réaliser le programme de formation et de sensibilisation.
- **Le responsable HSE** : C'est le premier responsable de la santé sécurité en entreprise, ainsi il doit implanter, entretenir et améliorer en permanence le système de management sécurité donc il doit être le pilote de toute action en matière de santé sécurité des travailleurs.
- **Le responsable maintenance** : Il sera chargé du déploiement de notre programme au sein de son équipe de maintenance réalisant les tâches les plus risquées et les plus variées, alors il doit identifier l'ensemble des travaux réalisés ou susceptibles d'être réalisés par son équipe afin de mettre les plans d'action nécessaires pour leur maîtrise en terme de risque. Il doit aussi engager l'ensemble de son équipe dans l'application et l'appropriation du système.
- ✿ NB : idem pour l'ensemble des **responsables** notamment de production et de logistique,
- **Les chefs d'équipe** : nous tenons à mentionner que c'est un maillon déterminant dans l'implantation et le déploiement du système, puisqu'il représente l'interface avec les opérateurs donc ils seront chargés de la sécurité de leurs équipes, ainsi ils doivent les former, les sensibiliser, et les inciter à respecter le port des équipements de protection individuelle EPI, les instructions et les règles de la santé sécurité au travail. Finalement, ils représentent des éléments clefs des collectifs professionnels et qui doivent favoriser un environnement de discussion constructive en SST.
- ✿ NB : idem pour les **chefs d'ateliers**.
- **Les opérateurs et les techniciens** : leur responsabilité réside dans le respect des règles de la santé sécurité dans leurs postes et dans les locaux de travail. Ainsi, ils doivent préserver leur sécurité et celle de leurs collègues en appliquant les instructions et en remontant toute anomalie ou remarque susceptible d'altérer leur intégrité au travail.

D'une manière générale, le **personnel d'encadrement** (managers, chefs d'atelier, chefs d'équipe...), **les représentants du personnel, les organisations syndicales et les représentants de l'administration** jouent un rôle déterminant dans la constitution des collectifs professionnels experts en SST. Ils doivent même, les piloter chacun à son niveau, dans l'articulation des dynamiques descendante et ascendante de la sécurité industrielle, en imposant le respect des règles SST, en créant et favorisant un environnement de discussion et de dialogue social autour des questions de la SST et ainsi favorisant le développement d'une culture de sécurité et la participation du personnel.

Cette affectation des responsabilités a été réalisée lors d'une réunion officielle, pendant laquelle nous avons bien expliqué et détaillé toutes les responsabilités attribuées, ainsi que les moyens et les dispositions permettant de les assumer. Les différents concernés ont été présents, et ils ont fortement apprécié cette attribution et la réunion a convenu d'accepter l'ensemble des responsabilités affectées.

Nb : il s'agit d'une affectation générale des responsabilités, quant aux responsabilités spécifiques de chaque activité, nous allons les traiter et les expliciter dans les procédures et les instructions associées.

Ainsi, nous simulons dans ce qui suit, notre tableau de bord selon les quatre axes stratégiques adaptés.

4 SIMULATION DES QUATRE AXES STRATEGIQUES DU TABLEAU DE BORD PROPOSE EN ENTREPRISE D'ACCUEIL

4.1 L'AXE HUMAIN

Nous allons dans ce paragraphe, mettre en place et simuler l'ensemble des triplets {objectifs, variables d'action, indicateur de performance} associés à cet axe.

4.1.1 PLAN DE FORMATION

Il convient d'abord d'identifier le besoin en formation, pour cela nous exigeons conformément à notre démarche [6] d'accompagner chaque poste de travail afin de comprendre parfaitement la nature de ces tâches effectuées et qui doit être illustrée par des fiches d'activités pour chaque poste. Cette étape va permettre d'identifier l'ensemble des formations nécessaires à chaque poste de travail en fonction des activités réalisées et des responsabilités assumées et par la suite, avoir une **matrice des formations**, formalisant chaque poste et ces formations appropriées.

Ainsi, nous avons accompagné l'ensemble des postes existants, et nous présentons brièvement dans ce qui suit, leurs principales activités :

- **Chaudronniers** : Ils manipulent les tôles, notamment ils procèdent aux opérations de manutention manuelle, par pont roulant ou par chariot élévateur, ils procèdent également au pliage, au découpage et au perçage de tôle. Le soudage et notamment l'oxyacétylénique pour assemblage et montage des bennes et qui représente une opération délicate nécessitant des opérations de levage et des travaux en hauteur.
- **Menuisiers** : Ils manipulent des pièces en bois, notamment ils procèdent aux opérations de découpage et ajustement des contreplaqués par raboteuse ainsi que le montage et la fixation des éléments selon les plans demandés.
- **Peintres pour carrosseries** : Ils préparent les teintes de peintures demandées et ils procèdent à la peinture par pulvérisation dans des cabines dédiées à cet effet.
- **Les préparateurs de mousse polyuréthane** : Ils préparent et découpent la mousse polyuréthane (matière chimique toxique). Ils préparent aussi un mélange liquide de résine et de solvant pour l'appliquer sur la mousse préparée et ils insèrent cette dernière à l'intérieure des contreplaqués déjà préparés pour assurer une meilleure isolation thermique des caisses fabriquées.
- **Monteurs de caisses frigorifiques** : Ils sont chargés du montage des éléments de la caisse, ainsi que la fixation des accessoires sur ces dernières. Donc, ils procèdent aux opérations de levage par pont roulant, perçage, vissage, et montage des différents éléments notamment le câblage, les ampoules, le revêtement, les Plinthes, les siphons, les coffres à outils, les brises vent... Nous ajoutons aussi, l'opération de montage du groupe frigorifique, une opération très délicate et nécessitant des travaux de levage par pont roulant et une énorme concentration.
- **Magasiniers** : Ils sont chargés de la préparation des matières premières demandées, ainsi ils utilisent des échelles, des escabeaux et des gerbeurs pour accéder aux rayonnages. Ils utilisent également, les transpalettes et les chariots élévateurs pour la manutention des matières préparées.
- **Conducteurs de chariot élévateur** : Ils sont à la disposition de l'ensemble des opérateurs pour manutentionner les matières demandées, ainsi ils conduisent leurs engins en manutentionnant les différentes pièces et matériels.
- **Agent de nettoyage et d'arrangement** : Ils sont chargés du nettoyage et de l'arrangement de l'ensemble de l'usine, ainsi ils manipulent et manutentionnent les différents objets pour arrangement et organisation. Ils procèdent aussi au balayage, dépoussiérage et lavage lorsque c'est nécessaire.
- **Agent de maintenance** : C'est un poste polyvalent incluant des interventions variées et très risquées pour la réparation de l'ensemble de l'infrastructure et équipement de l'usine, notamment le matériel et équipement électrique, pneumatique (compresseur, canalisation...). Donc il est clair qu'il s'agit d'un poste névralgique et très dangereux nécessitant des interventions en hauteur, en espace confiné, des réparations de charpente, de tuyauterie... Il convient alors de lui accorder toutes les formations appropriées.
- 👤 **Personnel d'encadrement** : Il s'agit des chefs d'équipe, chefs d'atelier, techniciens et responsables et qui doivent encadrer et intégrer l'ensemble des opérateurs dans cette démarche. Alors, ils doivent bénéficier d'un programme spécial de formation incluant l'ensemble des thèmes en SST, afin de leur permettre de guider notre politique de santé sécurité au travail.

On déduit alors notre matrice de formation :

Tableau.2. matrice de formation établie pour l'entreprise d'accueil

Formation Poste	Formation Induction	Formation poste de travail	Habilitation à la conduite	Formation espace Confiné	Formation Travaux Electriques	Formation travaux en Hauteur	Formation Encadrement	Formation extinction du feu	Formation élinguage Et levage	formation Travaux à chaud	Formation aux produits chimiques
Chaudronniers	Oui	Oui		Oui		Oui		Oui	Oui	Oui	
Menuisiers	Oui	Oui		Oui		Oui		Oui	Oui		
Peintres carrosserie	Oui	Oui		Oui		Oui		Oui	Oui		Oui
Agent de nettoyage	Oui	Oui		Oui		Oui		Oui			Oui
Conducteurs de chariots élévateurs	Oui	Oui	Oui					Oui			
Monteurs de caisses frigorifiques	Oui	Oui				Oui		Oui	Oui		
Préparateurs de mousse polyuréthane	Oui	Oui						Oui			Oui
Magasiniers	Oui	Oui				Oui		Oui			Oui
Agent de maintenance	Oui	Oui		Oui	Oui	Oui		Oui	Oui	Oui	
Personnel d'encadrement	Oui	Oui					Oui	Oui			

Nb :

- Nous rappelons qu'il s'agit des formations presque communes à toutes les entreprises industrielles selon notre déploiement [5].
- Pour la formation du secourisme nous allons nous baser dans notre sélection des personnes qui vont bénéficier de cette formation, sur certains critères notamment les critères normatives et l'aptitude physique de l'opérateur et non pas sur la nature du poste.

Après avoir identifiés notre matrice de formation, nous avons chargé le directeur des ressources humaines de collaborer avec les différents responsables, chefs d'ateliers, et chefs d'équipe pour fixer un planning de formation optimal en fonction de la disponibilité des opérateurs. Ainsi ils nous ont accordé officiellement le samedi matin pour former les équipes n'ayant pas une grande charge de travail.

Dans le cadre de notre système et qui doit être basé sur la constitution des collectifs professionnels favorisant une culture positive de la SST et une remontée crédible d'information, nous nous sommes concentrés sur la formation du personnel d'encadrement, y compris les représentants du personnel, les représentants syndicaux et les représentants de la direction. Parce qu'ils seront la locomotive du système et l'interface entre la réalité du terrain et l'administration.

Finalement, nous avons préparé les différentes formations en question. Ainsi nous présentons nos indicateurs en formation :

- Indicateur d'induction = 80 % (pourcentage de personnes formées)
- Indicateur de formation du poste de travail= 90 % (pourcentage de personnes formées)
- Indicateur d'habilitation de conducteur de chariots élévateurs= 100 %(pourcentage de personnes formées).
- Indicateur de formation spécifique = 20 % (pourcentage de personnes formées)
- Indicateur de formation d'encadrement = 20 % (pourcentage de personnes formées)
- Indicateur de formation du secourisme = 100% (pourcentage de personnes formées)
- Indicateur de formation de lutte contre l'incendie = 20 % (pourcentage de personnes formées)

✚ Ainsi **l'indicateur global de formation = 61,4%** (valeur moyenne des sept formations susmentionnées).

Nous considérons que c'est un résultat positif, parce qu'il a été atteint en une période de presque six mois ce qui représente un temps record. Cependant, nous avons remarqué que certaines personnes ne leur suffisent pas une seule séance. Ce qui nous amène à l'importance de l'évaluation pertinente de ces formations pour pouvoir ne compter comme personne formée que ceux qui ont assisté aux séances et qui ont saisi le contenu des dites formations.

4.1.2 L'APPROPRIATION DU SMS PAR LE PERSONNEL

Cet objectif se décline en une meilleure information du personnel, incluant un meilleur affichage, signalisation et sensibilisation du personnel. Il se décline aussi en une meilleure participation et consultation du personnel incluant le respect des règles SST et du port d'EPI, ainsi que la consultation effective du personnel [5].

4.1.2.1 UNE MEILLEURE INFORMATION DU PERSONNEL

Nous déterminons dans ce qui suit, les différents sous objectifs associés à l'information du personnel conformément à notre déploiement [5].

✚ L'affichage

Il est exigé d'après notre référentiel [6], d'afficher un certain nombre d'informations sur les lieux de travail (consignes de sécurité, des numéros d'urgence..) et qui doivent être établie et affichée selon la nature et la gravité des risques et d'une manière très apparente. Ainsi, nous avons ordonné d'établir des panneaux d'affichage spécifiques pour les lieux les plus visités et les plus fréquentés et qui sont : magasin, atelier de peinture carrosserie, atelier de montage des caisses frigorifique, atelier de chaudronnerie, atelier de menuiserie, zone de préparation de mousse polyuréthane, zone de ferraille et déchet, porte principale et vestiaires.

Les informations à afficher sont [6] :

- numéro de téléphone (fixe et mobile) du service de santé sécurité au travail
- Adresse, numéro de téléphone et nom de l'inspecteur du travail.
- Liste nominative des sauveteurs secouristes du travail.
- Liste des représentants syndicaux du personnel.
- Informations consignes et instructions de sécurité spécifiques pour chaque zone ainsi elles doivent être orientées par exemple vers La manipulation des produits chimiques et risque incendie dans la zone de préparation de la mousse polyuréthane. Les règles et techniques de manutention, le travail en hauteur...pour le magasin...

Alors et après avoir identifié les informations à afficher et les endroits où elles seront affichées nous avons préparé et affiché des panneaux contenant ces informations dans les endroits en question. Nous avons également expliqué leur contenu aux opérateurs et qui est simplifié le maximum possible (en arabe et avec des photos d'illustration), afin de garantir la meilleure compréhension. Ainsi nous avons calculé notre indicateur.

✚ Ainsi notre **indicateur d'affichage = 100%** (un questionnaire d'affichage muni d'un système de scoring).

✚ La signalisation

Il s'agit d'un dispositif très important d'information sur les risques et les obligations en matière de santé sécurité au travail [6], ainsi et d'après notre diagnostic préliminaire et dans le cadre de l'établissement du plan de circulation de l'entreprise :

Nous avons identifié les voies des piétons et celles des engins. Nous avons signalé et balisé les câbles enterrés et les différentes canalisations...Nous avons établi les règles de circulation dans les zones de travail. Finalement, nous avons identifié le besoin en pictogrammes et panneaux de signalisation dans les différentes zones de travail. Alors nous présentons les pictogrammes exigés dans le tableau ci-dessous :

Tableau.3. besoin en pictogramme et panneaux de signalisation de l'entreprise d'accueil

Pictogramme	Signification	Quantité
	Attention risque de chute et trébuchement	10
	Attention risque de chute d'objet	10
	Attention aux circulations de chariots élévateurs	10
	Attention aux risques électriques	8
	Attention risques divers	10
	Attention aux produits nocifs	6
	Port obligatoire du masque	12
	Port obligatoire des gants	12
	Port obligatoire des chaussures de sécurité	12
	Port obligatoire des casques	12
	Port obligatoire des lunettes	12
	Port obligatoire des protections auditives	12
	Interdit aux personnes non autorisées	10
	Interdiction de fumer	12
	Interdit aux chariots élévateurs	6
	Limitation de vitesse a 30 km/h	10
	Port obligatoire de ceinture de sécurité	6
	Limitation de hauteur a 4 mètres	2
	L'arrêt immédiat	6
	Interdit de doubler	2
	Orientation de direction	2
	Passage piéton	4

Ensuite, nous avons commandé et acheté l'ensemble d'outil pour la signalisation, notamment les cônes, les rubans, les barrières de balisage et les panneaux de signalisation cités ci-dessus, auprès d'un fournisseur de l'entreprise et nous les avons affichés dans les endroits prévus. Ainsi nous avons calculé notre indicateur.

🔗 notre **indicateur de signalisation = 100%** (un questionnaire de signalisation muni d'un système de scoring).

✖ La sensibilisation

✖ La sensibilisation

Conformément à notre référentiel [6], la sensibilisation doit être permanente et elle est déclenchée suite à tout disfonctionnement, infraction, accident/incident, anomalie ou encore un manque d'attention aux instructions sécurité, elle visent à faire comprendre l'origine et l'importance des normes sécurité aux opérateurs parce que leur conviction et compréhension sont la meilleure méthode de garantir leur adhérence au système SST. Alors, nous avons fixé une séance de sensibilisation d'une demi heure chaque jeudi matin à 8 heure devant les vestiaires, et qui sera réalisée par le responsable sécurité de l'entreprise ou à défaut l'un des chefs d'atelier ou chefs d'équipe, nous avons aussi imposé de préparer les sujets abordés avant la séance et qui doivent être d'actualité. Aussi il faut exiger et assurer la présence de l'ensemble des travailleurs en établissant des listes de présence et en sanctionnant les opérateurs absents. Ainsi nous avons calculé notre indicateur.

🔗 notre **indicateur de sensibilisation = 56.2%** (un questionnaire de sensibilisation muni d'un système de scoring).

Nb : il s'agit d'une valeur trimestrielle = valeur moyenne de 12 semaines, comme c'est le cas de l'ensemble des indicateurs calculés.

Ce score est dû principalement au non respect de deux critères et qui sont :

- L'incapacité d'assurer la présence de l'ensemble des travailleurs car toujours il y a des absents, des retardataires, des opérateurs qui peuvent pas assister à cause des commandes urgentes...
- On n'a jamais pu commencer à temps à cause des difficultés de rassembler les employés, il y a même ceux qui se cachent dans les vestiaires.

Alors nous pouvons déduire **l'indicateur de l'information du personnel** (trimestrielle) = [indicateur d'affichage (% trimestrielle) + indicateur de signalisation (% trimestrielle) + indicateur de sensibilisation (% trimestrielle)] / 3 = **85,3%** (valeur moyenne).

4.1.2.2 UNE MEILLEURE PARTICIPATION ET CONSULTATION EFFECTIVE DU PERSONNEL

Nous déterminons dans ce qui suit, les différents sous objectifs associés, conformément à notre déploiement [5].

✖ Port des équipements de protection individuelle EPI

Le port des EPI représente un aspect fondamental de la participation et du respect des règles sécurité par le personnel, néanmoins, d'après notre diagnostic préliminaire l'ensemble de l'équipe a remarqué l'absence de conviction de l'ensemble des intervenants ou encore le manque et la rupture du stock d'EPI pendant des mois à cause de la très mauvaise gestion de ces derniers.

Alors, conformément à notre système de management [6], il convient d'abord d'identifier le besoin en EPI, pour cela et après l'accompagnement et la compréhension de chaque poste de travail, nous pouvons déduire ci-dessous notre matrice des EPI formalisant le besoin de chaque poste et la fréquence d'utilisation de chaque article.

Tableau.4. matrice des EPI de l'entreprise d'accueil

	Chaussure de sécurité /deux paires par an	Gants en cuir pour manipulation de tôle / un pair par mois	Gants en nitrile pour manipulation des produits chimique / un pair par mois	Gants cuir haute dextérité / un pair par mois	Masque respiratoire anti-poussière / un par semaine	Masque respiratoire avec filtres produits chimiques / un par mois	Bouchon d'oreille / un par semaine	Lunettes de protection / un par trimestre	Tablier et manchon de soudage ininflammable / 1 par an	Casque de protection / un par semestre	Visière et lunette de soudage / un par an
Chaudronnier	Oui	Oui			Oui		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Menuisier	Oui	Oui		Oui	Oui		Oui	Oui		Oui	
Peintre carrosserie	Oui		Oui			Oui	Oui	Oui		Oui	
Agent de nettoyage	Oui	Oui			Oui	Oui	Oui	Oui		Oui	
Conducteur de chariots élévateurs	Oui			Oui	Oui		Oui	Oui		Oui	
Monteur de caisses frigorifiques	Oui			Oui	Oui		Oui	Oui		Oui	
Préparateur de mousse polyuréthane	Oui		Oui			Oui	Oui	Oui		Oui	
Magasinier	Oui	Oui		Oui	Oui		Oui	Oui		Oui	
Agent de maintenance	Oui			Oui	Oui		Oui	Oui		Oui	
Personnel encadrement	Oui		Oui		Oui		Oui	Oui		Oui	

Après avoir identifié le besoin en EPI, nous avons établi une procédure formalisant qui fait quoi en matière d'approvisionnement et de distribution des EPI et qui doivent être faite par le service HSE et non pas par le magasinier, nous avons également établi une décharge devant être signée par l'opérateur lors de la réception de ces EPI et servant de preuve d'affectation.

Alors, nous avons commandé notre besoin en EPI et nous avons procédé à leur affectation selon notre procédure. Nous avons également sensibilisé l'ensemble des opérateurs à la conservation et la bonne utilisation de leurs EPI. Nous avons aussi nommé des chefs de zones et qui seront chargés de la collecte du nombre d'infractions par jour en matière du port d'EPI. Ainsi nous avons calculé notre indicateur.

♣ notre **indicateur du port d'EPI = 69,7%** (% du respect du port des EPI) = $100 \% - [(\text{nombre des cas du non port des EPI du mois}) / (30 \times \text{nombre du personnel devant porter des EPI}) \times 100]$.

NB : Nous avons considéré que chaque infraction en matière du port des EPI est un non respect du port des EPI, alors le nombre d'infraction / le nombre du personnel, constitue le pourcentage du personnel ne respectant pas le port des EPI, et ainsi nous additionnons toutes les infractions du mois pour les diviser sur 30 (valeur moyenne), par ce que l'évaluation sera mensuel. Quant à l'évaluation trimestrielle nous calculons la valeur moyenne de la valeur des trois mois en question.

Nous avons rencontré un problème de comptabilisation et de collecte des cas du non port d'EPI, parce que les chefs de zone chargés de cette mission croient qu'il y aura des sanctions par la suite. Alors, nous leur avons expliqué qu'on ne demande pas des noms ou des coupables, mais nous demandons seulement le nombre d'infraction pour savoir notre degré du respect du port d'EPI. Ainsi, nous considérons que notre valeur est trompeuse.

✂ Respect des règles SST

✂ Respect des règles de la SST

Nous rappelons que les règles SST comportent l'ensemble des obligations des opérateurs en matière de sécurité, ainsi que l'ensemble des actes et gestes insécuritaires que peuvent commettre un opérateur sur les lieux du travail. Alors et conformément à notre système [6], nous avons d'abord identifié par une étude de terrain l'ensemble de ces règles. Ensuite, nous avons communiqué ces règles lors d'une réunion officielle aux leaders conformément à notre référentiel. Nous avons également procédé à l'affichage de ces différentes instructions et consignes, et finalement nous avons établi une procédure

de sanction pour les différentes infractions. Ainsi nous présentons un extrait du procès verbal de la réunion lors de laquelle nous avons communiqué l'ensemble des règles SST :

Présentations des consignes de sécurité

▪ Interdictions :

- ✓ Dormir et faire la sieste dans les ateliers de production

Argument: parce qu'en cas d'incendie on n'arrive pas à apercevoir les dormants donc on ne peut pas les évacuer.

- ✓ Fumer à l'intérieur de l'usine

Argument : parce que c'est une source d'ignition (énergie) qui peut provoquer un incendie grave surtout en présence de produits inflammables dans l'usine.

- ✓ Manger à l'intérieur des ateliers pendant les horaires de travail

Argument: parce que lorsqu'on est en poste de travail on a énormément de poussière dans la bouche donc l'opérateur sera contaminé par les effets nocifs des matières chimiques utilisées au sein de l'atelier

- ✓ Abandonner son poste de travail lors des horaires de travail

Argument : Parce que ça impacte beaucoup le rendement de production et ça augmente la probabilité des accidents de circulation (collision avec les chariots élévateurs et les camions)

- ✓ Utiliser les camions et les fourgons comme lieux pour manger et/ou dormir.

Argument : Parce que c'est un bien qui appartient aux clients et non pas à l'entreprise donc il faut le protéger et le conserver

▪ Obligations :

- ✓ Ranger le matériel et les outils de travail avant de quitter le poste de travail

Argument : parce que tout d'abord c'est des biens de l'entreprise et en cas de perte ou endommagement ça coûte à l'entreprise beaucoup d'argent

- ✓ Débrancher les prises d'alimentation électrique avant de quitter le poste

Argument : Parce que ça peut provoquer un incendie de type E qui peut détruire l'usine complètement

- ✓ nettoyage de chaque poste par son équipe avant de quitter le poste

Argument : Parce que c'est le devoir de tout le personnel travaillant à l'entreprise et ce pour garder les postes de travail en bon état de propreté et de salubrité

A l'issue des débats engagés autour de l'application et la mise en place de ces consignes, les participants ont fortement apprécié cette dynamique et la réunion a convenu de ce qui suit :

- Les responsables présents s'engagent à faire respecter ces consignes
- Tout manquement à ces notes de sécurité sera immédiatement sanctionné par un avertissement (voir procédure de sanction en cas d'infraction dans les annexes)

Les mêmes chefs de zones chargés de la collecte du nombre d'infractions par jour en matière du respect du port d'EPI, seront aussi chargés de la collecte du nombre d'infraction des règles SST. Ainsi nous avons calculé notre indicateur.

📌 notre **indicateur du respect des règles SST = 89,4%** (% du respect des règles sécurité au travail = $100\% - \left[\frac{\sum \text{Des Infractions aux règles sécurité du mois}}{30 \times \text{nombre du personnel}} \times 100 \right]$).

NB : Nous avons considéré que chaque infraction aux règles sécurité est un non-respect aux règles sécurité, ainsi le nombre d'infraction / le nombre du personnel, constitue le pourcentage du personnel ne respectant pas ces règles, ainsi nous additionnons toutes les infractions du mois pour les diviser sur 30 (valeur moyenne). Quant à l'évaluation trimestrielle nous calculons la valeur moyenne de la valeur des trois mois en question.

Nous avons rencontré le même problème de comptabilisation et de collecte des infractions, alors nous considérons aussi que cette valeur est trompeuse.

✂ La consultation du personnel

En plus du respect des règles SST et du port d'EPI, Notre référentiel adapte l'approche des comportements d'initiative pour la SST afin d'inviter et de pousser les employés à signaler toute situation dangereuse rencontrée et à récupérer des situations dégradées qui, sans leur intervention, pourraient basculer vers l'accident [7]. Ainsi nous avons créé le comité de santé sécurité au travail selon les prescriptions du code de travail (art 336 du code de travail marocain), et nous avons également adapté le formulaire de notre référentiel (Rapport d'observation sécurité) qui peut être rempli par tout les employés en cas de remarques ou de proposition [6]. Alors, nous avons calculé notre indicateur.

🔗 **indicateur de consultation du personnel = 21,4 %** (un questionnaire de consultation muni d'un système de scoring).

Nous avons constaté que très peu de ROS sont remplis, et la majorité des ROS soumis sont totalement incorrects et mal renseignés à cause du degré d'instruction très bas et d'analphabétisme des opérateurs, en plus de leur manque de formation en santé sécurité au travail, ce qui explique la valeur médiocre de cet indicateur.

Alors, nous pouvons déduire **l'indicateur du participation et de consultation du personnel** = [indicateur du respect des règles SST + Indicateur du port d'EPI + Indicateur de consultation] / 3 = **60%** (valeur moyenne).

Et par la suite nous déduisons **l'indicateur du niveau d'appropriation** = [Indicateur de la participation et de consultation + indicateur d'information du personnel] / 2 = **72,65%** (valeur moyenne).

Ainsi, nous présentons l'histogramme illustrant l'ensemble des indicateurs de l'axe humain :

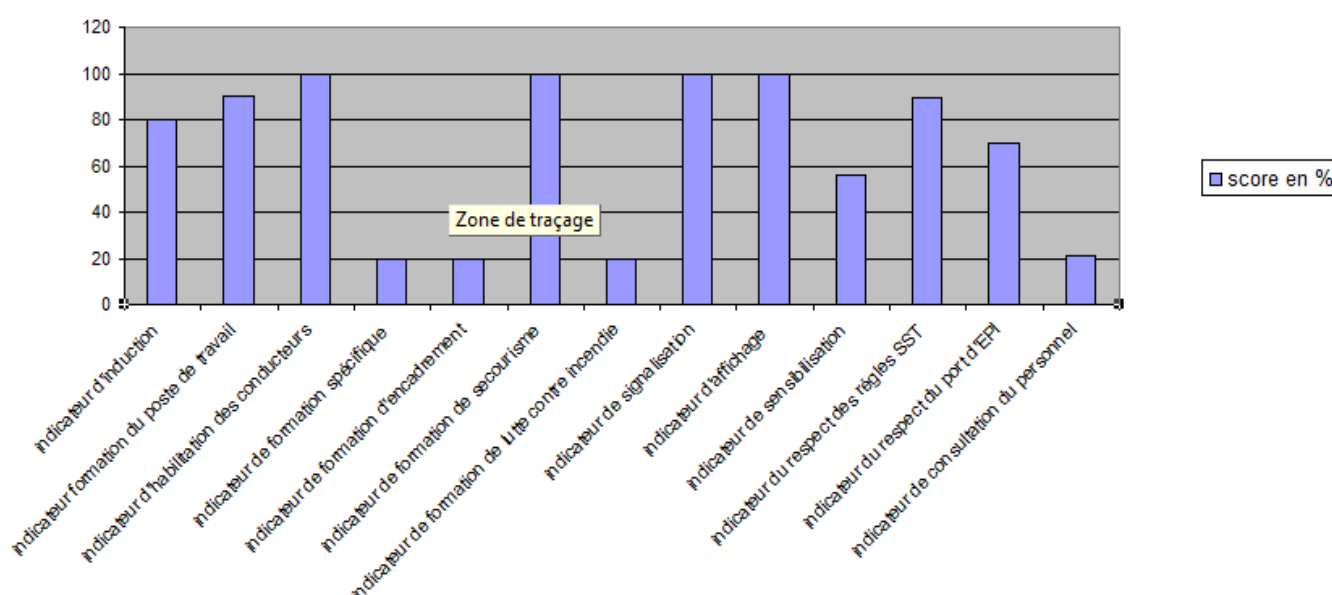


Figure.2. Indicateurs de performance de l'axe humain

Il est facile de remarquer d'après notre histogramme que nous avons une valeur insatisfaisante au niveau de la consultation, ainsi cet indicateur reflète clairement le niveau d'instruction très bas des opérateurs et par la suite leur incapacité à participer et à être consultés, il convient alors, d'intensifier le programme de formation et planifier en parallèle une formation de lutte contre l'analphabétisme. Nous avons aussi des indicateurs insatisfaisants au niveau de la formation spécifique, la formation d'encadrement et la formation de lutte contre l'incendie. Alors, il convient d'allouer plus de temps aux formations pour pouvoir accélérer et achever l'ensemble des formations et ainsi atteindre les 100 % formés et habilités selon le besoin. Dans ce sens, nous avons constaté que nos indicateurs quantitatifs de formation ne suffisent pas, mais il convient de mettre en place en parallèle, des indicateurs qualitatifs pour mesurer aussi le degré de compréhension des opérateurs.

Finalement, nous déduisons **L'indicateur global de l'axe humain** = [Indicateur du niveau d'appropriation (en %) + % du personnel formé] / 2 (valeur moyenne) et qui est égale à **67,0025 %**(valeur moyenne).

4.2 L'AXE PROCESSUS INTERNE

Nous allons dans cette section, mettre en place l'ensemble des triplets {objectifs, variables d'action, indicateur de performance} associés à cet axe conformément à notre déploiement [5].

✂ Ident

✂ L'analyse des risques

Nous rappelons que l'analyse des risques représente le cœur du métier de la SST, il s'agit d'une approche structurée consistant à identifier, classer, hiérarchiser les risques en vue de mettre en place des actions de prévention pertinentes.

Alors et conformément à notre plan d'action [6], nous avons désigné le responsable sécurité comme chef de mission et qui va être chargée de rassembler les informations et de coordonner le projet. Ensuite, nous avons réparti l'usine en onze unités de travail :

- Le magasin de matière première
- L'atelier de maintenance
- L'atelier de chaudronnerie
- L'atelier de montage de caisses frigorifiques
- Le poste de préparation de mousse polyuréthane
- L'atelier de menuiserie
- L'atelier de peinture
- L'unité de nettoyages et arrangements.
- L'unité de manutention et d'entreposage.
- L'administration.
- Le parking.

Alors nous avons exigé aux chefs de ces unités de nous recenser en détaille leurs activités et de les éclater le maximum possible en tâches élémentaires. Ainsi et après avoir recueilli ces informations nous avons dévoilé les risques associés à chaque unité.

Nous avons ensuite procédé à l'évaluation de ces risques, pour cela il existe plusieurs méthodes. Nous avons adapté l'une des méthodes les plus répandues affectant pour chaque risque trois attributs et qui sont : la gravité, la fréquence de situation dangereuse et la fréquence de phénomène dangereux. Pour chaque attribut nous disposons d'une grille de cotation basée sur une échelle de 1 à 4, juste après nous multiplions les trois dimensions pour avoir la valeur du risque et qui ne doit pas dépasser 16 sinon le risque est non accepté, ce qui nous amène par la suite à proposer des actions de prévention pour la maîtrise de ce dernier.

Nous avons analysé alors, l'ensemble des risques identifiés et nous avons mis en place les plans d'actions associées, ainsi **60%** des risques de l'entreprise est maîtrisé jusqu'à présent.

🔗 Notre **indicateur de la maîtrise des risques** (% des risques maîtrisés) = **60%**.

✂ La veille réglementaire

L'application des textes réglementaires est la première étape de toute démarche en matière de la SST. Alors, nous avons recensé **56** non conformités réglementaires lors de notre diagnostic préliminaire. Nous avons dressé par la suite un plan d'action pour l'élimination de ces dernières, nous avons jusqu'à présent éliminé **30** non conformités.

🔗 Alors notre **indicateur de la veille réglementaire** (% des non conformités) = **50,3%**

A propos des **plans d'action et suivi** (issus de la maîtrise des risques et veille réglementaire), nous avons jusqu'à présent que 30 % des actions achevées. Ainsi, nous avons rencontré d'énormes problèmes au niveau du :

- Le manque du respect de l'achèvement en temps fixé de la part des responsables d'action. En favorisant les priorités de la production.
- L'impossibilité d'achèvement des actions nécessitant un investissement considérable, reflétant ainsi les limites de l'engagement de la direction.

Nous rappelons que l'indicateur des **plans d'action et suivie** = [% actions achevées (trimestriel = 30 %) + % anomalies résolue après achèvement de l'action (trimestriel = 90 %)] / 2 = **60 %**.

Maîtrise documentaire

Il convient de formaliser l'ensemble des instructions, règles et procédures SST, ainsi nous avons préparé jusqu'à présent les procédures suivantes :

-  Procédures de gestion documentaire
-  Procédure d'évacuation de personnes
-  Procédure de gestion des équipements de protection individuelle
-  Procédure d'accident / incident de travail
-  Procédure de veille réglementaire
-  Procédure de maîtrise du personnel d'appoint
-  Procédure de maîtrise des sous traitants
-  Procédure de maîtrise opérationnelle
-  Procédure de la revue de direction
-  Manuel santé sécurité au travail
-  Instructions et consignes de sécurité
-  Fiche de sécurité au poste
-  Permit de travail à chaud et autre permit

Ainsi nous avons calculé notre indicateur.

 notre **indicateur de la maîtrise documentaire = 75 %** (un questionnaire de maîtrise documentaire muni d'un système de scoring).

Cette valeur est due principalement aux personnes utilisatrices du système documentaire et qui ne l'appliquent pas correctement ou encore ne l'approprient pas jusqu'à présent. Alors, il convient de former d'avantage nos différents intervenants sur l'intérêt du respect et de l'application correcte des procédures et instructions de la SST mises en place.

Maîtrise des situations d'urgence

Nous rappelons que les situations d'urgence ou catastrophes représentent un risque majeur pour l'ensemble des travailleurs et des biens de l'entreprise. Donc, il convient de les prévoir et les anticiper par la mise en place d'un système de préparation aux évacuations et protection.

- Ainsi et conformément à notre système [6], nous avons établi une procédure de préparation aux situations d'urgence incluant les différentes dispositions et responsabilités, notamment le chef d'opération, le coordonnateur, les responsables de l'évacuation...
- Nous avons aussi établi un plan d'évacuation incluant : le point de rassemblement, les parcours d'évacuation...
- Finalement, il a été convenu de former le personnel aux pratiques d'évacuation deux fois par an et faire un bilan après toute exercice et toute urgence.

Ainsi nous avons calculé notre indicateur.

 Notre indicateur de la **maîtrise des situations d'urgence = 38,8 %** (un questionnaire de maîtrise documentaire muni d'un système de scoring).

Cette valeur est due principalement aux :

- Nous n'avons pas encore nommé et formé les responsables d'évacuation sur leurs rôles et obligations.
- L'éclairage d'appoint et le système d'avertissement adéquats ne sont pas mis en place jusqu'à présent.
- Nous n'avons fait aucun exercice pratique d'évacuation jusqu'à présent.

Alors, il convient d'achever immédiatement ces actions, afin d'avoir un résultat satisfaisant.

✂ Maîtrise des sous-traitants

Nous rappelons que les sous traitants doivent se conformer aux exigences internes de l'organisme, afin de ne pas bousiller le système de management sécurité implanté en entreprise [6], alors il est clair d'établir un système de contrôle garantissant le respect de toutes entreprises externes aux règles internes en matière de santé sécurité au travail. Ainsi nous avons établi une procédure régissant le contrôle et la maîtrise des sous traitants et qui a été approuvée par la direction générale. L'entreprise étudiée n'a reçu jusqu'à présent aucun sous-traitant à l'intérieur de ces locaux, alors **on n'a pas une valeur** pour notre indicateur jusqu'à présent (questionnaire sur les exigences que doivent respecter les sous-traitants, munis d'un système de scoring).

✂ Maîtrise opérationnelle

Nous rappelons qu'il s'agit des travaux délicats ne faisant pas parti des tâches quotidiennes tel que la réception de matières premières dangereuses (inflammables ou explosives...), l'implantation d'objets lourds et volumineux (cuves, citernes...donc opérations de levages critiques), les travaux en hauteur pour réparation ou soudage de la charpente... [6]. Alors, nous avons prévu les mesures de contrôles et de protection des activités dangereuses susceptibles d'être réalisés au sein de l'entreprise étudiée. Ainsi, nous avons adapté notre grille d'inspection de la maîtrise opérationnelle, mais il faut l'adapter aux nouvelles activités (si elles sont apparues).

Jusqu'à présent nous avons la même activité critique de la réception des matières dangereuses et qui se déroule d'une manière régulière (presque mensuelle). Ainsi, nous avons calculé notre indicateur.

✂ Alors, nous avons eu **57,10 %** (grille d'inspection de la maîtrise opérationnelle munie d'un système de scoring).

Cette valeur est due principalement aux mauvais état du camion livrant nos matières, l'absence des fiches de données de sécurité FDS des matières livrées, et aux zones de livraison mal rangées et mal nettoyées. Dans ce sens nous avons imposé aux fournisseurs de matières chimiques de nous communiquer les FDS en question et de livrer ces matières dans des camions en bon état et nous avons également incité l'équipe de nettoyage et arrangement à fournir un effort spécial dans les zones de déchargement des matières chimiques.

✂ Maîtrise du personnel d'appoint (intérimaires)

Nous avons constaté que l'entreprise étudiée compte 80 opérateurs intérimaires sur 120 opérateurs. Ces derniers ne sont pas intégrés dans la dynamique de l'entreprise et souffrent d'une mauvaise situation professionnelle. Ce qui produit la non adhérence de ce personnel à tout mouvement de progrès et d'amélioration mené par l'entreprise. Alors nous avons établi une procédure, approuvée par la direction générale et visant à intégrer ce genre de personnel conformément aux prescriptions de notre référentiel [6].

✂ Ainsi notre **indicateur de la maîtrise du personnel d'appoint = 69,40%** (un questionnaire de maîtrise du personnel d'appoint muni d'un système de scoring).

Cette valeur est due aux :

- Nous n'avons pas encore mis en place un système d'implication et de motivation de ce personnel.
- Les compétences nécessaires du personnel intérimaire sont non identifiées à 100% jusqu'à présent
- Les certificats médicaux et les habilitations ne sont pas fournis dans tout les cas.

Ainsi, nous présentons l'histogramme illustrant l'ensemble des indicateurs de l'axe processus interne:

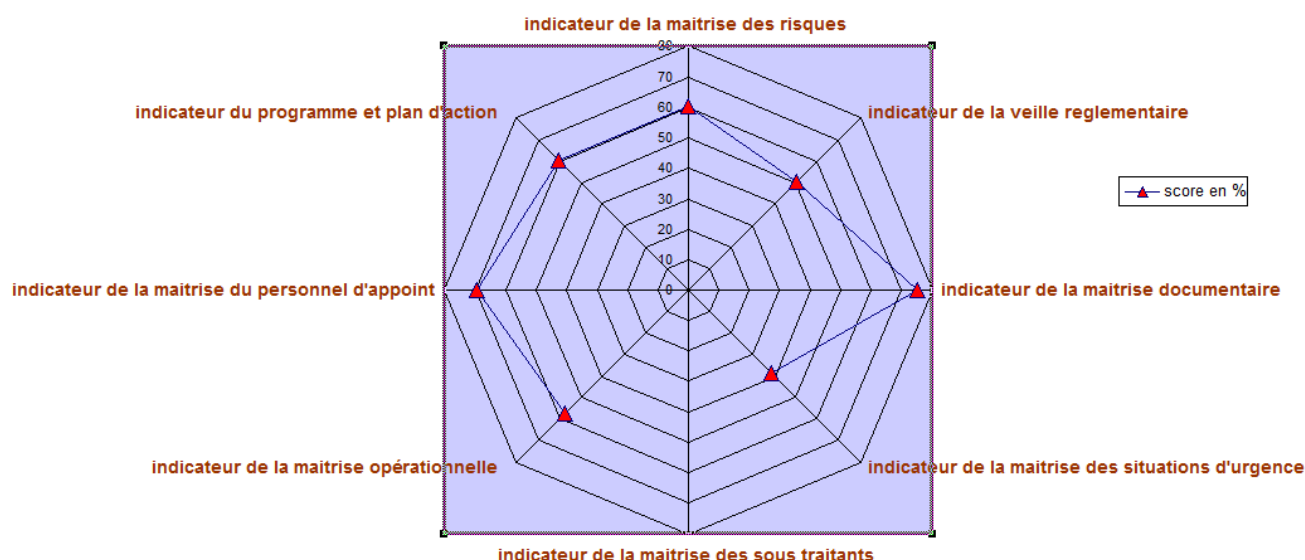


Figure.3. Indicateurs de performance de l'axe processus interne

Il est facilement observable d'après notre graphe que nous avons une valeur insatisfaisante en programme et plan d'action. Ainsi, cet indicateur reflète clairement le manque d'engagement des responsables d'action qui n'arrivent pas à les achever en temps voulu en se focalisant seulement sur leurs tâches "officielles". Alors il convient que le président directeur général intervienne en sensibilisant et en imposant aux différents intervenants de respecter leurs engagement en matière de la SST. Nous avons aussi une valeur médiocre en gestion des situations d'urgence et maîtrise opérationnelle, alors il convient d'achever les actions en cours liées à ces deux objectifs.

Nous pouvons déduire à ce niveau le **score général** de l'axe processus interne en calculant la valeur moyenne de nos sept indicateurs disponibles est qui est égale à **58,7 %**.

4.3 L'AXE APPRENTISSAGE ORGANISATIONNEL

Nous allons dans cette section, mettre en place l'ensemble des triplets {objectifs, variables d'action, indicateur de performance} associés à cet axe.

4.3.1 CONTRÔLE ET ÉVALUATION

Cet objectif inclus l'ensemble des dispositifs permettant le contrôle et l'évaluation de notre SMS, ainsi il contient l'audit, l'inspection, l'investigation des accidents et l'évaluation de la qualité de mise en œuvre.

✂ Audit interne

Nous rappelons qu'il s'agit d'un dispositif de contrôle du système de management sécurité implanté, il permet de se rassurer objectivement et de s'améliorer en connaissant sa situation du moment. Alors dans cette optique nous avons adapté une répartition par activité, ainsi nous allons procéder à un audit chaque trimestre pour les quatre activités suivantes : production, maintenance, logistique, et administration. Nous avons aussi imposé un plan de formation pour les dix auditeurs choisis visant à leur apprendre les règles de l'art de l'audit [6].

Finalement, nous avons imposé l'accompagnement d'un auditeur supplémentaire afin qu'il puisse évaluer l'opération et ainsi renseigner notre indicateur de performance.

➡ Aucun audit n'a été effectué jusqu'à présent donc on n'a pas encore calculé notre indicateur ((questionnaire de la qualité d'audit muni d'un système de scoring + pourcentage des audits réalisés) / 2 (valeur moyenne)).

✖ L'inspection sécurité

Nous rappelons que l'inspection sécurité est le dispositif visant l'identification systématique des risques reliés aux équipements et aux activités, il s'agit alors d'une action de surveillance et de contrôle comme c'est déjà mentionné. Alors et conformément à notre référentiel [6], nous avons imposé une inspection hebdomadaire régulière et qui doit être faite par le responsable sécurité de l'entreprise, ainsi nous avons divisé l'usine en quatre zones pour pouvoir inspecter une zone par semaine et nous avons établi où plutôt adapté notre grille d'inspection regroupant les points à vérifier par catégories à l'entreprise d'accueil.

Finalement nous avons imposé de rédiger à la fin un rapport récapitulant les anomalies prélevées et de déterminer les actions correctives et préventives afin d'éviter la survenue de ces anomalies selon [6].

Nous rappelons que notre indicateur d'inspection est égale à la valeur moyenne des :

- Valeur moyenne de la grille d'inspection et qui est égale à 63,97 %.
- Pourcentage des actions issues d'inspections achevées et qui est égale à 25 %.

🔗 Ainsi notre **indicateur d'inspection = 44,43 %**.

Ce résultat est dû principalement à l'état défavorable constaté des postes de travail (désordre et absence de nettoyage). Il est également généré par le stockage aléatoire d'objets, généralement devant les extincteurs ou empêchant l'accès et la circulation. L'inspection prélève aussi régulièrement des travaux sans EPI, un état défavorable des locaux sanitaires, des câbles et des rallonges électriques dénudés et effilochés, des outils de travail non conformes (ex : meules sans carter de protection), des opérateurs conduisant des chariots élévateurs sans habilitation...Cependant, il s'agit d'un patrimoine de mauvaises habitudes que nous ne pouvons pas le combattre du jour au lendemain, mais il convient de patienter et continuer notre démarche et n'espérer aucun bon résultat qu'à moyen terme.

✖ Investigation des accidents / incidents

Il s'agit de déterminer les causes profondes de tout dysfonctionnement au niveau de la SST, afin d'éviter leur répétition dans le futur. Alors nous avons mis en place une procédure régissant cette opération et nous avons également établi un formulaire d'investigation et d'analyse des accidents/incidents, afin de garantir leur bon déroulement selon [6].

Nous avons enregistré 4 accidents et 6 incidents dans le trimestre en question, l'investigation a été réalisée selon nos critères et exigences et les plans d'actions issues ont été réalisés en temps fixé.

Nous mentionnant que l'indicateur global d'investigation = $\frac{[\text{la valeur moyenne des scores de l'ensemble des investigations} + \% \text{ des actions achevées (issues des investigations du trimestre en question} = 70\%)]}{2}$

🔗 Alors notre **indicateur d'investigation des accidents/incidents = 69,05 %**.

Cette valeur est due principalement aux :

- Les personnes rencontrées ne sont pas toujours déterminées auparavant.
- Les questions posées ne sont pas toujours préparées à l'avance.
- Les endroits de discussion ne sont pas toujours adéquats
- Les personnes menant l'investigation ne demandent pas aux personnes rencontrées leurs propositions de solutions.
- Les actions issues des investigations ne sont pas réalisées en temps voulu.

Nous avons chargé le responsable de zone où est survenu l'accident des investigations en question. Quant au responsable HSE, il convient qu'il renseigne notre indicateur de déroulement d'investigation, ainsi il doit accompagner l'ensemble des investigations.

✖ Qualité de mise en œuvre

Pour cela nous avons mis en place le plan d'action de notre référentiel [6] et aussi notre questionnaire sur l'applicabilité, la fluidité et la qualité des procédures et règles SST mises en œuvre. Ce questionnaire doit être rempli auprès d'un échantillon significatif d'intervenants (employés) régulièrement (trimestrielle), afin qu'il y ait un retour d'expérience en cas d'anomalies ou réclamations.

Nous avons pas encore bouclé et achevé l'ensemble du système c'est la raison pour laquelle nous avons pas renseigné notre questionnaire donc notre **indicateur n'est pas encore calculé**.

4.3.2 ACTIONS CORRECTIVES ET PRÉVENTIVES

Cet objectif inclus l'ensemble des dispositifs permettant la mise en place des actions correctives suite aux résultats du contrôle et évaluation.

Revue de direction

Nous rappelons qu'il s'agit d'un dispositif permettant à la direction à son plus haut niveau de vérifier que le SMS implanté, répond bien à l'ensemble de ses attentes et notamment à sa politique et aux objectifs qu'elle s'est fixée [6].

Alors nous avons établi une procédure régissant le déroulement de la revue de direction et que nous avons fixé sa fréquence du déroulement à un semestre.

Jusqu'à présent nous n'avons pas encore effectué notre revue, donc l'indicateur n'est pas encore disponible.

NB : idem pour l'indicateur des actions correctives et préventives.

4.4 L'AXE DE RÉSULTATS

Nous avons enregistré dans le trimestre en question 4 accidents, nous les détaillons brièvement dans ce qui suit :

 Les deux premiers accidents sont survenus suite aux collisions entre chariots élévateurs et opérateurs. Après nos investigations, il a été relevé les causes suivantes :

- Chariots élévateurs sans bip de recul (défaillant)
- 30 % des postes de travail sont mal positionnés et par la suite passages très étroits de circulations des chariots élévateurs entraînant des collisions fréquentes.

Quant aux conséquences et dégâts :

- L'arrêt des deux opérateurs en question pendant une durée de 10 jours (total des deux accidents), ils sont payés aux accidentés comme jours travaillés à 15DH/ l'heure (8 heure/ jour) donc une somme de 1200 DH.
- Des blessures moyennement graves et des frais d'hospitalisation de 3000 DH (total)

 Le troisième accident est survenu suite à une Projection aux yeux (fins morceaux de métal) lors d'une activité de découpage avec la meule. Après nos investigations, il a été relevé les causes suivantes :

- Le non port ni de la visière ni des lunettes de protection par l'opérateur.

Quant aux conséquences et dégâts :

- Ce genre d'accident est devenu classique et il nécessite une intervention de l'ophtalmologue de 400 DH et aucun jour de repos.

 Le quatrième accident est survenu lors de la chute d'une tôle métallique sur les pieds d'un opérateur. Après nos investigations, il a été relevé les causes suivantes :

- L'opérateur a voulu gagner du temps en essayant de soulever et déplacer cette tôle faisant les 50kg tout seul.

Quant aux conséquences et dégâts :

- Une grave blessure au niveau du pied gauche de l'opérateur provoquant un arrêt de 20 jours (pendant lesquels 4000 dh a été versé à l'opérateur)
- Des frais d'hospitalisation et pharmacie de 4000 DH (total)

Alors nous pouvons à ce stade expliciter **nos indicateurs de résultats adaptés du trimestre étudié** :

- Nombre d'accidents = 4
- Nombre d'incidents = 6

- Coût des AT = 12600 DH
- Nombre de journées perdues = 30 jours
- ✖ Nous les comparons ainsi avec les résultats du **même trimestre de l'année dernière** :
- Nombre d'accidents = 9
- Nombre d'incidents = n'est pas disponible dans l'historique
- Coût des AT = 58000 DH
- Nombre de journées perdues = 120 jours

Cette différence est due principalement aux deux chutes de hauteur survenues l'année dernière provoquant des fractures et d'important frais d'hospitalisation. Cependant, nous remarquons une baisse remarquable de nos indicateurs grâce aux dispositions de protection et de prévention mises en place. Toutefois, nous ne pouvons faire aucune interprétation fiable et crédible à ce stade puisqu'on n'a pas encore achevé l'implantation de l'ensemble du système.

NB :

- Il convient de ne pas négliger la dernière étape de notre méthode et qui est de réévaluer en permanence nos indicateurs de performance, afin de les adapter aux changements et évolutions du contexte de l'entreprise.
- Pour plus de clarté (formule) sur nos indicateurs de performance, nous invitons nos chers lecteurs de consulter notre article intitulé " Présentation et explicitation des triplets {Objectif, Variables d'action, Indicateur de performance} d'un nouveau Tableau de Bord Prospectif en Santé Sécurité au Travail ".

5 CONCLUSION

Ainsi, nous avons traité l'opérationnalisation de notre modèle de Tableau de Bord SST, après une présentation de l'entreprise partenaire dans le cadre de l'expérimentation. Alors, nous avons établi d'abord, les étapes préliminaires pour la construction du Tableau de Bord. Ensuite, les différentes exigences de notre système de management ont été réalisées. Enfin, nous avons calculé presque l'ensemble des indicateurs de notre tableau de bord.

Dans cette optique, nous avons réparti l'usine en quatre zones. Ainsi et vu l'absence des superviseurs SST et l'incapacité du responsable HSE de superviser l'ensemble des locaux de travail, nous avons nommé un chef SST pour chaque zone (généralement des chefs d'équipe) et qui a été chargé de la supervision de l'ensemble des aspects SST dans sa zone et ainsi maintenir et assurer le respect et l'application des exigences de notre référentiel (nous pouvons même nommer des chefs de zones chaque trimestre pour pouvoir récompenser les chefs de zones ayant les scores les plus élevés). Alors, il convient de bien impliquer et former ces acteurs représentant notre chaîne de liaison avec les opérateurs et les collectifs professionnels.

Certes, nous n'avons pas encore achevé l'implantation de l'ensemble du système, parce qu'il s'agit d'une longue démarche nécessitant beaucoup de temps et d'effort et surtout l'engagement total de la direction et l'implication extrême de l'ensemble des intervenants au sein de l'entreprise. Mais, après cette première simulation de nos indicateurs de performance, nous avons pu constater que notre tableau de bord reflète la performance réelle en matière de la SST, sauf pour quelques indicateurs qui sont mal transmis à cause du manque de compréhension et de formation des personnes chargées de leur collecte, notamment les indicateurs du respect des règles SST, du port d'EPI et d'investigation des accidents. Alors il va falloir plus de formation aux objectifs de notre système et surtout l'accompagnement nécessaire de ces acteurs sur le terrain afin de leur expliquer les méthodes adéquates de collecte d'information. Nous avons aussi rencontré d'énormes difficultés au niveau de l'implication et l'appropriation du personnel et plus précisément l'existence d'une résistance aux changements par plusieurs intervenants et ce malgré l'approche comportementale adaptée. Ainsi, il est indispensable d'adapter d'avantage des formules comportementales et questionnaires optimales permettant de mieux gérer cette résistance et garantir par la suite l'implantation réussie de notre système.

REFERENCES

- [1] Julien Cambon, " Vers une nouvelle méthodologie de mesure de la performance des systèmes de management sécurité au travail," thèse doctorat, ED n° 432 : Sciences et métiers de l'ingénieur Mines Paris, 9 novembre 2007.
- [2] Bieder, C. 2006. « Les facteurs humains dans la gestion des risques – Evolution de la pensée et des outils », 2006.
- [3] O'Brien, " *Business measurements for safety performance*, " Lewis publishers, Washington, 2000.
- [4] Budworth, N. 1996. « Indicators of safety performance in safety management. The safety & Health Practitioner. », 1996.
- [5] Mahrat Fahd, Lotfi Bouchra, Semma Elaami "Conception d'un système d'indicateur de performance en sécurité industrielle" International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 7 No. 2 Aug. 2014, pp. 571-587.
- [6] Mahrat Fahd, Lotfi Bouchra, Semma Elaami " Conception d'un système de management de sécurité adaptable au contexte marocain" International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 9 No. 2 Nov. 2014, pp. 860-890.
- [7] Daniellou, F et al. "Les cahiers de la sécurité industrielle : Facteurs humains et organisationnels de la sécurité industrielle" édition, 2010.

Présentation et explicitation des triplets {Objectif, Variables d'action, Indicateur de performance} d'un nouveau Tableau de Bord Prospectif en Santé Sécurité au Travail

[Presentation and explicitation of the triplets {Objective, Variables of action, Performance indicator} of a new system of performance indicator in Health and Safety at work]

Mahrat Fahd, Lotfi Bouchra, Semma Elaami, Mousrij Ahmed, and Chhiba Mostafa

Université Hassan 1^{er}, Faculté des sciences et techniques, Settat, Maroc

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

ABSTRACT: The Health and Safety at work is a very neuralgic field, because it represents several economic legal, social and human issues. In Morocco, the situation is still dramatic because of several factors, in particular the absence of an adapted device of management and evaluation of performance. In this direction, we accompanied several Moroccan industrial companies in order to reveal their real problems as regards industrial security. We also conceived and carried out our own method of evaluation of performance in health and safety at work. We can then at this stage clarify the various triplets {objective, variables of action, indicator of performance} constituting our instrument panel.

To this end, we accompanied these companies during several years in order to determine on the ground the variables of action necessary and sufficient to the result of each objective. We also, designed an indicator of performance for each objective. Then, with an aim of determining the indicators of performance and the variables of actions most relevant and the most adapted to the studied context. We have to collaborate with several groups in particular the operators, the team leaders, the foremen, the shop foremen, the persons in charge, the managers and the directors through meetings, brainstormings, visits and inspections of the ground, test and of the checks of various methods, organizational and practical solutions of work and management of health and safety at work. We present then in present research, our methodology of work and the whole of the triplets constituting our instrument panel.

KEYWORDS: health and safety at work; evaluation of performance; performance indicator; dashboard.

RESUME: La santé sécurité au travail est un domaine très névralgique, car il représente plusieurs enjeux économiques, juridiques, sociaux et humains... très considérables. Au Maroc, la situation est encore dramatique à cause de plusieurs facteurs, notamment l'absence d'un dispositif de gestion et d'évaluation de performance adapté. Dans ce sens, nous avons accompagné plusieurs entreprises industrielles marocaines afin de dévoiler leurs problèmes réels en matière de sécurité industrielle. Nous avons également conçu et réalisé notre propre méthode d'évaluation de performance en SST. Nous pouvons alors à ce stade expliciter les différents triplets {objectifs, variables d'action, indicateurs de performance} constituant notre tableau de bord.

Dans ce but, nous avons accompagné ces entreprises pendant plusieurs années afin de déterminer sur le terrain les variables d'action nécessaires et suffisantes à l'aboutissement de chaque objectifs. Nous avons également, conçu un indicateur de performance pour chaque objectif. Alors, dans le but de déterminer les indicateurs de performance et les variables d'actions les plus pertinents et les plus adaptés au contexte étudié. Nous avons collaboré avec plusieurs groupes notamment les opérateurs, les chefs d'équipe, les chefs de chantier, les chefs d'atelier, les responsables, les managers et les directeurs à travers des réunions, des brainstormings, des visites et des inspections du terrain, des essais et des vérifications de

différentes méthodes, solutions organisationnelles et pratiques de travail et de gestion de la SST. Nous présentons alors dans la présente recherche, notre méthodologie de travail et l'ensemble des triplets constituant notre tableau de bord.

MOTS-CLEFS: santé et sécurité au travail ; évaluation de performance ; indicateur de performance ; tableau de bord.

1 INTRODUCTION

Si le développement économique et social a connu un grand essor avec l'avènement de l'industrialisation, cette dernière ne s'opère pas sans répercussion sur la santé de l'homme. En effet, l'homme en tant que travailleur est exposé à un certain nombre de risques d'ordre environnemental et professionnel. Les risques ainsi encourus par les employés peuvent se traduire par le nombre croissant des accidents de travail et de développement de plus en plus des maladies spécifiques dites «maladies professionnelles». En effet la Santé et Sécurité de Travail SST comprennent donc les règles d'hygiène, de sécurité et de médecine du travail dont la finalité est la prévention des risques professionnels et par voie de conséquence la protection de l'état physique, mental et social des travailleurs.

Au Maroc, et à l'instar des autres pays, la santé et sécurité au travail comprennent des règles d'hygiène et de sécurité du travail contenues dans le dahir du 2 Juillet 1947 portant réglementation du travail, dans l'arrêté du 4 Novembre 1952 édictant un grand nombre de mesures générales et de sécurité applicables à tous les établissements dans lesquels est exercée une activité commerciale, industrielle ou libérale ou dans divers autres arrêtés prévoyant des mesures spéciales propres à certaines professions. Néanmoins, cette fonction est encore récente au Maroc, les textes réglementaires ne sont pas respectés par les entreprises à cause de l'absence énorme d'inspection et du contrôle étatique, et les chiffres non officiels estiment que 60 000 à 65 000 accidents du travail sont déclarés annuellement [1]. Nous ajoutons le chiffre effrayant des montants payés en assurance des accidents de travail en 2010 au Maroc, représentant les coûts économiques supportés par les entreprises marocaines et qui est de l'ordre de 19 milliards de Dh. Ceci représente un coût économique très considérable, d'où la nécessité de mettre en place un arsenal efficace pour la gestion de la SST.

A l'initiative de plusieurs organisations non gouvernementales et d'agences de normalisation, plusieurs référentiels ont été élaborés, afin d'assister les entreprises à prendre les dispositions d'organisation et de gestion indispensables au respect des principes de la SST. Nous citons par exemple : [2], [3], [4]... Toutefois, le retour d'expérience relatif à l'adoption des Systèmes de Management de la Sécurité (SMS) met en évidence que leur succès n'est pas systématique, en lui reprochant d'être redondant par rapport au dispositif de gestion existant. En plus, le système de gestion qu'il propose est parfois trop prescrit, trop formelle ou trop rigide. Par la suite, il est susceptible de faire du personnel l'objet de multiples contrôles, de réduire son autonomie, d'aller à son encontre, alors qu'il est supposé en être paradoxalement le premier bénéficiaire [5].

Nous constatons alors, que la mise en place d'un SMS ne garantit pas seule une meilleure performance en matière de la SST, surtout si elle n'est pas faite dans le respect de certaines conditions comme : la conviction du personnel, la démarche d'implantation efficiente, etc. Autrement, les SMS sont influencés par le contexte dans lequel ils sont implémentés. Alors, ils peuvent ne pas atteindre le même succès ce qui nous amène à l'intérêt et l'importance des méthodologies de mesure de la performance, pour aider les industriels à évaluer la performance réelle du dispositif qu'ils ont mis en place. Malheureusement, cette mesure de la performance en SST se base jusqu'à présent, sur des indicateurs nommés traditionnels (taux de gravité et de fréquence, cotisation assurance...) et qui sont fortement critiqués ces dernières années. Plusieurs chercheurs ([5] ; [6] ; [7] ; [8]...) les décrivent comme des indicateurs retardés reflétant des résultats passés ou des échecs passés dans le temps. En plus, ces indicateurs offrent une vision instantanée et très large des performances générales de l'organisation. Ils sont aussi critiqués parce qu'ils sont tous des indicateurs d'échecs, alors que les autres domaines (production, maintenance...) sont dotés d'indicateurs de succès (taux de productivité, nombre de commande...). Alors, il est clair que ces indicateurs ne permettent pas d'être proactifs et anticipatifs et ils ne donnent pas une vision crédible de la réalité de l'entreprise en matière de la SST.

Ainsi, nous avons consacré nos articles antécédents [9] et [10] d'abord, à la conception d'une méthode de création de tableau de bord prospectif en SST. Ensuite, à la conception d'un SMS adapté au contexte étudié et finalement à l'explicitation, et le couplage de notre tableau de bord avec notre système de management sécurité.

Alors nous avons élaboré notre propre méthodologie de création de tableau de bord en SST et nous avons également réalisé ces différentes phases en modélisant le système en réseau de processus et en fixant et déployant la stratégie en objectifs globaux et objectifs particuliers à chaque processus, définissant ainsi la contribution de chacun à la visée globale

(l'atteinte de ces objectifs) selon [11]. Ainsi, nous pouvons dans ce travail présenter les différents triplets (objectif, variables d'action, indicateur de performance) constituant notre tableau de bord. Dans ce sens, nous allons nous appuyer sur l'état de l'art et sur nos expérimentations sur les pratiques et la gestion de la santé sécurité au travail sur une période de quatre années. Ainsi, nous offrons aux entreprises un tableau de bord en SST, basé sur des indicateurs précis et détaillés de performance autour d'un système de management SST beaucoup plus efficace en adaptant les différents processus de gestion de la sécurité mis en place.

2 MÉTHODOLOGIE

Dans le cadre de l'approche ingénierique adaptée, nous avons d'abord accompagné plusieurs entreprises industrielles représentant différents secteurs d'activité et pendant plusieurs années, afin de pouvoir prélever leurs problèmes réels liés à la gestion de la SST. Nous nous sommes retournés ensuite aux différentes théories de conception des systèmes d'indicateurs de performance SIP pour pouvoir créer notre propre méthode de création de tableau de bord en SST. Ainsi nous avons fixé nos objectifs globaux et nous les avons par la suite déployé en objectifs élémentaires sur tous les processus du système de management choisis en prenant en compte les problèmes prélevés lors de la première phase. Nous nous sommes retournés finalement, aux entreprises étudiées pour pouvoir déterminer avec les acteurs du terrain les variables d'action ou plans d'action nécessaires et suffisants à l'aboutissement de nos différents objectifs élémentaires. Dans ce but, nous nous sommes basés sur notre étude bibliographique des bonnes pratiques de gestion de la SST et sur des études de terrain approfondies des différents aspects de la SST, en collaborant à travers des réunions, des brainstormings, des visites et des inspections du terrain avec plusieurs groupes notamment les opérateurs, les chefs d'équipe, les chefs de chantier, les chefs d'atelier, les responsables, les managers et les directeurs.

Nous rappelons que nous avons adapté et transposé les quatre axes stratégiques du Balanced Scorecard [12] dans notre TDB, ainsi l'axe client sera l'axe humain ou employé, l'axe processus internes et l'axe apprentissage organisationnel vont conserver leurs identités et finalement l'axe financier sera l'axe de résultats incluant les coûts des accidents, le nombre de jours perdus par incapacité...

3 TRIPLETS CONSTITUTIFS DU TABLEAU DE BORD SST PROPOSE

Dans cette section nous allons décliner les différents triplets {objectif, indicateur de performance, variables d'action} et qui seront repartis selon les quatre axes stratégiques susmentionnés, ainsi nous allons expliciter l'ensemble de notre tableau de bord en santé sécurité au travail.

3.1 AXE HUMAIN (EMPLOYÉ)

Avant d'entamer les triplets (**objectif, variables d'action, indicateur de performance**) de cet axe nous rappelons d'abord son déploiement dans le tableau ci-dessous :

Tableau1. Déploiement des objectifs/indicateurs de l'axe humain

Indicateurs/objectif niveau 4	Indicateurs/objectifs Niveau 3	Indicateurs/objectifs niveau 2	Indicateur/objectif global niveau 1
% personnel ayant passé l'induction (objectif 100%)	% du personnel formé et habilité selon le besoin (% du personnel formé) (objectif 100%)		L'indicateur global de l'axe humain (en %) (objectif 100%)
% du personnel formé aux risques du poste de travail (objectif 100%)			
% des conducteurs d'engins habilités (objectif 100%)			
% du personnel formé aux formations spécifiques selon le besoin (travaux en hauteur, espace confiné...), (objectif 100%)			
% du personnel d'encadrement formé (objectif 100%)			
% du personnel secouriste au travail (objectif 10% selon la réglementation)			

% du personnel maîtrisant l'extinction du feu (100 % selon la réglementation)			
(%) du respect des règles SST (objectif 100%)	(% de la participation et de la consultation du personnel (objectif 100%))	% du niveau d'appropriation (objectif 100%)	
Indicateur (%) du Port d'EPI (objectif 100%)			
Indicateur (%) de Consultation du personnel (objectif 100%)			
Indicateur (%) d'affichage (objectif 100%)	% d'information du personnel (objectif 100%)		
Indicateur (%) de signalisation (objectif 100%)			
Indicateur (%) de sensibilisation (objectif 100%)			

Nous détaillons alors, dans ce qui suit l'ensemble de ces sous objectifs ainsi que leurs triplets associés (objectif, indicateur de performance, variables d'action).

3.1.1 FORMATION ET HABILITATION SELON LE BESOIN

Cet objectif global est déployé en sept sous objectifs associés à sept formations conformément au tableau de déploiement, ainsi nous détaillons ces sept sous objectifs dans ce qui suit :

✚ **Formation d'induction** : Cette formation vise à former et informer les personnes nouvellement recrutées y compris les stagiaires et toute personne visitant les zones de travail (visiteurs, clients, fournisseurs...) aux risques généraux, aux règles et aux instructions de la SST de l'entreprise. Il consiste aussi à les informer sur les conditions de circulation sur les lieux de travail, notamment à leur montrer les chemins d'accès aux lieux de travail et aux locaux sociaux et à leur préciser les issues et dégagements de secours à utiliser en cas de sinistre.

Ainsi notre **objectif** sera :

- Toute personne doit passer la formation d'induction avant de rentrer ou visiter les zones de travail, autrement 100% des personnes accédant aux lieux de travail ayant passées la formation d'induction.

Pour cela notre **plan d'action** est de :

- Préparer une formation d'induction compréhensible, pédagogique et efficace.
- Etablir et appliquer une procédure d'accès au site contenant la formation systématique.

L'indicateur de performance mis en place est :

- Nombre de personnes rentrant au site sans induction ou autrement le % du personnel (y compris les stagiaires et les visiteurs) ayant passé l'induction.

✚ **Formation du poste de travail** : Elle fait partie des formations les plus importantes, elle est spécifique à chaque poste de travail et elle a pour objet d'instruire l'opérateur sur les risques liés à son poste ainsi aux précautions à prendre pour assurer sa sécurité et celle de ses collègues. Elle doit contenir les informations, les enseignements et les instructions nécessaires aux bonnes conditions d'exécution du travail, ainsi que les dispositions à prendre en cas d'accident ou de sinistre. Nous recommandons qu'elle soit illustrée par des photos simulant les différents risques et les situations dangereuses du poste, afin de garantir une meilleure compréhension des opérateurs qui n'ont pas un niveau d'instruction élevé leur permettant de lire des textes.

Alors l'**objectif** sera :

- 100% des opérateurs formés sur les risques associés à leurs postes de travail.

Pour cela nous adoptons le **plan d'action** suivant :

- L'étude et l'accompagnement de chaque poste afin de comprendre parfaitement ses activités

- Identifier et évaluer les risques liés aux postes
- Implanter des mesures de protections correctives et préventives
- Préparer des formations compréhensibles, pédagogiques et efficaces et surtout spécifiques au poste.
- Planifier la formation en collaboration avec le service de production et les ressources humaines.

Quant à l'**indicateur de performance** mis en place :

- % du personnel formé aux risques de poste de travail

✚ **Habilitation des conducteurs d'engins** : Elle comporte la conduite sécuritaire de véhicules, d'appareils de levage ou d'engins de toute nature. Elle s'impose pour l'ensemble des équipements de manutention et de levage. Elle peut être assurée en interne par des formateurs compétents appartenant à l'entreprise ou venant de l'extérieur, comme elle peut être organisée dans un organisme de formation spécialisé. Finalement, nous exigeons d'assurer la conservation des preuves de la réalisation des actions de formation.

Alors notre **objectif** sera :

- 100 % conducteurs habilités.

Pour cela notre **plan d'action** sera :

- Etablir un examen d'aptitude médical pour l'ensemble des conducteurs, à conserver dans un registre dédié à cet effet.
- Etablir un contrôle des connaissances et du savoir-faire de l'opérateur pour la conduite en sécurité de l'équipement de travail ;
- Exiger Une connaissance des lieux et des instructions à respecter sur le ou les sites d'utilisation.

L'**indicateur de performance** est :

- % des conducteurs habilités

✚ **Les formations spécifiques** : Elles sont indispensables. Lorsque les travailleurs sont affectés à des travaux comportant un risque précis, ils doivent ainsi bénéficier d'une formation spécifique. Il en est ainsi notamment dans les cas suivants :

- Manipulation ou utilisation des produits chimiques,
- Emploi de machines, y compris les machines portatives,
- Travaux en hauteur, espaces confinés, habilitation électrique, levage...

Alors notre **objectif** sera :

- 100 % opérateurs formés aux travaux spécifiques selon le besoin.

A cet effet nous adoptons le **plan d'action** suivant :

- Identification des besoins spécifiques de formation.
- Préparer la formation des différents thèmes existants.
- Planifier les formations en collaborant avec le service de production et les ressources humaines.

L'**indicateur** sera :

- % du personnel ayant besoin aux formations spécifiques, formé

✚ **La formation du personnel d'encadrement** (idem pour les directeurs et les leaders) : Elle est indispensable parce que ce type de personnel représente le maillon de liaison entre la direction et les opérateurs. Alors, ils ont un rôle crucial dans la transmission de politique et de la culture de la direction générale. C'est la raison pour laquelle, il est obligatoire de les former dans les différents thèmes de la SST, afin de les impliquer et de les rendre aptes à participer dans la mise en place et le fonctionnement du système de management sécurité. La formation des directeurs et dirigeants est aussi déterminante et surtout dans notre contexte, afin de les pousser à adopter et à investir dans cette fonction nouvellement introduite au Maroc.

Alors l'**objectif** est :

- 100% personnel d'encadrement formé en SST.

Les **actions** adoptées sont :

- Préparer des modules de formation pédagogiques et efficaces
- Planifier les formations en collaborant avec le service de production et des ressources humaines.

L'**indicateur** sera :

- % du personnel d'encadrement formé en SST

✚ **Formation des secouristes** : Dans chaque atelier où sont accomplis des travaux dangereux et dans chaque chantier employant vingt travailleurs au moins pendant plus de quinze jours où sont réalisés des travaux dangereux, 10% du personnel doivent recevoir la formation de secouriste nécessaire pour donner les premiers secours en cas d'urgence. Ce salarié secouriste doit pouvoir à tout moment porter secours et :

- Faire alerter les secours spécialisés, et leur transmettre les informations nécessaires et suffisantes pour qu'ils puissent organiser leur intervention ;
- Agir de la façon la plus appropriée à la situation d'accident et à l'état de la victime ;
- Après avoir examiné la victime, pratiquer les gestes d'urgence capables d'éviter une aggravation de son état, voire même de l'améliorer.

Le sauveteur secouriste du travail ne doit pas uniquement agir dans les situations d'urgence, il doit en effet être un acteur de la prévention à part entière. Il peut ainsi, participer à l'identification des risques, à la rédaction du document unique et à son actualisation.

En ce qui concerne le travail en équipe et le travail de nuit, même en présence d'effectifs faibles, une organisation spécifique doit être mise en place pour assurer la présence d'un secouriste en permanence.

Cette formation doit être assurée par un organisme habilité donnant une attestation ou un diplôme aux opérateurs formés.

Alors, notre **objectif** sera :

- 10 % d'employés secouriste

Notre **plan d'action** sera :

- Sélectionner les employés aptes physiquement à être de bons secouristes,
- Une fois identifiés il ne reste que la fixation d'une date de formation en collaborant avec leurs chefs et la direction des ressources humaines

Quant à l'**indicateur** :

- % du personnel secouriste au travail qui est fixé à 10% par la réglementation

✚ **Formation de lutte contre l'incendie** : L'incendie est parmi les risques majeurs qui menacent les biens et les personnes car il se propage rapidement. Alors, si on n'arrive pas à l'éteindre au début des premières secondes, les conséquences seront très significatives. C'est la raison pour laquelle une formation à la première intervention contre l'incendie est obligatoire, afin de garantir l'efficacité de l'intervention des opérateurs en cas d'incendie. Cette formation vise à faire comprendre aux opérateurs ce qu'est un feu, les types de feu (A, B, C, D, E), et les différentes techniques d'extinction.

Pour cette formation l'**objectif** sera :

- 100 % d'employés maîtrisant l'extinction du feu (selon les normes)

Notre mission (**plan d'action**) sera :

- Préparer la formation (contenu) et les différents moyens logistiques (lieu de pratique, extincteurs...).
- La fixation d'un plan de formation en collaborant avec les différents services et la direction des ressources humaines

Quant à l'**indicateur** :

- % du personnel maîtrisant l'extinction du feu.

Alors et après avoir identifié les différents indicateurs du volet formation, nous pouvons déduire l'indicateur global de la formation et habilitation en calculant la valeur moyenne des sept indicateurs de formation :

Indicateur de formation et d'habilitation = % du personnel formé et habilité selon le besoin = [% de personne ayant passé l'induction + % de personnel formé aux risques de poste de travail + % de conducteurs habilités + % de personnes formées aux formations spécifiques + % du personnel d'encadrement formé + % du personnel secouriste au travail + % du personnel maîtrisant l'extinction du feu] / 7

NB : lors de ce calcul nous rappelons que pour l'indicateur du personnel secouriste nous avons fixé un objectif de 10% alors 10 % = 100 %.

3.1.2 BONNE APPROPRIATION DU SYSTEME PAR LE PERSONNEL

Nous avons déjà vu dans la partie déploiement de l'axe humain [9] , que le volet de l'appropriation du système se déploie aussi en deux sous dimensions et qui sont une meilleure participation /consultation du personnel et une meilleure information du personnel et qui se déclinent à leur tours en d'autres sous dimensions que nous allons aussi détailler dans ce qui suit. Ainsi, nous identifions pour chaque sous dimension les différents triplets {O, V, I}, afin de pouvoir à la fin, déduire l'indicateur global du niveau d'appropriation.

✖ Meilleure participation et consultation du personnel

Nous avons vu qu'une meilleure participation et consultation du personnel se déploie en trois sous objectifs et qui sont [9] :

- 100 % respect du port des EPI (équipements de protection individuelle)
- 100 % respect des consignes et règles sécurité par le personnel
- Un bon niveau de consultation du personnel.

Ainsi, nous allons détailler et identifier les triplets associés à chaque sous objectif pour pouvoir déduire l'indicateur global de participation et de consultation du personnel.

✚ **100% respect du port des EPI** : Le port des EPI joue un rôle déterminant dans la prévention des accidents car, plus de 90% des blessures dans les entreprises étudiées sont causées par le non port des EPI. Alors, nous avons vu qu'il est primordial de le traiter séparément ainsi, nous avons mené une analyse de causes très profonde, afin de cerner les vraies problèmes empêchant le non respect du port des EPI [10] .

Alors notre **objectif** sera :

- 100 % respect du port des EPI.

Pour cela notre **plan d'action** sera :

- Etablir une procédure claire de gestion des EPI, incluant : L'approvisionnement et la distribution et qui doivent être faite par le service HSE et non pas par le magasinier.
- Etablir une matrice des EPI et fréquence d'utilisation pour chaque poste.
- Etablir une décharge devant être signée par l'opérateur lors de la réception de ces EPI.
- Le choix approprié des EPI est obligatoire.
- Former, sensibiliser, responsabiliser et impliquer les chefs d'équipes et opérateurs au port des EPI.
- Nommer des superviseurs (chefs d'équipe, responsables de zone ou animateurs HSE) sécurité chargés d'imposer le respect du port d'EPI et d'enregistrer les cas du non port des EPI (les corriger, les enregistrer sans prendre le nom de l'opérateur pour assurer une prise d'information fiable et factuelle),

Ainsi l'**indicateur** que nous proposons est :

Indicateur de performance (% du respect du port des EPI) = 100 % - [nombre des cas du non port des EPI du mois / 30 × nombre du personnel devant porter des EPI] × 100

NB : Nous avons considéré que chaque infraction en matière du port des EPI est un non respect du port des EPI, alors le nombre d'infraction / le nombre du personnel, constitue le pourcentage du personnel ne respectant pas le port des EPI, et ainsi nous additionnons toutes les infractions du mois pour les diviser sur 30 (valeur moyenne), par ce que l'évaluation sera mensuel. Quant à l'évaluation trimestrielle nous calculons la valeur moyenne de la valeur des trois mois en question.

- ✚ **Respect aux règles sécurité** : Les règles SST comportent l'ensemble des obligations des opérateurs en matière de sécurité, ainsi que l'ensemble des actes et gestes non sécuritaires que peuvent commettre un opérateur sur les lieux du travail. Alors, il convient de les identifier, de former et sensibiliser le personnel à les respecter, et de concevoir un système de sanction en cas d'infraction.

Alors notre **objectif** sera :

- 100 % Respect aux règles sécurité

Notre **plan d'action** sera :

- Il faut tout d'abord les identifier par une étude de terrain car c'est spécifique d'un cas à un autre, il faut aussi impliquer le personnel dans cette démarche pour garantir une meilleure implication et finalement les communiquer à l'ensemble du personnel par :
 - ♣ Des réunions avec le personnel d'encadrement.
 - ♣ La sensibilisation et la formation des opérateurs sur leurs rôles positifs en santé sécurité
 - ♣ L'affichage des différentes instructions et consignes en matière de santé sécurité au travail.
- L'établissement d'une procédure de sanction pour les différentes infractions.

Notre **indicateur** sera :

$$\text{Indicateur de performance (\% du respect des règles sécurité au travail)} = 100 \% - \left[\frac{\sum \text{Des Infractions aux règles sécurité du mois}}{30 \times \text{nombre du personnel}} \right] \times 100$$

NB : Nous avons considéré que chaque infraction aux règles sécurité est un non respect aux règles sécurité, ainsi le nombre d'infraction / le nombre du personnel, constitue le pourcentage du personnel ne respectant pas ces règles, ainsi nous additionnons toutes les infractions du mois pour les diviser sur 30 (valeur moyenne). Quant à l'évaluation trimestrielle nous calculons la valeur moyenne de la valeur des trois mois en question.

- ✚ **Une meilleure consultation du personnel** : Le partage de l'information représente un maillon fondamental pour garantir la maîtrise des risques SST, l'implication et la participation du personnel. Alors et mise à part la communication descendante, de la hiérarchie vers l'ensemble du personnel, il convient aussi d'établir et d'organiser un canal de communication ascendant en favorisant la consultation et l'écoute des parties intéressées (employés). Contribuant ainsi, à une participation effective du personnel. Puisque et comme nous l'avons déjà mentionné, nous avons adapté l'approche des comportements d'initiative pour la SST et qui peuvent être : Formelles, c'est-à-dire intégrées à la politique sécurité (par ex : lorsque c'est imposé aux employés de signaler toute situation dangereuse rencontrée) ou Informelles, c'est-à-dire propres à des pratiques de métiers (par ex : lorsque les employés récupèrent des situations dégradées qui, sans leur intervention, pourraient basculer vers l'accident) selon[13] .

Alors notre **objectif** est :

- Une meilleure consultation effective du personnel

Notre **plan d'action** sera :

- Etablir et organiser un comité d'hygiène santé sécurité au travail CHSCT, afin de faire partager avec les représentants syndicaux des employés et les managers et chefs d'équipe l'ensemble des plans d'action SST.
- Sensibiliser, responsabiliser et obliger les managers et le personnel d'encadrement à établir des réunions SST en permanence avec leurs équipes, afin de leur transmettre toutes les informations, instructions SST et changement

pouvant affecter leur sécurité.

- Etablir un rapport d'observation sécurité en adoptant une petite feuille que nous allons nommer « rapport d'observation sécurité ROS » et qui sera à la disposition de l'ensemble des travailleurs, afin qu'ils puissent rapporter toute remarque, infraction, action et suggestion ou proposition dans le domaine de la sécurité au travail. Nous présentons ainsi un exemple de ROS :

Nom et Prénom :
Date :
Lieu de l'observation :
Observations :
Causes :
Propositions de Solutions : (problème réglé ou pas encore)

Fig.1. Rapport d'observation sécurité

- Sensibiliser et former l'ensemble des intervenants (opérateurs, techniciens, chefs d'équipe, ingénieurs...) sur l'importance de ces rapports et sur la manière de les remplir.
- Afficher (par exemple) les quatre premiers ROS pertinents et établir un système de motivation (ex : prime) pour les meilleurs contributions.

Quant à l'**indicateur** :

Tableau.2. indicateur de la consultation du personnel

Critères de performance	Non 0%	Non mais pas entièrement 25%	Oui mais ce n'est pas la règle 50%	Oui souvent 75%	Oui 100%	Commentaire	Score
Est-ce que le ROS est totalement et correctement renseigné avant d'être soumis au département HSE ? (en examinant un échantillon d'ROS).							
Est-ce que les causes directes indiquées par l'observateur sont des problèmes pourront être résolu par l'opérateur ou l'observateur et si oui Est-ce que l'observateur a pris une action immédiate pour corriger les comportements ou conditions dangereuses ?							
Est-ce que les causes ont été déterminées à travers une discussion entre la personne observée et l'observateur?							
Y a-t-il une communication ouverte et constructive entre l'observateur et la personne observée?							
Est-ce que l'employé a démontré, à l'observateur, sa compréhension par rapport à l'observation?							
Est-ce qu'un comité d'hygiène santé sécurité au travail CHSST a été créé, et ayant une contribution effective en matière de la SST ?							
Est-ce que les managers et les chefs d'équipe réunissent leurs équipes en permanence afin de leurs sensibiliser sur les instructions et les obligations en matière de la SST (en interrogeant un échantillon d'opérateurs) ?							
Indicateur final =Score général en % (valeur moyenne des sept points inspectés ci-dessus)							

NB : la fréquence de l'évaluation sera mensuelle. Quant à l'évaluation trimestrielle nous calculons la valeur moyenne de la valeur des trois mois en question.

Alors et après avoir identifié les différents indicateurs du volet participation et consultation du personnel, nous pouvons déduire l'indicateur global en calculant la valeur moyenne des trois indicateurs :

Indicateur du participation et de consultation du personnel = [indicateur du respect des règles SST + Indicateur du port des EPI + Indicateur de consultation] / 3

✂ Une meilleure information du personnel

On distingue d'après notre expérience sur le terrain et notre étude bibliographique deux grands outils indispensables à l'information du personnel :

- L'affichage et La signalisation
- La Sensibilisation

✚ **L'affichage sur les lieux de travail** : Le chef d'établissement est tenu d'afficher un certain nombre de consignes, d'adresses, de numéros d'urgence et d'informations dans son entreprise. Pour les PMI mettant en oeuvre des matières inflammables, des consignes d'incendie doivent être établie et affichée d'une manière très apparente.

Alors notre **objectif** sera :

- L'affichage adéquat sur les lieux de travail :

Notre **plan d'action** sera :

- L'affichage des :
 - ✚ Adresse et numéro d'appel du service de santé sécurité au travail
 - ✚ Adresse, numéro d'appel et nom de l'inspecteur du travail.
 - ✚ Liste nominative des sauveteurs secouristes du travail.
 - ✚ Liste des représentants syndicaux du personnel.
 - ✚ Informations de sécurité au poste de travail concernant les risques, appareils de protection à utiliser, la conduite à tenir en cas d'accident...
- Le simple affichage d'une consigne de sécurité ne suffit pas. Pour son application, il faut que celle-ci soit diffusée et expliquée aux travailleurs afin qu'ils aient une connaissance effective des consignes et des modes opératoires.

Notre **indicateur** sera :

Tableau.3. Indicateur de l'affichage

Critères de performance	Non 0%	Non mais pas entièrement 25%	Oui mais ce n'est pas la règle 50%	Oui Souvent 75%	Oui 100 %	Commentaire	Score
Est-ce que les adresses et numéro de téléphone du service de santé sécurité au travail sont affichés dans des endroits visités par tout le monde et visibles ?							
Adresse, numéro d'appel et nom de l'inspecteur du travail ou du contrôleur du travail sont affichés dans des endroits visités par tout le monde et visibles ?							
Liste nominative des sauveteurs secouristes du travail sont affichés dans des endroits visités par tout le monde et visibles ?							
Liste des représentants syndicaux du personnel sont affichés dans des endroits visités par tout le monde et visible ?							
Informations de sécurité au poste de travail concernant les risques, appareils de protection à utiliser, la conduite à tenir en cas d'accident sont affichés dans des endroits visités par tout le monde et visibles ?							
Est-ce que les informations affichées sont à jour ?							
Est-ce que les opérateurs comprennent cet affichage ?							
Est-ce que les consignes d'incendie, de matières chimiques et d'opérations délicates tel que réception de matières dangereuses, manutention importante...sont affichées sur les lieux de travail ?							
Indicateur final =Score général en % (valeur moyenne des points inspectés ci-dessus)							

Nb : Ce tableau doit être rempli chaque semaine, alors nous aurons quatre scores par mois que nous devons calculer leur valeur moyenne pour avoir un indicateur mensuel. Quant à l'évaluation trimestrielle nous calculons la valeur moyenne de la valeur des trois mois en question.

✦ **La signalisation** : La signalisation est obligatoire lorsqu'un risque est persistant malgré l'existence d'une protection collective ou de l'organisation du travail. Elle consiste à afficher des pictogrammes d'avertissements, d'obligations, d'interdictions et d'informations de secours (accidents, incendie). Elle concerne aussi bien le balisage des voies de circulation dans l'entreprise que l'accès aux différents lieux où s'exerce l'activité pour informer les transporteurs, les visiteurs, etc. Les panneaux de signalisation utilisés doivent être simples, résistants, visibles et compréhensibles. Nous devons aussi utiliser les panneaux du code de la route pour signaler des obligations en matière de circulation (piétons, limitation de vitesse, sens interdit...)

Alors notre **objectif** sera :

- La signalisation adéquate sur les lieux de travail :

Notre **plan d'action** sera :

- Baliser les voies de circulation piétonne dans l'entreprise et l'accès aux différents lieux où s'exerce des activités risquées.
- Baliser les zones interdites, et obturer les trappes et ouvertures avec un affichage adéquat.
- Identifier et signaler les tuyauteries rigides et les câbles électriques enterrés.
- Signaler par des panneaux indiquant le risque électrique, toutes les armoires électriques.
- Informer sur les risques par des avertissements, des obligations, des interdictions et des informations de secours.
- Afficher les panneaux du code de la route pour signaler les obligations en matière de circulation (piétons, limitation de vitesse, sens interdit...) selon le plan de circulation.
- Afficher correctement les panneaux d'évacuation et de sauvetage

Pour cela nous avons l'**indicateur** suivant :

Tableau.4. Indicateur de la signalisation

Critères de performance	Non 0%	Non mais pas entièrement 25%	Oui mais ce n'est pas la règle 50%	Oui souvent 75%	Oui 100%	Commentaire	Score
Est-ce que les voies piétonnes sont balisées ?							
Est-ce que les zones interdites sont balisées ?							
Est-ce que les trappes et ouvertures sont obturées avec un affichage adéquat ?							
Est-ce que les tuyauteries et les câbles enterrés sont signalés ?							
Est-ce que les armoires électriques sont signalées ?							
Est-ce que toutes les zones où il y a des risques non maîtrisés sont couvertes par un affichage indiquant la nature du risque ?							
Est-ce que les panneaux de signalisation du code de la route sont affichés correctement et selon le plan de circulation. ?							
Est-ce que les panneaux d'obligation et d'interdiction sont suffisamment affichés (port des EPI, interdiction de fumer...) ?							
Est-ce que les panneaux indiquant le sens d'évacuation et de sauvetage sont correctement affichés ?							
Indicateur final =Score général en % (valeur moyenne des points inspectés ci-dessus)							

Ce tableau doit être rempli chaque semaine, alors nous aurons quatre scores par mois que nous devons calculer leur valeur moyenne pour avoir un indicateur mensuel. Quant à l'évaluation trimestrielle, nous calculons la valeur moyenne de la valeur des trois mois en question.

✚ **La sensibilisation** : la sensibilisation est l'une des tâches quotidiennes que doit exercer un animateur ou superviseur sécurité. Il représente son cœur de métier et nous pouvons même la considérer comme une formation permanente et sur le terrain. Elle est déclenchée suite à tout dysfonctionnement, infraction, accident /incident, anomalie ou encore un manque d'attention aux instructions sécurité. Elle vise à faire comprendre l'origine et l'importance des normes sécurité aux opérateurs, parce que leur conviction est la meilleure méthode de garantir leur adhésion au système SST.

Pour cela nous adoptons l'**objectif** suivant :

- Une sensibilisation permanente, efficace et efficiente des opérateurs.

Notre **plan d'action** associé sera :

- Etablir une séance de sensibilisation officielle et qui sera hebdomadaire et pour l'ensemble des opérateurs.
- Choisir des personnes compétentes pour mener la séance.
- Dédier une place convenable pour le déroulement de la séance.
- Préparer le contenu en fonction des activités réalisées et des sujets d'actualités (incidents ou accidents récents).
- Assurer la présence de l'ensemble des travailleurs (y compris les sous traitants).

Notre **indicateur** sera :

Tableau.5. Indicateur de la sensibilisation

Critères de performance	Non 0%	Non mais pas entièrement 25%	Oui mais ce n'est pas la règle 50%	Oui souvent 75%	Oui 100%	Commentaire	Score
Dédier une place convenable pour le déroulement de la séance de sensibilisation ?							
Choisir des personnes compétentes pour mener la séance ?							
Préparer le contenu en fonction des activités réalisées et des sujets d'actualités (incidents ou accidents récents) ?							
Assurer la présence de l'ensemble des travailleurs (y compris les sous traitants) ?							
Est-ce que la séance a été interactive, et a connu la participation effective des opérateurs ?							
Est-ce que la séance a assuré un bon niveau de compréhension des opérateurs ?							
Est-ce que la séance a déclenché une bonne prise de conscience des opérateurs ?							
Est-ce que la séance a commencé et a fini au temps prévu ?							
Indicateur final =Score général en % (valeur moyenne des huit points inspectés ci-dessus)							

Ce tableau doit être rempli chaque semaine, alors nous aurons quatre scores par mois que nous devons calculer leur valeur moyenne (pondération à coefficients égaux) pour avoir un indicateur mensuel. Quant à l'évaluation trimestrielle nous calculons la valeur moyenne de la valeur des trois mois en question.

Alors, après avoir fixé les indicateurs des trois paramètres constituant l'objectif de la meilleure information du personnel ainsi que la fréquence de prélèvement, nous présentons ci-dessous la formule de calcul de l'indicateur global de l'information du personnel :

Indicateur de l'information du personnel (mensuel) = [indicateur d'affichage (% mensuel) + indicateur de signalisation (% mensuel) + indicateur de sensibilisation (% mensuel)] / 3

Nous déduisons finalement l'indicateur global du niveau d'appropriation et qui sera la valeur moyenne de ces deux sous dimensions :

Indicateur du niveau d'appropriation (en %) = [Indicateur de la participation et de consultation + indicateur d'information du personnel] / 2

Finalement, nous pouvons déduire à ce niveau, l'indicateur global de l'axe humain en calculant la moyenne pondérée à coefficients égaux (valeur moyenne) des deux sous indicateurs :

$$\text{L'indicateur global de l'axe humain} = [\text{Indicateur du niveau d'appropriation (en \%)} + \% \text{ du personnel formé}] / 2$$

3.2 AXE PROCESSUS INTERNES

Comme nous l'avons vu dans la partie déploiement [9], l'axe processus interne se décline en huit sous objectifs. Alors, nous présentons ci-dessous un tableau récapitulant l'ensemble des indicateurs/objectifs de l'axe processus interne :

Tableau.6. Déploiement de l'axe processus interne

Indicateurs/objectifs (niveau 2)	Indicateur global/objectif (niveau 1)
Indicateur (%) de la Maîtrise documentaire ; (objectif 100%)	L'indicateur global (%) de l'axe processus interne ; (objectif 100%)
Indicateur (%) de la Gestion des risques ; (objectif 100%)	
Indicateur (%) de la Veille réglementaire ; (objectif 100%)	
Indicateur (%) Programmes et plan d'action ; (objectif 100%)	
Indicateur (%) de la Maîtrise des situations d'urgence ; (objectif 100%)	
Indicateur (%) de la Maîtrise des sous traitants ; (objectif 100%)	
Indicateur (%) de la Maîtrise du personnel d'appoint ; (objectif 100%)	
Indicateur (%) de la Maîtrise opérationnelle ; (objectif 100%)	

Alors, nous détaillons dans ce qui suit les différents triplets liés aux différents objectifs de cet axe.

✚ **La maîtrise documentaire** : Avant d'aller plus loin, il convient d'abord de définir ce qu'est un système documentaire ou encore maîtrise documentaire. Pour cela ils existent plusieurs définitions, nous retenons par exemple la norme AFNOR qui le définit par « Un système documentaire est un ensemble structuré et organisé de documents de natures différentes ». Quant à la maîtrise documentaire, elle vise à maîtriser la rédaction, l'approbation, la diffusion, le stockage, l'archivage, la destruction après archivage des documents liés au système de management, ses objectifs sont :

- Formaliser par écrit les règles de fonctionnement et les pratiques professionnelles.
- Sauvegarde du savoir-faire.
- Harmoniser les pratiques entre les différents acteurs réalisant entièrement ou partiellement une même tâche ou activité.
- Rendre l'information accessible.
- S'assurer que l'information est valide et d'actualité.
- Tracer tous résultats, toutes communications et toutes décisions.
- Formation des nouveaux arrivants.

Alors il est clair que la finalité d'un système documentaire est de donner aux différents acteurs des processus, les informations dont ils ont besoin, quand ils en ont besoin, pour gérer, mesurer, entretenir, informer, progresser, et ceci sous la forme la plus pertinente. Il est composé du manuel sécurité, processus, procédures, modes opératoires, instructions et enregistrements. Mais le plus important c'est de couvrir tout le système de management sécurité, ainsi nous exigeons dans notre référentiel un système documentaire couvrant l'ensemble des aspects de sécurité.

Alors notre **objectif** sera :

- Un système documentaire maîtrisé, efficace et efficient

Pour cela notre **plan d'action** sera :

- Etablir une procédure de gestion documentaire garantissant la maîtrise des documents (l'identification, la rédaction, l'approbation, la diffusion, le stockage, l'archivage, la destruction après archivage), et mentionnant les différentes responsabilités et obligations liées à la gestion documentaire.

- Former l'ensemble des intervenants (personnel d'encadrement) sur le système documentaire et ses intérêts pour l'efficacité du système de management sécurité.
- Identifier l'ensemble des aspects sécurité et les doter tous de procédures et d'instructions... afin de couvrir la totalité du système de management sécurité.

Quant à notre **indicateur**

Tableau.7. Indicateur de la maîtrise documentaire

Critères de performance	Non 0%	Non mais pas entièrement 25%	Oui mais ce n'est pas la règle 50%	Oui souvent 75%	Oui 100%	Commentaire	Score
Est-ce que nous disposons d'un manuel sécurité décrivant la politique sécurité et les différents processus sécurité ainsi que les dispositions mises en place pour réussir le système de management sécurité ?							
Est-ce que les différents processus et procédures sécurité exigés dans notre référentiel sont formalisés ?							
Est-ce que les différentes activités critiques de l'entreprise sont dotées d'instructions sécurité permettant leurs bons déroulements ?							
Est-ce que les différentes informations nécessaires à l'apprentissage et retour d'information sécurité sont conservées, notamment les analyses d'accidents, incidents, PV de réunions, preuves d'habilitations et formations, rapport d'audit et d'inspection... ?							
Est-ce que l'ensemble des documents sont mis à jour, datés, approuvés, référenciés et diffusés à l'ensemble des personnes impliquées ?							
Est-ce que les documents anciens sont archivés et détruits ?							
Est-ce que les personnes utilisatrices de ces documents, les comprennent et les appliquent correctement ?							
Indicateur final = valeur moyenne des points ci-dessus							

Nous allons renseigner ce tableau chaque trimestre, ainsi l'évaluation sera trimestrielle et il convient de lui consacrer le temps suffisant (selon la taille du système), afin d'obtenir des informations crédibles et factuelles.

- ⚙ **L'analyse des risques** : L'analyse des risques s'inscrit dans l'obligation générale de l'employeur de veiller à la santé et à la sécurité au travail. Dans ce sens, l'employeur doit formaliser par écrit dans un document unique les résultats de l'évaluation des risques. Cependant, si la responsabilité de la mise en oeuvre est celle de l'employeur, ce dernier doit y associer le personnel, le médecin de travail doit également être consulté et impliqué dans la démarche. L'analyse des risques est une approche structurée qui consiste à identifier, classer, hiérarchiser les risques en vue de mettre en place des actions de prévention pertinentes. Alors, c'est une démarche qui doit être globale, exhaustive et préventive. Donc, il s'agit d'un grand projet impliquant l'ensemble des travailleurs, et nécessitant des moyens financiers et

organisationnels afin d'atteindre l'objectif escompté qui est de cerner, identifier et évaluer l'ensemble des risques associés aux activités de l'entreprise, dans le but de les maîtriser.

Pour cela nous fixons l'**objectif** suivant :

- Maîtriser l'ensemble des risques au milieu de travail.

Notre **plan d'action** sera :

- Préparer le projet :
- ✿ Désigner une personne qui va être chargée de rassembler les informations et de coordonner le projet (en général c'est le responsable sécurité).
- ✿ Définir les sources d'informations à recueillir et le mode de recueil des informations,
- ✿ Déterminer chaque unité de travail (poste, atelier, établissement...)
- ✿ Définir les moyens financiers nécessaires à l'action,
- ✿ Communiquer en interne, en présentant la démarche aux travailleurs
- Identifier les risques : Repérer tous les risques auxquels peuvent être exposés les travailleurs dans chaque unité de travail. Pour cela l'identification doit se reposer sur :
 - ✿ L'accompagnement de chaque poste de travail
 - ✿ L'analyse des documents internes,
 - ✿ L'analyse des postes et des situations de travail,
 - ✿ L'écoute des travailleurs et de leurs représentants.
- Classer ou évaluer les risques : La classification ou l'évaluation des risques permet d'estimer leur importance, chaque danger et chaque risque sont évalués et transcrits dans le document unique (modèle français) en vue de préparer un plan d'action de prévention. Elle se fait selon plusieurs critères (gravité, fréquence de situation dangereuse, fréquence de phénomène...) et ils existent plusieurs méthodes dédiées à cet effet.
- Proposer des actions de prévention : L'évaluation des risques professionnels a pour objectif de susciter des actions de prévention. Il est donc conseillé de faire figurer dans le document unique d'évaluation des risques professionnels les actions de prévention, de protection et de réduction des risques.

Ainsi notre **indicateur** sera:

Indicateur de la maîtrise des risques = % des risques maîtrisés = nombre des risques dont les actions de contrôle et de prévention sont achevées / nombre des risques identifiés.
--

Nb : La fréquence de calcul de cet indicateur sera trimestrielle.

✚ **La veille réglementaire** : Dans toute entreprise, quels que soient son domaine d'activité, sa taille et son secteur géographique, l'application des textes réglementaires est la première étape de toute démarche en matière de la SST. Il faut noter que, la réglementation SST évolue rapidement et devient de plus en plus contraignante. Alors la connaissance précise des évolutions réglementaires, leur interprétation et la compréhension de leurs incidences sont autant de facteurs déterminants dans la veille réglementaire.

Pour cela nous fixons l'**objectif** suivant :

- 0 non-conformités réglementaires ou autrement 100% conformité aux réglementations SST

Notre **plan d'action** sera:

- Etablir une procédure efficace, garantissant le recensement des textes applicables, l'établissement des plans d'action pour l'élimination des non conformités, ainsi que le suivi des évolutions réglementaires.
- Recenser les textes réglementaires qui concernent toutes les activités de l'entreprise.
- Vérification de la conformité avec la réglementation en vigueur. Cette action consiste à évaluer la conformité des activités et des conditions de travail de l'entreprise avec les exigences réglementaires. L'évaluation réglementaire peut se faire par deux approches :
 - ♣ Par texte (thématiques bruit, air, machines,...).
 - ♣ Par activité (machine, îlot de fabrication, atelier,...).
- Suivi de l'évolution de la législation. Cette étape, nécessite la présence d'une personne compétente en terme de la SST (ex : responsable sécurité) et l'utilisation d'outils gratuits ou payants de communication de textes réglementaires.
- Mettre en place un plan d'action pour éliminer toutes les non conformités et suivre la réalisation en temps fixés.
- Vérifier l'élimination des non conformités après l'achèvement des actions.

Quant à notre **indicateur**:

Indicateur de la veille réglementaire = % de conformité réglementaire = nombre des non conformités éliminées / nombre des non conformités prélevées.

Nb : La fréquence de calcul de cet indicateur sera trimestrielle.

✚ **Programmes et plan d'action** : Après avoir traité les deux volets précédents (veille réglementaire et analyse des risques) et qui sont considérés comme le cœur du métier de la sécurité, puisqu'ils traitent la quasi-totalité des exigences SST, il faut à ce stade mettre en place un système garantissant l'achèvement des actions issues de ces deux volets en temps voulu.

Alors notre **objectif** sera:

- Un système efficace de suivi des actions issues de la veille réglementaire et analyse des risques.

Notre **plan d'action** sera:

- Rassembler l'ensemble des actions issues de la veille réglementaire et analyse des risques, dans un plan d'action détaillé (les actions seront réparties selon la composantes : veille réglementaire ou analyse des risques).
- Responsabiliser les responsables d'actions sur le respect de réalisation selon les échéanciers prévus.
- Vérifier la résolution du problème après l'achèvement de l'action associée pour clôture.

Quant à nos **indicateurs** :

- % actions achevées (trimestriel) = $\frac{\sum \text{Des actions issues de la veille réglementaire et de l'analyse des risques achevées}}{\sum \text{Des actions issues de la veille réglementaire et analyse des risques. (indicateur d'efficacité)}}$
- % anomalies résolue après achèvement de l'action (trimestriel) = $\frac{\sum \text{Des actions issues de la veille réglementaire et analyse des risques achevées}}{\sum \text{anomalies résolues après achèvement de l'action. (indicateur d'efficience)}}$

Ainsi nous déduisons l'indicateur global du plan d'action et suivi par la pondération des deux Indicateurs à coefficients égaux (valeur moyenne)

L'indicateur du plan d'action et suivi = [% actions achevées (trimestriel) + % anomalies résolue après achèvement de l'action (trimestriel)] / 2

- ✚ **La maîtrise des sous traitants** : Tous les référentiels étudiés ont des exigences relatives à cette problématique et ils exigent tous de mettre en place toutes les mesures nécessaires, afin de garantir que les exigences SST de l'organisation s'appliquent aux sous traitants et à leurs travailleurs. Il est clair qu'il faut imposer aux sous traitants de se conformer aux exigences internes de l'organisme, afin de ne pas bousiller le système de management implanté en entreprise, d'où la nécessité d'établir un système de contrôle garantissant le respect de toutes entreprises externes aux règles internes.

Pour cela nous fixons l'**objectif** suivant :

- Un système efficace et efficient garantissant la sélection, le contrôle et l'évaluation des sous traitants.

Notre **plan d'action** sera :

- Etablir une procédure dédiée à cet effet, incluant le système de sélection, de contrôle et d'évaluation des sous-traitants, et garantissant la communication et la coordination avec ces derniers.
- Former ou imposer une formation du personnel intervenant sur les lieux de travail (induction).
- Imposer la documentation nécessaire avant le commencement de l'intervention (certificats médicaux, habilitation des conducteurs d'engins, assurances et contrôles techniques...
- Imposer une identification des risques et mesures de contrôle avant de commencer le travail.
- Inspecter et accompagner les activités des sous traitants en permanence

Notre **indicateur** sera :

Tableau.8. Indicateur de la maîtrise des sous traitants

Critères de performance	Non 0 %	Non mais pas entièrement 25 %	Oui mais ce n'est pas la règle 50 %	Oui Souvent 75 %	Oui 100 %	Commentaire	Score
Documentation							
Plan sécurité indiquant l'engagement de la direction ainsi que les dispositions mises en place permettant de respecter les exigences internes en matière de la SST ?							
Certificats d'aptitude physique surtout pour les travaux spécifiques (travaux en hauteur...) ?							
Habilitation des conducteurs d'engins, assurances, et visites techniques ?							
CNSS de l'ensemble du personnel intervenant ?							
Préparation aux situations d'urgence							
Numéros de téléphone d'urgence affichés ?							
Présence des personnes secouristes dans toutes les équipes ?							
Présence d'extincteur en bonne état si besoin ?							
Présence du personnel maîtrisant l'extinction du feu ?							
Kit de premiers secours en bon état ?							
Equipements de protection individuelle							
Les casques portés par les employés sont ils conformes par rapport aux normes en vigueur ?							
Lunettes de sécurité portées par tous les employés ?							
Chaussures de sécurité conformes portées par tous les employés ?							
Gants appropriés pour le travail portés par tous les employés,							
Bouchons de protection auditive disponibles et utilisés en cas de besoin ?							
Lunettes de sécurité ou visières fournies et utilisées lors du meulage ?							
Autres équipements de protection individuelle, comme les respirateurs, utilisés en cas de besoin par les conditions de travail (comme le travail avec l'amiante)?							
L'outillage de travail							

Tous les outils vérifiés et en bon état?							
Utilisation appropriée par des opérateurs qualifiés?							
Carter en place pour tout outillage dont l'utilisation avec un carter de protection est obligatoire ?							
Les outils portatifs électriques ont une mise à la terre ou sont équipés d'une double isolation?							
Clips de sécurité utilisés avec des outils pneumatiques ?							
Matière chimique, stockage et manipulation							
Tous les liquides inflammables sont conservés dans des contenants hermétiques loin de la zone de travail et dans des armoires de sécurité pour produits inflammables?							
Mise à la terre lors du transfert de liquides inflammables?							
Tous les chiffons gras/huileux et déchets évacués de la zone de travail ou placés dans des récipients couverts?							
Tous les déchets et matériaux combustibles évacués des locaux comme approprié ?							
Substances potentiellement toxiques dangereuses utilisées, manipulées et évacuées de manière à prévenir une contamination des employés ou de l'environnement dépassant les limites?							
Les conteneurs de déchets étiquetés et munis de couvercles?							
Est-ce que les conteneurs sont correctement étiquetés avec le nom du matériel et des informations sur les dangers?							
Les zones de travail et de circulation							
Nettoyage et rangement bien maintenu ?							
Est-ce que La zone de travail a été rangée et nettoyée pour éviter le risque de glisser ou de trébucher ?							
Ouvertures, y compris les ouvertures temporaires, protégées par des couvertures ou garde-corps avec garde pieds?							
Garde-corps prévus pour les bords des planchers ou plate-forme de 1,80 m (6 pieds) au-dessus du plancher ou du niveau du sol?							
Garde-corps prévus pour les passerelles de 1,20 m (4 pieds) au-dessus du plancher ou du niveau du sol?							
Escaliers (y compris les escaliers provisoires) de 4 marches ou plus fournis avec une main courante?							
Indicateur final =Score général en % (valeur moyenne des points inspectés ci-dessus)							

Nb : Cette grille n'est pas exhaustive et elle doit être ajustée à la nature des travaux. Elle doit être renseignée à chaque fois il y a une intervention d'un sous traitants. Si l'intervention va durer, il faut choisir une fréquence d'évaluation. Ainsi, chaque intervenant aura son propre score (lorsque l'intervention va durer, il y aura plusieurs scores, donc le score final sera la valeur moyenne de tous les scores). Alors, notre indicateur (trimestrielle) sera la valeur moyenne de tous les scores d'entreprises intervenantes (du trimestre en question).

✚ **Maîtrise des situations d'urgence** : Lorsqu'une catastrophe se produit, les équipes de secours pourraient mettre quelques heures ou quelques jours avant d'arriver. En effet, en situation d'urgence, les secours devront d'abord venir en aide aux personnes dont le besoin est immédiat. Pendant cette période, il peut vous être demandé d'évacuer immédiatement vos lieux de travail ou, à l'inverse, de rester confiné. Selon la situation, il est possible qu'il n'y ait plus d'électricité, ni d'eau courante. C'est pourquoi, il est indispensable de prendre des mesures simples de préparation, pour pouvoir faire face à la situation et attendre les équipes de secours dans de bonnes conditions. Alors, il s'agit d'une exigence indispensable à la mise en place d'un système de management sécurité efficace, parce que les situations d'urgence ou catastrophes représentent un risque majeur pour l'ensemble des travailleurs. Donc il convient de les prévoir et les anticiper par la mise en place d'un système de préparation aux évacuation et protection.

Alors, nous fixons l'**objectif** suivant :

- Un système de préparation aux situations d'urgence efficace et efficient.

Notre **plan d'action** sera :

- Etablir une procédure ou un plan de préparation aux situations d'urgence incluant :
 - ✚ Identification des scénarios de situations d'urgence possibles.
 - ✚ Mettre les mesures de protections et d'évacuations pour chaque scénario.
- Nommer un chef d'opération, un coordonnateur, les responsables de l'évacuation dont les rôles et les responsabilités sont définies dans la procédure ou plan d'urgence.
- Déterminer l'éclairage d'appoint requis et implanter le système d'avertissement en cas d'incendie ou situations d'urgence.
- Choisir le point de rassemblement, déterminer les parcours d'évacuation et tracer les plans d'évacuation.
- Former le personnel (pratique au moins une fois par an et théorique) et faire un bilan après toute exercice et toute urgence.

Notre **indicateur** sera :

Tableau.9. Indicateur de la maîtrise des situations d'urgence

Critères de performance	Non 0 %	Non mais pas entièrement 25 %	Oui mais ce n'est pas la règle 50 %	Oui souvent 75%	Oui 100%	Commentaire	Score
Est-ce que nous disposons d'une procédure ou plan d'évacuation incluant tous les scénarios possibles et les mesures de protections mises en place ?							
Est-ce que les différents responsables de l'évacuation sont nommés et formés sur leurs obligations et rôles ?							
Est-ce que l'éclairage d'appoint est mis en place et fonctionnelle ?							
Est-ce que nous disposons d'un système d'avertissement fonctionnel ?							
Est-ce que le point de rassemblement est identifié est connu par tout le monde ?							
Est-ce que les parcours d'évacuation sont tracés et connus par tout le monde ?							
Est-ce que les plans d'évacuation sont affichés est compris par le personnel ?							
Est-ce que le personnel est formé aux évacuations lors des situations d'urgence (théorique et pratique au moins une fois par an ?							
Est-ce que nous procédons à un bilan après tout exercice afin d'améliorer nos performance							
Indicateur final =Score général en % (valeur moyenne des neuf points inspectés ci-dessus)							

Ainsi notre indicateur (trimestriel) sera le score général de la grille ci-dessus.

- ✚ **La maîtrise du personnel d'appoint** : Cette exigence constitue un point très important et qui a retenu notre entière attention par ce qu'il représente un problème spécifique au contexte industriel marocain qui a opté pour le recrutement massif du personnel intérimaire représentant une solution très efficace pour faire face aux fluctuations des commandes. Ainsi, nous avons constaté dans la totalité des industries marocaines un pourcentage dominant et dépassant les 60% dans la majorité des cas, de ce personnel. Ce dernier ne s'intègre pas (généralement) dans les démarches d'implantation des systèmes de management (que ça soit qualité, sécurité ou environnement) comme nous l'avons déjà mentionné. Ce qui produit la non adhérence de ce personnel à tout mouvement de progrès et

d'amélioration mené par l'entreprise. C'est la raison pour laquelle nous insistons sur ce point que nous jugeons déterminant dans la réussite de n'importe quelle démarche en SST.

Alors nous allons fixer l'**objectif** suivant :

- Un système d'intégration (procédure) efficace et efficient du personnel intérimaire.

Notre **plan d'action** sera :

- Etablir une procédure d'intégration du personnel intérimaire incluant :
- L'identification des compétences nécessaires avec un système sélectif efficace du personnel demandé.
- Formations (induction, postes de travail, culture d'entreprise, règlements internes...) nécessaires.
- Etablir un système de motivation (prime, titularisation en cas du rendement et satisfaction,...).
- Procéder à l'accompagnement de ce personnel par les travailleurs anciens.
- Fournir les tenues et les équipements de protection individuelle nécessaire.
- Fournir l'outillage et le matériel adéquat (en bon état).
- Imposer les certificats médicaux et les habilitations nécessaires à leurs missions.
- Identifier ce personnel par des badges ou des tenues spéciales (avec logo et couleur différentes).

Pour cela nous adoptons l'**indicateur** suivant :

Tableau.10. Indicateur de la maîtrise du personnel intérimaire

Critères de performance	Non 0 %	Non mais pas entièrement 25 %	Oui mais ce n'est pas la règle 50 %	Oui souvent 75 %	Oui 100 %	Commentaire	Score
Est-ce que nous disposons d'une procédure d'intégration du personnel intérimaire?							
Est-ce que les compétences nécessaires du personnel intérimaire ont été identifiées, exprimées et exigées aux sociétés d'intérim ?							
Est-ce que le personnel intérimaire a bénéficié des formations nécessaires à l'accomplissement sécuritaire de ces tâches ?							
Est-ce qu'un système de motivation et d'implication de ce personnel a été mis en place ?							
Est-ce que les nouveaux rentrants bénéficient d'accompagnement d'anciens opérateurs ?							
Est-ce que les tenues et les équipements de protection individuelle nécessaire ont été fournis ?							
Est-ce que ce personnel dispose du matériel et d'outillage adéquats ?							
Est-ce que les certificats médicaux et habilitations nécessaires ont été fournis ?							
Est-ce que ce personnel est identifié par des badges ou des tenues spéciales ?							
Indicateur final =Score général en % (valeur moyenne des points inspectés ci-dessus)							

Ainsi notre indicateur sera le score général de cette grille et il sera trimestriel.

- ⊕ **Maîtrise opérationnelle** : Ce point nous paraît très indispensable en gestion de la santé sécurité au travail. Parce que chaque entreprise a recours à des travaux délicats ne faisant pas partie de ses tâches quotidiennes tel que la réception

de matières premières dangereuses (inflammables ou explosives...), l'implantation d'objets lourds et volumineux (cuves, citernes...donc opérations de levages critiques), les travaux en hauteur pour réparation ou soudage de la charpente...Alors, il convient d'établir et de prévoir les mesures de contrôles et de protection de toutes ces situations dangereuses.

Pour cela nous adoptons l'**objectif** suivant :

- Une maîtrise efficace et efficiente des opérations.

Notre **plan d'action** sera :

- Identifier les opérations délicates ou dangereuses qui peuvent être réalisées en entreprise.
- Mettre en place un système d'exigences pour chaque opérations (mesures de contrôle, permit de travail...)
- Former l'ensemble des intervenants (surtout le personnel d'encadrement) à ces instructions et les afficher dans les endroits convenables.
- Procéder à une identification des risques pour pouvoir mettre en place les mesures de protection nécessaires, avant le commencement des travaux. (Cette action doit être illustrée par une fiche dédiée à cet effet affichée sur le lieu de l'intervention).
- Accompagner ces opération en permanence (par le responsable sécurité ou à défaut un agent de sécurité).

Notre **indicateur** sera :

- Une grille d'inspection de ces opérations sera établie et il sera rempli selon la fréquence de ces opérations (spécifique à l'entreprise). Ainsi, pour chaque inspection nous aurons un score et puisque nous avons choisi que notre indicateur soit trimestriel, nous calculons à la fin la valeur moyenne de tous les scores du trimestre en question.

Tableau.11. Indicateur de la maîtrise opérationnelle

Critères de performance	Non 0 %	Non mais pas entièrement 25 %	Oui mais ce n'est pas la règle 50 %	Oui souvent 75 %	Oui 100 %	Commentaire	Score
Documentation							
Est-ce que le permit de travail est obtenu avant le commencement des travaux ?							
Est-ce que les instructions liées à l'opération sont affichées et compris par les opérateurs ?							
Est-ce que la fiche d'identification des risques et mesures de contrôle est affichée sur le lieu de travail ?							
Est-ce qu'on dispose de tous les documents nécessaires (habilitation des conducteurs, certificat d'aptitude physique, contrôles techniques et assurances des engins...) ?							
Réception de matières dangereuses (chimiques, inflammable...)							
Est-ce que le camion livrant la matière est en bon état (extincteur, roues en bon état, arrimage ou charge stable...) ?							
Est-ce qu'un accompagnement est assuré pendant toute l'opération (au moins par un agent de sécurité) ?							
Est-ce que le camion est calé, moteur arrêté, et moyen de manutention adapté ?							
Est-ce que la charge est étiquetée, dans des conteneurs hermétiques, poids mentionné ?							
Est-ce que la mise a la terre est respectée lors du transvasement des liquides inflammables ?							
Est-ce que les matières (chimiques) sont livrées avec leurs FDS (fiche de données de sécurité) ?							
Equipements de protection individuelle							
Les casques portés par les employés sont ils conformes par rapport							

aux normes en vigueur ?							
Lunettes de sécurité portées par tous les employés ?							
Chaussures de sécurité portées par tous les employés ?							
Gants appropriés pour le travail portés par tous les employés ?							
Bouchons de protection auditive disponibles et utilisés en cas de besoin ?							
Lunettes de sécurité ou visières fournies et utilisées lors du meulage ?							
Autres équipements de protection individuelle, comme les respirateurs, utilisés en cas de besoin par les conditions de travail (comme le travail avec l'amiante)?							
L'outillage de travail							
Tous les outils vérifiés et en bon état?							
Utilisation appropriée par des opérateurs qualifiés?							
Carter en place pour tout outillage dont l'utilisation avec un carter de protection est obligatoire ?							
Les outils portatifs électriques ont une mise à la terre ou sont équipés d'une double isolation?							
Clips de sécurité utilisés avec des outils pneumatiques ?							
Travaux en hauteur							
Harnais de sécurité en bon état, utilisé et attaché correctement ?							
Est-ce que les ouvertures en hauteur sont protégées par des barrières ?							
Est-ce que les bords de toits sont protégés par des gardes corps ?							
Est-ce que la ligne de vie est mise en place si besoin ?							
Est-ce que les opérateurs sont formés aux travaux en hauteur ?							
En présence d'un échafaudage, est ce qu'il est monté correctement selon sa notice de fabrication ?							
Est-ce que l'échafaudage a été monté par une équipe de monteurs formés et habilités ?							
Zones de travail et de circulation							
Nettoyage et rangement bien maintenu ?							
Est-ce que La zone de travail a été rangée et nettoyée pour éviter le risque de glisser ou de trébucher ?							
Ouvertures, y compris les ouvertures temporaires, protégés par des couvertures ou garde-corps avec garde pieds?							
Garde-corps prévus pour les passerelles de 1,20 m (4 pieds) au-dessus du plancher ou du niveau du sol?							
Escaliers (y compris les escaliers provisoires) de 4 marches ou plus fournis avec une main courante?							
Soudage et travaux à chauds							
L'équipement d'extinction d'incendie immédiatement disponible à tous les emplacements de soudage?							
Les personnes exposées à une flamme ou un arc de soudure utilisent une protection oculaire?							
Les zones de soudage ou de brûlure sont bien aérées et exempt de matériaux combustibles?							
Bouteilles de gaz comprimé sont entreposées à la verticale, sécurisées, et identifiées ?							
Tous les appareils de soudage à l'arc mis à la terre?							
Fosses d'égouts sont couverts lors de travail à chaud?							
Écrans incombustibles utilisés chaque fois que possible afin de protéger d'autres personnes de rayons de l'arc direct?							
Levage critique							
Balisage de l'aire de levage et manutention?							
Les cordes de guidage sont utilisées pour les charges balançant ?							
Les stabilisateurs et les cales sont utilisés correctement?							
Personne ne se trouve au dessous de la charge?							
Dégagement maintenu de toute partie de la grue ou de la charge des lignes électriques?							

Élingues, câbles, crochets, manilles et autres accessoires en bon état?							
Risques électriques							
Toutes les armoires temporaires, y compris les rallonges, sont munies d'une mise à la terre?							
Toutes les sorties, interrupteurs, boîtes de jonctions, tableaux de control, ..., en service sont couverts?							
Tous les circuits identifiés sur le tableau de control?							
Les rallonges sont tous de type trois fils et sont homologués pour un usage intensif?							
Les câbles des rallonges sont en bon état (pas effilochés, pas brisés) avec des marques d'inspection actuel?							
Les rallonges et autres câblages temporaires protégés contre les dommages et disposées de manière à ne pas créer des risques de trébuchement?							
Indicateur final =Score général en % (valeur moyenne des points inspectés ci-dessus)							

NB : Cette grille n'est pas exhaustive mais elle doit être adaptable aux activités de l'entreprise.

Ainsi et après avoir identifié l'ensemble des indicateurs de l'axe de processus interne nous pouvons déduire l'indicateur global de cet axe:

Indicateur global de l'axe processus interne (trimestriel) = [indicateur de la maîtrise documentaire + indicateur de la maîtrise opérationnelle + indicateur de la maîtrise des situations d'urgence + indicateur de la maîtrise des risques + indicateur de la veille réglementaire + indicateur de la maîtrise du personnel d'appoint + indicateur de la maîtrise des sous traitants + indicateur du plan d'action et suivi] / 8

3.3 AXE APPRENTISSAGE ORGANISATIONNEL

Nous avons déjà déployé cet axe d'abord en deux sous objectifs et qui sont un bon contrôle/évaluation et des actions correctives et préventives efficaces et efficientes [9]. Ces derniers sont aussi déployés à leurs tours en d'autre sous objectifs voir le tableau récapitulant notre déploiement ci-dessous :

Tableau.12. Déploiement de l'axe apprentissage organisationnel

Indicateurs/objectifs niveau 3	Indicateurs /objectifs niveau 2	Indicateur global/objectif (niveau 1)
Indicateur (%) Audit ; (objectif 100%)	Indicateur du Contrôle et évaluation (%) ; (objectif 100%)	L'indicateur global (%) de l'axe apprentissage organisationnel ; (objectif 100%)
Indicateur (%) Inspection ; (objectif 100%)		
Indicateur (%) Analyse des accidents ; (objectif 100%)		
Indicateur (%) Bonne qualité de mise en œuvre ; (objectif 100%)		
Indicateur (%) Revue de direction efficiente ; (objectif 100%)	Indicateur des Actions correctives et préventives (%) ; (objectif 100%)	
Indicateur (%) Actions correctives efficientes; (objectif 100%)		

Ainsi, nous allons détailler dans ce qui suit l'ensemble des triplets associés pour pouvoir à la fin déduire l'indicateur global de l'axe apprentissage organisationnel.

3.3.1 BON CONTRÔLE/ÉVALUATION

Ce volet se décline en quatre sous objectifs et qui sont un audit efficace, une inspection efficace, une investigation des accidents et incidents efficace et une bonne qualité de mise en œuvre. Ainsi nous détaillons dans cette partie leurs différents triplets pour pouvoir déduire l'indicateur global du contrôle et évaluation.

⊕ **Audit** : Avant d'aller plus avant, regardons la définition que nous en donne la norme ISO 9001 « L'audit est un processus méthodique, indépendant et documenté, permettant d'obtenir des preuves d'audit et de les évaluer de manière objective pour déterminer dans quelle mesure les critères d'audit sont satisfaits ». Alors il s'agit d'une exigence indispensable dans le cadre de la mise en œuvre de tous les systèmes de management d'organisation (qualité, sécurité ou encore environnement). Le programme d'un audit est généralement limité, il dure de une à quelques heures suivant la taille du domaine. Son plan annuel est conçu de façon à couvrir toute une organisation durant une année. Il est possible de programmer des audits, par exemple chaque mois ou de les concentrer sur une ou plusieurs périodes dans l'année, mais la représentativité des examens réalisés doit être bonne. Ainsi une activité comportant des aspects saisonniers sera nécessairement vue à ses différents stades.

Dans ce sens nous fixons l'**objectif** suivant :

- Audit planifié, réalisé, efficace et efficient

Pour cela nous adoptons le **plan d'action** suivant :

- Établir une politique et un programme d'audit qui fournissent des indications sur :
 - ⊕ La compétence de l'auditeur, qui doit être une personne compétente et indépendante de celles qui ont la responsabilité directe de l'activité auditée.
 - ⊕ Le plan annuel, la portée, la fréquence, et la méthodologie de l'audit qui doit prendre en considération la nature et l'importance de l'activité soumise à l'audit.
 - ⊕ La présentation des rapports et des résultats des audits et qui doivent être enregistrés et portés à la connaissance des personnes qui ont la responsabilité du domaine soumis à l'audit. Le suivi d'audit et qui doit comprendre la vérification et l'enregistrement de la mise en œuvre et de l'efficacité des actions correctives engagées.
- Former et habiliter les personnes devant mener et participer à des audits.
- Etablir une réunion avec les différents intervenants du domaine audité à l'issue des résultats, afin de mettre en œuvre les actions correctives et préventives adéquates.
- Les responsables de ce domaine doivent engager et achever ces actions correctives en temps utile pour remédier aux déficiences trouvées lors de l'audit.

Ainsi nous établissons les **indicateurs** suivants :

- Audit réalisés/audit prévus (% de réalisation et qui sera calculé chaque trimestre).
- Actions réalisées issues de l'audit / $\sum$ actions issues des audits = % d'actions réalisées (cet indicateur est aussi trimestriel).
- Un questionnaire d'évaluation qualitative avec un système de scoring et que nous présentons ci-dessous :

Tableau.13. Indicateur du déroulement de l'audit

Critères de performance	Non 0 %	Non mais pas entièrement 25 %	Oui mais ce n'est pas la règle 50 %	Oui souvent 75 %	Oui 100 %	Commentaire	Score
Est-ce que l'auditeur a préparé le programme de l'audit (analyse documentaire, vérification des actions correctives issues des audits précédents, check-list regroupant les questions qu'on veut poser) ?							
Est-ce que les personnes auditées ont reçu une convocation de l'audit incluant l'objectif, le champ, la date, la durée, l'heure et lieu de l'audit ?							
Est-ce que l'audit a commencé à l'heure prévue ?							
Est-ce que l'audit a commencé par une réunion d'ouverture en présence de toutes les personnes convoquées ?							
Est-ce que la réunion d'ouverture a permis la présentation des auditeurs, le rappel des objectifs et des horaires, ainsi que la méthode de déroulement de l'audit ?							
Est-ce que l'auditeur prend des notes sans les cacher ?							
Est-ce que l'auditeur dispose de tout document se rapportant au sujet d'audit ?							
Est-ce que la restitution (compte rendu) a été fait en présence du responsable de service audité ?							
Est-ce que les écarts constatés ont été documentés (étayés des preuves formelles) ?							
Est-ce que les points positifs ont été mentionnés ?							
Est-ce que la restitution a été jugée fidèle de la part des audités et auditeurs ?							
Est-ce que la réunion de clôture a été terminée par un accord général des deux parties sur les actions engagées ?							
Indicateur final =Score général en % (valeur moyenne des douze points inspectés ci-dessus)							

A la fin nous pouvons calculer l'indicateur global d'audit en calculant la moyenne pondérée de nos trois indicateurs à coefficients égaux (valeur moyenne)

Indicateur global d'audit = [la valeur moyenne des scores de l'ensemble des audits (%) + % des actions achevées (issues des audits du trimestre en question) + % de réalisation d'audit (Audit réalisés/audit prévus) et qui sera trimestriel] / 3.

✚ **Inspection** : L'inspection est un ensemble d'activités visant l'identification systématique des risques reliés aux équipements, aux tâches à l'environnement et à l'aménagement des lieux de travail. Alors il s'agit d'une action de surveillance et de contrôle.

Nous allons fixer comme **objectif** :

- Inspection régulière, efficace et efficiente

Pour cela notre **plan d'action** sera :

- Etablir une procédure garantissant la réalisation régulière d'inspection et déterminant les différentes responsabilités reliées à son bon déroulement.
- Etablir une grille d'inspection regroupant les points à vérifier par catégories.
- Déterminer une fréquence adéquate d'inspection (un choix spécifique à chaque entreprise en fonction de la taille, du secteur d'activités...), généralement ça doit être hebdomadaire.
- Diviser les lieux de travail en plusieurs zones pour inspecter chaque fois une zone (parce que généralement, l'inspection de tous les lieux de travail est difficile)
- Déterminer les personnes compétentes pouvant mener ces inspections
- Rédiger à la fin un rapport récapitulatif des anomalies prélevées
- Déterminer les actions correctives et préventives afin d'éviter la survenue de ces anomalies.
- Faire un suivi de la réalisation de ces actions dans les échéanciers prévus.

Quant à nos **indicateurs** :

- Actions réalisées issues de l'inspection / $\sum$ actions issues des inspections = % d'actions réalisées (le calcul de cet indicateur est mensuel, pour la valeur trimestrielle, nous calculons la valeur moyenne des trois mois en question).
- Nous avons doté la grille d'inspection par un système de scoring, ce qui nous indiquera la valeur des résultats d'inspection :

Tableau.14. Indicateur de l'inspection

Critères de performance	Non 0 %	Non mais pas entièrement 25 %	Oui mais ce n'est pas la règle 50 %	Oui souvent 75 %	Oui 100 %	Commentaire	Score
Général							
Eau potable disponible, avec une fontaine ou des tasses jetables ?							
Des installations sanitaires adéquates disponibles, gardées propres et suffisamment approvisionnées ?							
Zones fumeurs designées?							
Appareils de chauffage si besoin correctement installés et utilisés ?							
Les espaces confinés sont identifiés ?							
Préparation aux situations d'urgence							
Numéros de téléphone d'urgence affichés ?							
Extincteurs identifiés et facilement accessibles ?							
Extincteurs périodiquement inspectés, maintenus et plombés ?							
Kit (s) de premiers secours disponibles et inspectés ?							
Les laves yeux disponibles?							
Est-ce que le matériel d'intervention en cas de déversement est facilement disponible ?							
Equipements de protection individuelle							
Les casques portés par les employés sont ils conformes par rapport aux normes en vigueur ?							
Lunettes de sécurité portées par tous les employés ?							
Chaussures de sécurité portées par tous les employés ?							
Gants appropriés pour le travail portés par tous les employés ?							
Bouchons de protection auditive disponibles et utilisés en cas de besoin ?							
Lunettes de sécurité ou visières fournies et utilisées lors du meulage ?							
Autres équipements de protection individuelle, comme les respirateurs, utilisés en cas de besoin par les conditions de travail (comme le travail avec l'amiante)?							
L'outillage de travail							

Présentation et explicitation des triplets {Objectif, Variables d'action, Indicateur de performance} d'un nouveau Tableau de Bord Prospectif en Santé Sécurité au Travail

Tous les outils vérifiés et en bon état?							
Utilisation appropriée par des opérateurs qualifiés?							
Carter en place pour tout outillage dont l'utilisation avec un carter de protection est obligatoire ?							
Les outils portatifs électriques ont une mise à la terre ou sont équipés d'une double isolation?							
Clips de sécurité utilisés avec des outils pneumatiques ?							
Matière chimique, stockage et manipulation							
Tous les liquides inflammables sont conservés dans des contenants hermétiques loin de la zone de travail et dans des armoires de sécurité pour produits inflammables?							
Mise à la terre lors du transfert de liquides inflammables?							
Tous les chiffons gras/huileux et déchets évacués de la zone de travail ou placés dans des récipients couverts?							
Tous les déchets et matériaux combustibles évacués des locaux comme approprié ?							
Substances potentiellement toxiques dangereuses utilisées, manipulées et évacuées de manière à prévenir une contamination des employés ou de l'environnement dépassant les limites?							
Les conteneurs de déchets étiquetés et munis de couvercles?							
Est-ce que les conteneurs sont correctement étiquetés avec le nom du matériel et des informations sur les dangers?							
Les zones de travail et de circulation							
Nettoyage et rangement bien maintenu ?							
Est-ce que La zone de travail a été rangée et nettoyée pour éviter le risque de glisser ou de trébucher							
Ouvertures, y compris les ouvertures temporaires, protégés par des couvertures ou garde-corps avec garde pieds?							
Garde-corps prévus pour les bords des planchers ou plate-forme de 1,80 m (6 pieds) au-dessus du plancher ou du niveau du sol?							
Garde-corps prévus pour les passerelles de 1,20 m (4 pieds) au-dessus du plancher ou du niveau du sol?							
Escaliers (y compris les escaliers provisoires) de 4 marches ou plus fournis avec une main courante?							
Risque électrique							
Toutes les armoires temporaires, y compris les rallonges, sont munies d'une mise à la terre?							
Toutes les sorties, interrupteurs, boîtes de jonctions, tableaux de control, ..., en service sont couverts?							
Tous les circuits identifiés sur le tableau de control?							
Les rallonges sont tous de type trois fils et sont homologués pour un usage intensif?							
Les câbles des rallonges sont en bon état (pas effilochés, pas brisés) avec des marques d'inspection actuel?							
Les rallonges et autres câblages temporaires protégés contre les dommages et disposées de manière à ne pas créer des risques de trébuchement?							
Indicateur final =Score général en % (valeur moyenne des points inspectés ci-dessus)							

Nous sommes convaincus que ce score présentant le résultat de l'inspection va refléter même la qualité de l'inspection et le suivi des actions mises en place, en ayant des scores croissants.

Cette grille d'inspection est un exemple seulement, et il faut l'adapter au contexte de l'entreprise (qui dépend de la nature des activités), ainsi l'inspection doit être hebdomadaire, nous aurons un score chaque semaine. Pour une évaluation mensuelle, nous calculons la valeur moyenne des quatre semaines, quant à l'évaluation trimestrielle nous calculons la valeur moyenne des trois mois en question.

Ainsi nous pouvons calculer la valeur globale de l'indicateur d'inspection par la pondération à coefficients égaux (valeur moyenne) de nos deux indicateurs:

$$\text{Indicateur global d'inspection} = [\text{la valeur moyenne des scores de l'ensemble des inspections du trimestre (\%)} + \text{\% des actions achevées (valeur trimestrielle)}] / 2$$

✚ **Investigation des accidents/incidents** : Nous avons déjà mentionné que l'ensemble des référentiels exigent que Les enquêtes sur l'origine et les causes intrinsèques des lésions, des dégradations de la santé, des maladies et des incidents liés au travail doivent disposer d'une méthodologie efficace permettant d'identifier toute déficience du système de gestion de la sécurité et de la santé au travail et être consignées [10]. Mais difficile à appliquer dans les entreprises marocaines où règne un esprit de sanction et de punition, donc les chefs d'équipe obligent les opérateurs de ne rien signaler (surtout lorsqu'il s'agit des cas des erreurs humaines), afin d'éviter toutes sanction. Nous allons alors, prendre en considération ce paramètre en sensibilisant l'ensemble des employés qu'il ne s'agit pas de sanctionner, mais de déterminer les causes profondes de tous dysfonctionnement au niveau de la SST, afin d'éviter leur répétition dans le future.

Alors notre **objectif** sera:

- Méthodologie efficace et efficiente de déclaration, d'investigation et d'analyse, ainsi que le suivi des actions qui en découlent.

Pour cela nous adoptons le **plan d'action** suivant :

- Etablir une instruction assurant la déclaration immédiate d'accident en mettant en place un formulaire de déclaration et en identifiant qui fait quoi.
- Etablir une procédure efficace d'investigation de conservation des enregistrements et du suivi des actions issues des enquêtes.
- Sensibiliser l'ensemble du personnel sur l'obligation de déclarer tous les accidents et incidents et qu'il ne s'agit pas de sanctionner mais de cerner les causes sous jacentes de la survenu de ces dysfonctionnements, afin qu'il y ai un retour d'expérience.
- Nommer une liste de personnes habilitées (formées) à réaliser ces enquêtes (des personnes compétentes).
- Etablir à la fin un plan d'action pour éviter la survenu de ces dysfonctionnements, en indiquant les responsables d'actions et en assurant leurs achèvements en temps voulu.

Ainsi nos **indicateurs** seront:

- % des actions achevées (issues des investigations).et qui sera trimestriel
- Ainsi qu'un questionnaire d'évaluation qualitative avec un système de scoring et que nous présentons ci-dessous :

Tableau.15. Indicateur de l'investigation accident/incident

Critères de performance	Non 0 %	Non mais pas entièrement 25 %	Oui mais ce n'est pas la règle 50 %	Oui souvent 75 %	Oui 100 %	Commentaire	Score
Est-ce que les personnes rencontrées sont déterminées auparavant ?							
Est-ce que l'enquêteur a procédé à une observation détaillée des lieux de l'accident illustrée par des photos ou croquis ?							
Est-ce que les questions posées ont été préparées à l'avance ?							
Est-ce que l'endroit de discussion a été bien choisi (doit être sur les lieux de l'événement s'il est possible) ?							
Est-ce que les personnes ont été rencontrées individuellement ?							
Est-ce que les buts de l'enquête et de l'entrevu ont été présentés ?							
Est-ce que la personne a été mise à l'aise en créant une atmosphère détendue ?							
Est-ce que la version de la personne a été obtenue sans l'interrompre ?							
Est-ce qu'il y avait une prise de note des circonstances de l'accident ?							
Est-ce que la personne qui mène l'entrevu a relis ces notes afin d'éviter les interprétations ?							
Est-ce que la personne qui mène l'entrevu a demandé à la personne rencontrée des suggestions des pistes de solutions ?							
Indicateur final =Score général en % (valeur moyenne des onze points inspectés ci-dessus)							

Pour cela il faut choisir un inspecteur qui peut être le responsable sécurité et qui doit accompagner chaque investigation, afin de remplir ce tableau et à la fin du trimestre nous calculons la valeur moyenne des scores de l'ensemble des investigations (%).

A la fin, nous pouvons calculer l'indicateur global d'investigation d'accident et incident en calculons la somme pondéré de nos deux indicateurs à coefficients égaux (valeur moyenne)

Indicateur global d'investigation = [la valeur moyenne des scores de l'ensemble des investigations (%) + % des actions achevées (issues des investigations du trimestre en question)]/2

✚ **La qualité de mise en oeuvre** : Nous avons décidé d'introduire et de traiter dans notre référentiel le problème de la qualité de mise en oeuvre des systèmes de management SST. Un problème abordé par plusieurs chercheurs (exemple : [5]) et constaté en entreprises marocaines ayant un SMS formalisé et entretenu mais physiquement, il est très rigide et engendre des pertes de temps et d'effort sans valeur ajoutée. Dans ce sens [5] précise que ces référentiels ne peuvent en effet être perçus et utilisés comme de simples kits à monter. Nous sommes quasi

convaincues aussi qu'il faut veiller à la qualité de mise en œuvre du système implanté. C'est pour cette raison que nous avons décidé d'introduire dans notre référentiel, une procédure d'évaluation de la qualité d'implantation du SMS, afin de garantir l'efficacité et l'efficience escomptées. En effet, beaucoup d'entreprises se concentrent sur la formalisation de leurs SMS et négligent par la suite leurs qualités de mise en œuvre ce qui pousse les intervenants (les employés) à ne pas les respecter.

Alors nous adoptons l'**objectif** suivant :

- Une meilleure qualité de mise en œuvre.

Notre **plan d'action** sera :

- Impliquer les différents intervenants dans la conception de leurs procédures de santé sécurité au travail et s'assurer qu'ils sont convaincus de leur établissement.
- Veiller à concevoir des procédures concises, bien détaillées et définissant clairement l'affectation des différentes responsabilités
- Veiller à ce que personne ne soit indispensable en déléguant les signatures et les responsabilités à d'autres personnes en cas d'absence afin de ne pas bloquer le travail et par la suite ne pas respecter la procédure en question. Un problème fortement constaté lors de notre étude du contexte marocain et engendrant l'infraction fréquente de plusieurs procédures SST à cause de l'absence du manager ou de la personne qui doit signer ou autoriser le commencement des travaux.
- Veiller à concevoir des procédures réalistes en préservant aux personnes responsables de leur déroulement tout les moyens financiers, humains et logistiques nécessaires à leur accomplissement.
- Former l'ensemble des acteurs et responsables aux tâches SST assumées afin de garantir le respect et l'efficacité des procédures mises en place.

Notre **indicateur** sera :

Un questionnaire sur l'applicabilité, la fluidité et la qualité des procédures et règles SST mises en œuvre :

Tableau.16. Indicateur de la qualité de mise en œuvre

Critères de performance	Non 0 %	Non mais pas entièrement 25 %	Oui mais ce n'est pas la règle 50 %	Oui souvent 75 %	Non 100 %	Commentaire	Score
Est-ce que les différents intervenants ont été impliqués dans la conception de leurs procédures de santé sécurité au travail et ils en sont convaincus ?							
Est-ce que nos procédures SST sont concises, bien détaillées et définissant clairement l'affectation des différentes responsabilités ?							
Est-ce que les signatures et les responsabilités sont déléguées à d'autres personnes en cas d'absence afin de ne pas bloquer le travail ?							
Est-ce que nos procédures sont réalistes et préservant aux personnes responsables de leur déroulement tout les moyens financiers, humains et logistiques nécessaires à leur accomplissement ?							
Est-ce que l'ensemble des acteurs et responsables des procédures sont formés aux tâches SST assumées ?							
Indicateur final =Score général en % (valeur moyenne des points ci-dessus)							

Ce questionnaire doit être rempli auprès d'un échantillon significatif d'intervenant (employés) régulièrement (trimestrielle), afin qu'il y ait un retour d'expérience en cas d'anomalies ou réclamations.

Ainsi et après avoir identifié l'ensemble des indicateurs de ces sous objectifs, nous pouvons déduire l'indicateur **global du contrôle et évaluation** :

Indicateur global du contrôle et d'évaluation = [indicateur d'audit + indicateur d'inspection + indicateur d'investigation des accidents et incidents + indicateur de la qualité de mise en oeuvre] / 4.

3.3.2 ACTIONS CORRECTIVES ET PREVENTIVES EFFICACES ET EFFICIENTES

Nous avons vu dans la partie déploiement que cet objectif se décline en deux sous objectifs et qui sont une revue de direction efficace et des actions correctives et préventives efficaces et efficientes. Ainsi nous allons détailler leurs différents triplets pour déduire à la fin l'indicateur global de cet objectif.

✚ **Revue de direction** : D'après notre étude comparative des différents référentiels des SMS, nous constatons qu'il y a presque une ressemblance totale de la notion revue ou examen de direction dans tout ces référentiel [10] , il s'agit d'une réunion au niveau de la direction et qui a comme mission :

- Évaluer la stratégie globale du système de gestion de la sécurité et de la santé au travail afin de déterminer s'il correspond aux objectifs prévus.
- Évaluer la capacité du système de gestion à répondre aux besoins globaux de l'organisation et de toutes les parties prenantes, y compris les travailleurs et les autorités réglementaires.
- Évaluer la nécessité de modifier le système de gestion de la sécurité et de la santé au travail, y compris la politique et les objectifs de sécurité et de santé au travail.
- Identifier les mesures nécessaires pour remédier aux déficiences en temps voulu, y compris l'ajustement d'autres aspects de la structure de gestion de l'organisation et de la mesure de l'efficacité.
- Évaluer les progrès accomplis dans le sens des objectifs de sécurité et de santé au travail de l'organisation et des mesures correctives.
- Évaluer l'efficacité des mesures prises à la suite d'examens précédents.

Alors nous constatons qu'en ILO OSH ou autre référentiel, la revue de direction a pour objet de permettre à la direction à son plus haut niveau de vérifier que le SMS répond bien à l'ensemble de ses attentes et notamment à sa politique et aux objectifs qu'elle s'est fixée.

Alors nous fixons l'**objectif** suivant :

- Une revue de direction efficace et efficiente.

Pour cela nous adoptons le **plan d'action** suivant :

- Etablir une procédure garantissant le bon déroulement de la revue (préparation, éléments d'entrées...) et identifiant les différents rôles et obligations.
- Former les différents intervenants sur cet outil.
- Imposer un compte rendu (ou procès verbal) du bilan de la revue incluant les différents sujets abordés et les décisions qui en découlent.
- Suivre la réalisation et l'achèvement des actions qui en découlent.

Quant à nos **indicateurs**:

- Actions réalisées issues de la revue / Σ actions issues de la revue = % d'actions réalisées.
- Ainsi qu'un questionnaire d'évaluation qualitative lors du déroulement de la revue de direction avec un système de scoring et que nous présentons ci-dessous :

Tableau.17. indicateur de déroulement de la revue de direction

Critères de performance	Non 0 %	Non mais pas entièrement 25 %	Oui mais ce n'est pas la règle 50 %	Oui souvent 75 %	Non 100 %	Commentaire	Score
Est-ce que les participants ont reçu une convocation incluant l'ordre du jour de la revue ?							
Est-ce la revue a été bien préparée au préalable ?							
Est-ce que la revue a été commencée à l'heure prévue ?							
Est que toutes les documents nécessaires ont été mises a dispositions lors de la revue ?							
Est-ce qu'il y avait une discussion ouverte et constructive ?							
Est-ce que toutes les personnes convoquées ont été présentes ?							
Est-ce que tous les membres se sont mis d'accord sur les actions et les décisions de correction ?							
Indicateur final =Score général en % (valeur moyenne des sept points inspectés ci-dessus)							

Ainsi nous pouvons calculer **la valeur globale de l'indicateur revue de direction** par la pondération à coefficients égaux (valeur moyenne) de nos deux sous indicateurs:

Indicateur global de revue de direction = [score de la revue (évaluation qualitative du déroulement en %) + % des actions achevées (valeur trimestrielle)] / 2

⊕ **Actions correctives suivies et réalisées à temps** : Après avoir cité l'ensemble des composantes de l'apprentissage organisationnel (revue de direction, audit, enquête d'accident et incident et inspection), il convient alors de mettre en place un système garantissant la réalisation et le suivi des actions issues de ces différentes composantes, conformément aux exigences des référentiels de santé sécurité au travail. nous exigeons aussi dans notre référentiel que le système de réalisation mis en place doit évaluer l'achèvement des actions de point de vue quantitatif et qualitatif en vérifiant est ce que les actions ont été réalisées et est ce qu'elles mènent vraiment à la résolution des anomalies constatées.

Alors notre **objectif** sera:

- Un système efficace de suivi des actions et de la résolution effective des anomalies.

Notre **plan d'action** sera :

- Rassembler l'ensemble des actions issues des investigations, audits, inspections, enquêtes d'accident et incidents et revues de direction, dans un plan d'action détaillé. Alors, nous présentons ci-dessous un exemple ou les actions seront réparties selon les composantes : audit, inspection...

Tableau.18. Plan d'action global

Actions	Responsables D'actions	Date de réalisation	Action achevée ou non En temps voulu	Anomalie résolue ou non après achèvement de l'action
Actions issues d'audit				
			Oui = 100% ; non = 0%	Oui = 100% ; non = 0%
Actions issues d'enquête accident et incidents				
Actions issues d'inspections				
Actions issues de la revue de direction				
Score final (valeur moyenne) des :			% actions achevées	% anomalies résolue après achèvement de l'action

- Responsabiliser les responsables d'actions sur le respect de réalisation selon les échéanciers prévus.
- Vérifier la résolution du problème après l'achèvement de l'action associée pour clôture.

Quant à nos **indicateurs**:

- * % actions achevées (trimestriel) = $\frac{\sum \text{Des actions issues des investigations, audit, inspection et revue achevées}}{\sum \text{Des actions issues des investigations, audit, inspection et revue}}$
- * % anomalies résolue après achèvement de l'action (trimestriel) = $\frac{\sum \text{anomalies résolues après achèvement de l'action}}{\sum \text{Des actions issues des investigations, audit, inspection et revue achevées}}$

Ainsi nous déduisons **l'indicateur global du plan d'action et suivi** par la pondération des deux indicateurs à coefficients égaux (valeur moyenne) :

L'indicateur global du plan d'action = [% actions achevées (trimestriel) + % anomalies résolue après achèvement de l'action (trimestriel)] / 2

Ainsi et après avoir identifié les différents indicateurs de la revue de direction et du plan d'action nous pouvons calculer la valeur globale de l'indicateur action corrective et préventive efficace et efficiente par la pondération à coefficients égaux (valeur moyenne) de nos deux sous indicateurs:

L'indicateur global des actions correctives et préventives = [indicateur de la revue de direction + indicateur du plan d'action et suivi] / 2

Finalement, nous pouvons déduire l'indicateur global de l'axe d'apprentissage organisationnel en pondérant (à coefficients égaux=valeur moyenne) les deux sous indicateurs (revue de direction et plan d'action et suivi) :

$$\text{Indicateur global de l'apprentissage organisationnel} = [\text{Indicateur du contrôle et évaluation} + \text{indicateur des actions correctives et préventives}] / 2.$$

3.4 L'AXE DE RÉSULTAT

Nous avons déjà précisé que les indicateurs de résultat ne permettent pas le pilotage des systèmes de management sécurité ou encore l'anticipation des résultats. Néanmoins, il est évident qu'ils ont un rôle crucial à jouer à côté des indicateurs prospectifs (des trois axes précédents : humain, apprentissage organisationnel et processus internes.). Parce qu'ils permettent une vision concrète (quantitative) des résultats, qui selon plusieurs intervenants reste l'objectif ultime de n'importe quelle démarche en SST. Nous prenons par exemple ([5] et [14]) qui pensent que La vocation première d'un Système de management de la Santé Sécurité est la réduction des arrêts de travail suite aux accidents et maladies professionnelles.

Nous déduisons alors, que l'adaptation de cet axe va nous permettre d'évaluer (à long terme) l'ensemble du travail qui a été fait auparavant dans les trois axes précédents et qui vise lui aussi la réduction des accidents et maladies de travail en anticipant les résultats.

Nous avons déjà fixé dans notre carte stratégique l'objectif du zéro accident et maladie professionnelle [9]. Ainsi, nous remarquons que la totalité des indicateurs de cet axe s'articulent autour de la survenue d'accidents et maladies professionnelles. Alors, nous détaillons dans ce qui suit nos indicateurs de résultats adaptés.

Coût des accidents de travail/et de maladies professionnelles :

- Les dépenses versées à la compagnie d'assurance, ces dépenses comprennent :
 - ✦ Les indemnités journalières versées à l'accidenté.
 - ✦ Les frais médicaux.
 - ✦ Les frais de pharmacie.
 - ✦ Rente service à la victime en cas d'incapacité permanente.
 - ✦ Rente servie aux ayants droit de la victime en cas de mort.
- nous ajoutons l'estimation du coût des dégâts matériels résultant de l'endommagement d'infrastructure, machines, outillage...

NB : il y a aussi des coûts indirects tel que perte d'opérateurs qualifiés, détérioration de l'image de marque de l'entreprise...mais nous allons nous contenter des coûts directs parce qu'ils sont tangibles et facilement estimés.

Nombre d'accidents, d'incidents et de journées perdues :

Le nombre d'accident va nous donner une image claire sur la fréquence et la quantité d'accident. Pour cela nous comptabilisant le nombre annuel d'accident et nous fixons l'objectif idéal du 0 accident. Quant au nombre d'incident, nous sommes convaincus qu'il faut le comptabiliser lui aussi, parce que même si ce dernier n'entraîne pas des dégâts physique, mais il faut le considérer comme un accident raté grâce à un coup de chance. Ainsi, ce nombre va nous refléter le degré d'efficacité de notre système mis en place. Nous ajoutons aussi Le nombre de journées perdues par incapacité temporaire et qui est l'état dans lequel se trouve une victime d'accident qui, du fait du dommage corporel subi, ne peut plus exercer son activité professionnelle pendant une période donnée. Cet indicateur nous donnera une image claire sur la gravité de nos accidents. Dans ce sens nous pouvons ajouter le nombre d'incapacité permanente et qui lui aussi reflète la gravité des accidents survenus.

4 CONCLUSION

Nous avons déployé alors, les différents objectifs globaux de nos différents axes stratégiques sur l'ensemble des processus de notre système de management sécurité. Nous avons aussi identifié l'ensemble des triplets {objectif, variables d'action, indicateur de performance}. Ainsi nous offrons un tableau de bord de la santé sécurité au travail articulé autour d'un système de management adapté au contexte marocain. Néanmoins, son implantation et sa réussite nécessitent la participation et la collaboration de l'ensemble du personnel. En plus, ces indicateurs doivent reposer sur des données factuelles et crédibles reflétant la réalité constatée, alors il convient aux personnes renseignant ces indicateurs de ne pas les

gonfler et les maquiller parce que notre objectif escompté est de mesurer notre performance réelle afin qu'il y ait une correction en temps opportun et ainsi éviter le phénomène de " L'illusion de contrôle" et anticiper la survenue des accidents de travail.

REFERENCES

- [1] Souad Badri, Sécurité et santé au travail On travaille pour gagner sa vie non pas pour la perdre. article publié sur le site web du journal marocain Le Matin : http://www.lematin.ma/supplement/emploi/Securite-et-sante-au-travail_Ontravaille-pour-gagner-sa-vie-et-non-pas-pour-la-perdre/Securite-et-sante-au-travail_Ontravaille-pour-gagner-sa-vie-et-non-pas-pour-la-perdre/181456.html
- [2] Association française de normalisation (AFNOR), "OHSAS 18001 : Systèmes de management de la santé et de sécurité au travail – Spécifications," 2ème édition, 2007.
- [3] Union des industries chimiques, " Manuel d'amélioration sécurité des entreprises ", Janvier 2009.
- [4] AFAQ, AFNOR, " Évaluation des systèmes de management de la sécurité et de la santé au travail selon les principes directeurs du Bureau International du Travail ILO-OSH 2001 ", 2006.
- [5] Julien Cambon, " Vers une nouvelle méthodologie de mesure de la performance des systèmes de management sécurité au travail," thèse doctorat, ED n° 432 : Sciences et métiers de l'ingénieur Mines Paris, 9 novembre 2007.
- [6] Bieder, C. 2006. « Les facteurs humains dans la gestion des risques – Evolution de la pensée et des outils », 2006.
- [7] O'Brien, " *Business measurements for safety performance*, " Lewis publishers, Washington, 2000.
- [8] Budworth, N. 1996. « Indicators of safety performance in safety management. The safety & Health Practitioner. », 1996.
- [9] Mahrat Fahd, Lotfi Bouchra, Semma Elaami "Conception d'un système d'indicateur de performance en sécurité industrielle" International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 7 No. 2 Aug. 2014, pp. 571-587.
- [10] Mahrat Fahd, Lotfi Bouchra, Semma Elaami " Conception d'un système de management de sécurité adaptable au contexte marocain" International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 9 No. 2 Nov. 2014, pp. 860-890.
- [11] AFNOR, " Outil de management, Management des processus: fascicule de documentation FD X 50-176,"version 2, 2005 (remplace la version de 2000).
- [12] Kaplan, R.S. Norton, D.P, " the Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action," Harvard Business Press, 1996.
- [13] Daniellou, F et al. "Les cahiers de la sécurité industrielle : Facteurs humains et organisationnels de la sécurité industrielle" édition, 2010.
- [14] Guarnieri, F. 2006. « Erreurs humaines et défaillances organisationnelles : quelles méthodes pour l'entreprise ? » Revue Technique de l'Apave, n 315 – Juillet –Août–Septembre 2006.

Défaillances hépatiques au cours des intoxications

[Hepatic Failure during intoxication]

Wafa Masri¹, Abderrazak Hdhili¹, and Mouldi Amamou²

¹Laboratoire de Toxicologie,
Centre d'Assistance Médicale Urgente, 10, rue aboulkacem chebbi Montfleury 1008, Tunisia

²Service de Réanimation Médicale,
Centre d'Assistance Médicale Urgente, 10, rue aboulkacem chebbi Montfleury 1008, Tunisia

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

ABSTRACT: Hepatic failure presents diagnostic, prognostic and therapeutic problems. Drugs chemicals, viral, autoimmune, vascular are some of the causes of acute hepatitis. The objective of this study is to present the main toxin involved with acute liver damage, which is faced the Urgent Medical Assistance Centre of Tunis, characterized by clinical and biological fatigue. The findings are toxic paracetamol, valproic acid, alcohol and its derivatives, certain mushrooms and medicinal plants. The diagnostics of toxin's origin was mainly based on history and further biological investigations. The extent of the liver damage is not always proportional to the degree of the transaminases elevation. The liver cells have high resilience and adaptation, with also variability that depends on each individual and his or her adjacent. Controlling toxic hepatitis is mostly symptomatic, based on a close clinical and laboratory monitoring (liver enzymes, TP, lactate, ammoniemia) and also associated with an antidote treatment mainly the N-acetyl cysteine to prevent and reduce liver toxic paracetamol, including the end stage liver failure.

KEYWORDS: hepatic Failure, paracetamol, valproic acid, alcohol, N-acetylcysteine.

RESUME: Fréquentes les défaillances hépatiques sévères posent des problèmes diagnostiques, pronostiques et thérapeutiques. Les étiologies responsables d'hépatites aiguës potentiellement fulminantes sont médicamenteuses, chimiques, virales, auto-immunes, vasculaires....

L'objectif de cette étude est de présenter les principaux toxiques incriminés dans les atteintes hépatiques aiguës rencontrées au centre d'assistance médicale urgente de Tunis et les caractéristiques clinico-biologiques. Les principaux toxiques retrouvés sont le paracétamol, l'acide valproïque, l'alcool et dérivés, certains champignons et plantes médicinales. Le diagnostic de l'origine toxique repose principalement sur l'anamnèse et certains examens complémentaires biologiques. L'importance des lésions hépatiques n'est pas toujours proportionnelle à l'amplitude de l'élévation des transaminases, les cellules hépatiques possèdent une grande capacité de récupération et d'adaptation, avec une variabilité également fonction de chaque individu et de son terrain sous-jacent. La prise en charge d'une hépatite toxique est surtout symptomatique, basée sur une surveillance clinique et biologique rapprochée (enzymes hépatiques, TP, lactates, ammoniémie....) associée à un traitement antidotique principalement la N-acétylcystéine pour prévenir et réduire la toxicité hépatique du paracétamol compris en phase tardive en présence d'une insuffisance hépatique.

MOTS-CLEFS: hépatite toxique, paracétamol, acide valproïque, N-acétylcystéine.

1 INTRODUCTION

Il n'existe pas de données épidémiologiques formelles sur l'incidence et les causes d'atteinte hépatique liée à un toxique. On estime, en effet, qu'un grand nombre de cas d'atteinte hépatique mineure passent inaperçus. Il est admis, néanmoins, que les toxiques sont à l'origine d'environ 10% des insuffisances hépatiques aiguës et de 5% des ictères [1].

L'hépatotoxicité est généralement, dose-dépendante et donc prévisible, apparaissant après un court délai (1-12 semaines) après exposition au toxique. Plus rarement, elle est idiosyncrasique, dose-dépendante et apparaît avec une période de latence plus longue (jusqu'à 12 mois). Le mécanisme de lésions hépatique n'est pas unique, mais est généralement spécifique du toxique en cause, il peut être cytolytique, cholestatique ou mixte [2], [3], [4].

Différents mécanismes moléculaires peuvent y conduire. Un mécanisme immunoallergique ou d'hypersensibilité (comme la phénytoïne, la nitrofurantoïne ou l'halothane) apparaît souvent avec un délai, favorisé par une réexposition et associé à une fièvre, une éruption cutanée ou une hyperéosinophilie. Une toxicité mitochondriale (comme pour l'acide valproïque ou les fortes doses de tétracycline par voie veineuse) est à l'origine d'une acidose lactique et d'une stéatose microvésiculaire. [5]

L'importance des lésions hépatiques n'est pas toujours proportionnelle à l'amplitude de l'élévation des transaminases. Les cellules hépatiques possèdent, une grande capacité de récupération et d'adaptation, avec une variabilité également fonction de chaque individu et de son terrain sous-jacent. L'hépatotoxicité devient significative lorsque la perturbation du bilan biologique hépatique s'accompagne de manifestations cliniques (asthénie, anorexie, nausée, douleur de l'hypochondre droit, urines foncées, encéphalopathie). Les meilleurs témoins de la fonction hépatique sont le taux de prothrombine (TP), l'albumine et la bilirubine totale et conjuguée.

Pour la majorité de ces toxiques médicamenteux ou non, la prise en charge, après éviction du toxique est symptomatique. Pour certains d'entre eux, néanmoins, il existe des antidotes dont il ne faut pas méconnaître l'intérêt et les indications, comme la N-acétylcystéine pour les intoxications par le paracétamol et la L-carnitine pour les intoxications à l'acide valproïque [5].

L'objectif de ce travail est de présenter les principaux toxiques que l'on pourrait rencontrer au centre d'Assistance Médicale Urgente (CAMU) à l'origine d'une atteinte hépatique aiguë spécifique. Nous nous attacherons à développer les aspects mécanistiques lésionnels et à discuter les thérapeutiques pharmacologiques antidotiques éventuelles.

2 PATIENTS ET METHODE

Ce travail est une étude rétrospective élaborée sur deux ans analysant tous les sujets hospitalisés au CAMU ayant développé une défaillance hépatique toxiques.

Le recueil des données anamnestiques, biologiques et évolutives a été fait de façon rétrospective à travers les registres internes du laboratoire et des dossiers médicaux du service de réanimation du CAMU.

Nous avons pris en considération tous les paramètres biologiques à l'admission à savoir bilirubine totale/direct :BILT/D (VN < 20/5µmol/l), alanine aminotransférase : ALAT (VN : 5-40 UI/l), aspartate aminotransférase :ASAT (VN : 5-40 UI/l), Gamma glutamyl transférase : GGT(VN < 50 UI/l), phosphatase alcaline :PAL (VN : 50-150 UI/l), lactate déshydrogénase : LDH (VN : 240-480 UI/l), taux de prothrombine : TP (VN : 70-100 %), Fibrinogène (VN : 2 -4 g/l), facteur V (VN : 70-120 %), protides (VN : 65-75 g/l), albumine (VN/ 35-52 g/l), ammoniémie NH₄⁺(VN <40 µmol/l), lactate (VN : 0.6-1.9mmol/l) ; ainsi que tous les dosages quantitatifs des différents médicaments paracétamol (valeurs thérapeutique 7-23 mg/l) dépakine (valeurs thérapeutique : 50-100 mg/l) et éthanol (g/l).

Les différentes mesures sont réalisées sur cobas integra à des intervalles d'heures après la prise « H » notés dans les différents tableaux.

3 RESULTATS

3.1 DONNÉES DÉMOGRAPHIQUES

L'âge des 23 patients varie de 7 à 67 ans avec une moyenne de 29 ans. Les tranches d'âge les plus touchées sont celles des 11 à 20 ans et des 21 à 30 ans. Les patients sur lesquels se base notre étude représentent 57,15 % de sexe masculin et 42,85 % de sexe féminin, avec 62,85 % d'origine urbaine et 31,15 % d'origine rurale.

3.2 DONNÉES LIÉES À L'INTOXICATION

L'intoxication peut être volontaire (dans un but d'autolyse) ou accidentelle. Nos sujets présentent 82 % d'intoxications volontaires contre 18% d'intoxications accidentelles.

Les patients sont soit acheminés directement vers le CAMU soit transférés d'un autre service. Cela fait varier le délai de l'intoxication, soit la durée écoulée depuis l'ingestion du toxique. Nos patients ont été admis au service de réanimation entre H1 (une heure après l'ingestion du toxique) et H24 (24 heures après l'ingestion du toxique), avec une moyenne de H8 (8 heures après l'ingestion du toxique).

3.3 TOXIQUE EN CAUSE ET VARIATIONS BIOLOGIQUE

3.3.1 INTOXICATIONS MÉDICAMENTEUSES

3.3.1.1 PARACÉTAMOL (8 SUJETS)

Les résultats des différents paramètres mesurés au cours de ces intoxications sont colligés dans le tableau suivant:

Tableau 1 : Bilans hépatiques des patients intoxiqués par le paracétamol

Patients	Paracétamolémie (mg/l)	Bil T/D $\mu\text{mol/l}$	ASAT UI/l	ALAT UI/l	PAL UI/l	GGT UI/l	LDH UI/l	TP %
1	H2:164 - H4:102	14/2	59	108	103	40	218	80
2(*)	H4: 100 - H 16:23	89/31	1744	3363	77	14	77	22
3	H4: 120 - H 16:47 H24:9	19/2	90	120	70	20	400	65
4	H2:103 - H4:82	17/2	50	80	50	10	400	70
5	H4: 104- H 7:53	19/1	42	57	80	28	230	80
6	H4: 110 - H 12:10 H16:3.3	20/4	50	90	50	30	390	65
7	H4: 268 - H 12:25 H16:9.2	24/2	56	88	73	9	300	70
8	H15:41.7	9/3	158	130	69	28	—	65

(*) : Intoxication par le paracétamol et le dextropropoxyphène.

3.3.1.2 ACIDE VALPROÏQUE: DÉPAKINE (7 SUJETS)

Les résultats des différents paramètres mesurés au cours de ces intoxications sont colligés dans le tableau suivant:

Tableau 2 : Bilans hépatiques des patients intoxiqués par l'acide valproïque

Patient	Dépakinémie	Bil T/D	ASAT	ALAT	PAL	GGT	LDH	TP	NH4+	lactate
1	H2:520 H20:166	15/2	130	190	40	10	350	70	30	5.5
2	H4:647- H10:528 H13:473	35/12	350	520	70	30	700	59	70	10
3	H4:750- H12:360	40/20	390	1020	70	40	900	60	75	11
4	H6:550	39/12	93	164	/	/	300	65	/	/
5	H4:540-H24:236 H36:80	37/12	130	350	78	40	570	60		
6	H2:1050	34/12	228	1140	47	61	752	50	100	14
7	H1:620- H14:114 H16:76	22/2	35	72	50	30	300	70	/	/

3.3.2 INTOXICATIONS PAR LES CHAMPIGNONS

Les résultats des différents paramètres mesurés au cours de ces intoxications sont colligés dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Bilans hépatiques des patients intoxiqués par les champignons

Patient	Bil T/D	ASAT	ALAT	PAL	GGT	LDH	TP	Facteur V	NH4+
1	538/482	387	1750	163	530	470	21	50	100
2	185/130	87	560	97	53	221	35	59	/
3	560/420	8030	10000	949	81	7812	<10	<10	>700

3.3.3 INTOXICATIONS PAR LE CHARDON A GLU

Les résultats des différents paramètres mesurés au cours de ces intoxications sont colligés dans le tableau suivant:

Tableau 4 : Bilans hépatiques des patients intoxiqués par le chardon à glu

Patient	Bil T/D	ASAT	ALAT	PAL	GGT	LDH	TP	Facteur V	NH4+
1	35/11	638	730	315	27	720	14	50	/
2	617/330	14130	8400	340	24	221	<10	10	276

3.3.4 ALCOOL ET DÉRIVÉS

Les résultats des différents paramètres mesurés au cours de ces intoxications sont colligés dans le tableau suivant:

Tableau 5 : Bilans hépatiques des patients intoxiqués par l'alcool et dérivés

Patient	éthanolémie	Bil T/D	ASAT	ALAT	PAL	GGT	LDH	lactate
Intoxication éthylique	H2: 4g/l	32/10	74	102	150	200	500	2.4
Intoxication éthylique	H2:4,4 g/l	25/8	150	300	270	300	900	3.7
Intoxication à l'éthylène glycol	/	18/10	200	142	54	20	393	17

3.4 EVOLUTION

L'évolution des malades a été favorable chez 78% des malades suite à un traitement adapté se basant essentiellement sur l'utilisation de la N-acétylcystéine. L'évolution défavorable était pour 2 patients intoxiqué par la depakine, 3 patients intoxiqués par les plantes et 2 patients intoxiqués par l'alcool et dérivés.

4 DISCUSSION

L'intoxication volontaire ou accidentelle avec un médicament ou un produit chimique est une circonstance usuelle de découverte d'une hépatotoxicité. Un interrogatoire méticuleux permet de reconnaître une exposition à un toxique et notamment à un produit délivré sans ordonnance, une préparation médicinale traditionnelle ou une phytothérapie. Les herbes médicinales sont également souvent une cause cachée d'hépatite toxique. [6-7]

La prise en charge d'une hépatite toxique est surtout symptomatique, basée sur une surveillance clinique et biologique rapprochée (enzymes hépatiques, TP et facteurs de la coagulation). La première mesure est l'arrêt du toxique en cause et la déclaration de pharmacovigilance, s'il s'agit d'un effet secondaire. En cas de défaillance hépatique grave, le contrôle hémodynamique ainsi que la prise en charge de l'œdème cérébral, des infections et des hémorragies, sont essentiels.

Dans notre étude plusieurs toxiques sont en cause d'une hépatotoxicité :

4.1 LE PARACÉTAMOL

Le paracétamol est le principe actif de nombreuses spécialités médicamenteuses de la classe des antalgiques antipyrétiques, c'est le médicament le plus prescrit. Il a l'avantage d'avoir peu de contre-indications, de pouvoir être prescrit à tout âge et d'être dénué d'effets indésirables sérieux lorsqu'il est utilisé à la posologie recommandée. En cas de surdosage

cependant, le paracétamol est à l'origine d'une hépatite cytolytique dose-dépendante bien connue. La toxicité du paracétamol, dans les 15 premières heures après ingestion, est dépendante de son métabolisme médié par les cytochromes P450 (essentiellement la CYP2E1 et CYP3A4) en un dérivé hépatotoxique, la N-acétyl-p-benzoquinoneimine (NAPQI) (figure 1) [8]. Celui-ci est produit en grandes quantités, suite à l'ingestion d'une dose importante de paracétamol en raison de la saturation des voies métaboliques d'inactivation du paracétamol (glucuro- et sulfoconjugaison). Après déplétion des réserves de glutathion cellulaire, le NAPQI se lie de façon covalente aux protéines intracellulaire (adduits) et aboutit à une nécrose hépatocytaire centrolobulaire. La N-acétylcystéine administrée précocement a pour but de prévenir les lésions hépatiques induites par la NAPQI en produisant la cystéine qui agit comme donneur de glutathion [8].

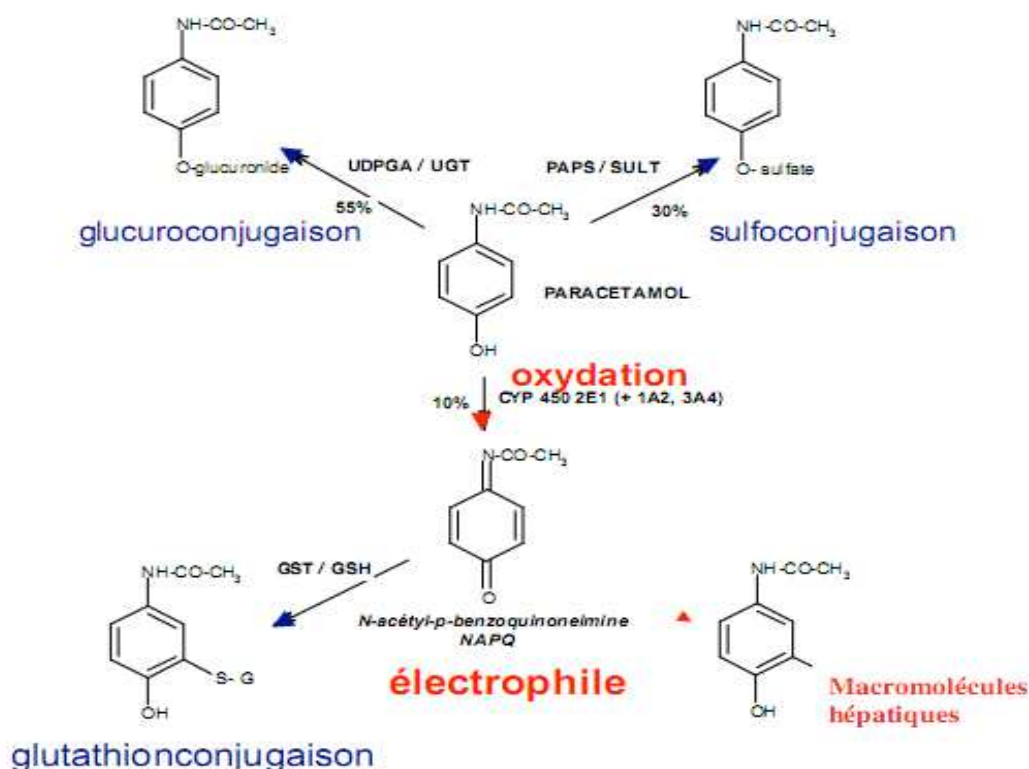


Fig.1. métabolisme hépatique du paracétamol. La production en quantité importante, après épuisement des réserves de glutathion, de N-acétyl-p-benzo-quinone imine est à l'origine d'une hépatite cytolytique nécrosante- [8]

Notre étude confirme la toxicité du paracétamol au niveau du foie. En effet la cytolysse est observée chez tous les malades. L'absence d'élévation des ASAT et ALAT (inférieure à 50 UI/L) accompagnée d'un dosage de paracétamol inférieur à 100mg/L à quatre heures identifient les patients qui ne sont pas à risque de développer une hépatotoxicité.

D'autres études seront nécessaires pour évaluer quelles sont les substances qui augmentent le risque d'hépatotoxicité lors de co-ingestion, en effet le dextropropoxyphène majore la toxicité du paracétamol. Il existe beaucoup de controverses à propos du rôle des autres molécules inductrices du CYP2E1 dans l'augmentation potentielle du risque d'hépatotoxicité secondaire au paracétamol. [9-10]

Dans une ingestion unique, le nomogramme de Rumack-Matthew demeure l'outil de choix pour identifier les patients à risque d'hépatotoxicité.

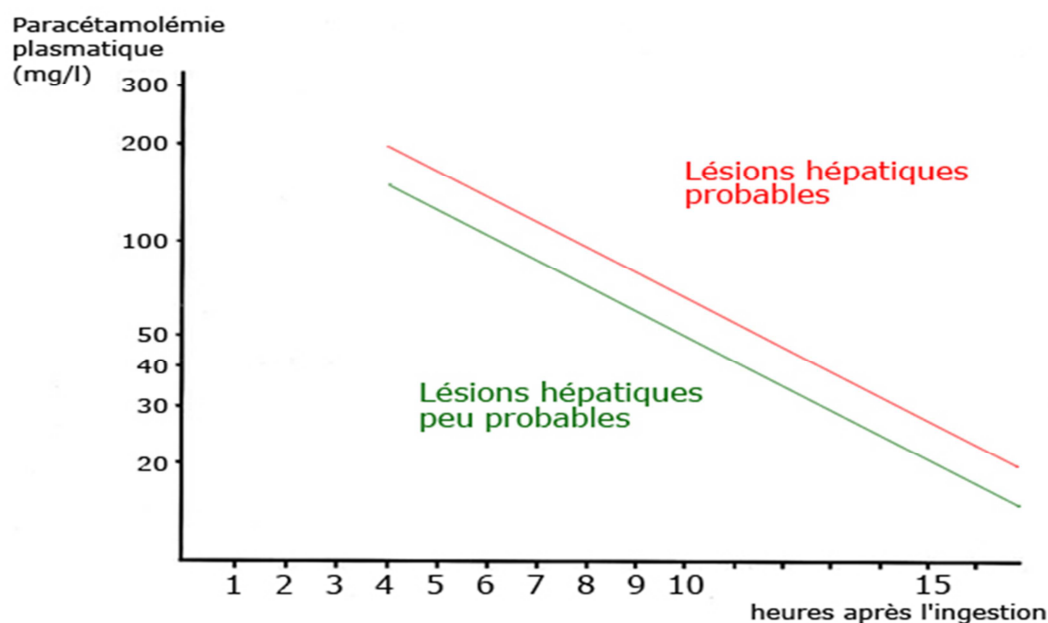


Fig. 2. Nomogramme de Rumack et Matthew [9]

La N-acétylcystéine est indiquée au cours des intoxications graves au paracétamol (dose supposée ingérée ≥ 125 mg/kg), confirmées par le dosage du paracétamol interprété sur le nomogramme de Rumack et Matthew (zones de toxicité possibles ou probables) (figure 2) [9].

La prise en charge rapide des patients ainsi qu'un traitement anti-dotique adéquat à base de la N-acétylcystéine est en faveur d'une évolution favorable pour tous les malades.

La gravité de l'intoxication par l'acétaminophène dépend de la dose ingérée et du moment de la prise en charge médicale, la surveillance des paramètres biologiques doit être faite impérativement de même les résultats de pharmacocinétique doivent être rendus sur le nomogramme à fin de faciliter l'interprétation de résultats par le clinicien. Ce pendant un traitement adéquat peu prévenir les complications.

4.2 ACIDE VALPROÏQUE (DÉPAKINE)

L'incidence des intoxications par l'acide valproïque (Dépakine), un antiépileptique majeur utilisé dans le traitement de formes variées d'épilepsies généralisées, focalisées simples ou complexes, a augmenté en raison de plus larges prescriptions.

Dans notre étude 7 sujets ont présenté une défaillance hépatique suite à une intoxication grave à la Dépakine®. Les concentrations sanguines de la dépakine étaient supérieures à 500 mg/l à l'admission (10 x la dose thérapeutique).

L'évolution a été défavorable pour deux patients ayant développé une encéphalopathie hépatique avec une hyperammoniémie et hyperlactatémie massive.

À l'inverse, l'atteinte hépatique demeure rare, mais réalise un tableau gravissime de syndrome de Reye. Une déviation du métabolisme de l'acide valproïque (acide gras ramifié à chaîne moyenne) vers une ω -oxydation microsomale avec formation de métabolites dicarboxyliques hépatotoxiques, est à l'origine de cette toxicité. Cette déviation est rendue possible par une concentration intracellulaire élevée d'acide valproïque qui bloque la butyrobétaine-3-hydroxylase, enzyme responsable de la synthèse de l-carnitine, nécessaire à son transport au travers de la membrane mitochondriale pour y subir une β -oxydation (figure 3). [11,12]

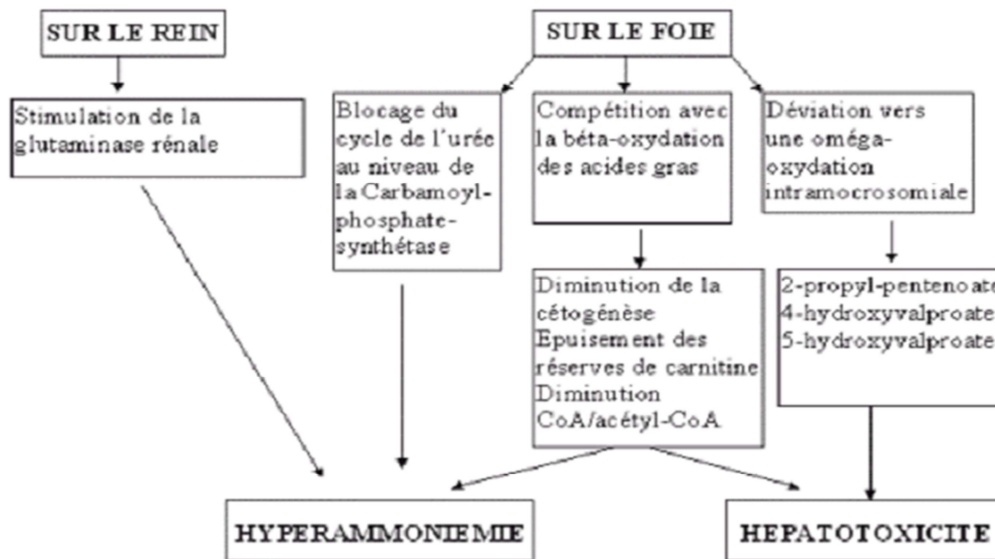


Fig. 3 .Effets délétères de l'acide valproïque [15]

Les patients présentant un déficit en L-carnitine, une anomalie de la chaîne respiratoire ou du cycle de l'urée (déficit en ornithine carbamyltransférase) sont particulièrement vulnérables à cet effet toxique de l'acide valproïque. [13]

Les tableaux cliniques les plus graves associent coma hypotonique ou convulsif, élévation des lactates sériques et de l'ammoniémie, dépression respiratoire et défaillance circulatoire. Une concentration plasmatique d'acide valproïque supérieure à 850 µg/ml est associée à une sévérité clinique accrue.

L'hyperammoniémie est fréquente et résulte de deux mécanismes :

1/ Inhibition au niveau du cycle de l'urée de la carbamyl phosphate synthétase dans le cycle de l'urée. Cette action est dose dépendante et l'inhibition du cycle de l'urée est responsable d'une altération du métabolisme des acides aminés avec hyperaminoacidémie.

2 / Au niveau rénal : modification de la perméabilité mitochondriale avec augmentation du transport de la glutamine et stimulation de la glutaminase rénale d'où élévation de la production d'ammoniaque par le rein ($\text{Glutamine} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Glutamate} + \text{NH}_3$).

L'acidose métabolique avec trou anionique élevé et l'hyperlactatémie paraît assez fréquente lors de ces intoxications aiguës. Bien que le mécanisme en soit mal connu, certains auteurs relient ce symptôme à une action propre du toxique. Et l'on sait que la production de lactate est étroitement liée au métabolisme du glutamate et de l'ammonium dans le rein. [14. 15.16].

La plupart de ces intoxications aiguës ont une évolution favorable malgré l'ingestion de doses parfois massives. Les signes cliniques sont essentiellement neurologiques avec troubles de la conscience, coma parfois très profond. Des altérations hémodynamiques avec bradycardie et collapsus cardiovasculaire sont également notés.

Un traitement par L-carnitine (50-100 mg/kg/j) a été utilisé avec succès dans 5 intoxications, en association au traitement symptomatique et à l'administration de doses répétées de charbon activé.

L'utilisation L-carnitine de son efficacité clinique reste cependant très discutée, malgré un intérêt théorique certain pour réduire la lactacidémie et l'ammoniémie [15].

En raison du faible nombre de patients traités il est extrêmement difficile d'analyser ces résultats et si l'on constate bien une diminution de l'ammoniémie et de la lactatémie ont été notées mais l'effet sur l'évolution clinique est impossible à évaluer.

La seule conclusion que l'on peut en tirer est que le traitement par la L-carnitine au cours d'une intoxication par l'acide Valproïque semble être très satisfaisant intellectuellement, probablement efficace et sans danger mais nécessite la mise en

place d'un protocole d'étude multicentrique qui permettra au vu d'un nombre suffisamment important de cas traités d'en évaluer l'intérêt réel.

4.3 AUTRES INTOXICATIONS MÉDICAMENTEUSES

D'autres médicaments en cas d'association sont responsables d'une toxicité hépatique telle que les neuroleptiques, les anti-dépresseurs, la carbamazépine, le phénobarbital, les bêta-bloquants et autres. Le mécanisme de ces intoxications est probablement immunologique mais reste toujours rare par rapport aux autres médicaments hépatotoxiques connue.

4.4 ALCOOL ET DÉRIVÉS

4.4.1 ALCOOL

Deux cas d'intoxication éthylique sont retrouvés avec variation biologique dominée par la cholestase. L'évolution a été défavorable pour un patient ayant développé une cirrhose hépatique.

La forme typique d'hépatite alcoolique aiguë réalise un tableau subaigu fébrile avec ictère et hépatomégalie souvent douloureuse. Elle peut également être asymptomatique ou responsable d'une décompensation d'une cirrhose éthylique sous-jacente, avec ses complications habituelles (encéphalopathie, syndrome hémorragique ou ascite). Les transaminases excèdent rarement 300 UI/L. L'hyperbilirubinémie peut être peu marquée, atteignant 300-500 µl. La valeur des γ -glutamyltransférases (γ GT) est proportionnellement plus forte que celle des phosphatases alcalines (PAL).

La majeure partie de l'éthanol est oxydée au niveau de l'hépatocyte. Le métabolisme fait intervenir deux oxydations, la première transformant l'alcool en acétaldéhyde, la seconde l'acétaldéhyde en acétate [17].

Les lésions hépatiques résultent de la toxicité de l'acétaldéhyde ainsi que de la production locale de cytokines pro-inflammatoires (TNF- α , IL-1, 6 et 8) et de radicaux libres à l'origine d'une altération mitochondriale [18].

L'hépatite alcoolique aiguë s'aggrave généralement durant les premiers jours d'hospitalisation. Le taux de mortalité peut atteindre 40%. La guérison est lente (jusqu'à 6 mois) malgré l'arrêt définitif de l'alcool [19,20].

4.4.2 ETHYLÈNE GLYCOL

L'éthylène glycol, ou 1,2-éthanediol, est un solvant très utilisé dans le milieu industriel, notamment comme fluide hydraulique ou encore comme intermédiaire de synthèse chimique. Il entre également dans la composition de nombreux produits cosmétiques, de peintures, de laques, de vernis, d'adoucisseurs de textiles [21]. Les circonstances de l'ingestion sont très variables : tentatives d'autolyse, confusion avec une boisson sucrée due au caractère sirupeux et au goût sucré de ce dialcool, liquide de vidange d'un radiateur de voiture imprudemment transvasé dans une bouteille de consommation alimentaire, ingestion de l'eau d'un radiateur d'une automobile en sous-estimant le risque, en cas de pénurie dans les régions désertiques.

L'éthylène glycol est toxique par lui-même car il provoque, tout comme l'alcool, une excitation puis une dépression du système nerveux central, mais ce sont surtout ses métabolites qui possèdent une toxicité importante. Rapidement absorbé par l'estomac et tout le tractus digestif, l'éthylène glycol se répartit dans les différents organes, mais c'est au niveau cérébral que sa concentration est maximale. L'éthylène glycol subit, principalement au niveau du foie, un métabolisme oxydatif toxifiant (figure 4).

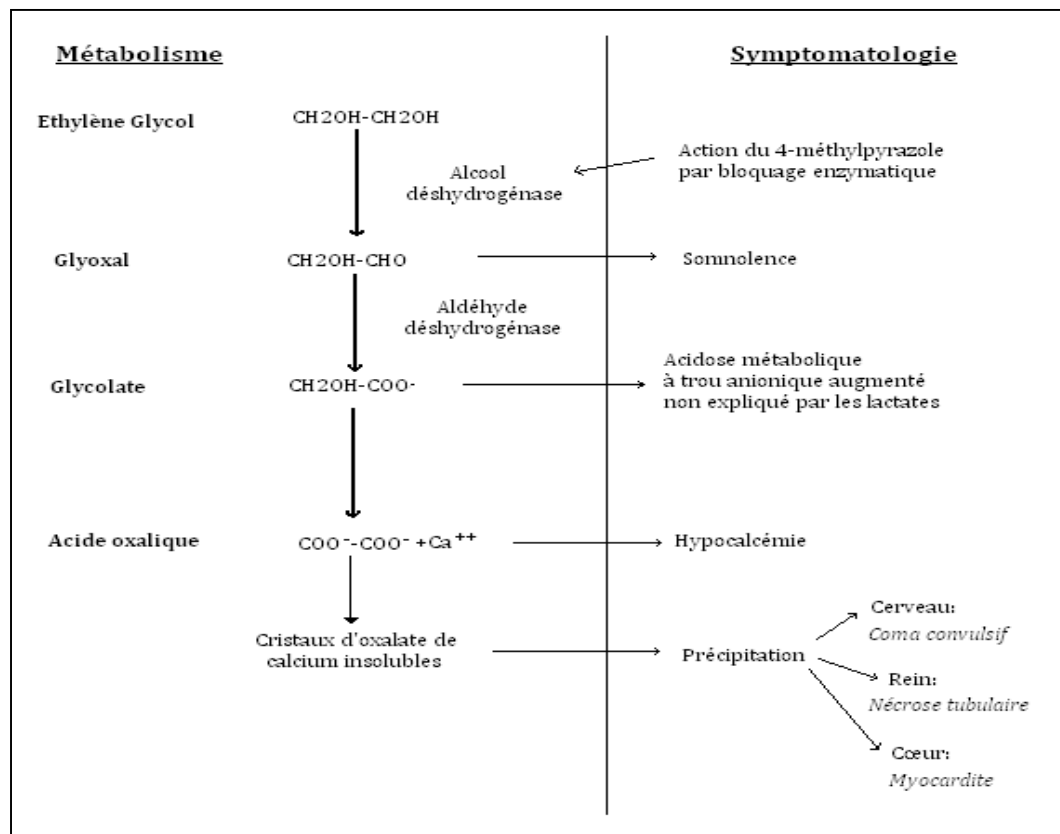


Fig. 4. Métabolisme et toxicité aiguë de l'éthylène glycol- [24]

Quatre-vingt pour cent de la dose sont ainsi dégradés par voie hépatique sous forme de glycoaldéhyde, d'acide glycolique et d'acide glyoxylique, conduisant finalement à la formation d'oxalate. L'alcool déshydrogénase (ADH) catalyse la dégradation de l'éthylène glycol en acide glycolique et constitue le site d'action de l'antidote. Cette réaction conduit par ailleurs à la transformation accrue de pyruvate en lactate dont la concentration sanguine augmente. Cette hyperlactacidémie, ainsi que la synthèse endogène d'acides organiques (acides glycolique, glyoxylique, formique, hippurique et oxalique), expliquent l'acidose métabolique constante observée lors d'une telle intoxication [22, 23]. Une augmentation du trou anionique et de l'osmolarité plasmatique sont le témoin d'une rétention d'acides non volatils. L'acide oxalique formé se lie au calcium ionisé plasmatique et au calcium intra-cellulaire pour former de l'oxalate de calcium. La présence de cristaux octaédriques d'oxalate de calcium est extrêmement fréquente et importante dans les cellules tubulaires rénales des patients intoxiqués [24].

La précipitation de cristaux d'oxalate de calcium, terme ultime du métabolisme de l'intoxication aiguë par l'éthylène glycol est rare mais potentiellement grave. Elle est responsable de l'apparition d'une acidose métabolique avec élévation du trou anionique, due à la formation de l'acide glycolique produit par l'alcool déshydrogénase (ADH).

Dans notre cas l'intoxication est grave se complique d'insuffisance rénale aiguë, de coma, d'incapacité myocardique et de défaillance multiviscérale; causant la mort du patient malgré le traitement classique associé la perfusion de bicarbonates, l'alcool éthylique et l'élimination des métabolites toxiques par l'hémodialyse.

Le fomépirozole est un inhibiteur compétitif de l'ADH, dénué d'effets secondaires. Son efficacité et son innocuité ont récemment été confirmées par un essai thérapeutique américain prospectif. La place définitive de cet antidote par rapport à l'hémodialyse est encore discutée [25].

4.5 CHAMPIGNONS

L'intoxication au champignon est rare en générale mais potentiellement grave. En Tunisie on a observé une intoxication collective aux champignons dont trois sujets ont été adressés au CAMU pour une prise en charge. Cette intoxication par LEPIDOTE a donné un tableau clinique sévère dominé par l'insuffisance hépatique aiguë ayant causé la mort d'un jeune enfant.

De nombreux champignons sont à l'origine d'une toxicité hépatique grave et responsable de centaines de décès par an. L'*Amanita phalloïdes* et les deux espèces voisines *Amanita verna* et *Amanita virosa* sont les plus souvent incriminées (en Tunisie, ce sont les Lépiotes).

La toxicité résulte de la présence dans ces champignons de toxines cellulaires thermostables, appelées les amatoxines et phalloxines. Les amatoxines sont des octapeptides bicycliques qui inhibent la transcription en se liant l'ARN polymérase ADN-dépendante de type II des cellules eucaryotes. Un seul champignon peut contenir une dose létale.

Un tableau clinique est celui d'une hépatonéphrite aiguë, associant stéatose, nécrose centrolobulaire et insuffisance rénale par nécrose tubulaire. Après un intervalle libre de 6 à 20 heures par rapport à l'ingestion du champignon, apparaissent des troubles digestifs (vomissements, douleur abdominales et diarrhées parfois cholériformes) suivis généralement d'une défaillance circulatoire hypovolémique.

L'atteinte hépatique apparaît chez les patients dans les 48 heures, avec une élévation majeure des transaminases. Dans un cas le plus grave, s'est installée une atteinte multiviscérale : un coma convulsif, une anémie hémolytique, une défaillance cardiaque et une insuffisance rénale aiguë causant son décès qui fait suite principalement à la défaillance hépatique.

Il n'existe pas d'antidote spécifique, même si plusieurs agents ont été testés chez l'homme avec des résultats variables, comme les pénicillines, les antioxydants, la N-acétylcystéine, la silymarine ou l'acide thiocétique [26,27].

4.6 ATRACTYLIS GUMMIFERA L. (CHARDON A GLU)

Le chardon à glu ou l'*Atractylis gummifera* L. à l'état séché, est utilisé en médecine traditionnelle pour ses propriétés cicatrisantes en application locale (syphilis, furoncle, abcès, ...), sous forme de tisane comme diurétique, purgatif, antipyrétique, abortif et émétique. La méconnaissance de sa toxicité explique la survenue des accidents soit par utilisation abusives (dose, qualité, infusion, décoction, cataplasme, ...) ou par confusion avec une autre plante : *Scolymus Hispanicus* "Guernina". C'est une plante d'environnement rural facilement accessible par les enfants, utilisant accidentellement le rhizome comme une gomme à mâcher à cause de son goût sucré, ce qui explique les intoxications souvent fatales.

Toutes les parties de la plante contiennent les principes toxiques de chardon à glu, mais à des concentrations décroissantes de la racine aux feuilles, en passant par la tige, les bractées, la fleur et la graine. Les principes toxiques majeurs de l'*Atractylis gummifera* L. sont l'Atractyloside (Atractylate de potassium) et le Carboxyatractygenine. Ce sont des inhibiteurs de la phosphorylation oxydative s'opposant à la formation de l'ATP à partir de l'ADP à travers la membrane mitochondriale. Leur mode d'action est à l'origine de la consommation de glucose, de l'épuisement du stock hépatique et musculaire en glycogène et de l'inhibition de la genèse du glycogène (Figure 5). [28]

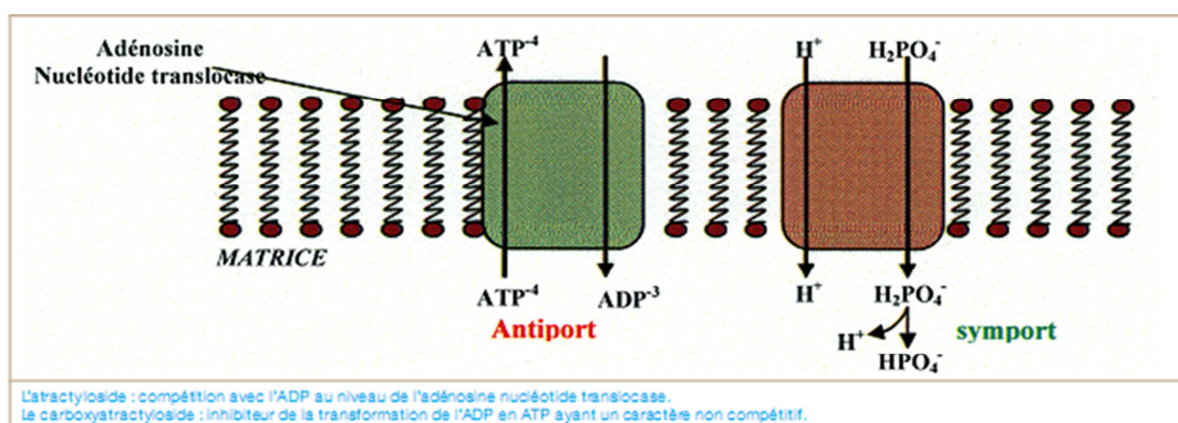


Fig. 5. Échange ATP/ADP à travers la membrane mitochondriale- [30]

Il y a deux formes d'intoxication au chardon à glu selon la quantité ingérée et avec un temps de latence variable entre 8 et 36 heures. Une forme digestive bénigne avec diarrhée, vomissement, douleurs et ballonnement abdominal dont le pronostic est favorable et sans séquelles. Une forme beaucoup plus grave avec des troubles neurologiques (coma rapide et profond), troubles de la thermorégulation (hypothermie initiale), troubles cardio-vasculaire (accélération du pouls, irrégularités tensionnelles, collapsus terminal) troubles respiratoires (hyperpnée, OAP), atteinte hépatique sévère (ictère, augmentation

des enzymes hépatiques et de la bilirubine sérique, TP allongé, hypoglycémie profonde, diminution du cytochrome P450), enfin, une atteinte rénale (insuffisance rénale bénigne avec élévation de la créatinine, hématurie, oligurie ou anurie). Le pronostic dans la forme grave est souvent péjorative et l'issue fatale; ce qui est le cas pour les deux enfants reçus au CAMU [29,30].

5 CONCLUSION

De nombreux médicaments, produits chimiques, stupéfiants et phytothérapies peuvent être à l'origine d'une toxicité hépatique. En dehors d'une exposition claire à une forte dose d'un toxique connu pour ses risques hépatiques, seule une démarche rigoureuse basée sur l'anamnèse et le diagnostic d'élimination d'autres étiologies peut permettre de retenir le diagnostic d'hépatite toxique.

Le traitement est essentiellement symptomatique. La transplantation hépatique doit être discutée dans un milieu médicochirurgical spécialisé. L'intérêt de la N-acétylcystéine est clairement documenté en prévention et pour le traitement des hépatites toxiques au paracétamol, y compris en présence d'une insuffisance hépatique aiguë. La connaissance du mécanisme moléculaire de la toxicité hépatique pourrait représenter une aide importante pour prédire l'évolutivité lésionnelle et envisager, dans l'avenir, la mise au point de thérapeutiques spécifiques innovantes.

CONFLIT D'INTÉRÊT

Aucun

REFERENCES

- [1] Dossing M, Sonne J. Drug-induced hepatic disorders. Incidence, management, and avoidance. *Drug Saf* 1993;9:441—9.
- [2] Navarro VJ, Senior JR. Drug-related hepatotoxicity. *N Engl J Med* 2006;354:731—9.
- [3] Sgro C, Clinard F, Ouazir K. Incidence of drug-induced hepatitis injuries: A French population based study. *Hepatology* 2002;36:451—5.
- [4] Jones AL, Dargan PI. Hepatic toxicology. In: Shannon MW, Boron SW, Burns MJ, editors. Haddad and Winchester's clinical management of poisoning and drug overdose. Philadelphia: Saunders/Elsevier; 2007. p. 223—48.
- [5] Foie toxique: mécanismes lésionnels et thérapeutiques pharmacologiques spécifiques Toxic hepatitis: Mechanisms of toxicity and specific pharmacological agents B. Mégarbane, N. Deye, F. Baud. *Reanimation* (2007) 16, 632—642
- [6] Pessayre D, Larrey D, Biour M. Drug-induced liver injury. In: Bircher J, Benhamou JP, McIntyre N, et al, editors. Oxford textbook of clinical hepatology. Oxford: Oxford University Press; 1999. p. 1261—315.
- [7] Mégarbane B, Donetti L, Blanc T, Chéron G, Jacobs F, Groupe d'Experts de la SRLF. Intoxications graves par médicaments et substances illicites en réanimation. *Réanimation* 2006;15:332—42.
- [8] Jones AL. Mechanism of action and value of N-acetylcysteine in the treatment of early and late acetaminophen poisoning: A critical review. *J Toxicol Clin* 1998;36:277—85.
- [9] B.H. Rumack. Acetaminophen hepatotoxicity: the first 35 years. *J Toxicol Clin*, 40 (2002), pp. 3—20.
- [10] A.Larocque, B. Bailey .Evaluation of the risk of hepatotoxicity after acetaminophen ingestion: Where are we in 2010? *Réanimation*; 2010;19, 545—551
- [11] Bédry R, Parrot F. Intoxications graves par l'acide valproïque. *Réanimation* 2004;13:324—33.
- [12] Spiller HA, Krenzelok EP, Klein-Schwartz W, Winter ML, Weber JA, Sollee DR, et al. Multicenter case series of valproic acid ingestion: Serum concentrations and toxicity. *J Toxicol Clin Toxicol* 2000;38:755—60.
- [13] Bohan TP, Helton E, McDonald I, König S, Gazitt S, Sugimoto T, et al. Effect of L-carnitine treatment for valproate-induced hepatotoxicity. *Neurology* 2001; 56:1405—9
- [14] Riche H, Salord F, Marti Flich J, Jourdan C. Acidose métabolique induite par le valproate de sodium injectable. *Presse Med* 1996 ; 25 :642
- [15] Kossak BD, Schmidt Sommerfeld E, Tonsgard JH, Schoeller D. Fatty acid b oxydation during valproic acid therapy and the rôle of carnitine. *Ann Neurol* 1991 ; 30 : 448-449
- [16] Dumoulin A, Lapostolle F, Adnet F, Muzynski J, Baud FJ. Acidose et hyperlactatémies lors des intoxications aiguës par le valproate de sodium. *Presse Méd* 1997 ; 26 : 555-557
- [17] EHRIG T, BOSRON WF, LI TK. Alcohol and aldehyde dehydrogenase. *Alcohol Alcohol* 1990, 25 : 105-116
- [18] ALBANO E, FRENCH S, INGELMANN-SUNDBERG M. Hydroxyethyl radicals in ethanol hepatotoxicity. *Frontiers in Bioscience* 1999, 4: 533-540

- [19] Menon KV, Gores GJ, Shah VH. Pathogenesis, diagnosis, and treatment of alcoholic liver disease. *Mayo Clin Proc* 2001; 76:1021—9.
- [20] Tilg H, Diehl AM. Cytokines in alcoholic and nonalcoholic steatohepatitis. *N Engl J Med* 2000; 343:1467—76.
- [21] Parry MF, Wallach R. Ethylene glycol poisoning. *Am J Med* 1974 ; 57 : 143-50.
- [22] Blakeley KR, Rinner SE, Knochel JP. Survival of ethylene glycol poisoning with profound acidemia. *N Engl J Med* 1993 ; 328 : 515-6.
- [23] Gabow PA, Clay K, Sullivan JB, Lepoff R. Organic acids in ethylene glycol intoxication. *Ann Intern Med* 1986; 105 : 16-20.
- [24] Jacobsen D, McMartin KE. Methanol and ethylene glycol poisonings : mechanism of toxicity, clinical course, diagnosis and treatment. *Med Toxicol* 1986 ; 1 : 309-34.
- [25] F. Divanon, R. Leroyer, M.C. Leprince, J.P. Riby, C. Collet. A propos d'une intoxication par l'éthylène glycol. *Journal de Pharmacie Clinique*. 1997 Volume 16, Numéro 3, 177-82.
- [26] Vetter J. Toxins of *Amanita phalloides*. *Toxicon* 1998;36:13—24.
- [27] Enjalbert F, Rapior S, Nouguié-Soule J, Guillon S, Amouroux N, Cabot C. Treatment of amatoxin poisoning: 20-year retrospective analysis. *J Toxicol Clin Toxicol* 2002;40:715—57.
- [28] Skalli S, Alaoui I, Pineau, et al. L'intoxication par le chardon à glu. *Rev Santé Publique du Maroc* 2002;2395:264-86.
- [29] Chardon G, Viala A, Vignais P, Stanislas A. L'intoxication par le chardon à glu. *Thérapie* 1964;19:1313-22.
- [30] Wafa masri, abderrazak hdhili, mouldi amamou. Intoxication par *atractylis gummifera* L: à propos de deux cas cliniques *RFL - Revue francophone des laboratoires* Vol 39, N° 413 - juin 2009 pp. 87-91.

Analyse moléculaire de deux génotypes de *Medicago truncatula* Gaertn. par le marqueur de séquence exprimée EST-SSR (MTIC 124) en réponse à la salinité

[Molecular analysis of two genotypes of *Medicago truncatula* Gaertn. by the expressed sequence tag EST-SSR (MTIC 124) in response to salinity]

Adel Amar AMOURI and Seghir HADJADJ AOUL

Laboratoire d'écologie végétale, Département de Biologie, Faculté des Sciences de la nature et de la vie,
BP1524, Université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella, Algeria

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

ABSTRACT: In this study, we used the expressed sequence EST-SSR marker (MTIC124) to show genetic variation and determine a potential link between this marker and salt stress tolerance on two contrasting *Medicago truncatula* Gaertn. genotypes (Tru 131 tolerant genotype, and Jemalong, sensitive one). The amplification of the DNA isolated from 10 individual seedlings for each genotype with the EST- SSR primers (MTIC 124) produced a total of 20 amplified products. The sizes of the alleles detected ranged from 100 to 280 bp. The analysis of polymorphism locus showed that the tolerant genotype (Tru 131) population had two alleles, genetic diversity index of 0.32 and PIC value of 0.267. The results obtained from UniGene and Uniprot databases of highly similarity proteins sequences with the EST- SSR locus MTIC 124, showed that this locus encode cysteine proteinase inhibitor and was expressed principally in root of *M.truncatula*. This data suggest that this locus is involved in salinity tolerance and it is appropriate for studying and understanding salt stress tolerance mechanisms in *Medicago truncatula* Gaertn.

KEYWORDS: *Medicago truncatula* Gaertn., salt stress, molecular marker, molecular databases.

RESUME: Dans cette étude, nous avons utilisé le marqueur de séquence exprimée EST-SSR (MTIC 124) pour évaluer la variabilité génétique et déterminer la relation potentielle entre ce marqueur et la tolérance au stress salin, de deux génotypes contrastés de *Medicago truncatula* Gaertn. (Tru 131, tolérant & Jemalong, sensible). L'amplification de l'ADN isolé à partir de 10 individus de jeunes plants de chaque génotype avec les amorces d'EST-SSR (MTIC124) a produit un total de 20 amplicons. La taille des allèles détectée, varie de 100 à 280 pb. L'analyse du polymorphisme de ce locus a montré que les population du génotype Tru 131 a deux allèles, une diversité génétique de 0.32 et un PIC de 0.267. Les résultats obtenus à partir des bases de données Unigene et Uniprot sur les séquence protéiques hautement similaires avec le locus EST-SSR (MTIC 124), ont montré que ce locus code pour l'inhibiteur de la cystéine protéinase, qui est exprimée principalement au niveau des racines. Cette information suggère que ce locus est impliqué dans l'adaptation à la salinité, et il est adéquat pour l'étude et la compréhension des mécanismes de tolérance au stress salin chez *Medicago truncatula* Gaertn.

MOTS-CLEFS: *Medicago truncatula* Gaertn., stress salin, marqueur moléculaire, bases de données moléculaires

1 INTRODUCTION

Medicago truncatula Gaertn est largement utilisé comme une légumineuse modèle pour la compréhension des stress abiotiques [1]. Cette légumineuse est très intéressante pour l'agriculture durable et l'écologie. Le stress salin est un stress

abiotique important qui affecte significativement la croissance des légumineuses et réduit la production agricole dans le monde. Les étiquettes de séquences exprimées de microsatellites (EST-SSRs) sont des ressources importantes pour l'investigation de la diversité génétique et sont des marqueurs utiles pour des applications divers en génétique et amélioration des plantes, car ces marqueurs montrent une variation dans la partie exprimée dans le génome. Les amorces EST-SSR sont moins polymorphes comparés avec les SSRs génomiques dans la production végétale à cause de la grande conservation des séquences d'ADN dans les régions transcrites [2]. Un intérêt porte actuellement, sur les enzymes comme les protéinases (cystéine protéinase) qui sont impliquées dans plusieurs voies de dégradation des protéines. Leurs action peut être inhibées par les inhibiteurs de la cystéine protéinase ou appelées aussi la superfamille des cystatins. Certaines enzymes comme la cystéine protéinase sont affectés par les stress abiotiques chez les plantes [3]. L'expression des gènes codant les inhibiteurs des protéinases (cystéine protéinase) est généralement limitée à des organes spécifiques ou à des phases particulières durant le développement de la plante, comme le stade germination [4], le vieillissement précoce des feuilles [5], le déficit hydrique (sécheresse), ou le froid et la salinité [6]. Les informations sont très limitées concernant ces inhibiteurs chez les plantes et spécifiquement chez la légumineuse *Medicago truncatula* Gaertn, en relation avec la salinité.

Le but de cette étude est d'évaluer, en premier lieu, le degré du polymorphisme du marqueur de séquence exprimée EST-SSR (MTIC 124) chez les deux génotypes contrastés de *Medicago truncatula* Gaertn au stress salin (Tru 131, tolérant et Jemalong, sensible). En deuxième lieu, c'est de rechercher les similitudes (similarités) de séquence avec celles du locus étudié en utilisant les bases de données moléculaires Unigene et Uniprot, et par conséquent, déterminer les protéines exprimées par ce locus.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Pour la caractérisation moléculaire utilisant le marqueur EST SSR (MTIC 124), nous avons utilisés dans cette étude les graines de deux génotypes contrastés au stress salin, Tru 131 (Tolérant) fournies par l'institut IDGC de Sidi Belabbès et Jemalong (sensible) qui le génotype de référence [7, 8],

2.2 MÉTHODES

2.2.1 EXTRACTION D'ADN ET AMPLIFICATION PAR PCR

L'ADN génomique est extrait pour chaque génotype, à partir de jeunes plants obtenus après 7 jours de germination (10 graines par génotype). L'ADN est isolé en utilisant la méthode CTAB adaptée par Udupa *et al* (1999). Le locus EST-SSR (MTIC 124) localisé sur le chromosome 3 (LG 3) (Tab 1), a été choisi à partir d'une série de microsatellites de *Medicago truncatula* développée par Journet *et al* (2001).

Ils sont disponibles sur la base de donnée « GenBank EST / <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/dbEST/> ».

L'amplification de l'ADN génomique a été faite selon la méthode Udupa *et al* (1999) dans un milieu réactionnel pour PCR de 10 µl contenant 50 ng d'échantillon d'ADN, tampon PCR 1x, 0.2 mM dNTPs, 10 pmole pour chaque amorce et 1 unité de la Taq polymérase. Le profil d'amplification comprend une période initiale de la dénaturation de l'ADN et l'activation de la Taq polymérase à 94°C pendant 2mn, suivie par 35 cycles à 94°C durant 30 s, une hybridation à 55°C durant 30 s, et une élongation à 72°C durant 45 s. L'extension finale est faite à 72°C durant 7 mn avant un refroidissement à 4°C. Les produits PCR sont analysés en gel à 6% de polyacrylamide dénaturant. Après électrophorèse, les bandes d'ADN sont colorées au bromure d'éthidium (BET) et visualisées sous UV.

2.2.2 ANALYSE DES DONNEES ET RECHERCHE DE SIMILITUDES DE SEQUENCES AU LOCUS EST-SSR (MTIC 124)

Pour le locus étudié, la composition en allèles SSR est déterminé pour chaque génotype. Les valeurs du contenu d'information sur le polymorphisme (PIC) sont calculées selon la formule suivante : $PIC = 1 - \sum P_{ij}^2$ où P_{ij} est la fréquence de l'allèle i révélée utilisant l'amorce j [11]. La diversité génétique pour chaque locus est calculé comme suit : $H_i = 1 - \sum P_i^2$ où H_i est l'index de la variation génétique et P_i est la fréquence d'allèle pour chaque locus [12].

Pour déterminer les séquences (hautement) similaires avec le locus EST-SSR (MTIC 124), nous avons utilisé les bases de données moléculaires UniGene (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/UniGene/>) et Uniprot (<http://www.uniprot.org/uniprot/>), afin d'en déduire la fonction principale des séquences protéiques exprimé par ce locus EST-SSR.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 POLYMORPHISME GENETIQUE CHEZ *MEDICAGO TRUNCATULA* GAERTN

Le marqueur EST- SSR (MTIC 124) a été utilisé pour analyser le degré du polymorphisme génétique avec les deux génotypes contrastés au stress salin de *Medicago truncatula* (Tru 131, tolérant et *Jemalong*, sensible). L'amplification d'ADN isolé à partir de 10 individus de jeunes plants pour chaque génotype a produit au total 20 amplicons (Fig 1). La taille des allèles détectés va de 100 à 280 pb. Le locus étudié est modérément polymorphe avec un index de diversité génétique (H_i) qui est de 0.32 et un PIC de 0.267 au sein de l'espèce *M. truncatula* (Tab 2).

3.2 RECHERCHE DE SIMILITUDE DE SEQUENCE ET PREDICTION DE FONCTION DU LOCUS EST-SSR UTILISE

Les résultats obtenus à partir de la base de donnée « UniGene » concernant les séquences protéiques hautement similaires pour le locus EST-SSR (MTIC124), a montré que ce dernier code pour l'inhibiteur de l'enzyme « cystéine protéinase », qui est exprimé principalement dans les racines de l'espèce *M. truncatula* (Tabl 2). La principale fonction de ce locus a été obtenu à partir de la base de donnée « Uniprot ». Les cystéines protéinases sont connues pour jouer un rôle essentiel dans la croissance des plantes mais aussi dans l'accumulation des protéines de réserves et dans la réponse au stress biotique et abiotiques [3]. Leur action peut être inhibées par les inhibiteurs de la protéinase qui sont induites par les stress abiotiques. Koizumi *et al* (1993), ont noté que les clones rd19 et rd21 codants différentes enzymes de cystéine protéinase chez *Arabidopsis thaliana* sont induits par un déficit hydrique sinon à un stress salin. Plusieurs études suggèrent que les « cystatins » réagissent aux stress abiotiques comme la sécheresse, la salinité, le froid et le traitement par l'acide abscisique [14, 15]. Toutefois, elles ont été détectées dans les tissus végétatifs, y compris les racines et les feuilles [16, 17]. Chez *Arabidopsis thaliana*, deux inhibiteurs de la cystéine protéinase « cystatins » désignés par AtCYSa et AtCYSb ont été caractérisés. L'analyse par la technique de Northern blot montre que l'expression de ces deux gènes codant les « cystatins » dans les cellules embryonnaires et les jeunes plants, est induite systématiquement par divers stress abiotiques [18]. Les résultats obtenus dans notre étude, suggèrent que le locus EST-SSR (MTIC 124) est fortement impliqué dans l'expression des gènes codants les inhibiteurs de la cystéine protéinase.

Tableau 1. Information sur le marqueur EST –SSR utilisé dans l'analyse moléculaire des deux génotypes contrastés de *M. truncatula*

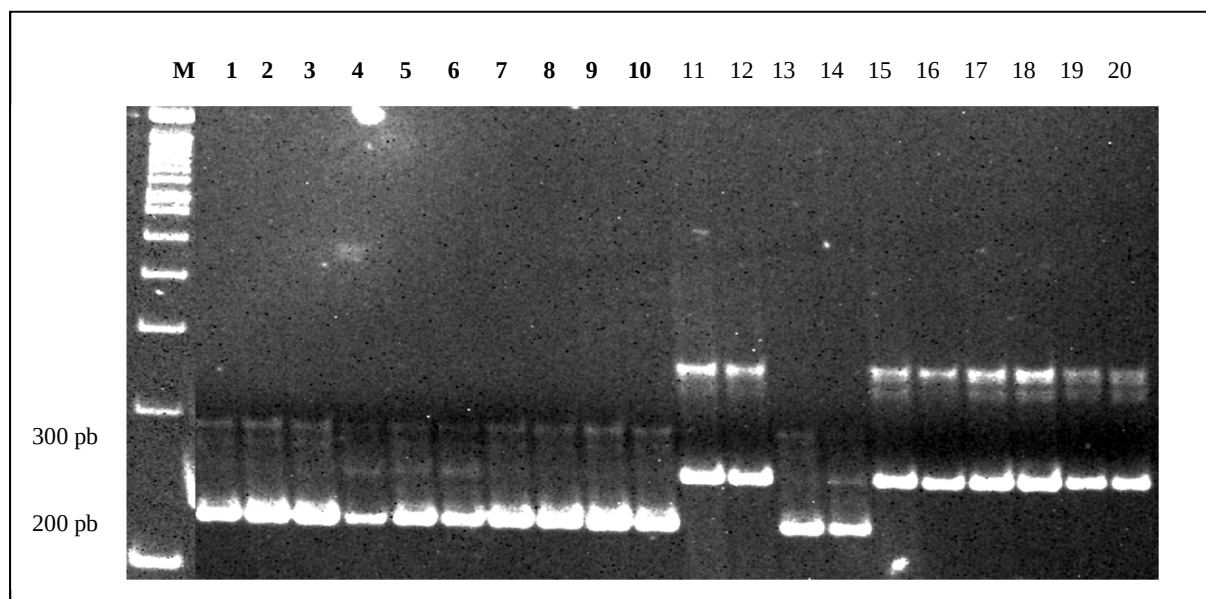
EST SSR	LG	Amorces sens (F) et reverse (R) (5' → 3')	Motif de répétition	Temperature d'hybridation PCR	GenBank EST	Références
MTIC 124	3	F : TGTCACGAGTGTTGGAATTTT R : TGGGTTGTCAATAATGCTCA	[TG]7	55 C °	MtBC32B02R1 MtBC <i>Medicago truncatula</i> cDNA clone MtBC32B02 T7, mRNA sequence	Journet <i>et al</i> , 2001. <i>Medicago truncatula</i> ESTs from endomycorrhizal racines (roots)

Tableau 2. Résultats sur les séquences hautement similaires avec le locus EST-SSR (MTIC 124) de *M. truncatula* via les bases de données UniGene et Uniprot

Génotypes de <i>M. truncatula</i>	EST SSR	S.Z	N.A	N.G	H_i	PIC	Similarités de protéines sélectionnées	Identité	G.A	R.E
Tru 131 (T)	MTIC 124	10	2	2	0.32	0.26	Cysteine proteinase inhibitor (MTR_3g043750) mRNA, complete cds	100 %	XP_003599710.1	Racines (root)
<i>Jemalong</i> (S)										

T : Tolérant. S : Sensible. S.Z: Taille de l'échantillon N.A: Nombre d'allèles. N.G: Nombre de génotypes.

G.A: Numéro d'accension à "Gene bank". R.E: Expression restreinte. PIC: Contenu en polymorphisme. H_i : diversité génétique. Hautement informatif : ($PIC > 0.50$), Modérément informatif : ($0.25 < PIC < 0.50$) et faiblement informatif : ($PIC < 0.25$), non informatif : ($PIC = 0$).



**Figure 1.- Profils du marqueur EST-SSR des deux génotypes contrastés au stress salin de *M. truncatula* [Jemalong 'sensible' : 1.....10] et [Tru 131 'tolérant' : 11.....20] généré par l'amorce MTIC 124.
M : Marqueur de poids moléculaire**

4 CONCLUSION

A partir de l'analyse des résultats obtenus, nous proposons que le marqueur polymorphe de gènes exprimés EST-SSR (MTIC 124) approprié pour l'étude de la tolérance au stress salin chez la plante *Medicago truncatula* Gaertn. Les résultats de recherche *in silico* de similitude de séquence via les bases de données moléculaires (Unigene et Uniprot), nous ont permis de déterminer des similarités de fonction avec les inhibiteurs de la cystéine protéinase « cystatins », exprimé par le locus EST-SSR étudié. Beaucoup d'études montrent que ces types d'enzymes sont impliqués dans la tolérance au stress salin. L'étude au niveau racinaire du transcriptome chez cette légumineuse, donnera sans doute plus d'informations sur la compréhension de l'expression des gènes impliqués dans la tolérance à la salinité.

REMERCIEMENTS

Nous Remercions Madame la Professeure Fyad Lamèche F-Z de l'université d'Oran 1 pour l'octroi du matériel végétal nécessaire pour cette étude. Notre grande gratitude à Dr. Sripada M. Udupa de l'ICARDA-INRA-Rabat au Maroc, pour m'avoir permis d'effectuer l'expérimentation moléculaire au sein de son laboratoire.

REFERENCES

- [1] Young N. D. et Udvardi M. K., 2009.- Translating *Medicago truncatula* genomics to crop legumes. *Current Opinion in Plant Biology*, 12(2):193-201.
- [2] Scott K. Egger P., Seaton G. Rossetto M., Ablet E. Lee L., Henry R., 2000.- Analysis of SSRs derived from grape ESTs. *Theoretical and Applied Genetics*, 100 (5):723–726. DOI: 10.1007/s001220051344.
- [3] Grudkowska M. et Zagdanska B., 2004.- Multifunctional role of plant cysteine proteinases. *Acta biochimica Polonica*, 51(3): 609-624.
- [4] Botella M. A., Xu Y., Prabhe T. N., Zhao Y., Narasimhan M. L., Wilson K. A., Nielsen S. S., Bressau R. A, Hasegawa P. M., 1996.- Differential expression of soybean cysteine proteinase inhibitor genes during development and in response to wounding and methyl jasmonate. *Plant Physiology*, 112: 1201–10.
- [5] Huang Y. J., To K. Y., Yap M. N., Chiang W. J., Suen D. F., Chen S.C.G., 2001.- Cloning and characterization of leaf senescence up-regulated genes in sweet potato. *Physiologia Plantarum*, 113: 384–391.

- [6] Van der Vyver C., Schneidereit J., Driscoll S., Turner J., Kunert K., Foyer C.H., 2003.- Oryzacystatin I expression in transformed tobacco produces a conditional growth phenotype and enhances chilling tolerance. *Plant Biotechnology Journal*, 1: 101-112.
- [7] Amouri A. A., Fyad Lameche F. Z., Yahia N., 2014.- Early seedling development of *Medicago truncatula* genotypes under salt stress in relationship with seed dry weight and storage protein content. *African Journal of Biotechnology, Academic Journals*, 13 (2):322-331.
- [8] Amouri A. A., Fyad Lameche F. Z., Karkachi N, Variabilité de la tolérance au stress salin chez deux génotypes contrastés d'une légumineuse de *Medicago truncatula* au stade germination. *Algerian journal of arid environment*, 5 : 17-25, 2015
- [9] Udupa SM, Robertson L. D., Weigand F., Baum M., Kahl G, Allelic Variation at (TAA) Microsatellite Loci in a World Collection of Chickpea (*Cicer arietinum* L) Germplasm. *Molecular Genetics and Genomics*, 261: 354-363, 1999
- [10] Journet E. P., El Gachtouli N., Vernoud V., de Billy F., Pichon M., Dedieu A., Arnould C., Morandi D., Barker DG., Gianinazzi-Pearson V, *Medicago truncatula* ENOD11: A novel RPRP-encoding early nodulin gene expressed during mycorrhization in arbuscule-containing cells. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 14: 737-748, 2001
- [11] Anderson J. A., Churchill G. A., Autrique J. E., Tanksley S. D., Sorrells M. E, Optimizing parental selection for genetic linkage maps. *Genome*, 36 (1): 181-186, 1993
- [12] Nei M, Analysis of gene diversity in subdivided population. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 70: 3321-3323, 1973
- [13] Koizumi M., Yamaguchi-Shinozaki K., Tsuji H., Shinozaki K, Structure and expression of two genes that encode distinct drought-inducible cysteine proteinases in *Arabidopsis thaliana*. *Gene*, 129: 175-82, 1993
- [14] Gaddour K., Vicente-Carbojosa J., Lara P., Isabel-Lamonedá I., Díaz I., Carbonero P, A constitutive cystatin-encoding gene from barley (Icy) responds differentially to abiotic stimuli. *Plant Molecular Biology*. 45: 599-608, 2001. DOI: 10.1023/A:1010697204686.
- [15] Diop N. N., Kidric M., Repellin A., Gareil M., d'Arcy-Lameta A., Pham Thi A.T., Zuily-Fodil Y, Amulticystatin is induced by drought-stress in cow- pea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) leaves. *FEBS Letters*, 577: 545-550, 2004
- [16] Lim C. O., Lee S. I., Chung W. S., Park S. H., Hwang I., Cho M. J, Characterization of a cDNA encoding a cysteine proteinase inhibitor from Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*) flower buds. *Plant Molecular Biology*, 30: 373-379, 1996.
- [17] Pernas M., Sanchez-Monge R., Salcedo G, Biotic and abiotic stress can induce cystatin expression in chestnut, *FEBS Letters*, 467: 206-210, 2000.
- [18] Zhang X., Liu S., Takano T, Two cysteine proteinase inhibitors from *Arabidopsis thaliana*, AtCYSa and AtCYSb, increasing the salt, drought, oxidation and cold tolerance. *Plant Molecular Biology*, 68 :131-143, 2008.

AN INTEGRATING OF MULTI-GROUP ANALYSIS IN QUALITY OF LIFE USING STRUCTURAL EQUATION MODELING

Sabri Ahmad, Fatin Izzati Khairushalimi, and Nazleen Nur Ain Zulkurnain

School of Informatics and Applied Mathematics,
Universiti Malaysia Terengganu,
Kuala Terengganu, Terengganu, Malaysia

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

ABSTRACT: Stress is an unavoidable part of life everybody meet with stress in his/ her life. It can take a toll on students' physical health, mental health, and academic success and even on every part of life unless they discover to cope with it appropriately. This research is aimed to explore the quality of life related the level of prevalence stress among students in public university. The main objectives of this study is to investigate whether the components of quality life which are emotional intelligence, personal meaning profile, satisfaction with life and psychological well-being significantly influence the level of prevalence stress among Mathematics students in public university. This study was conducted in University Malaysia Terengganu and University Technology MARA Kelantan. The data for this study is analyzed by using Structural Equation Modeling (SEM) to achieve the main hypotheses of this study.

KEYWORDS: Multi-Group Analysis; Quality Of Life; Structural Equation Modeling.

1 INTRODUCTION

Structural equation modeling or also well-known as SEM has gained popularity across many disciplines in the past two decades due perhaps to its generality and flexibility. SEM is widely applied in behavioral, social, and educational as well as economy, marketing, and medical researchers [11]. SEM is a statistical technique for estimating and examining the inter-relationships among variable simultaneously in a model. The inter-relationships among variables could either be correlational or causal relationships. There are two significant components in SEM which is measurement model and structural model [5]; [6]; [8]; [14]. The measurement model describes the relationship among the latent construct and their indicators or response items, while structural model describes the inter-relationships among the latent constructs in the study [3]; [14].

Stress and tension form a part of human life. Adolescents are more exposed to stress than adults and younger children. Stress can be particularly acute for university students because of their stage of development. It can take a charge on students' physical health, mental health, and academic success and even on every part of life unless they discover to cope with it appropriately. University students who have experienced stressful life events also reported worse health outcomes and reduced quality of life most of the time. Success and quality in life are predicted upon the individual's performance. This research is aimed to explore the quality of life related the level of prevalence stress among students in public university using structural equation modeling.

1.1 PROBLEM STATEMENT

Based on Mapping of [13] found that youth experienced emotional stress, aggressiveness, depression and stress that are quite serious. University students often live with an inordinate quantity of tenseness, which can have negative academic, emotional and health-related outcomes [2]. In fact, stress can affect both students' health and academic performance when it is perceived negatively or becomes excessive [4]; [9]. Previous research mostly focus on external factors of stress likes

financial, environment, and so on. For this research interested to examine the internal factors of stress or conflict within individual itself. In addition, from the previous literature there are lack of research investigate about stress on mathematics students in university. Moreover, there are no literature analyze the problem of stress using Structural Equation Modeling. Therefore, Structural Equation Modeling (SEM) is employed to assess the factors of quality of life towards the level of prevalence stress among youths by examining the inter-relationship among latent constructs which are personal meaning profile, emotional intelligence, satisfaction with life, and well-being towards stress faced by youths.

2 LITERATURE REVIEW

Structural Equation Modeling (SEM) is used to test the hypotheses in a research [10]; [12]. It is able to examine the inter-relationship among the constructs in a model. There are four types of construct in SEM which are exogenous construct is the independent variable, endogenous construct is the dependent variable, mediating variable is the variable mediates the relationship between an independent variable and a dependent variable, and moderating variable is the variable that moderates the effects of independent variable on its dependent variable [14]. There are two steps employed in SEM: (i) a Confirmatory Factor Analysis (CFA) is performed first to examine whether the indicators or items used in measuring the constructs are consistent and reliable, (ii) modeling the causal relationship among the constructs are tested and fit [1]. CFA is performed for each latent construct in a measurement model in order to evaluate the unidimensionality, validity, and reliability. It is important to assess measurement model's goodness-of-fit [7].

3 METHODOLOGY

The target populations for this study were mathematics students of two different public universities that is University Malaysia Terengganu (UMT) and University Technology MARA (UiTM) Kelantan. This study employed descriptive research design to describe the characteristics of relevant groups which is mathematics students in two different public universities. The sampling design used in this research is the probability sampling technique. This study applied simple random sampling technique because had sampling frame from both universities. The population of mathematics students in UMT is 614 students and 538 students from UiTM Kelantan. By followed the requirement of Krejcie and Morgan Table, the suggested sample size from UMT is 237 students and 224 students from UiTM Kelantan. The structural equation modeling (SEM) is developed for analyzing the inter-relationships among multiple variables in a model.

4 RESULT AND FINDINGS

4.1 ASSESSMENT OF NORMALITY

Table 1 illustrates the descriptive statistics of all variables. Since all items measure for the skewness are within the range between -1.5 to 1.5, the data is normally distributed [14].

Table 1. Descriptive Statistics

Emotional Intelligence	Skewness	Emotional Intelligence	Skewness
ei1	1.007	ei8	1.051
ei2	1.037	ei9	.931
ei3	1.060	ei10	.730
ei4	1.549	ei11	.893
ei5	.889	ei12	.718
ei6	1.540	ei13	.479
ei7	.852	ei14	.558
Personal Meaning Profile	Skewness	Personal Meaning Profile	Skewness
pmp1	.319	pmp7	.932
pmp2	.382	pmp8	.518
pmp3	.380	pmp9	.749
pmp4	1.135	pmp10	.271
pmp5	1.427	pmp11	.625
pmp6	.853		
Psychological Well Being	Skewness	Psychological Well Being	Skewness
pwb1	.662	pwb8	.740
pwb2	.562	pwb9	.520
pwb3	.532	pwb10	.493
pwb4	1.008	pwb11	.312
pwb5	.610	pwb12	.425
pwb6	.957	pwb13	.382
pwb7	.638		
Satisfaction of Life	Skewness	Satisfaction of Life	Skewness
sl1	.590	sl5	.563
sl2	.472	sl6	.512
sl3	.561	sl7	.652
sl4	.700	sl8	.570
Stress	Skewness	Stress	Skewness
sc1	.108	sc6	.369
sc2	.418	sc7	.786
sc3	.108	sc8	1.305
sc4	.772	sc9	.451
sc5	.496		

4.2 MEASUREMENT MODEL: CONFIRMATORY FACTOR ANALYSIS

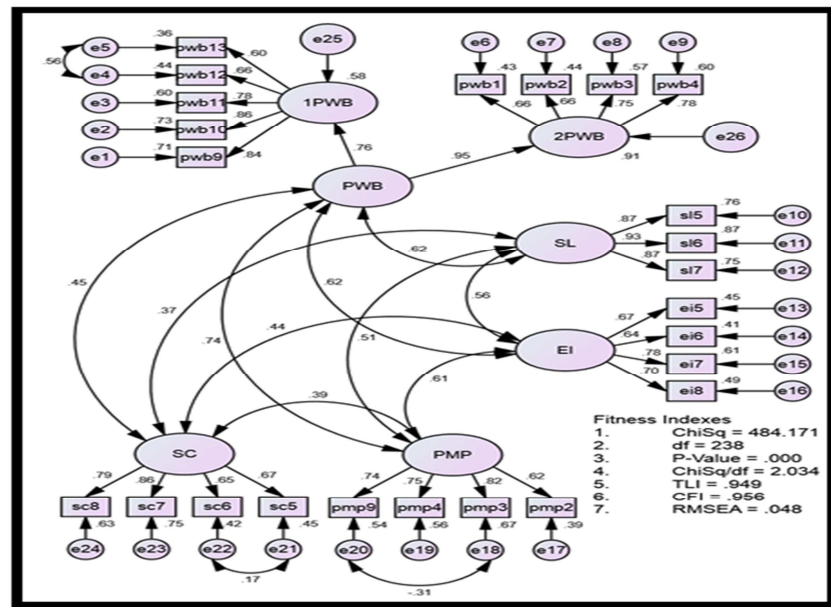


Fig. 1. The Measurement Model for Pooled Construct

With Confirmatory Factor Analysis (CFA), any item that does not fit into its measurement model should be removed from the model. Refer Fig. 1, the requirement of unidimensionality has been achieved either through the item-deletion process or through setting the “free parameter estimate”. All the factor loading in this study above 0.6. The requirement of validity was achieved through two following processes which are (1) construct validity, refer Table 2 shows that all fitness indexes for the models meet the required level; and (2) discriminant validity as shown in Fig. 1 shows that the redundant items are either deleted or constrained as “free parameter”. Refer Table 3, the requirement of reliability was achieved through all following processes which are (1) internal reliability shows that cronbach’s alpha; (2) the construct reliability; and (3) average variance extracted.

Table 2. The Assessment of Validity

Name of category	Name of index	Index value	Comments
Absolute fit	RMSEA	0.048	Accepted
Incremental fit	CFI	0.956	Achieved
Parsimonious fit	Chisq/df	2.034	Achieved

Table 3. The Assessment of Reliability

Item	Factor Loading	Cronbach Alpha (Above 0.7)	Construct Reliability (Above 0.6)	Average Variance Extracted (Above 0.5)
ei5	0.67	0.791	0.794	0.500
ei6	0.64			
ei7	0.78			
ei8	0.70			
pmp2	0.62	0.804	0.820	0.534
pmp3	0.82			
pmp4	0.75			
pmp9	0.74			
pwb1	0.66	0.802	0.806	0.511
pwb2	0.66			
pwb3	0.75			
pwb4	0.78			
pwb9	0.84	0.878	0.867	0.570
pwb10	0.86			
pwb11	0.78			
pwb12	0.66			
pwb13	0.60			
sl5	0.87	0.918	0.920	0.793
sl6	0.93			
sl7	0.87			
sc5	0.67	0.836	0.833	0.559
sc6	0.65			
sc7	0.86			
sc8	0.79			

4.3 STRUCTURAL MODEL: PATH ANALYSIS IN SEM

After achieved the issue of unidimensionality, validity, and reliability of the latent constructs, modeling these latent constructs into structural model for analysis using SEM.

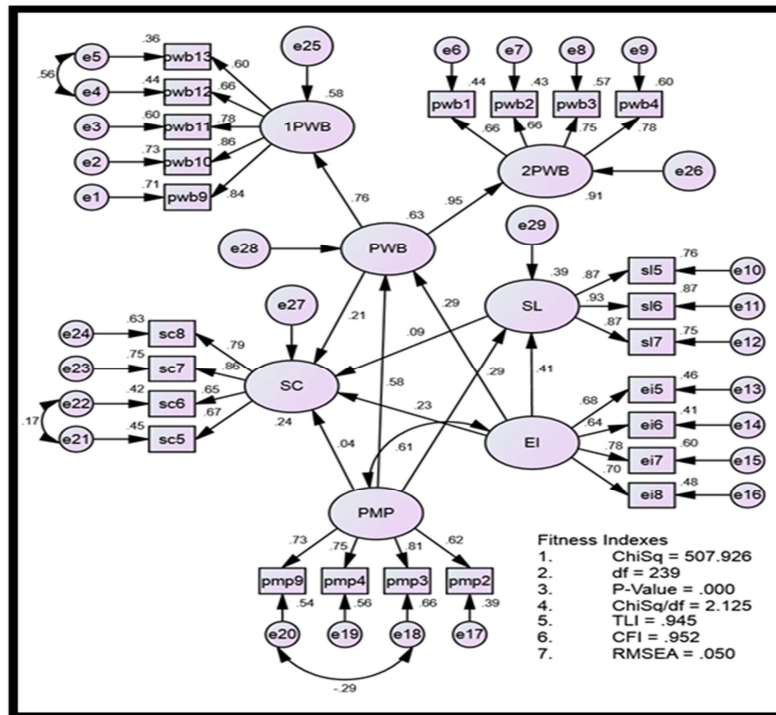


Fig. 2. The Structural Model for Path Analysis

Table 4. Regression Weight of Path Analysis

Variable	Path	Variable	Estimate	P-value	Result
SC	<---	EI	.217	.008	Significant
SC	<---	PMP	.033	.695	Not Significant
SC	<---	PWB	.180	.044	Significant
SC	<---	SL	.065	.152	Not Significant

Since the P-value of Emotional intelligence toward prevalence stress is 0.008 and Psychological well-being toward prevalence stress is 0.044 which is lower than 0.05, therefore these path analysis are significant.

Table 5. Result of Hypothesis Testing

No	The Main Hypothesis Statement in the Study	Result
1.	Emotional intelligence significantly influences level of prevalence stress.	Supported
2.	Personal meaning profile significantly influences level of prevalence stress.	Not Supported
3.	Psychological well-being significantly influences level of prevalence stress.	Supported
4.	Satisfaction with life significantly influences level of prevalence stress.	Not Supported

5 CONCLUSION

The main purpose of this study is to examine the internal factors involved in quality of life towards the prevalence stress. There are four factors of quality of life covered in this study which are personality meaning profile, emotional intelligence, satisfaction with life, and psychological well-being. There are four main hypotheses being proposed in this study. The hypothesis of emotional intelligence significantly influences level of prevalence stress and psychological well-being significantly influences level of prevalence stress are supported. However, the hypothesis of personal meaning profile significantly influences level of prevalence stress and satisfaction with life significantly influences level of prevalence stress are not supported. Therefore, research should more focus on emotional intelligence and psychological well-being as an important factors affected the level of prevalence stress among youths.

ACKNOWLEDGMENT

All praise is to Allah, the Lord of the universe. May peace and blessing of Allah be upon Muhammad S.A.W his last messenger. I am most grateful to Associate Professor Dr. Sabri Ahmad who is my advisor, Universiti Malaysia Trengganu (UMT). He is always give productive advices and available for discussion. Finally, I'm forever indebted and special thanks to my beloved parents, family, and friends for always support and being around me to finish this study.

REFERENCES

- [1] Arawati, A., and Shukri, M. H., "Lean production supply chain management as driver towards enhancing product quality and business performance: Case study of manufacturing companies in Malaysia," *International Journal of Quality and Reliability Management*, vol. 29, no. 1, pp. 92-121, 2012.
- [2] Beck, D., Hackett, M., Srivastava, R., McKim, E., and Rockwell, B., "Perceived level and sources of stress in university professional schools," *The Journal of Nursing Education*, vol. 36, no. 4, pp. 180, 1997.
- [3] Byrne, B. M, *Structural Equation Modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming, 2nd Ed.* Taylor and Francis Group, New York, 2010.
- [4] Campbell, R., Svenson, L., and Jarvis, G., "Perceived level of stress among university undergraduate students in Edmonton, Canada. *Perceptual and Motor Skills*," vol. 75, no. 2, pp. 552, 1992.
- [5] Eboli, L., Forciniti, C., and Mazzulla, G., "Exploring Land Use and Transport Interaction through Structural Equation Modelling. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*," vol. 54, pp. 107-116, 2012.
- [6] Golob, T. F., "Structural Equation Modeling for Travel Behavior Research," *Transportation Research Part B* no. 37, pp. 1-25, 2003.
- [7] Hamid, T., seyedaliakbar, S. M., and Mandegan, M., (2012). "Organizational learning measurement and the effect on firm innovation," *Journal of Enterprise Information Management*, vol. 25, no. 3, pp. 219-245, 2003.
- [8] Hoe, S. L, "Issues and Procedures in Adopting Structural Equation Modeling Technique," *Journal of Applied Quantitative Methods*, vol. 3, no. 1, pp. 76-83, 2008.
- [9] Misra, R., McKean, M., West, S., and Russo, T., "Academic stress of college students: Comparison of student and faculty perceptions," *College Student Journal*, vol. 34, no. 2, pp. 236-245, 2000.
- [10] Mueller, R. O, *Basic Principles of Structural Equation Modeling*, 1996.
- [11] Raykov, T., and Marcoulides, G. A, *A First Course in Structural Equation Modelling, 2nd Ed.* Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2006.
- [12] Schumaker, R. E., and Lomax, R. G., *A beginner's guide to structural equation modeling, 2nd Ed*, 2004.
- [13] Youth Development Research Institute of Malaysia Ministry of Youth and Sports, *Mapping of Youth and Youth Malaysia Index*, 2006.
- [14] Zainudin, A., *Structural Equation Modeling Using Amos Graphic*. Selangor: UiTM Press, 2012.

Effet antibactérien de deux huiles essentielles (*Thymus vulgaris* et *Lavandula officinalis*) sur des souches isolées d'un centre d'hémodialyse de la ville de Fès

[Antibacterial effect of two essential oils (*Thymus vulgaris* and *Lavandula officinalis*) on the isolated strains from Fez city's hemodialysis center]

S. Berrada^{1,2}, L. Bennani³, A. Chahbi^{2,4}, T. Sqalli Houssaini⁵, A. El Ouali Lalami³, G. Benjelloun Touimi^{2,6}, and F.Z. Sqalli Houssaini¹

¹Laboratoire de Neuroendocrinologie et Environnement Nutritionnel et Climatique, Université Sidi Mohamed ben Abdellah, Faculté des Sciences Dhar Mahraz, Fès, Maroc

²Laboratoire Régional de Diagnostic Epidémiologique et d'Hygiène du Milieu, Direction Régionale de la Santé, Hôpital Al Ghassani, Fès, Maroc

³Institut Supérieur des Professions Infirmières et des Techniques de Santé, Fès, Maroc

⁴Laboratoire de chimie organique appliquée, Université Sidi Mohamed ben Abdellah, FST, Fès, Maroc

⁵Service de néphrologie, CHU Hassan II, Fès, Maroc

⁶Laboratoire de pathologie humaine, biomédecine et environnement, Faculté de Médecine et pharmacie, Fès, Maroc

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

ABSTRACT: Bacterial resistance to antibiotics is now a major public health problem in the world as well as in Morocco. The situation appears particularly worrying in hospital since it disseminates the micro-organisms to long distance, and insidiously contributes to their transmission to various inert media. Infections favored may be reduced by the mastery of the environment and the establishment of good disinfection strategy, based on natural and powerful molecules.

In this context, we have tested the antibacterial action of two essential oils (*Thymus vulgaris* and *Lavandula officinalis*) on 27 strains collected from the environment of the Al Ghassani hospital's hemodialysis center of Fez city. The determination of the antibacterial power was conducted by the Vincent method. The minimum inhibitory concentrations (MIC) of the various essential oil were determined by the solid medium diffusion method.

The oil of *Thymus vulgaris* showed a strong antimicrobial activity against the strains studied with diameters of inhibitions between 16 to 40 mm. The HE *Lavandula officinalis* presented narrow antibacterial activities, with diameters of inhibition ranging from 8 to 28 mm. The MIC of lavender are more important than those of thyme. This activity could be due to a synergy of their major compounds.

It would be interesting to analyze the chemical composition of these oils, to maximize the impact of the factors that can amplify their efficacy, and to establish disinfection's protocol in order to reduce the spread of multi-resistant germs and to prevent infectious risks particularly in the hospital.

KEYWORDS: Antibacterial activity, hemodialysis center, essential oil, nosocomial infection, Fez, Morocco.

RESUME: La résistance des bactéries aux antibiotiques est aujourd'hui un problème majeur de santé publique aussi bien dans le monde qu'au Maroc. La situation apparaît particulièrement préoccupante en milieu hospitalier puisqu'il dissémine les

micro-organismes à de longue distance, et contribue insidieusement à leur transmission à divers supports inertes. Les infections ainsi favorisées peuvent être réduites par la maîtrise de l'environnement et la mise en place d'une bonne stratégie de désinfection, se basant sur des molécules naturelles puissantes.

Dans ce cadre, nous avons testé l'action antibactérienne de deux huiles essentielles (*Thymus vulgaris* et *Lavandula officinalis*), sur des isolats de 27 souches prélevées de l'environnement du centre d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghassani de la ville de Fès. La détermination du pouvoir antibactérien a été réalisée par la méthode de la diffusion sur gélose. Les concentrations minimales inhibitrices (CMI) des différentes huiles essentielles, ont été déterminées par la méthode de diffusion en milieu solide.

L'HE de *Thymus vulgaris* a montré une forte activité antimicrobienne vis-à-vis des souches testées avec des diamètres compris entre 16 à 40 mm. L'HE de *Lavandula officinalis* a présenté des activités antibactériennes étroites, avec des diamètres d'inhibitions allant de 8 à 28 mm. Les CMI de la lavande sont plus importantes que celles du thym. Ceci pourrait être dû à une synergie de leurs composés majoritaires.

Il serait intéressant d'analyser la composition chimique des huiles testées, d'étudier et d'optimiser l'effet des facteurs pouvant amplifier leur action antimicrobienne, et d'établir un protocole de désinfection permettant de réduire la propagation des germes multi-résistants et de prévenir les risques infectieux notamment en milieu hospitalier.

MOTS-CLEFS: Activité antibactérienne, centre d'hémodialyse, huile essentielle, infection nosocomiale, Fès, Maroc.

1 INTRODUCTION

Les infections nosocomiales constituent un problème de santé publique à l'échelle mondiale, avec des conséquences et des répercussions considérables, tant sur le plan individuel que sur le plan économique ([1], [2], [3]). Leur prévalence varie entre 1 et 20 %, et l'incidence globale de 5 à 10%, avec une variation d'un pays à l'autre [4]. A titre d'exemple, 5 à 10% des patients hospitalisés contractent une infection nosocomiale aux États-Unis, 7,9% au Canada, 9 à 12% en Europe [5] et 8,1% au Maroc [6].

Par ailleurs, la prolifération de bactéries résistantes aux antibiotiques, due essentiellement à l'antibiothérapie abusive, est devenue une préoccupation majeure dans le domaine de la santé. Les infections ainsi causées, entraînent souvent une prolongation de l'état pathologique et un accroissement du taux de mortalité. Face à ces résistances, la découverte de nouveaux agents antibactériens est devenue plus qu'indispensable ([7], [8]). L'exploitation de nouveaux médicaments d'origine naturelle constitue un axe important de recherche au niveau mondial. Les traitements à base de plantes médicinales et aromatiques deviennent le centre d'intérêt de nombreuses études ([9], [10]). Les huiles essentielles (HE), extraites de ces plantes, sont des mélanges naturels complexes de molécules volatiles et odorantes [9, 10]. Des travaux antérieurs ont démontré l'activité antimicrobienne de plusieurs HE, notamment celles qui proviennent du genre *Thymus*, *Lavandula*, *Silene*, *Teucrium* et *Pistacia* ([8], [13], [14], [15]).

Ces HE présentent une grande variation dans leur composition chimique, en fonction du stade végétatif, du lieu et du moment de récolte [16, 17]. Face à ces variétés à l'intérieur du même pays, les propriétés biologiques méritent d'être suivies [18].

Les espèces du genre *Thymus* et du genre *Lavandula* ont fait l'objet de nombreuses études ([19], [20], [21], [22]). Toutefois et jusqu'à présent, aucune étude ne s'est intéressée à leur pouvoir antimicrobien sur les germes isolés en milieu hospitalier au niveau de notre région.

La présente étude vise particulièrement l'évaluation du pouvoir antibactérien de deux types d'HE sur des germes multi-résistants aux antibiotiques, isolés au service d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghassani de la ville de Fès.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 HUILES ESSENTIELLES

En se basant sur les données bibliographiques, la disponibilité, la fréquence d'apparition, le rendement, l'intérêt thérapeutique probable des plantes aromatiques, les HE choisies dans notre étude sont extraites de la lavande (*Lavandula officinalis*) et de thym (*Thymus vulgaris*). Ces plantes appartiennent au règne des *Plantae*, et au sous-règne des *Tracheobionta*. Elles ont été produites au niveau de la région de Taounate. L'extraction des HE a été réalisée par

entraînement à la vapeur d'eau à l'aide d'un dispositif de type Clevenger pendant deux heures. Les HE extraites ont été récupérées et conservées à 4°C et à l'abri de la lumière.

2.2 SOUCHES BACTÉRIENNES TESTÉES

Les souches bactériennes testées ont été préalablement isolées à partir de l'environnement du centre d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghassani. 27 souches appartenant à deux catégories différentes (Cocci Gram positive et Bacilles Gram négative), ont été étudiées. Il s'agit de *Staphylococcus aureus* (St A), *Staphylococcus* coagulase négative (St CN), Bacilles Gram négatif oxydase positive (BGN OP), Bacilles Gram négative oxydase négative fermentaire (BGN ON F), et Bacilles Gram négative oxydase négative non fermentaire (BGN ON NF).

2.3 ACTIVITÉ ANTIBACTÉRIENNE

2.3.1 EVALUATION QUALITATIVE

L'effet antimicrobien des HE a été déterminé par la méthode de diffusion sur disques stériles ou méthode de Vincent. Celle-ci consiste à utiliser des disques de papiers filtre stériles (bioMérieux) de 6 mm de diamètre et imprégnés d'HE, à raison de 5µl / disque. Ces disques sont déposés à la surface d'un milieu gélosé (Muller-Hinton), ensemencé préalablement à l'aide d'une suspension bactérienne. Deux témoins ont été réalisés : un témoin négatif avec 10 µl d'eau distillée stérile en présence de 10 % de DMSO et un disque d'antibiotique comme témoin positif. Les boîtes sont laissées 15 à 30 min à température ambiante puis retournées et incubées à 37°C pendant 18 à 24 heures [9].

2.3.2 EVALUATION QUANTITATIVE

Pour la détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI), une solution mère de 200 mg/ml de chaque HE a été préparée, puis une série de dilutions a été réalisée au diméthyle sulfoxyde (DMSO). La gamme de concentration finale ainsi obtenue varie de 200 à 0,39 mg/ml.

Les disques de papier ont été imprégnés de 10µl des différentes dilutions, puis ont été déposés à la surface des milieux ensemencés avec les différentes souches bactériennes, l'ensemble a été incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures.

3 RÉSULTATS

Les résultats présentés dans le tableau 1, montrent que l'efficacité globale exprimée en % de sensibilité, était maximale pour l'huile de *Thymus vulgaris* et élevée pour l'huile de *Lavandula officinalis* (70,4%).

Tableau 1 : Fréquence de sensibilité des souches vis-à-vis des HE testées

Genre bactérien	Pourcentage de	<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Lavandula officinalis</i>
Bacilles Gram négatif oxydase positive (N= 5)	Résistance	0%	0%
	Sensibilité	100%	60%
	Intermédiaire	0%	40%
Bacilles Gram négatif oxydase négative fermentaires (N=5)	Résistance	0%	20%
	Sensibilité	100%	60%
	Intermédiaire	0%	20%
Bacilles Gram négatif oxydase négative non fermentaires (N=5)	Résistance	0%	0%
	Sensibilité	100%	100%
	Intermédiaire	0%	0%
<i>Staphylococcus aureus</i> (N=7)	Résistance	0%	14,3%
	Sensibilité	100%	71,4%
	Intermédiaire	0%	14,3%
<i>Staphylococcus</i> coagulase négative (N=5)	Résistance	0%	20%
	Sensibilité	100%	60%
	Intermédiaire	0%	20%
% de résistance globale		0%	11,1%
% de sensibilité globale		100%	70,4%
% de sensibilité modérée globale		0%	18,5%

Nous avons noté que l'HE du thym a présenté un large spectre d'action aussi bien contre les bactéries à Gram négatif que celles à Gram positif, avec des diamètres d'inhibitions très importants, allant de 16 à 40 mm. L'HE de la lavande a montré des activités antibactériennes étroites, avec des diamètres d'inhibitions nettement inférieurs à ceux produits par l'huile de *Thymus vulgaris*. Ces diamètres ont varié entre 8 et 28 mm.

Comme présenté en tableau 2, Nous avons constaté que les concentrations minimales inhibitrices varient en fonction de l'HE testée et du genre bactérien étudié.

Tableau 2 : Concentration minimale inhibitrice des HE (exprimée en mg/ml)

HE	Souche	BGN OX P	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus coagulase négative</i>	BGN OXN NF	BGN OXN F
	Concentration					
<i>Thymus vulgaris</i>	200	-	-	-	-	-
	100	-	-	-	-	-
	50	-	-	-	-	-
	25	-	-	-	-	-
	12,5	-	-	-	-	-
	6,25	-	-	-	-	-
	3,125	-	+/-	+/-	-	-
	1,56	+/-	+	+	+/-	+/-
	0,78	+	+	+	+	+
	0,39	+	+	+	+	+
<i>Lavandula officinalis</i>	200	-	-	-	-	-
	100	-	-	-	-	-
	50	-	-	-	-	-
	25	-	-	-	-	-
	12,5	+/-	-	-	-	+/-
	6,25	+	+/-	+/-	+/-	+
	3,125	+	+	+	+	+
	1,56	+	+	+	+	+
	0,78	+	+	+	+	+
	0,39	+	+	+	+	+

(-) : inhibition ; (+) : croissance/développement ; (+/-) : activité intermédiaire

Les bacilles Gram négatif oxydase négatif et non fermentaires (BGN OXN NF), Les bacilles Gram négatif oxydase négatif fermentaires (BGN OXN F) et les bacilles Gram négatif oxydase positive (BGN OX P) ont été inhibés par l'HE de *Thymus vulgaris* à une concentration minimale de 3,125 mg/ml. Les *Staphylococcus* aussi bien coagulase négative que ceux à coagulase positive ont été inactivés par la même huile à une concentration de 6,25 mg/ml.

Les résultats relatifs à l'HE de *Lavandula officinalis*, montrent que la CMI des BGN OXN F, des *Staphylococcus aureus* et des *Staphylococcus sp* est de 12,5 mg/ml. Les BGN OXN F et Les BGN OX P ont été inhibés par la même HE à partir d'une concentration de 25 mg/ml.

4 DISCUSSION

La propagation du phénomène de résistance et le nombre limité d'antibiotiques en cours de développement et notamment en milieu hospitalier, soulignent l'urgence de la recherche de nouvelles substances antimicrobiennes [7, 8, 9, 10]. Dans ce cadre, les chercheurs se sont intéressés à évaluer les propriétés pharmacologiques de plusieurs HE ([19], [22], [23], [24], [25], [26]).

En utilisant la méthode de Vincent, nous avons testé l'activité antibactérienne de deux HE vis à vis de 27 souches bactériennes prélevées à partir de l'environnement d'un centre d'hémodialyse. Nous avons constaté que l'HE de *Thymus*

vulgaris a présenté une efficacité maximale et un large spectre d'action aussi bien sur les bactéries à Gram positif que celles à Gram négatif, avec des diamètres d'inhibitions très importants, allant de 16 à 40 mm.

Nous avons aussi noté une efficacité globale importante pour l'huile de *Lavandula officinalis* (70,4%), avec des diamètres d'inhibition allant de 8 à 28 mm. En outre, les souches testées n'ont pas manifesté la même sensibilité vis-à-vis de cette huile. Ainsi, les bacilles Gram négatif oxydase négative non fermentaires ont montré une sensibilité totale, les *Staphylococcus aureus* ont présenté une sensibilité importante (71,4%). Avec *Staphylococcus* coagulase négative, les bacilles Gram négatif oxydase négative fermentaires, les bacilles Gram négatif oxydase positive, nous avons constaté une sensibilité relativement élevée (60%)

Les différences d'efficacité et du pouvoir antibactérien observées pourraient être dues principalement à la composition chimique des huiles essentielles, qui varie d'une part en fonction de la plante, et d'autre part en fonction de la région géographique, de la saison, du stade, de l'organe et de la méthode d'extraction ([16], [17], [27]).

En effet, l'huile de *Thymus vulgaris* contient en grande partie le thymol et le carvacrol, avec des pourcentages qui diffèrent en fonction de la région et de la méthode d'extraction (Kaloustian *et al*, 2008). El Ouali Lalami *et al* (2013), ont montré que les composants majeurs de *Thymus vulgaris* sont le γ -terpinène (22,25 %) et le thymol (41,39%) [20]. Parmi les composés ayant une activité antibactérienne, le thymol et le carvacrol sont reconnus les plus bactéricides [28, 29]. Par ailleurs, le thymol pourrait être impliqué dans l'inhibition des processus de transport des électrons, dans le transport intracellulaire des protéines, dans les étapes de phosphorylation et dans d'autres réactions enzymatiques. Quant au carvacrol, il est aussi considéré comme biocide, avec son précurseur, le p-cymène, un antibactérien faible, il agit probablement en synergie avec le thymol, ce qui entraîne la déstabilisation de la membrane [30].

L'importance de l'activité antibactérienne du *Thymus vulgaris* a été démontrée par des travaux antérieurs ([13], [19], [20], [21]).

L'huile de *Lavandula officinalis* a révélé une prédominance des composés mono-terpéniques dans la plupart des travaux réalisés, mais avec des teneurs différentes. Au Maroc, l'analyse effectuée par Chahboun *et al* (2015), a montré que les composés majoritaires de la lavande sont : 3-Benzylsulfonyl-2, 6,6-triméthylbicyclo (3.1.1) heptane (23,61%), Linalyl phenyl acetat (15,98%), Campholène aldehyd (9,17%), Bornéol (9,3%), Eucalyptol (7,77%) et gamma Caldinène (11,64%) [22]. La variation de la sensibilité des microorganismes étudiés face à cette huile, a été aussi notée par d'autres auteurs ([13], [22]).

En outre, la comparaison du pouvoir antibactérien du *Thymus vulgaris* et celui de *Lavandula officinalis*, a montré des auréoles d'inhibitions plus importantes révélées par le thym. Les CMI de la lavande étaient plus grandes que celles du thym.

Kaloustian *et al* (2008), avaient constaté des CMI moindres à celles que nous avons trouvées. *E.coli* et *Staphylococcus aureus*, étaient inhibés par l'huile de *Thymus vulgaris* à des concentrations respectives de 1mg/ml et de 2 mg/ml. D'autre part, et en comparant l'efficacité et l'activité des huiles testées de lavande et de thym, ces auteurs avaient signalé que seuls le *Thymus vulgaris* et l'*Origanum vulgare*, riches en carvacrol et en thymol, qui présentaient la meilleure activité antibactérienne vis-à-vis des bactéries Gram négatif et celles à Gram positif. Ces résultats confirment que ce sont les phénols (thymol et carvacrol) qui donnent à l'huile essentielle le caractère antibactérien [13].

5 CONCLUSION

Les HE testées ont présenté d'intéressantes propriétés antimicrobiennes. L'huile de thymus a montré une activité antibactérienne plus prononcée contre tous les micro-organismes étudiés. Les résultats obtenus ne constituent qu'une première étape de recherche de produits naturels à effet antibactérien. Ils devraient être poursuivis par de nouvelles études visant à isoler et à identifier les principes actifs responsables de cet effet inhibiteur. Des essais complémentaires devraient être menés pour pouvoir confirmer les performances mises en évidence, ce qui pourrait permettre leur utilisation à des fins antiseptiques et de désinfection. Et ceci afin de réduire la propagation des germes multi-résistants et de prévenir les risques infectieux notamment en milieu hospitalier.

CONFLITS D'INTÉRÊT

Les auteurs déclarent qu'il n'y a eu aucun conflit d'intérêt (financier ou non financier).

REMERCIEMENTS

A toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de cette étude.

REFERENCES

- [1] R.W. Haley, D.H. Culver, J.W. White, "The efficacy of infection surveillance and control programs in preventing nosocomial infections in US hospitals", *American journal of epidemiology*, vol. 12, pp. 182-205, 1985.
- [2] D. Pittet, E. Safran, S. Harbarth, "Prevalence and risk factors for nosocomial infections in four university hospitals in Switzerland", *Infection control and hospital epidemiology*, vol. 20, pp. 37-42, 1999.
- [3] K. El Rhazi, S. El Fakir, M. Berraho, N. Tachfouti, Z Serhier., C. Kanjaa, C. Nejari, "Prévalence et facteurs de risque des infections nosocomiales au CHU Hassan II de Fès (Maroc) ", *La Revue de Santé de la Méditerranée orientale*, vol. 13, no 1, pp. 56-63, 2007.
- [4] N. Saouide El Ayne, A. Echchelh, A. Chaouch, N. Auajjar, S. Hamama, Soulaymani A. Rôle de l'environnement hospitalier dans la prévention des infections nosocomiales : Surveillance de la flore des surfaces à l'hôpital EL Idrissi de Kénitra-Maroc. *European Scientific Journal*. 2014, 10(9): 238-247.
- [5] Belhaj, Surcoût de l'infection nosocomiale en réanimation médicale. CHU Ibn Rochd, Thèse de doctorat en médecine, Faculté de médecine et pharmacie, Fès. 2010.
- [6] Amrani, Résultats de l'enquête de prévalence des infections nosocomiales au niveau de 24 hôpitaux. Ministère de la Santé, Rabat, 1994.
- [7] A. Zhiri, L. Mayaud, S. Bouhdid, D. Baudoux, J. Abrini, G. Aubert, "Evaluation de l'activité bactéricide et bactériostatique des huiles essentielles vis- à-vis des souches d'origine clinique résistantes aux antibiotiques". Congrès Francophone de Phytothérapie : Place de la phytothérapie dans les systèmes de Santé. Liban. Juin 2010.
- [8] J. El Amri, K. El badaoui, T. Zair, Bouharb H., Chakir S., Alaoui L. Étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Teucrium capitatum* L et l'extrait de *Silene vulgaris* sur différentes souches testées. *Journal of Applied Biosciences*, vol. 82, pp. 7481-7492, 2014.
- [9] Guinoiseau, Molécules antibactériennes issues d'huiles essentielles : séparation, identification et mode d'action. Thèse de Doctorat. Université De Corse-Pasquale Paoli, Ecole Doctorale Environnement Et Société UMR, CNRS. 2010.
- [10] Hamimed, Caractérisation chimique des principes à effet antidermatophyte des racines d'*Adnacyclus pyrethrum* L. Mémoire du Diplôme de Magister en Chimie organique. Université Mentouri Constantine, Faculté des Sciences Exactes, Algérie, 2009.
- [11] P. Duquenois, "L'utilisation des huiles essentielles en pharmacie, leur normalisation et l'Europe du médicament", *Parf Cosm Sov*, vol.11, pp. 414-418, 1968.
- [12] Sell, The Chemistry of Fragrance From performer to Consumer. Royal Society of Chemistry. Cambridge. 2nd Edition, pp. 1-363, 2015,
- [13] J. Kaloustian, J. Chevalier, C. Mikail, M. Martino, L. Abou, M-F Vergnes, "Etude de six huiles essentielles: composition chimique et activité antibactérienne". *Pharmacognosie*, vol. 6, pp. 160-164, 2008.
- [14] M. Benabderrahmane, M. Benali, H. Aouissat, M.-J. Jordan Bueso, "Activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Pistacia atlantica* Desf. De l'Algérie", *Phytothérapie*, vol. 7, pp. 304-308, 2009.
- [15] Y. Ez zoubi, F. EL-Akhal, S. Berrada., S. Maniar, H. Bekkari, A. El Ouali Lalami, "Struggle against Bacterial Diseases: Chemical Composition and Antimicrobial activity of the Essential Oil of *Lavandula stoechas* L. From Morocco", *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, vol. 36, no. 2, pp. 99-104, 2016.
- [16] S. Cosentino, C.I. Tuberoso, B. Pisano, M. Satta, V. Mascia, E. Arzedi, F. Palmas, "In-vitro antimicrobial activity and chemical composition of *Sardinian Thymus* essential oils", *Lett Appl Microbiol*, vol. 29, no. 2, pp. 103-105, 1999.
- [17] Laib, Etude des activités antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis* sur les moisissures des légumes secs. Magister en Sciences Alimentaires, Université Mentouri Constantine, Institut de la nutrition, de l'alimentation et des technologies argo-alimentaires, Algérie, pp.24, 2011.
- [18] E. Yayi-Ladekan, D.S. Kpoviessi. F. Gbaguidi, B.G. Kpadonou-Kpoviessi, J. Gbenou, C. Jolival, M. Moudachirou, G.C. Accrombessi, et J. Quetin-Leclercq, "Variation diurne de la composition chimique et influence sur les propriétés antimicrobiennes de l'huile essentielle de *Ocimum canum* Sims cultivé au Béni", *Int. J. Biol. Chem. Sci*, vol. 5, no. 4, pp. 1462-1475, 2011.
- [19] M., Cheurfa, R. Allem, R. Sebahia, Belhireche S. "Effet de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* sur les bactéries pathogènes responsables de gastroentérites. *Phytothérapie*, vo. 11, no. 3, pp. 154-160, 2013.
- [20] A. El Ouali Lalami., F. El-Akhal, W. Ouedhiri, F., Ouazzani C., R. Guemmouh, H. Greech, "Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de deux plantes aromatiques du centre nord marocain : *Thymus vulagris* et *Thymus satureioidis* ", *Les technologies de laboratoire*, vol 8, no. 31, pp. 27-33, 2013
- [21] L. Sidali, M. Brada, M-L. Fauconnier., G. Lognay, "Composition chimique et activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* du Nord d'Algérie", *PhytoChem & BioSub Journal*, vol. 8, no. 3, pp. 156-161.

- [22] N. Chahboun, A. Esmail, H. Abed, M. Barrahi, R. Amiyare, M. Berrabeh, H. Oudda, M. Ouhssine, "Evaluation de l'activité bactériostatique d'huile essentielle de la *Lavandula Officinalis* vis-à-vis des souches d'origine clinique résistantes aux antibiotiques", *J Mater Environ Sci*, vol. 6, no. 4, pp. 1186-1191, 2015.
- [23] J. Pellecuer, J.L. Roussel, C. Andary, "Propriétés antifongiques comparatives des essences de trois Labiées méditerranéennes : romarin, sarriette et thym", *Travaux de la Société de pharmacie de Montpellier*, no. 3, pp. 584, 1973.
- [24] C. Hilan, R. Sfeir, D. Jawish, S. Aitour, "Huiles essentielles de certaines plantes médicinales libanaises de la famille des Lamiaceae", *Lebanese Science Journal*, vol.7, no.2, pp.13-22, 2006.
- [25] M. Kempf, M. Eveillard, F. Kowalczyk, E. Rossines, G. Panhelleux, M. L. Joly-Guillo, "Etude de la sensibilité de 224 bactéries isolés d'infections hospitalières vis à vis des composés JCA 250 et JCA 251 à base d'huiles essentielles issus de la recherche Aroma Technologies", *Pathologie Biologie*, vol. 59, pp. 39-43, 2011,
- [26] N. Mansouri, B. Satrani, M. Ghanmi, L. El Ghadraoui, A. Aafi, A. Farah, "Valorisation des huiles essentielles de *Juniperus thurifera* et de *Juniperus oxycedrus* du Maroc". *Phytothérapie*, vol. 8, pp. 166-170, 2010.
- [27] A.C. Aprotosoiaie, A.D. Spac, M. Hancianu, A. Miron, V.F. Tanasescu, V. Dorneanu, U. Stanescu, "The chemical profile of essential oils obtained from fennel fruits (*Foeniculum vulgare* Mill.)". *FARMACIA*, vol. 58, no. 1, pp. 46-54, 2010.
- [28] M. Zohary, P.H. Davis, "In vitro antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils and various Extracts of *Thymus eigii*", *J Agric Food Chem*, vol. 52, pp. 1132-1137, 2004.
- [29] N. Zayyad, A. Farah, J. Bahhou, "Analyse chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles des trois espèces de Thymus : *Thymus zygis*, *T. algeriensis* et *T. bleicherianus* Chemical analysis and antibacterial activity of essential oils from three species of Thymus : *Thymus zygis*, *T. algeriensis*, and *T. bleicherianus*". *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, vol. 83, pp. 118-132, 2014.
- [30] A.C. Jamali, A. Kasratia, K. Bekkouchea, L. Hassanib, H. Wohlmuthc, D. Leachc, A. Abbada "Phenological changes to the chemical composition and biological activity of the essential oil from Moroccan endemic thyme (*Thymus maroccanus* Ball) ". *Industrial Crops and Products*, vol. 49, pp. 366 – 372, 2013.

Spatial distribution and contamination assessment of trace metals in agricultural soils around Sidi Ahmed Pb-Zn abandoned mine, Tunisia

J. Ayari¹ and A. Charef²

¹National Office of Mines, La Charguia I, 3023, Tunisia

²Centre de Recherche et de la technologie des Eaux, BP 273 Soliman 2080, Tunisia

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

ABSTRACT: The spatial distribution, source identification and contamination assessment of trace metal contents in the agricultural soils around Sidi Ahmed Pb-Zn abandoned mine, Northern Tunisia, were investigated using statistical methods, pollution indicators and geographic information system (GIS) mapping techniques. A total of 7 soil tailing samples, 54 agricultural topsoil samples and 9 background topsoil samples were collected. The concentrations of As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn and Zr were then analyzed. The tailings samples are extremely rich in trace metals. The maximum concentrations in the tailings were 635.4, 618.2, 156.3, 713.8, 59989 and 91691 mg.kg⁻¹ for As, Cd, Cu, Hg, Pb and Zn, respectively. Statistical methods (descriptive statistics, Pearson's correlation coefficient analysis, principal component analysis, and cluster analysis) indicate that As, Cd, Cu, Pb, and Zn concentrations in agricultural soils around mining site are indicators of anthropogenic pollution, whereas Cr, Ni and V contents are mainly controlled by natural source in the environment. Multivariate geostatistical analyses demonstrate that the hot-spot areas of metal contamination appeared closely to the tailings, indicating that the toxic elements could be dispersed, both downstream and downslope from the tailings, possibly due to surface run-off and strong winds. Spatial distribution of the potential ecological risk index (RI) shows that only 8.4 hectares around mining area have considerable potential ecological risk.

KEYWORDS: Trace metal, Agricultural soils, spatial distribution, Contamination assessment, Statistical methods, GIS mapping technique.

1 INTRODUCTION

Pollution of agricultural soils with trace metals due to mining activities is of great concern in northern Tunisia [1], [2]. Extraction of metals from sulfide minerals generated significant amount of waste tailings with elevated concentrations of potentially toxic metals (e.g. Cu, Zn, Cd, and Pb) [3], [4], [5]. Most of the mining wastes were deposited in inadequate facilities or were simply released in the nearest water course. Trace elements contained in the residues from mining and metallurgical operations are often dispersed, included in particulate material or in aqueous solution by wind and/or water after their disposal [6], [7]. In semi-arid environments, such as found in northern Tunisia, the spreading of metal contamination from mining waste is often enhanced by trace winds and intense rainfall during the short rainy season [8], [9], [10], [11]. As a result large pollution of surface water, sediments and agricultural soils has taken place.

Trace metal contamination of agricultural soils surrounding the mining areas is a serious environmental problem because they have the potential to be accumulated in less soluble forms, transferred into soil solution and subsequently deteriorate the groundwater and crop quality. The food crops constitute an important source of human oral exposure to metals ([12], [13]. According to Wong [14], the monitoring of metal levels in agricultural soils is of great importance for protecting its quality and ensuring future sustainability.

The pollution indicators (Enrichment factor (EF) and geo-accumulation index (I_{geo})) and the potential ecological risk index (RI) have been increasingly used to define the pollution degree of the metals and their potential ecological risk, respectively

[15], [16], [17]. Statistical methods (descriptive statistics, Pearson's correlation coefficient analysis, principal component analysis, and cluster analysis) and Geographic Information System (GIS) techniques have been increasingly used to identify contamination sources and delineate the areas at hazard of contamination [18], [19], [20], [21], [22]. In this context, the main objectives of present study were (1) to determine the concentration and distribution of trace metals in agricultural soils around the Sidi Amed Pb/Zn closed mine; (2) to identify the possible sources of trace metals; and (3) to assess the trace metal contamination in soils.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY AREA

Sidi Ahmed Pb/Zn mine belongs to the Nefza mining district sited in northern Tunisia. It has a humid Mediterranean climate with an annual average precipitation of 716 mm, occurring mostly during winter and autumn as trace storms. The annual average temperature is 19.9 °C, while the average minimum and maximum temperatures are 4.7 °C in February and 36.7 °C in August, respectively. The prevailing winds are from West to North West with a speed of 31 m/s.

The main flow direction of drainage systems guided by the topographic slope of the mine area is from southeast to northwest.

Sited in northern Tunisia, the study area belongs to the Nappe Zon, characterized by allochthonous thrust sheets composed by Numidian clays and sandstones, resulting from a major Neogene tectonic event [23]. Nappe pile in the study area is formed by the Kasseb and Ed Diss thrust sheets (Upper Cretaceous to Eocene) which consist of alternating marls and limestones (Fig. 1). As the entire of northern Tunisia, the soil in the vicinity of Sidi Ahmed mine is generally calcimagnesian and the dominant agricultural crops are cereals.

The Sidi Ahmed Pb–Zn mine complex consists of several mines exploited in veins [24]. The latest resulted from NNE–SSW, NW–SE and E–W faults, and locally from fillings of stratification joints. The original ore deposit mainly consists of galena, sphalerite, cerussite and smithsonite hosted in hard carbonate of lower Maastrichtian formations. Pyrite occurs as accessory mineral. The ore valorization process used, include crushing, grinding operations and flotation procedure using organic matter. The Sidi Ahmed mine was extensively exploited from 1890 until 1951 and produced over 26 200 t of Zn and 10 000 t of Pb. However, upon closure of this mine, tailings with elevated levels of toxic elements including Pb, Zn, Cd, As, Cu and Hg, were dumped along local oued without any refinement. These toxic elements have a potential to contaminate soils, sediments and water by clastic movement through wind and water.

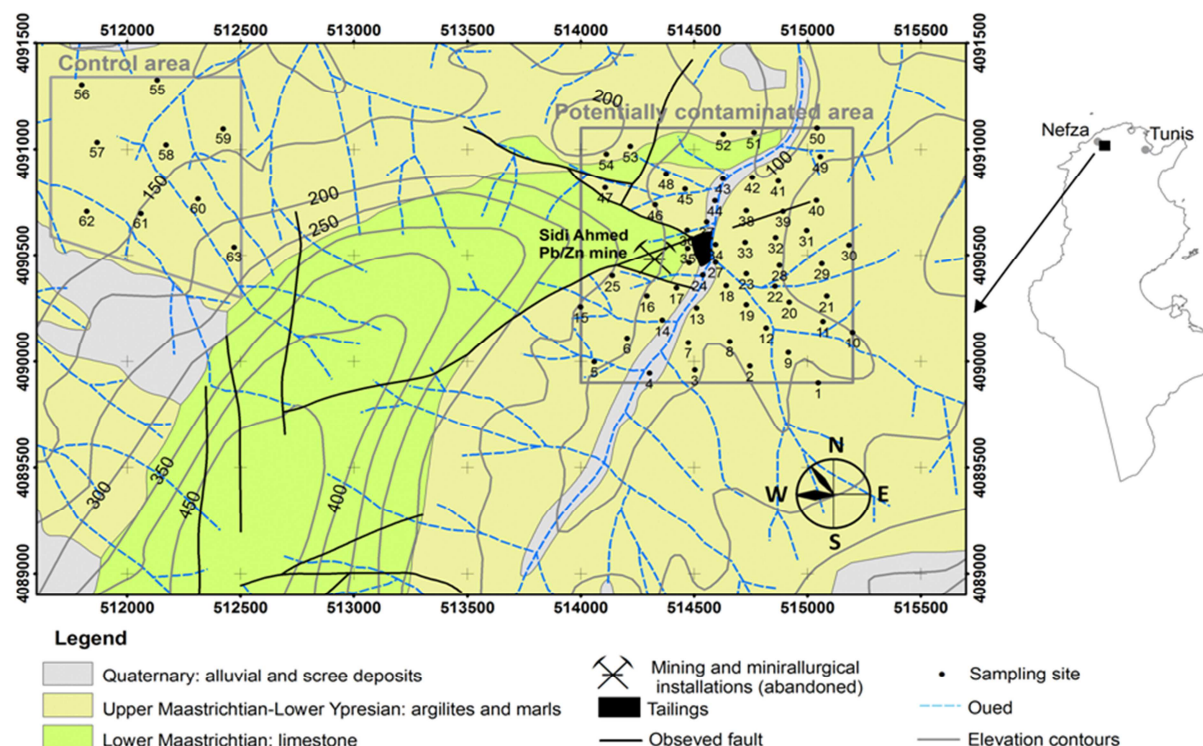


Fig. 1. Geological map (from Rouvier 1987) of Sidi Ahmed mining district with the position of agricultural topsoil and control samples

2.2 SAMPLING AND CHEMICAL ANALYSES

The geochemical survey was conducted in 2013 by the National Office of Mines (Tunisia). In the study area three types of samples were collected with taking into consideration the accentuated relief and the position of potential pollution sources. 7 mine waste samples were taken from mine tailings that is assumed as source of pollution, 54 agricultural topsoil samples were collected nearby the mine waste and 9 control topsoil samples were taken from the opposite site of the mine location which were assumed to represent the background concentration of investigated elements (Fig. 1). Samples from the surface soil were taken at depths of 0-20 cm. For each sampling site, three sub-samples were collected and mixed to form one composite sample using a stainless steel shovel. Geographic coordinates of the sampling points were determined using a global positioning system.

To determine trace metals concentrations, the soil and tailings samples were air-dried, sieved to <2 mm and crushed manually in an agate. Then the solid samples were digested in a triacid (HClO_4 , HF and HNO_3) solution to determine the concentrations of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn and Zr. The As and Hg contents were determined after digestion in Teflon beakers with a mixture of nitric acid (HNO_3) and hydrochloric acid (HCl) using hot plate. Total concentrations of As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn and Zr in the digested solution were measured by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES: Ultima C of HORIBA-JOBIN YVON) at the Office National des Mines in Tunis. The limits of detection for examined metals were: 0.5 mg kg^{-1} (As); 0.05 mg kg^{-1} (Cd); 0.5 mg kg^{-1} (Cr); 0.1 mg kg^{-1} (Cu); 0.5 mg kg^{-1} (Hg); 0.5 mg kg^{-1} (Ni); 0.5 mg kg^{-1} (Pb); 0.5 mg kg^{-1} (Zn) and 0.5 mg kg^{-1} (Zr). All analyses were taken in duplicate and mean values were adopted.

2.3 STATISTICAL ANALYSIS

Descriptive statistical parameters, involving minimum, maximum, mean, standard deviation, coefficient of variation, Skewness and Kurtosis, were implemented to characterize the distribution of trace metal contents in soil. Box-and-whisker plots were also generated for displaying the data distribution. For the box-plots, the length of the box indicates the interquartile range whereas the horizontal line within each box represents the median value.

Since principal multivariate statistical analyses are sensitive to outliers and non-normality of geochemical data sets [25], log-transformation and Box-Cox transformation [26] were performed. The Kolmogorov–Smirnov (K–S) test was used for checking data normality.

The multivariate statistical techniques through Pearson's correlation analysis, principal component analysis (PCA) and cluster analysis (CA) were applied to identify the possible sources of trace metals in the surface soils. Correlation coefficients significant at the 0.01 level are chosen for the Pearson's correlation analysis. The PCA and CA were implemented to further identify metals having similar distribution patterns. The PCA was performed with varimax rotation, in order to facilitate the interpretation of results. The CA was performed using Ward method [27] with squared Euclidean distances. The results are reported in the form of dendrogram providing a visual summary of the clustering processes. All the statistical analyses were realized using SPSS software version 20.0.

2.4 CONTAMINATION ASSESSMENT METHODS

Enrichment factor (EF), geo-accumulation index (I_{geo}) and potential ecological risk index (RI) were implemented to assess trace metal contamination in soil located near and surrounding the Sidi Ahmed mine. These soil contamination indicators are calculated with respect to local background. In this paper, background values were estimated from the mean concentrations of the trace metals in soil samples taken far from the mining wastes in area that has a similar lithology, soil horizons and vegetation.

Enrichment factors (EF) of trace metals were used to distinguish the anthropogenic and natural metal sources occurring and to determine the pollution degree [28], [29].

The EF of individual trace metal in the soil was calculated by equation given below:

$$EF = (C_x/C_r)/(B_x/B_r)$$

where C_x and C_r are the concentrations of the target metal and the reference metal, respectively; B_x and B_r are the background concentrations of the target metal and the reference metal. In this paper, background values were estimated from the mean concentrations of the trace metals in unaffected soils of the studied area.

We select Zirconium (Zr) as a reference element, because it's relative stability on the earth and its high chemical stability during the weathering process. Generally, most of Zr minerals accumulate in placer deposits, small quantity takes part in sedimentation circulation and it absorbed by clay minerals [30]. The mean of metal concentration in the control soils were used as the geochemical background concentration of the metals. The degree of pollution deduced from the enrichment factor values was defined by Sutherland [31] (Table 1).

Geo-accumulation index (I_{geo}) firstly introduced by Müller [16] is equally used to evaluate the level of trace metal contamination in each sample by comparing current and pre-industrial concentrations. Geo-accumulation index is expressed by the following formula:

$$I_{geo} = \log_2(C_x/(k \times B_r))$$

Where C_x is the content of metals in examined sediment sample, B_r is the background content of the metal and k is the background matrix correction factor. Loska [32] proposed a factor of 1.5 for the correction of lithospheric effects and small anthropogenic influences.

Table 1 shows the seven classes of contamination level related to the geo-accumulation index, as described by Müller [16].

The potential ecological risk index (RI), presented by Hakanson [17], is used to assess the degree of HMs pollution in soil according to the toxicity of the trace metals and the response of the environment. The RI was calculated as the sum of risk factors of the trace metals, it expressed by the following equation:

$$RI = \sum_{i=1}^n E_i$$

Where, E_i is the single risk factor for trace metal i and is defined as:

$$E_i = T_i \frac{C_i}{B_i}$$

Where, T_i is the toxic-response factor for trace metal i as calculated by Hakanson [17] and Xu et al. (2008), i.e., $Hg = 40$, $Cd = 30$, $As = 10$, $Pb = Cu = Ni = Co = 5$, $Cr = V = 2$, $Zn = 1$; C_i is the measured concentration of the metal i and B_i is the background value of the metal in soils. Hakanson [17] defined four levels of ecologic risk index RI, as shown in Table 1.

Table 1. Degree of contamination by metals according to soil indices. EF-enrichment factor (Sutherland (2000); Igeo-geoaccumulation index (Müller, 1969); RI-potential ecological risk index (Hakanson, 1980).

Index	Value	Degree of contamination
EF	> 40	extremely high enrichment
	20-40	very high enrichment
	5-20	significant enrichment
	2-5	moderate enrichment
	< 2	depletion to minimal enrichment
Igeo	> 5	extremely contaminated
	4-5	strongly to extremely contaminated
	3-4	strongly contaminated
	2-3	moderately to strongly contaminated
	1-2	moderately contaminated
	0-1	uncontaminated to moderately contaminated
	< 0	Uncontaminated
RI	>600	very high ecological risk
	300-600	considerable ecological risk
	150-300	moderate ecological risk
	< 150	low ecological risk

2.5 GEOCHEMICAL MAPPING

The first step in the spatial analysis was the creation of the digital geological map of the studied area by digitalizing the 1/50000 Nefza geological map [33]. The obtained map was then overlaid with other thematic maps such as stream networks and mine waste maps. The coordinate locations of sampling soil samples, the trace metal contents and the contamination indices values were also intergraded in geo reference information system (GIS) database.

The GIS mapping technique was employed to produce the spatial distribution maps of elemental concentrations and environmental indices (EF, Igeo and RI). The inverse distance weighting (IDW) interpolator method was used for gridding the geochemical data. This technique is exact deterministic interpolator that requires very few decisions regarding model parameters as it uses distances inter sample distances only. In this study, a power and number of neighboring samples equal to 1 and 6, respectively, were chosen to clearly underline spatial variation and spatial patterns of the pollution. The ArcGIS software developed by ESRI, was used for the geochemical data gridding and mapping.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 DESCRIPTIVE STATISTICS

The descriptive statistics of the trace metal concentrations in the agricultural soils around mining site, control soil and tailings are presented in Table 2. High levels of trace metals were identified in tailing samples, with maximum contents of 635.4, 618.2, 156.3, 713.8, 59989 and 91691 $mg\ kg^{-1}$ for As, Cd, Cu, Hg, Pb and Zn, respectively. These values are significantly higher than those in uncontaminated soil (He et al. 2005), and also higher than the ranges of maximum allowable concentrations (MAC), which are considered as phytotoxically excessive [34]. Thus, tailing was considered as a potentially point contamination source of trace metals in the mine area.

The mean concentrations of all traces elements in control soil samples are close to the mean of worldwide soils [35] of 5.5, 0.26, 71.9, 14.3, 42.9, 30, 92, 61, and 54 $mg\ kg^{-1}$ for As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn and Zr, respectively (Table 2). All these metal contents are characterized by minimum values of coefficient of skewness and kurtosis, showing a homogeneous distribution and it is most probable that the origin of these elements isn't anthropogenic and it is predominantly lithogenic.

Therefore, the background values of the studied soils were estimated as mean concentration of As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn and Zr in control soils.

The mean concentration values of As, Cd, Cu, Pb, and Zn in agricultural topsoil samples around Sidi Ahmed mine are notable superior than their correspond concentrations found in control soil samples, while the Cr, Ni and V concentrations are comparable to their background (Table 2). The similarity of concentrations for the last elements (Cr, Ni and V) between agricultural soils samples and control samples suggests the influence of local geochemistry and regional soil characteristics, indicating natural source.

The coefficient of variation (CV) values of As, Cd, Cu, Pb, and Zn concentrations are very high indicating a significantly variation of these metal contents from site to site. Moreover, the concentrations of these elements were strongly positively skewed, with skewness values considerably higher than 1, showing the existing of some extremely high concentration values indicative of heterogeneous spatial distribution of these metal in agricultural soils.

The box plots for the concentrations of As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn and Zr are shown in Fig. 2. According to the results of Fig. 2, it is clear to see that As, Cd, Cu, Pb, and Zn have numerous outliers, which are located around mine wastes (Fig. 1). The results suggest that the elements would have a higher possibility of being influenced by anthropogenic inputs.

Table 2: Descriptive statistic of the trace metal concentrations mg kg^{-1} of tailing, control and agricultural soil samples

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	V	Zn	Zr
Tailing samples (n=7)										
Min	368.2	409.3	68.4	100.4	478.6	25	31236	93.1	53153	52.4
Max	635.4	618.2	92.3	156.3	713.8	48.6	59989	114.4	91691	61.7
Mean	518.5	500.4	79.2	127.3	608	41.7	46137	100.8	71894	56.6
Standard deviation	86.9	72.3	9.1	19.8	84.6	7.7	11015	7.1	14171	3.2
Coefficient of variation (%)	16.8	14.5	11.5	15.6	13.9	18.5	23.8	7	20	5.7
Skewness	-0.6	0.2	0.3	0.3	-0.5	-2.0	-0.1	1.1	0.1	0
Kurtosis	0.5	0	-1.3	-0.9	-0.9	4.5	-1.8	1.2	-1.5	-1.2
Control soil samples (n=9)					< BLD ^d					
Min	3.3	0.2	62.4	11.7		36.4	26.3	74.2	49.8	51.4
Max	7.8	0.3	84.3	17.8		46.7	37.8	113.5	77.9	55.6
Mean	5.5	0.3	72	14.3		43.0	30.0	92.0	61.0	54.0
Standard deviation	1.5	0	6.8	2		3.8	3.5	10.3	9.9	1.4
Coefficient of variation (%)	27	18.7	9.5	14.2		8.7	11.7	11.2	16.2	2.5
Skewness	-0.2	-0.1	0.4	0.6		-1.0	1.4	0.6	0.8	-0.9
Kurtosis	-0.8	-1	-0.2	-0.6		-0.3	2.4	2.9	-0.6	0.3
Agricultural soil samples (n=54)					< BLD ^d					
Min	3.4	0.1	65.1	10.9		27.4	9.6	74.5	32.4	52.4
Max	24.1	3.6	84.2	53.6		51.3	716.6	105.2	1 152.9	58.3
Mean	7.9	0.6	74.7	20.3		40.8	106.5	91.4	185.7	55.1
Standard deviation	5.1	0.9	5.8	11.2		6.8	157.7	7.3	246.8	1.7
Coefficient of variation (%)	64.2	141.8	7.8	55.2		16.6	148.1	8	132.9	3.1
Skewness	1.8	2.2	-0.1	1.7		-0.5	-0.3	2.1	2.4	0.0
Kurtosis	2.2	3.8	-1.3	1.7		-1.3	-0.6	3.6	5.0	-1.3
Mean of worldwide soils ^a	9.36	0.06	20-200	20	0.03	40	10-150	90 ^c	10-300	-
MACs for trace elements in agricultural soils ^b	15-20	1-5	20-200	60-150	0.5-5	20-60	20-300	150	100-300	-

^a He et al. (2005), ^b Kabata-Pendias and Mukherjee (2007), ^c Pais and Benton Jones. 1997, ^d < BLD: below limit of detection

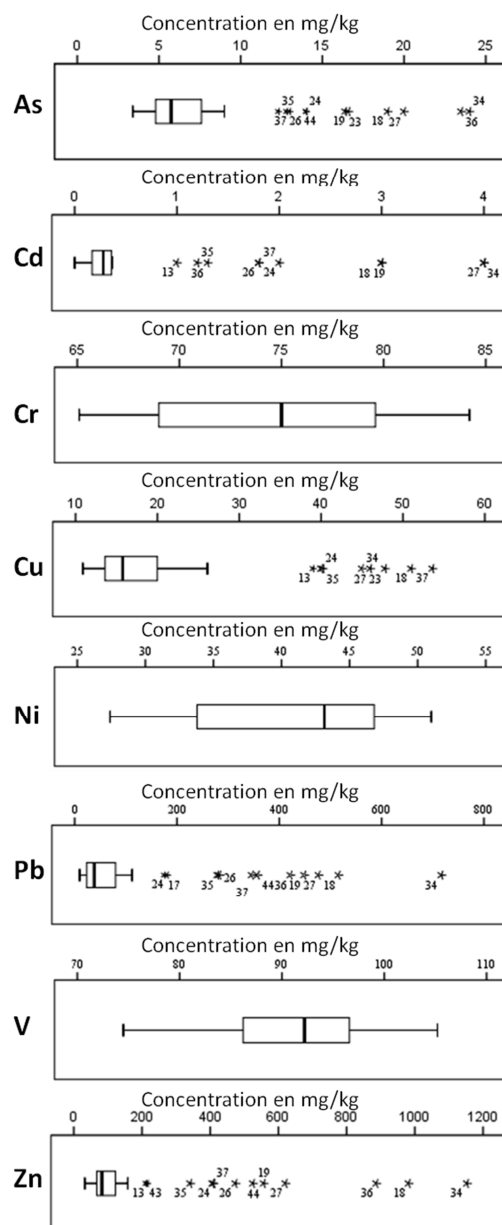


Figure 2. Box plots for the concentration of selected elements in topsoil (mg kg⁻¹)

3.2 SPATIAL DISTRIBUTION

The spatial distribution of As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, V, and Zn in the topsoil are represented in **Fig. 3** using contour maps based on IDW interpolator gridding. The distributions of As, Cd,

Cu, Pb and Zn, share a similar pattern (Fig. 3). The hot-spot zones of these elements are mainly associated with the mine area especially close to the mine wastes (Fig. 3). These high concentrations decreased with increasing distances from the mine waste sites. The distribution patterns observed for Cr, Ni and V were distinctly different from the trace elements discussed above (Fig. 3). The concentrations of these elements are distributed randomly and are close to, or slightly superior to their corresponding background values, reflecting a major natural lithologic source.

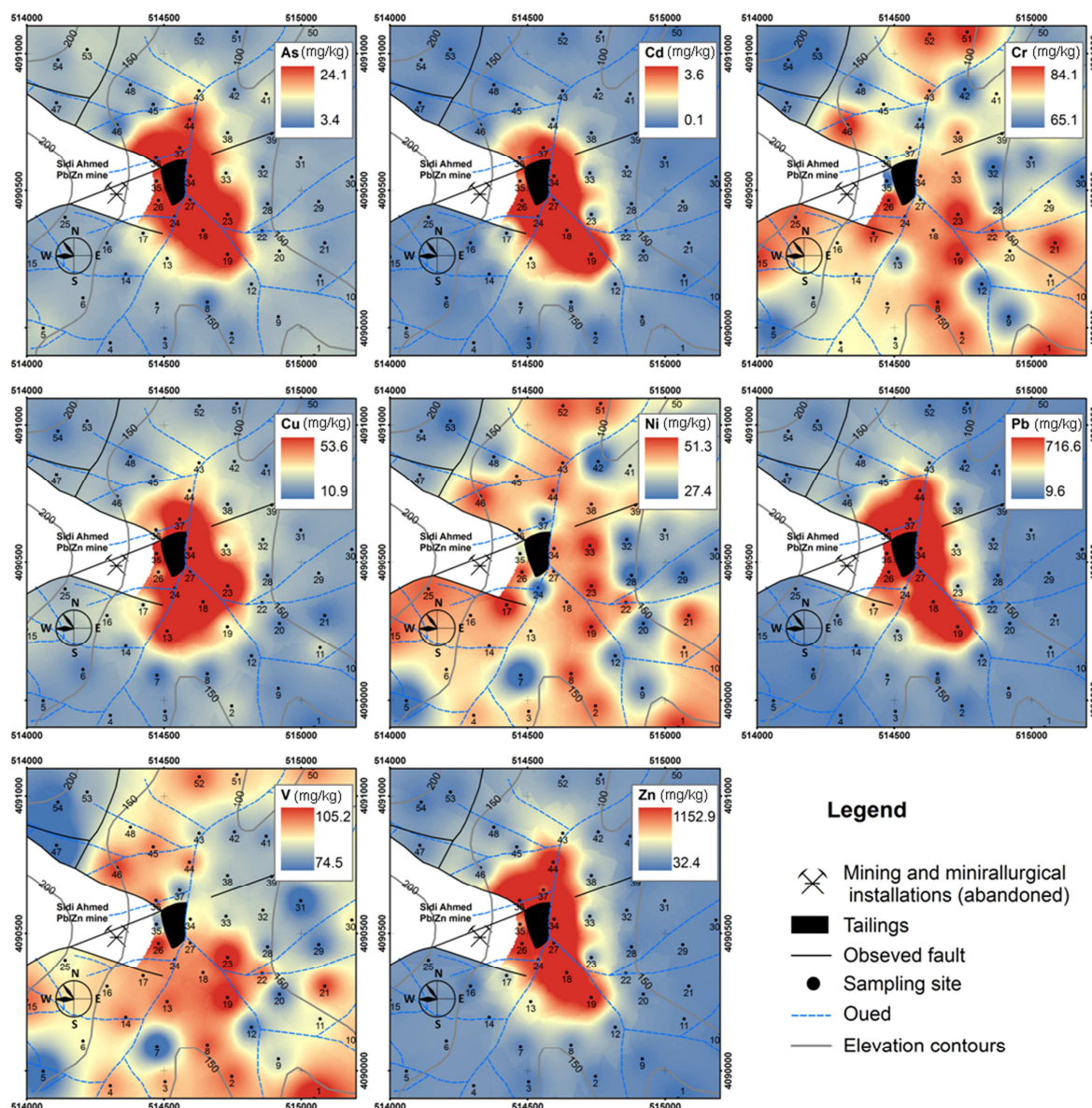


Figure 3. Spatial distribution of trace metals in the topsoil

3.3 POLLUTION ASSESSMENT

Fig. 4 shows the EF maps of As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, V, and Zn. The results show that the EF values of Cr, Ni and V are less than 2 indicating deficiency to minimal enrichment levels (class 1) of these metals (Fig. 4). From the EF maps of As, Cd, Cu, Pb and Zn two different zones are distinguished. The first zone, sited close to the mining wastes, is characterized by relatively high but homogeneous EF values for As, Cd, Cu, Pb and Zn; suggest that the distribution pattern of these elements could be influenced by anthropogenic sources. The second zone, around the first one, shows low EF values for the target trace elements, reflecting weakly enrichment. The dissimilarity between the two domains can be explained by the presence of tailings. Toxic elements contained in tailings could be dispersed, both downstream and downslope from the tailings, possibly due to surface run-off and strong winds.

The geo-accumulation index maps of metals are represented in Fig. 5. From Fig. 5, it can be seen that the repartition patterns reveled by the enrichment factor maps are observed in the geo-accumulation index maps. Thus, the zones describe previously are conserved with generally same shapes and trends. The Igeo values of Cr, Ni and V are very low in the entire of study area, reflecting practically unpolluted elements. The area close to mining wastes shows the highest Igeo values of As, Cd, Cu, Pb and Zn. The remaining area exhibits low Igeo values for the target elements.

The potential ecological risk index (RI) was calculated to assess pollution by multiple trace metals in the topsoil. The spatial distribution of the potential ecological risk index in the agricultural soils is shown in **Fig. 6**. It can be seen from the map that the highest RI values were located around tailings, which was consistent with the PCA. The RI values for the remaining area were less than 300, suggesting that most areas had low to moderate ecological risk from the investigated trace metals. The polluted zone surface (8.4 hectares) of considerable potential ecological risk is relatively insignificant on comparison to the unpolluted zone surface.

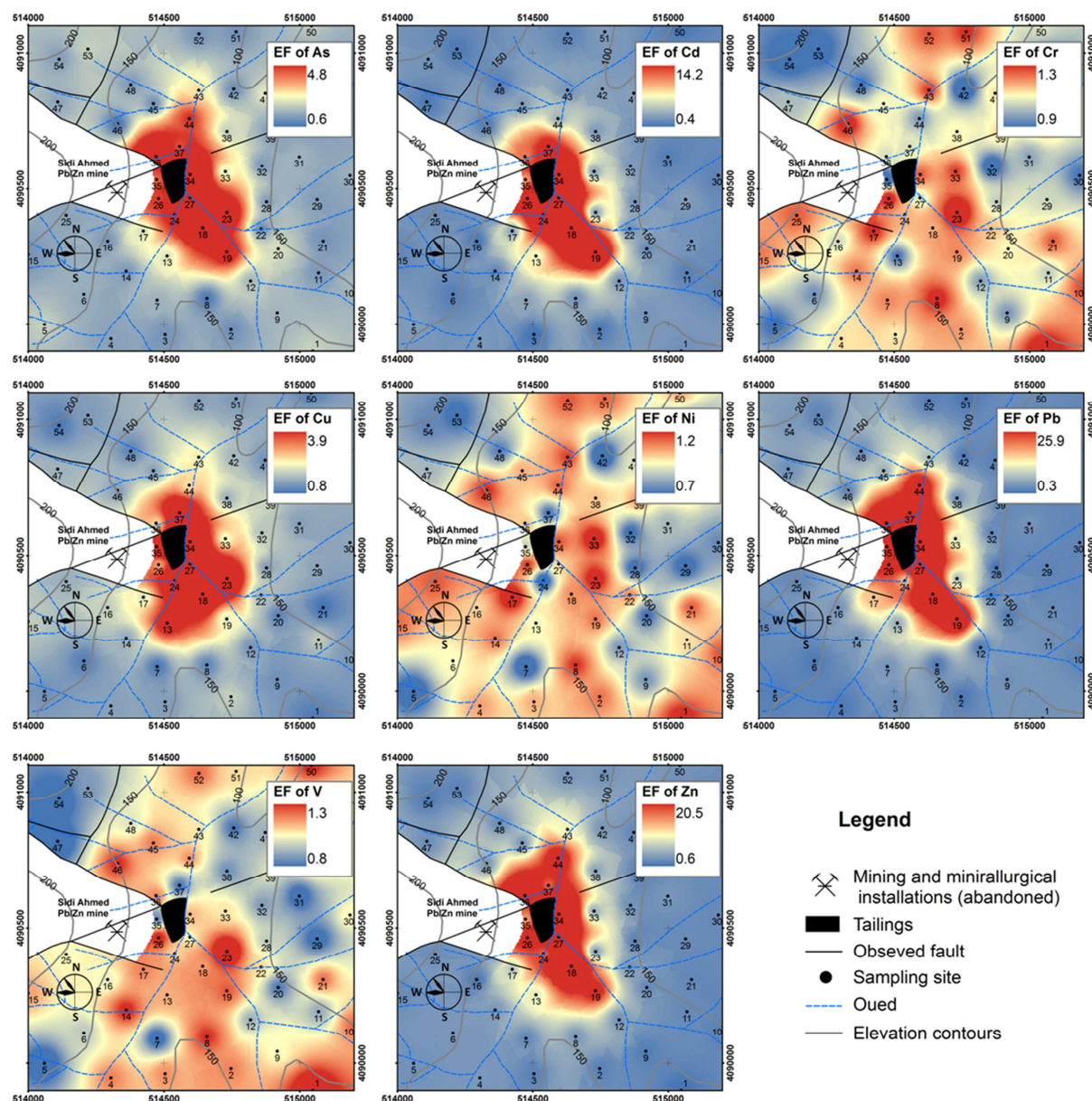


Figure 4. Spatial distribution of enrichment factor (EF) for trace metals in the topsoil

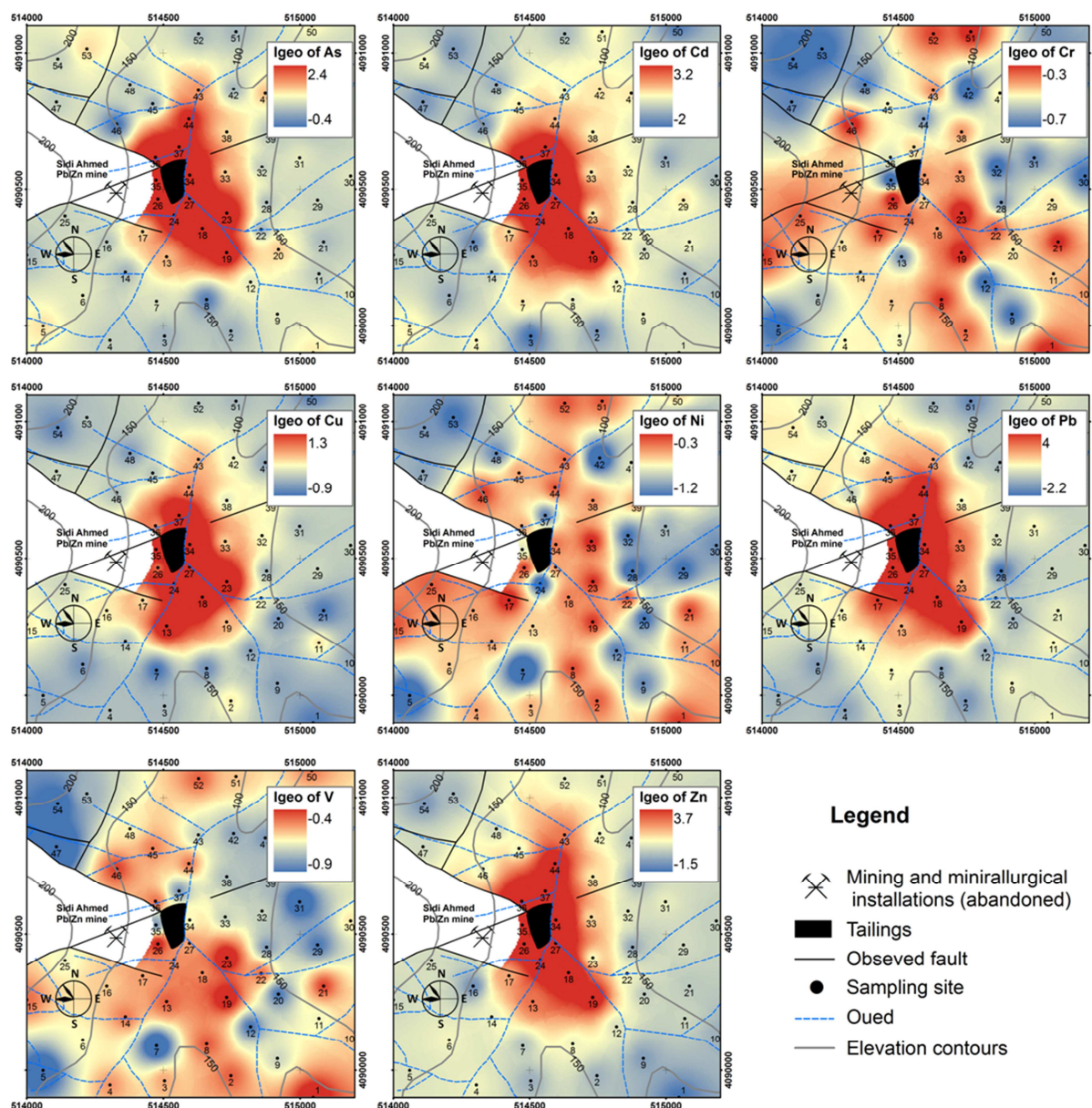


Figure 5. Spatial distribution of geo-accumulation index (I_{geo}) for trace metals in the topsoil

3.4 SOURCE IDENTIFICATION

To identify the possible sources of metal contamination, multivariate statistical analyses were carried out using the correlation coefficient, principal component analysis (PCA) and Hierarchical cluster analysis (HCA). The statistical distribution of raw data was checked with the test of Kolmogorov–Smirnov (K–S) for normality with a confidence interval of mean 95%. The application of the K–S test ($p > 0.05$) shows that the concentrations of Cr, Ni and V are normally distributed, while the concentrations of the rest of elements are not normally distributed (table 3). Compared with log-transformation, the Box-Cox transformation (Box and Cox 1964) has made the data more normal. Therefore, Box–Cox transformation was applied to the concentrations of As, Cd, Cu, Pb and Zn before multivariate statistical methods.

CORRELATION MATRIX

Table 4, presents the Pearson's correlation coefficients between investigated metals. There were strong positive correlations between anthropogenic elements (As, Cd, Cu, Pb, and Zn). The strongest correlations were found between the

following element concentration pairs: Cd-Zn, ($r = 0.72$); Cu-Zn ($r = 0.71$); Pb-Zn, ($r = 0.69$); As-Pb, ($r = 0.68$); As-Zn, ($r = 0.68$). Another strong relationship was found between Cr, Ni and V ($r > 0.65$).

The highly positive correlations between As, Cd, Cu, Pb, and Zn with elevated concentrations suggest that these trace metals had similar pollution levels and similar pollution sources. Moreover, the strong positive correlations between Cr, Ni and V ($r > 0.65$) together with relatively low concentrations, suggest that these elements are derived from parent materials.

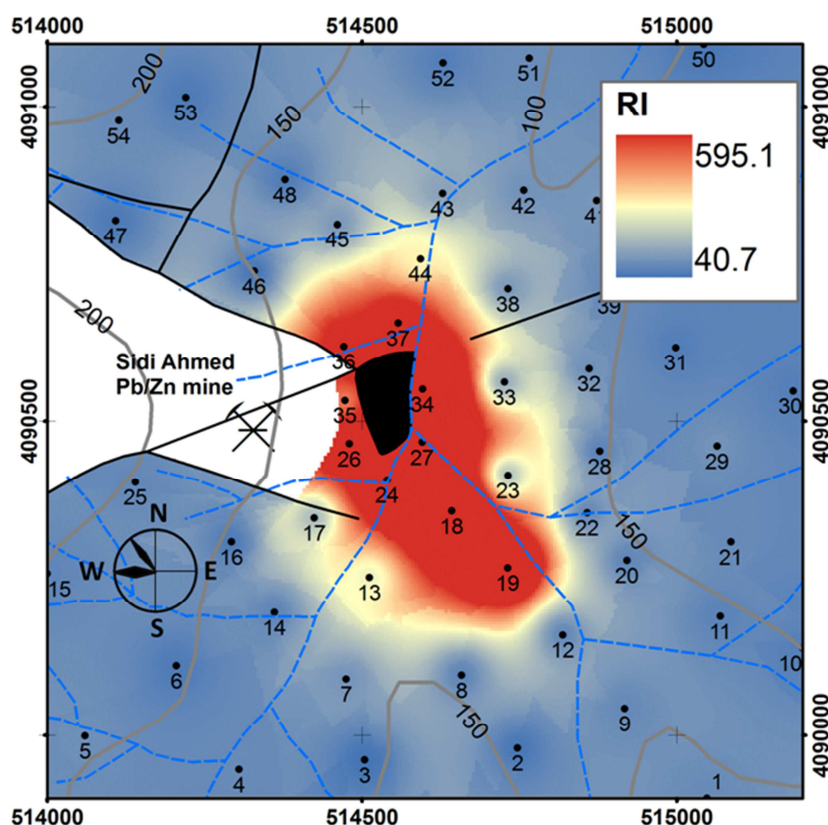


Figure 6. Spatial distribution of the potential ecological risk index (RI) for trace metals in the topsoil

Table 3. Significance level of K-S test for raw, log-transformed and Box-Cox transformed data sets

Data set	Parameter	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
Raw data	K-S p	0	0	0.47	0	0.06	0	0.5	0
Log-transformed	K-S p	0.01	0	0.38	0.06	0.02	0	0.49	0
Box-Cox transformed	K-S p	0.19	0.13	0.32	0.63	0.23	0.18	0.83	0.04
	Lambda	-1.3	-0.6	1.80	-1.5	2.7	-0.5	2.8	-0.7

Table 4. Pearson correlation matrix for trace metal in topsoil

	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V
Cd	0.64						
Cr	0.30	0.14					
Cu	0.61	0.60	0.14				
Ni	0.11	0.03	0.78	0.20			
Pb	0.68	0.62	0.13	0.66	0.23		
V	0.05	0.12	0.65	0.21	0.72	0.21	
Zn	0.66	0.72	0.15	0.71	0.20	0.69	0.19

Bolded values are significant at 0.01 level

PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS (PCA)

Principal component analysis (PCA) was applied as a way to reduce the large number of variables to a few element associations that could be strongly correlated. Table 5 shows the factor loadings of principal components obtained by PCA using the elemental concentrations. The plot of PC loadings is shown in Fig. 7.

Two principal components with eigenvalue higher than 1, were extracted representing a total variance of approximately 76.9 %.

Table 5. Factor loadings, extraction sums of loadings and percentage of variance

Variables	F1	F2
As	0.87	-0.07
Cd	0.85	0.016
Cr	0.05	0.89
Cu	0.82	0.15
Ni	0.072	0.92
Pb	0.85	0.14
V	0.10	0.86
Zn	0.87	0.13
Eigenvalue	3.87	2.27
Variance %	46	30.9
Cumulative %	46	76.9

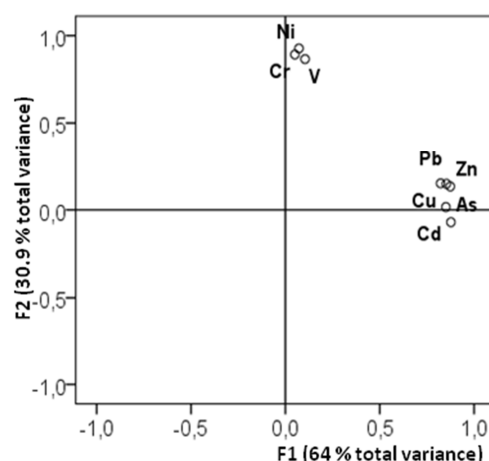


Figure 7. Factor loadings for two principal factors after varimax rotation

The first component (F1) explaining 46 % of the cumulative variance shows high loadings for As, Cd, Cu, Pb, and Zn, reflecting the anthropogenic contamination in the agricultural soils. The second component (F2) explaining 30.9 % of the cumulative variance has elevated loadings for Cr, Ni and V, reflecting the input of parent materials. The PCA is in total agreement with the elemental relationship in correlation matrix.

The spatial distribution of the two factors (F 1 and F 2) is illustrated in Fig. 8. F1 including As, Cd, Cu, Pb and Zn, shows high values in two main areas around mining wastes. The first area is more developed following NW-SE direction that coincides with the predominant NW wind direction and indicates metal dispersion from the tailings by clastic movement through wind. Tailings consisting of very fine ground barren rock with significant quantities of metals found in the host ore are very susceptible to erosion caused by wind. Wind transport of trace metal-rich particles is the important factor influencing the spreading of pollution from tailings to agricultural soils. These results were in agreement with numerous previous studies [36], [37], [38] that had found strong loadings of As, Cd, Cu, Pb, and Zn in single factor, which is interpreted as mining related anthropogenic factor. The Pb–Zn–Cu–As–Cd association is explained by the abundance of galena,

sphalerite, chalcopyrite and arsenopyrite in the mining wastes due to high inefficiency of the extraction method and the concentration process of Pb/Zn ore. According to López-García et al. [39], the arsenopyrite can appear as inclusions and/or bordering the galena mineralization. Hannington et al. [40] had shown that the Cd inclusion in the cluster could be due to the fact that this element can appear associated to sulfide minerals at concentrations greater than 0.1 wt. %. The Cr–Ni–V association may be explained by the influence of parent materials.

For F2 including V, Ni, and Cr, the high values were distributed randomly and mainly originated from the parent soil materials.

The results of Hierarchical cluster analysis (HCA) applied to trace metal contents in the soil are illustrated by a hierarchical dendrogram in **Fig. 9**. Generally, an agreement is clearly distinguished between the HCA and PCA results. Two distinct clusters are distinguished from the dendrogram. The first cluster shows high positive loading for As, Cd, Cu, Pb, and Zn, supporting anthropogenic inputs. The second cluster shows significant weights for Cr, Ni and V, suggesting the influence of natural sources.

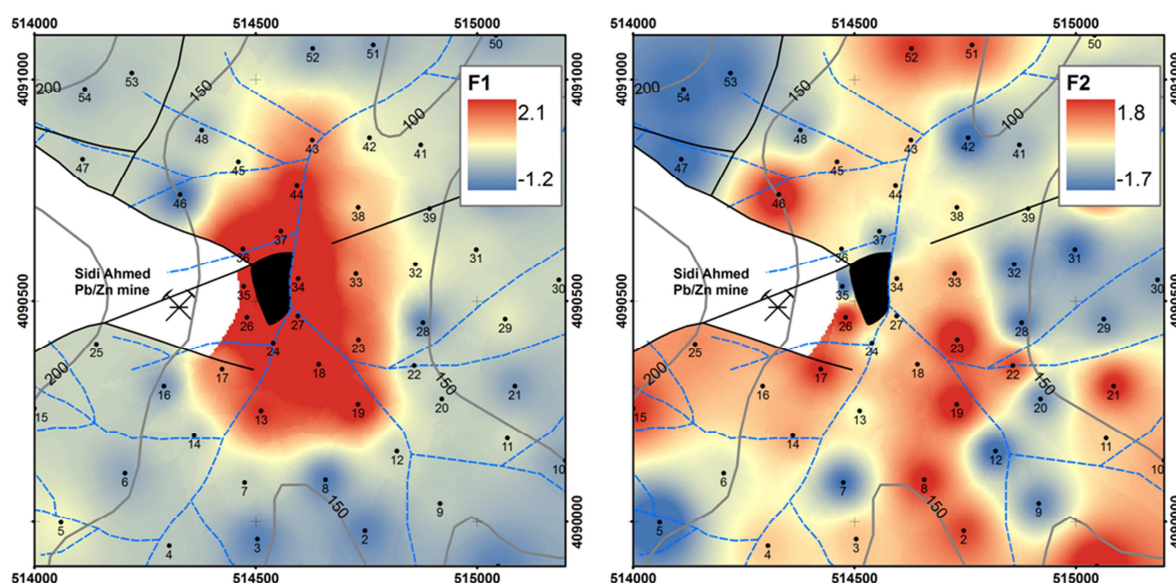


Figure 8. Spatial distribution of the factor score (F1, F2) obtained by factorial analysis

HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS

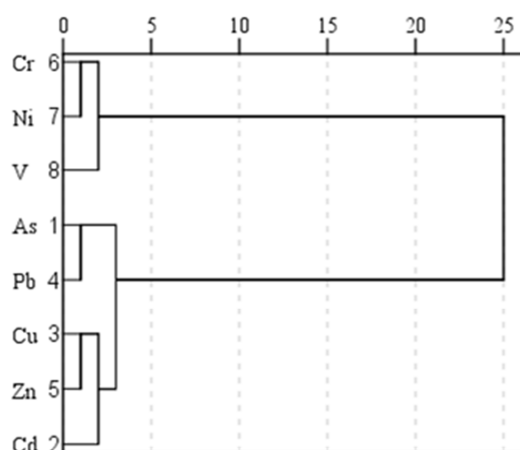


Figure 9. Hierarchical clustering of trace metals in topsoil

4 CONCLUSIONS

Statistical methods and potential ecological risk index (RI) combined with GIS mapping technique were been suggest for the assessment of extension and intensity of soil contamination with toxic elements from the abandoned Sidi Ahmed mine.

High concentrations of As, Cd, Cu, Pb and Zn were found in the tailing and the soils nearest this mining wastes. The contents of these metals decreased as far away from the mine tailing. These elements also have high EF, Igeo and RI values. Cr, Ni and V concentrations are comparable to their background, indicating natural source.

The results of descriptive statistics and multivariate geostatistical analyses in this study agree with each other confirming the presence of two clusters of metals. The first cluster contains Cr, Ni and V which mainly influenced by natural inputs. The second cluster includes As, Cd, Cu, Pb, and Zn which are related to the mining wastes. The spreading of metal pollution from tailings is enhanced by climate factors including wind and hydric transport of particles. The spatial distribution of the RI in agricultural soils shows that only 8.4 hectares of the study area have considerable potential ecological risk.

Tacking in consideration the exploitation and the unexploited periods of the Sidi Ahmed mine of 60 and 75 years, respectively, the surface polluted appear insignificant especially that is surround with agricultural domains of thousands hectares.

This paper may be a basis for future studies including temporal dimension for assessing the evolution of the polluted zone in the Sidi Ahmed site.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by the National Office of Mines (Tunisia). The authors thank Mohamed Arfaoui for his constructive and helpful comments.

REFERENCES

- [1] M. Ghorbel, M. Munoz, P. Courjault-Radé, C. Destrigneville, P. De Parseval, R. Souissi, F. Souissi, A. Ben Mammou, S. Abdeljaouad, "Health risk assessment for human exposure by direct ingestion of Pb, Cd, Zn bearing dust in the former miner's village of Jebel Ressay, NE Tunisia," *European Journal of Mineralogy*, vol. 22, no. 5, pp. 639–649, 2010.
- [2] S. Boussen, M. Soubrand, H. Bril, K. Ouerfelli, S. Abdeljaouad, "Transfer of lead, zinc and cadmium from mine tailings to wheat (*Triticum aestivum*) in carbonated Mediterranean (Northern Tunisia) soils," *Geoderma*, vol. 192, pp.227–236, 2013.
- [3] M. A. Othmani, F. Souissi, M. Benzaazoua, H. Bouzahzah, B. Bussiere, A. Mansouri, "The Geochemical Behaviour of Mine Tailings from the Touiref Pb–Zn District in Tunisia in Weathering Cells Leaching Tests," *Mine Water and the Environment*, vol. 32, pp. 28–41, 2013.
- [4] R. Souissi, F. Souissi, H. K. Chakroun, J. L. Bouchardon, "Mineralogical and Geochemical Characterization of Mine Tailings and Pb, Zn, and Cd Mobility in a Carbonate Setting (Northern Tunisia)," *Mine Water and the Environment*, vol. 32, pp. 16–27, 2013.
- [5] G. Daldoul, R. Souissi, F. Souissi, N. Jemmali, H. K. Chakroun, "Assessment and mobility of trace metals in carbonated soils contaminated by old mine tailings in North Tunisia," *Journal of African Earth Sciences*, vol. 110, pp. 150–159, 2015.
- [6] B. G. Lottermoser, *Mine wastes, Characterization, Treatment, Environmental Impacts* Second ed. Springer, New York, 2007.
- [7] L. Rodriguez, E. Ruiz, J. Alonso-Azcarate, J. Rincon, "Trace metal distribution and chemical speciation in tailings and soils around a Pb–Zn mine in Spain," *Journal of Environmental Management*, vol. 90, pp. 1106–1116, 2009.
- [8] M. C. Navarro, C. Pérez-Sirvent, M. J. Martínez-Sánchez, J. Vidal, P. J. Tovar, J. Bech, "Abandoned mine sites as a source of contamination by trace metals: A case study in a semi-arid zone," *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 96, pp. 183–193, 2008.
- [9] A. Mlayah, E. Ferrera Da Silva, F. Rocha, C. Ben Hamza, A. Charef, F. Noronha, "The Oued Mellègue: mining activity, stream sediments and dispersion of base metals in natural environments, North-western Tunisia" *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 102, pp. 27–36, 2009
- [10] R. Oyarzun, J. Lillo, J. A. Lopez-Garcia, J. M. Esbri, P. Cubas, W. Llanos, P. Higuera, "The Mazarron Pb-(Ag)-Zn mining district (SE Spain) as a source of trace metal contamination in a semiarid realm: geochemical data from mine wastes, soils, and stream sediments," *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 109, pp. 113–124, 2011

- [11] A. El Khalil, L. Hanich, A. Bannari, L. Zouhri, O. Pourret, R. Hakkou, "Assessment of soil contamination around an abandoned mine in a semi-arid environment using geochemistry and geostatistics: Pre-work of geochemical process modeling with numerical models," *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 125, pp. 117–129, 2013.
- [12] Z. Cheng, L. Lee, S. Dayan, M. Grinshtein, R. Shaw, "Speciation of trace metals in garden soils: evidences from selective and sequential chemical leaching," *Journal of Soils and Sediments*, vol. 11, pp. 628–638, (2011).
- [13] P. Liu, H. Zhao, L. Wang, Z. Liu, J. Wei, Y. Wang, L. Jiang, L. Dong, Y. Zhang, "Analysis of trace metal sources for vegetable soils from Shandong Province, China," *Agricultural Sciences in China*, vol. 10, pp. 109–119, 2011.
- [14] S. C. Wong, X. D. Li, G. Zhang, S. H. Qi, Y. S. Min, "Heavy metals in agricultural soils of the Pearl River Delta, South China. *Environmental Pollution*, Vol. 119, pp. 33–44, 2002.
- [15] W. Salomons, U. Förstner, *Metals in the hydrocycle*. Springer, Berlin Heidelberg Tokyo, 1984.
- [16] Müller, G. (1969). Index of geoaccumulation in the sediments of the Rhine River. *Geojournal*, 2, 108–118.
- [17] L. Hakanson, "Ecological risk index for aquatic pollution control, a sedimentological approach," *Water Research*, vol. 14, pp. 975–1001, 1980.
- [18] E. Kelepertzis, "Accumulation of trace metals in agricultural soils of Mediterranean: Insights from Argolida basin, Peloponnese, Greece," *Geoderma*, vol. 221–222, pp. 82–90, 2014.
- [19] A. Hani, E. Pazira, "Trace metals assessment and identification of their sources in agricultural soils of Southern Tehran, Iran," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 176, pp. 677–691, 2011.
- [20] C. Micó, L. Recatalá, M. Peris, J. Sánchez, "Assessing trace metal sources in agricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis," *Chemosphere*, vol. 65, pp. 863–872, 2006.
- [21] C. Micó, M. Peris, L. Recatalá, J. Sánchez, "Baseline values for trace metals in agricultural soils in an European Mediterranean region," *Science of the Total Environment*, vol. 378, pp. 13–17, 2007.
- [22] A. Facchinelli, E. Sacchi, L. Mallen, L. "Multivariate statistical and GIS-based approach to identify trace metal sources in soils," *Environmental Pollution*, vol. 114, pp. 313–324, 2001.
- [23] H. Rouvier, Carte géologique de la Tunisie, feuille n°10: Nefza. Service Géologique, Office National des Mines, Tunis, Tunisie, 1987.
- [24] P. Sainfeld "Les gîtes plombo-zincifères de Tunisie," *Annales des Mines et de la Géologie, Tunis, Tunisie*, vol 9, pp. 1-285, 1952
- [25] C. Reimann, P. Filzmoser, "Normal and lognormal data distribution in geochemistry: death of a myth. Consequences for the statistical treatment of geochemical and environmental data," *Environmental Geology*, vol. 39, no. 9, pp. 1001–1014, 2000.
- [26] G. E. P. Box, D. R. Cox, "An analysis of transformations," *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, vol. 26, no. 2, pp. 211–252, 1964.
- [27] J. Xia, Y. Y. Zhang, C. S. Zhan, A. Z. Ye, "Water quality management in China: the 23 case of the Huai river basin," *International Journal of Water Resources 24 Development*, vol. 27, no. 1, pp. 167–180, 2011.
- [28] H. Bourennane, F. Douay, T. Sterckeman, E. Villanneau, H. Ciesielski, D. King, D. Baize, "Mapping of anthropogenic trace elements inputs in agricultural topsoil from Northern France using enrichment factors," *Geoderma*, vol. 157, pp. 165–174, 2010.
- [29] C. Reimann, P. de Caritat, "Intrinsic flaws of element enrichment factors (EFs) in environmental geochemistry," *Environmental Science & Technology*, vol. 34, pp. 5084–5091, 2000.
- [30] S. Wang, C. Zhimin, L. Dongzhao, Z. Zhichang, G. Li, "Concentration distribution and assessment of several trace metals in sediments of west-four Pearl River Estuary," *Environmental Geology*, vol. 55, no. 1, pp. 963–975, 2008.
- [31] R. I. Sutherland, "Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii," *Environmental Geology*, vol. 39, pp. 611–627, 2000.
- [32] K. Loska, J. Cebula, J. Pelczar, D. Wiechula, J. Kwapiński, "Use of enrichment, and contamination factors together with geoaccumulation indices to evaluate the content of Cd, Cu, and Ni in the Rybnik Water Reservoir in Poland," *Water, Air and Soil Pollution*, vol. 93, pp. 347–365, 1997.
- [33] H. Rouvier, *Géologie de l'extrême Nord-Tunisien: tectoniques et paléogéographie superposées à l'extrémité orientale de la chaîne Nord-Maghrebine*, Thèse Doctorat ès Science, Université de Pierre et Marie Curie, Paris, France, 1977.
- [34] A. Kabata-Pendias, A. B. Mukherjee, *Trace Elements from Soil to Human*. Springer, New York, 2007.
- [35] Z. L. He, X. E. Yanga, P. J. Stoffella, "Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment" *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, vol. 19, pp. 125–140, 2005.
- [36] B. González-Corrochano, J. M. Esbrí, J. Alonso-Azcárate, A. Martínez-Coronado, V. Jurado, P. Higuera, "Environmental geochemistry of a highly polluted area: The La Union Pb–Zn mine (Castilla-La Mancha region, Spain)," *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 144, pp. 345–354, 2014.

- [37] M. Anju, D. K. Banerjee, "Multivariate statistical analysis of trace metals in soils of a Pb–Zn mining area, India," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 184, pp. 4191–4206, 2012
- [38] Fernandez-Caliani, J. C., Barba-Brioso, C., Gonzalez, I., & Galan, E. (2009). Trace metal pollution in soils around the abandoned mine sites of Ibrian pyrite belt (Southwest Spain). *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 200, pp. 211–226.
- [39] J. A. López-García, C. Villaseca, L. Barbero, "Estudio preliminar de las mineralizaciones de Pb–Zn de Mazarambroz, Banda Milonítica de Toledo," *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, vol. 26, no. A, pp. 171–172, 2003.
- [40] M. Hannington, P. Herzig, S. Scott, G. Thompson, P. Rona, "Comparative mineralogy and geochemistry of gold-bearing sulfide deposits on the mid-ocean ridges," *Marine Geology*, vol. 101, pp. 217–248, 1991.

Level of overexpression of metabolic enzymes (oxidase, esterases, and glutathion-S-transferase) involved in the resistance of vectors to insecticides in Benin

Kèfilath Badirou^{1,2}, Roseline Attolou^{1,2}, Virgile Gnanguènon^{1,2}, Anges Yadouleton^{1,4}, Anagonou Rodrigue^{1,2}, Albert Salako¹, Fabrice Ursins¹, Zola Sahossi¹, Ramziath Agbanrin Youssouf^{1,2}, Bruno Akinrou¹, Sovi Arthur¹, Razaki Ossè^{1,3}, and Martin Akogbéto^{1,2}

¹Centre de Recherche Entomologique de Cotonou (CREC), 06 BP 2604 Cotonou, Benin

²Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey Calavi, Benin

³Ecole de Gestion et d'Exploitation des Systèmes d'Elevage, Université d'Agriculture de Kétou, Benin

⁴Ecole Normale Supérieure de Natitingou, Université de Natitingou, Benin

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

ABSTRACT: Background: *Anopheles gambiae* resistance was accessed in different ecological areas in Benin. Insecticide resistance in *Anopheles gambiae* s.l is a major concern to malaria vector control programmes. In West Africa, resistance is mainly due to target-site insensitivity arising from a single point mutation. Metabolic-based resistance mechanisms have also been implicated and are currently being investigated in west Africa.

Methods: *Anopheles* mosquitoes were reared from larvae collected. Biochemical assays were also carried out to detect any increase in the activity of enzyme typically involved in insecticide metabolism (oxidase, esterase and glutathion-S-transferase).

Results: Biochemical assays suggest that resistance in this population is mediated by metabolic resistance with elevated level of GST, MFO and NSE compared to a susceptible strain *An. gambiae* Kisumu.

Conclusions: Elevated levels of certain enzymes of detoxification with *An. gambiae* populations suggest *Anopheles gambiae* populations resistance includes target-site mutation and metabolic mechanism.

KEYWORDS: Resistance, mechanisms, Enzymes, *An. gambiae*.

1 INTRODUCTION

Insecticide resistance can involve avoidance behavior of the vector. In this so called behavioral resistance the vector does not come into contact with the insecticide. Insecticide resistance also involves a change in absorption or excretion of the insecticide, a target site mutation or overexpression of metabolic enzymes. In Benin, the last two mechanisms of resistance cited are broadly documented in malaria vectors. The most explored mechanism remains linked to mutations in the target sites. Many studies have shown that both main methods to control malaria vectors, IRS and LLINs, and agricultural practices involving the use of insecticide are responsible for the increase in the frequency of mutations *Kdr* and *Ace - 1R* [1-7]. However, the causes of the decline in effectiveness in experimental huts of pyrethroid-treated nets observed in south of Benin are still not completely covered. It would seem that *kdr* is involved but direct evidence of an association of this mechanism with a metabolic resistance was not obvious [8]. Nevertheless we still lack data on the distribution of metabolic resistance in Benin and ecological and environmental factors favoring its emergence.

Metabolic resistance consists of an overproduction of enzymes in the insect, allowing it to metabolize or break down insecticide molecules until they have no toxic effect on the target [9-10]. These enzymes are esterases, monooxygenases in cytochromes P450 and glutathione-S-transferases [11]. Cytochromes P450 monooxygenases are the main family of enzyme responsible for the metabolism of pyrethroids in insects [12]. The overproduction of these enzymes was found in *An. gambiae* and *Culex quinquefasciatus* resistant to pyrethroids in association with *kdr* [13,8,14-15]. As for esterases, they are capable of catalyzing the hydrolysis of esters linkages like those contained in most organophosphates and carbamates.

Alpha and beta-esterases are responsible for resistance through the detoxification of organophosphates and carbamates in mosquitoes [16,9]. The esterase activity is also associated with resistance to pyrethroids [17]. The GST play an essential role in the detoxification of xenobiotics such as insecticides. The most important enzyme of this group is the DDTase which overproduction in some mosquitoes confers resistance to DDT [18-20]. In this study, we are interested in the distribution of the level of expression of metabolic enzymes involved in the insecticides resistance of vectors in different eco-geographical areas in the transect North-South in Benin. Data collected during this study will be used as a tool by the NMCP for the choice of vector control interventions and the implementation of management strategies of insecticide resistance of vectors.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY AREA

The study was carried out in 16 localities belonging to two of the 8 ecological zones throughout Benin: Pehunco and Tanguiéta located in indoor residual spraying of insecticide (IRS) and the cotton growing area in the Northwest of Benin; Adjohoun and Seme located in IRS and cereal growing zone in the South of Benin; Kandi and Parakou located in cotton zone in the Northeast of Benin; Houéyiho and Akron located in vegetable area in the South of Benin; Ifangni and Pobè located in cereal growing zone in the Southwest of Benin; Malanville (North Benin at the boarder of Niger Republic) and Bamè (Center Benin) located in rice-growing area; Vossa and Ladji located in flood zone in the South of Benin; Abomey-Calavi and Agblangandan located in urban area in the South of Benin.

2.2 MOSQUITO COLLECTION AND REARING

An. gambiae larvae were collected in 2014 (rainy season) from ecological area. In each locality, larval collections (all instars) were carried out in larval development sites and specimens were pooled per locality. Larvae were brought back to the insectaries at Centre de Recherche Entomologique de Cotonou (CREC) where they were reared to adults under standard controlled conditions where they were maintained at 28 ± 2 °C and $72 \pm 5\%$ relative humidity. A laboratory susceptible strain of *An. gambiae* Kisumu was used as a reference strain to compare the susceptibility levels of the field populations. Upon emergence, mosquitoes were morphologically identified using identification keys and samples of 50 *An. gambiae* females of 2-5 days old were randomly picked from emerging mosquitoes from each locality and dry-frozen at -80°C for biochemical analysis.

2.3 BIOCHEMICAL ANALYSIS

Biochemical assays were performed to compare the levels of activity of mixed function oxidases (MFO), non-specific esterases (NSE) using a-naphtyl acetate as a substrate and glutathione S-transferases (GST) in the *An. gambiae* s.s. susceptible Kisumu and the 16 field population from 8 ecological areas. Mosquitoes used for the biochemical analysis have not been exposed to any insecticides prior to the assay. Detoxifying enzymes activities were measured on single mosquitoes (N = 50) from each test locality, which were stored at -80°C . All mosquitoes were tested according to the method described by Hemingway [21].

2.4 DATA ANALYSIS

Mean absorbance values of replicate wells for each tested mosquito were converted into enzyme activity and divided by the protein values. The median enzymatic activity was calculated for each test mosquito population and the distribution of enzyme activities was compared between the Kisumu reference strain and the field populations using non-parametric Mann-Whitney tests.

3 RESULTS

3.1 ACTIVITIES OF METABOLIC ENZYMES

Enzyme activities are represented by clouds of dots in the figures 1, 2 and 3. Each dot of the cloud represents the activity recorded in a mosquito. The average of the enzyme activities of each population was obtained by dividing the sum of the enzymatic activities of the entire population by the total number of mosquitoes tested.

3.2 OXIDASE

In cotton growing area of Parakou, the IRS and cotton growing area (Tanguiéta and Pehunco) as well as in vegetable areas (Akron and Houéyiho) or in the swampy area of Ladji, significantly high levels of oxidase activity were detected compared to the susceptible strain Kisumu ($p < 0.05$). The average of the activity of cytochrome P450 was $16.04 \cdot 10^{-2}$ nmol P450/min/mg protein at Akron, $17.39 \cdot 10^{-2}$ at Houéyiho, $17.37 \cdot 10^{-2}$ Ladji, $15.36 \cdot 10^{-2}$ at Parakou, $22.67 \cdot 10^{-2}$ at Tanguiéta and $19.75 \cdot 10^{-2}$ at Pehunco against $10.15 \cdot 10^{-2}$ for the susceptible strain Kisumu. In the area of Ifangni, oxidase activity was high ($13.62 \cdot 10^{-2}$ nmol P450/min/mg protein) but not significantly different from that of Kisumu (figure 1).

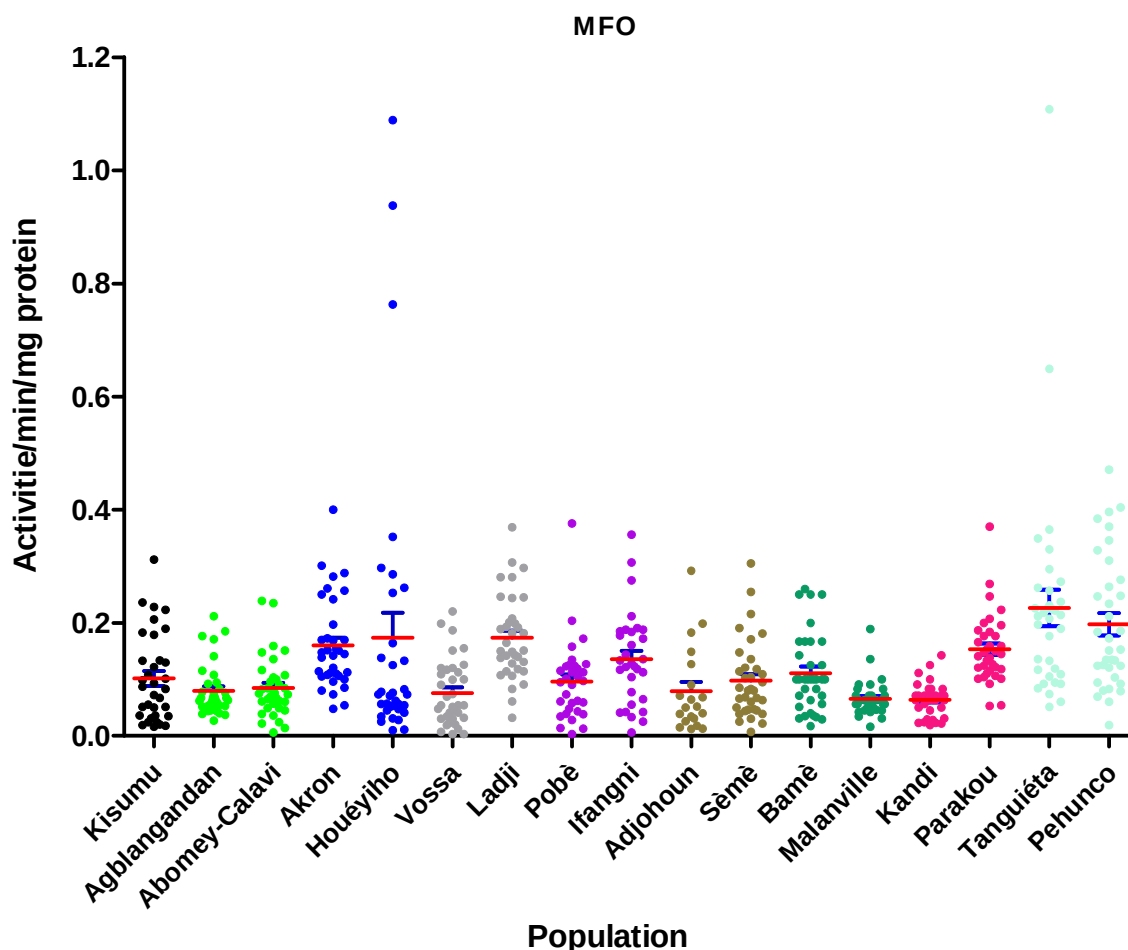


Figure 1: Oxidase activity of *Anopheles gambiae* populations from different ecological zones along the Northern - South transect in Benin

3.3 ESTERASE

Biochemical tests on mosquito specimen revealed significantly high levels of esterase (α and β esterase) activity at Pobè ($14.6 \cdot 10^{-2}$ nmol/min/mg protein), Houéyiho ($8.77 \cdot 10^{-2}$), Kandi ($12.53 \cdot 10^{-2}$) and Tanguiéta ($15.85 \cdot 10^{-2}$) compared to Kisumu

($7.65 \cdot 10^{-2}$ nmol/min/mg protein) ($p < 0.05$). The mosquitoes populations from the localities of Parakou ($8.12 \cdot 10^{-2}$ nmol/min/mg protein) and Akron ($8.58 \cdot 10^{-2}$ nmol/min/mg protein) exhibit high level of esterase activities although it was not significantly different from that of Kisumu (figure 2a and 2b).

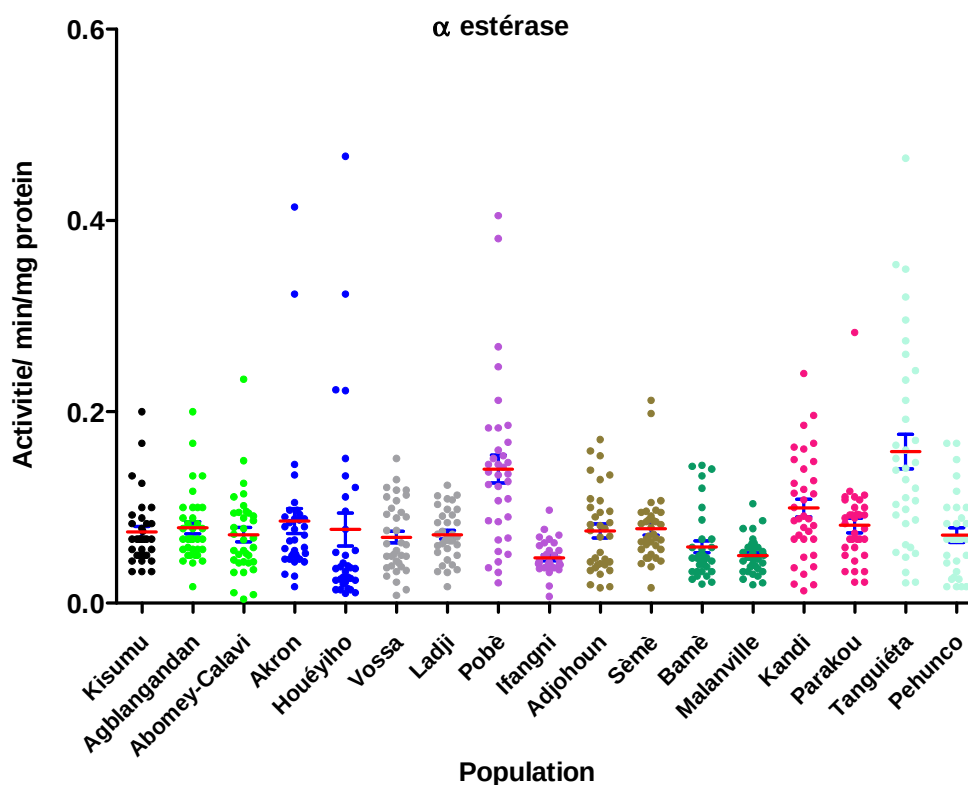


Figure 2a: Alpha-esterase activity of *Anopheles gambiae* populations from different ecological zones along the Northern-South transect in Benin

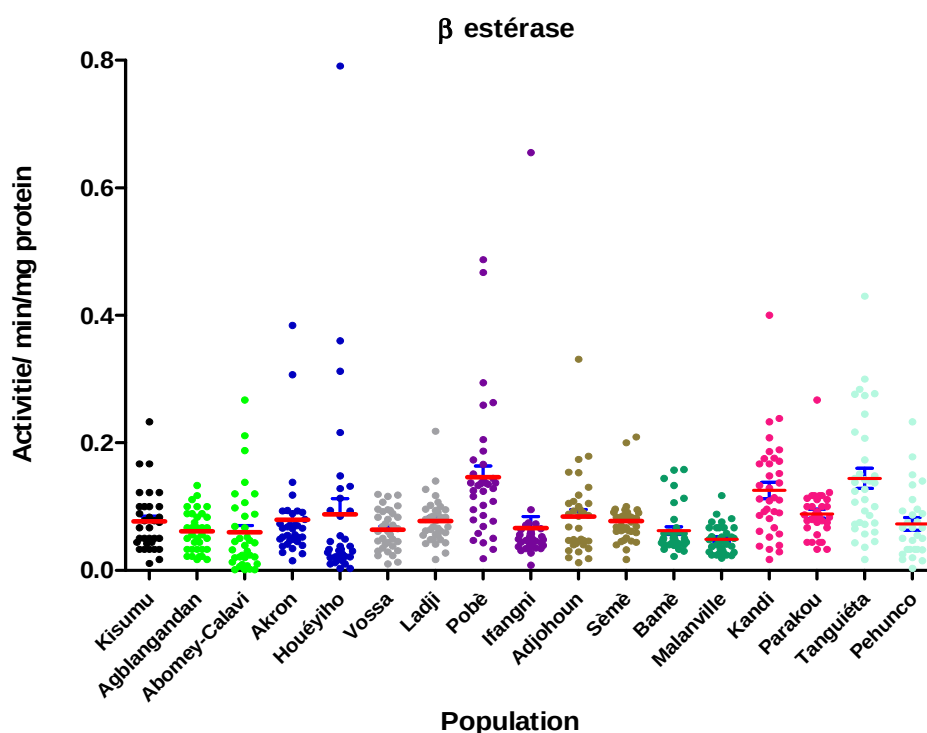


Figure 2b: Beta-esterase activity of *Anopheles gambiae* populations from different ecological zones along the Northern- South transect in Benin

3.4 GST

Figure 3 shows high level of activity of GST in mosquito populations from the urban area (Agblangandan), vegetable growing area (Akron), swampy area (Ladji), cereal growing area (Pobè), IRS area (Seme) and IRS-cotton area (Tanguiéta and Pehunco) compared to Kisumu ($p < 0.05$). The GST activity averaged was 38.46×10^{-2} nmol GSH/min/mg protein in Kisumu strain against 73.19×10^{-2} at Agblangandan, 222.1×10^{-2} at Akron, 119.4×10^{-2} at Ladji, 50.73×10^{-2} at Pobè, 62.32×10^{-2} at Seme, 118.2×10^{-2} at Tanguiéta and 93.53×10^{-2} at Pehunco. In addition, at Parakou (cotton growing area), strong GST activity (46.98×10^{-2} nmol GSH/min/mg protein) was recorded although not significant compared to Kisumu ($p > 0.05$).

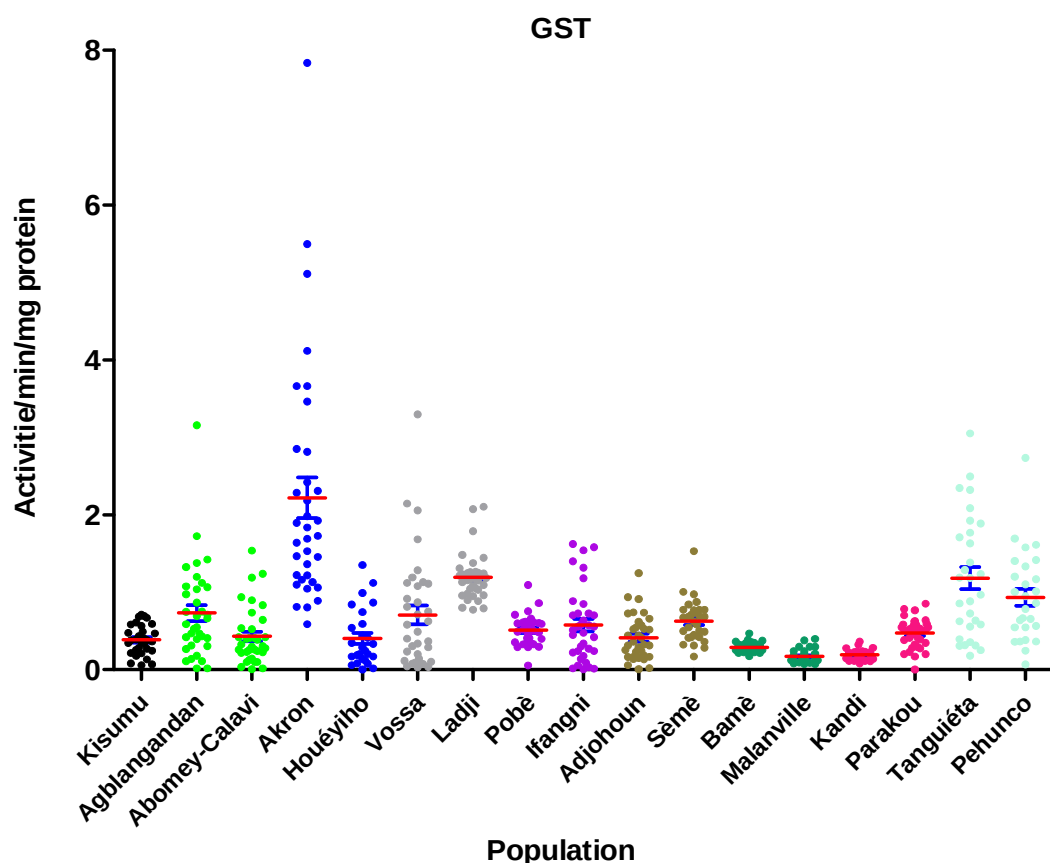


Figure 3: GST activity of the populations of *Anopheles gambiae* from different ecological zones along the Northern-South transect in Benin

4 MAPPING OF METABOLIC RESISTANCE IN BENIN

Table I, show the enzyme activities and the distribution of oxidases and the GST, alpha and beta esterases in different localities of the study area. The results obtained show a significant activity of oxidase more in the North than in the South of Benin (table I), The highest GST activity was recorded in the vegetable area (Akron) (table I). Overall, we have noticed non significant esterase activity in all localities with the exception of Houeyiho, Pobe, Kandi and Tanguieta (table I),

Tableau I : Activités oxydases, estérases et GST des populations de *Anopheles gambiae* dans les zones d'étude

Populations	Oxydase		Estérase			GST	
	Mean Act (nmol P450/min/mg protein)	Statut	Mean Act α (μ mol-a naph/ min/mg protein)	Mean Act β (μ mol-a naph/ min/mg protein)	Statut	Mean Act (nmol GSH conj/min/mg protein)	Status
Kisumu	0,1015		0,07409	0,07655		0,3846	
Agblangandan	0,07966	-	0,07883	0,06117	-	0,7319	+
Abomey-Calavi	0,08454	-	0,07149	0,05929	-	0,4295	-
Akron	0,1604	+	0,08589	0,07897	-	2,221	+
Houéyiho	0,1739	+	0,07694	0,08774	+	0,4042	-
Vossa	0,07566	-	0,06897	0,06389	-	0,7078	-
Ladji	0,1737	+	0,07146	0,0774	-	1,194	+
Pobè	0,09572	-	0,1401	0,146	+	0,5073	+
Ifangni	0,1362	-	0,0473	0,06635	-	0,575	-
Adjohoun	0,07865	-	0,07538	0,08459	-	0,4137	-
Sèmè	0,09749	-	0,07766	0,07694	-	0,6232	+
Bamè	0,1106	-	0,0588	0,06223	-	0,2901	-
Malanville	0,06549	-	0,04949	0,04871	-	0,1723	-
Kandi	0,06389	-	0,09929	0,1253	+	0,1902	-
Parakou	0,1536	+	0,08124	0,08871	-	0,4698	-
Tanguiéta	0,2267	+	0,1585	0,1442	+	1,182	+
Pehunco	0,1975	+	0,07113	0,07269	-	0,9353	+

Mean Act = Mean activity ; + = significantly high compared to Kisumu ($p < 0,05$)

5 DISCUSSION

The resistance to insecticides is a growing concern for the African countries especially malaria endemic countries. The findings of this study have shown the presence of monooxygenases in cytochrome P450, esterase and the GST in the populations of *An. gambiae* from different localities surveyed. Over expression of such metabolic enzymes was also observed in some locations.

In general, low esterase activity was recorded in the whole of the prospected localities except in Pobe, Houeyiho, Kandi and Tanguiéta where high level was recorded. This strong esterase activity could be due to the selection pressure on mosquito larvae by important use of insecticides by farmers to control pests of cotton and vegetable crops[22-23]. and also maybe by other xenobiotics. Esterases are enzymes that hydrolyze the ester, including organophosphates and carbamates linkages.(24) Through this action, the insecticides become ineffective as prevented from entering the body of the insect and reaching its target. Thus, the high production of this enzyme because of the esterase gene duplication is a mechanism offering resistance to organophosphates and carbamates in an important number of arthropod species including mosquitoes, ticks, aphids and cockroaches [25]. In such case, the overexpression of this enzyme in populations of *An. gambiae* of Tanguiéta could be a threat to the effectiveness of the pirimiphos methy based IRS campaign (Actellic EC, an organophosphorus) implementation in that area. Furthermore, this overproduction of esterases in Tanguiéta confirms the work of Aizoun *et al.* (2013b) [26]. who had already suspected the involvement of esterases resistance in *An. gambiae* (Tanguiéta population) to organophosphates following CDC tests with the DEF Synergist. The resistance to carbamate is therefore sufficiently pronounced in Atacora department since the work of Aikpon *et al.* (2014) [27]. had previously shown an increase in the frequency of the *Ace - 1R* mutation. In addition, recent studies using microarrays have shown that esterases play no role or very little in resistance to pyrethroids and DDT in populations of *An. gambiae* [14,28-29].

Our results also showed overexpression of monooxygenases in cytochrome P450 in populations of *An. gambiae* of Akron, Houéyiho, Ladji, Parakou, Tanguiéta, and Pehunco. Oxidase were often involved in the detoxification of pyrethroids in *Anopheles gambiae* [30-31]. (The monooxygenase catalyze the transfer of an oxygen atom to the substrate thus leading to the formation of a molecule of water. In public health, large-scale use of LLINs and the huge amounts of pyrethroids used in agriculture could be responsible for the overproduction of the recorded oxidases. The findings of this study also correlate with that of Djouaka *et al.* (2011) in natural populations of *An. funestus* at Pahou [32].. Furthermore, the high amounts of oxidase found in Akron correlate with the findings of 13Corbel *et al.* (2007) and 3Djegbe *et al.* (2011). Nevertheless, it is

worth noting that the biochemical tests only give an overall estimate of the enzymatic activity of cytochrome P450 and it is possible that different genes of this gene family are expressed differentially in mosquito populations tested as demonstrated by studies using the technique of microarray [14,27].

Previous studies [33,5], showed high frequencies of the *kdr* gene in the different localities of this study. A combination of this gene (*kdr*) and metabolic resistance mechanisms in mosquitoes in the areas of study would be a threat for successful malaria vector control strategies and therefore be catastrophic for our current NMCP as mosquitoes show resistance against to all insecticides used by this program. Thus, the simultaneous presence of the *kdr* gene and oxidase could confer greater resistance to mosquitoes. To that end, it should be possible, to preserve the effectiveness of the LLINs by combining synergists such as PBO (product intended to inhibit the action of the oxidases) alone or in mixture in the fibres of the nets. Furthermore, the glutathione-S-Transferase activity in anopheles mosquitoes in the study sites shows great variability. However, the strong GST activities within wild populations of *An. gambiae* from eight sites (Akron, Agblangandan, Ladjì, Pobè, Seme, Tanguiéta and Pehunco) out of the 16 confirms the resistance observed by [13]. Corbel et al. (2007) in *An. gambiae* to DDT from North to South Benin. These results are consistent with those obtained by [32]. Djouaka et al. (2011) in *An. funestus*. These authors have shown that the high rate of GST expression is due to overexpression of the gene GSTe2. It is therefore important to pursue the research so as to find out the involved genes in the surveyed areas. [25] have shown that the GST may play a minor role in the resistance to pyrethroids by detoxification of the products of pyrethroid-induced lipid peroxidation. Thus, the GST may therefore be complementary to the phenotypic effect of *kdr* mutations to increase the resistance to pyrethroids and DDT levels and broaden the spectrum of resistance to independent compounds [34]. (35 Vontas et al., 2001).

Finally, the lack of overexpression of metabolic enzymes in rice-growing areas could be explained by the absence of the use of insecticides and other factors that can contribute to the overproduction of metabolic enzymes in these populations of mosquitoes.

6 CONCLUSION

This study shows that metabolic resistance is involved in the insecticides resistance mechanism in malaria vector in Benin. The presence of multiple resistance mechanisms in *An. gambiae* in Benin may hinder the success of the malaria vector control strategies based on the LLINs and IRS although concrete proof on the operational impact of vector control tools still need to be documented in depth. The resistance of vectors to insecticides being a dynamic phenomenon, we recommend regular monitoring in order to update the map of the distribution of metabolic resistance in Benin.

COMPETING INTERESTS

The authors declare that they have no competing interests.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

BK, VG, AR and MA designed the study. BK, RA, AS, UF, ZS and RAY carried out the field activities. BK and BA analyzed the data. BK drafted the manuscript. MA, SA, RO and AY critically revised the manuscript for intellectual content. All authors read and approved the final manuscript.

ACKNOWLEDGMENT

We are grateful to the President's Malaria Initiative (PMI) which supported financially this study through USAID. We also thank the Ministry of Higher Education and Scientific Research (MESRS) and the team of CREC for their technical assistance during field work and the laboratory.

REFERENCE

- [1] Yadouleton AW, Martin T, Padonou G, Chandre F, Alex A, Djogbenou L, Dabiré R, Aïkpon R, Glitoh I, Akogbeto MC. Cotton pest management strategies on the selection of pyrethroid resistance in *Anopheles gambiae* populations in northern Benin. *Parasites and Vectors* 2011, 4:60.
- [2] Djogbenou L, Pasteur N, Akogbeto M, Weill M, Chandre F. Insecticide resistance in the *Anopheles gambiae* complex in Benin: a nationwide survey. *Med Vet Entomol* 2011, 25:256-267
- [3] Djegbe, I., Boussari, O., Sidick, A., Martin, T., Ranson, H., Chandre, F., Akogbeto, M., and Corbel, V., 2011, Dynamics of insecticide resistance in malaria vectors in Benin: first evidence of the presence of L1014S kdr mutation in *Anopheles gambiae* from West Africa: *Malaria Journal*, v. 10, p. 261
- [4] Padonou G, Sezonlin M, Ossé R, Aizoun N, Oké-Agbo F, Oussou O, Gbédjissi G, Akogbéto M: impact of three years of large scale Indoor Residual Spraying (IRS) and Insecticide Treated Nets (ITNs) interventions on insecticide resistance in *Anopheles gambiae* s.l. in Benin: *Parasites and Vectors* 2012, 5:72.
- [5] Aïkpon R, Agossa F, Ossé R, Oussou O, Aïzoun N, Oké-Agbo F, Akogbéto M. Bendiocarb resistance in *Anopheles gambiae* s.l. populations from Atacora department in Benin, West Africa: a threat for malaria vector control. *Parasites and Vectors* 2013, 6:192.
- [6] Sovi A, Djègbè I, Soumanou L, Tokponnon F, Gnanguenon V, Azondékon R, Oké-Agbo F, Okè M, Adéchoubou A, Massougbedji A, Corbel V, Akogbéto M. Microdistribution of the resistance of malaria vectors to deltamethrin in the region of Plateau (southeastern Benin) in preparation for an assessment of the impact of resistance on the effectiveness of Long Lasting Insecticidal Nets (LLINs). *BMC Infect Dis* 2014, 14:103
- [7] Gnanguenon V, Agossa FR, Badirou K, Govoetchan R, Anagonou R, Oke-Agbo F, Azondekon R, AgbanrinYoussof R, Attolou R, Tokponnon FT, Aïkpon R, Ossé R, Akogbeto MC. Malaria vectors resistance to insecticides in Benin: current trends and mechanisms involved. *Parasit Vectors* 2015, 8:223.
- [8] N'Guessan, R., Corbel, V., Akogbeto, M., and Rowland, M., 2007, Reduced efficacy of insecticide-treated nets and indoor residual spraying for malaria control in pyrethroid resistance area, Benin: *Emerg Infect Dis*, v. 13, p. 199-206
- [9] Haubruge E, Amicho M. Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens. *Biotechnol. Agron. Soc.* 1998, 2:161-174.
- [10] Djogbenou, L., Labbe, P., Chandre, F., Pasteur, N., and Weill, M., 2009, Ace-duplication in *Anopheles gambiae*: a challenge for malaria control: *Malaria Journal*, v.8, p. 70.
- [11] Ranson, H., H. Abdallah, A. Badolo, W.M. Guelbeogo, C. Kera-Hinzoumbe, E. Yangalbé-Kalnoné, N.F. Sagnon, F. Simard and M. Coetzee (2002). Insecticide resistance in *Anopheles gambiae*: Data from the first year of a multi-country study highlight the extent of the problem. *Malar. J.*, 8: 299.
- [12] Feyereisen R. Insect Cytochrome P450 in: *Comprehensive Molecular Insect Science*. Elsevier 2005.
- [13] Corbel, V., N'Guessan, R., Brengues, C., Chandre, F., Djogbenou, L., Martin, T., Akogbeto, M., Hougard, J.M., and Rowland, M., 2007, Multiple insecticide resistance mechanisms in *Anopheles gambiae* and *Culex quinquefasciatus* from Benin, West Africa: *Acta Tropica*, v. 101, p. 207-16. *Africa: Acta Tropica*, v. 101, p. 207-16.
- [14] Djouaka, R.F., Bakare, A.A., Coulibaly, O.N., Akogbeto, M.C., Ranson, H., Hemingway, J., and Strode, C., 2008a, Expression of the cytochrome P450s, CYP6P3 and CYP6M2 are significantly elevated in multiple pyrethroid resistant populations of *Anopheles gambiae* s.s. from Southern Benin and Nigeria: *BMC Genomics*, v. 9, p. 538.
- [15] Hardstone, M., Leichter, C., and Scott, J., 2009, Multiplicative interaction between the two major mechanisms of permethrin resistance, kdr and cytochrome P450-monooxygenase detoxification, in mosquitoes: *Journal of Evolutionary Biology*, v. 22, p. 416-423.
- [16] Lee et al., 1990 ; Lee, D., Park, Y., Brown, T.M., and Adams, M.E., 1999, Altered properties of neuronal sodium channels associated with genetic resistance to pyrethroids: *Molecular Pharmacology*, v. 55, p. 584-593.
- [17] Brogdon et Barber, 1990; Brogdon, W. G. & Barber, A. M. (1990) *Comp. Biochem. Physiol. B Biochem. Mol. Biol.* **96**, 339–342.
- [18] Grant et Matsumura, 1989; Grant, C. M., Perrone, G. & Dawes, I. W. (1998) *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **253**, 893–898.
- [19] Prapanthadara et al., 1995a et b). Prapanthadara L., Hemingway J., Ketterman A.J. DDT resistance in *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) from Zanzibar, Tanzania, based on increased DDT deshydrochlorinase activity of glutathione-S-Transferases. *Bulletin of Entomological Research*, 1995a, 85, 267-274.
- [20] Prapanthadara L., Hemingway J., Ketterman A.J. Partial purification and characterization of glutathione-S-Transferases involved in DDT resistance from the mosquito *Anopheles gambiae*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 1995b, 47, 119-133.

- [21] Hemingway J: Techniques to Detect Insecticide Resistance Mechanisms (Field and Laboratory Manual). Document WHO/CDS/CPC/MAL/98.6. Geneva, Switzerland: World Health Organ; 1998.
- [22] Akogbéto, M.C., Djouaka, R.F., and Kinde-Gazard, D.A., 2006, Screening of pesticide residues in soil and water samples from agricultural settings: *Malaria Journal*, v. 5, p.22.
- [23] Yadouleton, A.W., Asidi, A., Djouaka, R.F., Braïma, J., Agossou, C.D., and Akogbeto, M.C., 2009, Development of vegetable farming: a cause of the emergence of insecticide resistance in populations of *Anopheles gambiae* in urban areas of Benin: *Malaria Journal*, v. 8, p. 103.
- [24] Ranson, H., H. Abdallah, A. Badolo, W.M. Guelbeogo, C. Kera-Hinzoumbe, E. Yangalbé-Kalnoné, N.F. Sagnon, F. Simard and M. Coetzee (2002). Insecticide resistance in *Anopheles gambiae*: Data from the first year of a multi-country study highlight the extent of the problem. *Malar. J.*, 8: 299.
- [25] Aizoun N, Aïkpon R, Gnanguenon V, Padonou GG, Oussou O, Oké-Agbo F, Ganguenon V, Osse R, Akogbéto M. Mixed-function oxidases and esterases associated with permethrin and bendiocarb resistance in *Anopheles gambiae*.I. in the south-north transect Benin, west Africa. *Parasit Vectors Biol* 2013a, 6: 223.
- [26] Aïkpon R, Sèzonlin M, Ossè R, Akogbéto M. Evidence of multiple mechanisms providing carbamate and organophosphate resistance in field *An. gambiae* population from Atacora in Benin. *Parasit Vectors* 2014, 2:7:568.
- [27] Hemingway J, Hawkes NJ, McCarroll L, Ranson H: The molecular basis of insecticide resistance in mosquitoes. *Insect Biochem Mol Biol* 2004, **34**(7):653-665.
- [28] Muller P, Warr E, Stevenson BJ, Pignatelli PM, Morgan JC, Steven A, Yawson AE, Mitchell SN, Ranson H, Hemingway J et al: Field-caught permethrin-resistant *Anopheles gambiae* overexpress CYP6P3, a P450 that metabolises pyrethroids. *PLoS Genet* 2008, **4**(11):e1000286.
- [29] Mitchell, S.N., Stevenson, B.J., Müller, P., Wilding, C.S., Egyir-Yawson, A., Field, S.G., Hemingway, J., Paine, M.J.I., Ranson, H., and Donnelly, M.J., 2012, Identification and validation of a gene causing cross-resistance between insecticide classes in *Anopheles gambiae* from Ghana: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 109, p. 6147-6152.
- [30] Miller MA, Hazzard JT, Mauro JM, Edwards SL, Simons PC, Tollin G, Kraut J. Site-directed mutagenesis of yeast cytochrome c peroxidase shows histidine 181 is not required for oxidation of ferrocytochrome c. *Biochemistry* 1988, 27:9081-8.
- [31] Ishaaya I. Insect detoxifying enzymes: their importance in pesticide synergism and resistance. *Arch Insect biochemphysiol*1993, 22:263-76.
- [32] Djouaka R, Irving H, Tukur Z, Wondji CS: Exploring Mechanisms of Multiple Insecticide Resistance in a Population of the Malaria Vector *Anopheles funestus* in Benin. *PLoS One* 2011, **6**(11):e27760.
- [33] Yadouleton 2010
- [34] Vontas JG, Small GJ, Hemingway J: Glutathione S-transferases as antioxidant defence agents confer pyrethroid resistance in *Nilaparvata lugens*. *Biochem J* 2001, 357:65–72.

Évaluation de l'efficacité de traitement des eaux usées par le lagunage naturel: Cas de la station d'épuration d'Imzouren -MAROC-

[Assessment of the effectiveness of a wastewater and treatment by the natural lagoon: Case of the treatment plant of the city Imzouren -MAROC-]

Fouad Dimane, Khadija Haboubi, Issam Hanafi, and Abdelouahad El Himri

Laboratoire Sciences de l'Ingénieur et Application,
Ecole Nationale des Sciences Appliquées, Al Hoceima,
Université Mohammed Premier, Oujda, Maroc

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

ABSTRACT: Morocco's water resources are facing quantity and quality problems. Limited resources due largely to a semi-arid and arid climate and also to the significant deterioration in the quality grounded by different pollutants. Study of the treatment performance of the technique of aerated lagoons applied of the wastewater treatment plant of the Imzouren-BeniBouayach-Morocco In order to evaluate the performance of the new wastewater treatment plant of the city of Imzouren-Beni Bouayach kind aerated lagoons, we studied the physico-chemical and bacteriological parameters of raw and treated water station. For this we carried out a series of measures such as: temperature, pH and conductivity (On-the-spot parameters), the biochemical oxygen demand BOD₅, the chemical oxygen demands COD and suspended solids SS (Physico-chemical parameters), fecal coliforms (FC) and total coliforms (TC) (bacteriological parameters). Test results showed an evolution of treatment efficiency of the new station compared to the former lagoon-type natural. These yields measured from the BOD₅, COD and SS give values respectively 83%, 85% and 78%. The results will be interpreted to target malfunctions that can be existed in the various stages of the relevant STEP.

KEYWORDS: Wastewater, Treatment plant, SS, COD, BOD₅, bacteriological parameters.

RESUME: Les ressources en eau au Maroc sont confrontées à des problèmes de quantité et de qualité. Ces ressources sont limitées en raison du climat (semi-aride et aride) et subissent une détérioration de leur qualité par les différents rejets polluants. Dans le but d'évaluer le rendement de la station d'épuration d'Imzouren-Beni Bouayach (Maroc) type lagunage naturel, nous avons étudié les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux brutes et épurées de la station. Pour cela, nous avons réalisé un ensemble de mesures tels que: la température, le pH et la conductivité (paramètres sur places), la demande biochimique en oxygène DBO₅, la demande chimique en oxygène DCO et les matières en suspension MES (paramètres physico-chimiques), les coliformes fécaux (CF) et les coliformes totaux (CT) (paramètres bactériologiques). Les résultats d'analyses ont montré une satisfaction des rendements épuratoires de la station lagunage naturel. Ces rendements mesurés à partir de la DBO₅, DCO et MES donnent des valeurs respectivement de 83%, 85% et 78%. Les résultats feront l'objet d'une interprétation afin de cibler les dysfonctionnements qui peuvent être existées dans les diverses étapes de la STEP concernée.

MOTS-CLEFS: lagunage naturel, MES, DCO, DBO₅, paramètres bactériologiques.

1 INTRODUCTION

Dans les pays à climat aride et semi-aride, tels que le Maroc, et beaucoup de pays sud de la méditerranée, les eaux usées peuvent constituer un apport en eau non négligeable pour pallier le déficit hydrique croissant et récurrent [1]. Les principaux problèmes caractérisant la situation de l'eau au Maroc aujourd'hui sont liés, d'une part à l'aggravation de la pénurie par la surexploitation, et d'autre part à la dégradation de la qualité des ressources en eau vu l'insuffisance voire parfois l'absence du traitement des eaux usées. Néanmoins, la réutilisation des eaux usées et ou leur déversement dans la nature, à l'état brut, peut s'accompagner de risques sanitaires et environnementaux. Actuellement, au Maroc, pas moins de 600 millions de m³ d'eaux usées sont produit annuellement dont seulement 8% sont propres [2]. Le parc des stations d'épuration des eaux usées est dominé par les systèmes extensifs (environ 90%), en particulier le lagunage avec leurs différentes variantes (plus de 80 %) [3]. Face à cette situation, la protection et la gestion rationnelle de ces faibles ressources hydriques existantes et la recherche des ressources en eau non conventionnelles sont devenues une nécessité stratégique pour assurer un développement durable de la région. La conscience de l'importance de préserver l'environnement -principalement de l'eau- conduit les législateurs du Maroc à adopter des lois plus restrictives. C'est dans cet objectif qu'un schéma d'assainissement liquide et de traitement des eaux usées a été lancé [3] afin de protéger les milieux récepteurs et pour produire en même temps une eau épurée réutilisable à des fins d'irrigation.

Le lagunage naturel, largement utilisé pour le traitement des eaux usées, devient aujourd'hui une alternative intéressante pour le traitement vu les grands avantages qu'il présente. IL est moins coûteux à réaliser et à exploiter; est construit directement sur le site de rejet des eaux usées, nécessitant peu d'équipements mécanisés et finalement est moins sensible aux variations des charges polluantes [3]. L'utilisation des paramètres de caractérisation constitue un bon moyen pour l'estimation de la qualité de ces rejets urbains et de leur impact sur le milieu récepteur. L'objectif de cette étude a visé le suivi de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes et épurées de la step d'Imzouren-Beni Bouayach afin de détecter les anomalies qui peuvent exister au niveau de la filière et pouvoir réutiliser ses eaux épurées à des fins d'irrigation.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODE

Afin de contribuer à une meilleure évaluation des performances épuratoires du procédé de traitement des eaux usées par lagunage naturel et apporter les solutions techniques qui s'imposent à l'amélioration de son efficacité au Maroc, nous avons retenu pour étude la station fonctionnelle qui est située dans le nord: Imzouren-Beni Bouayach.

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Cette étude a été réalisée pour évaluer le rendement épuratoire d'une jeune station d'épuration par lagunage naturel. Le site d'implantation de la STEP est localisé à environ 3 km au Nord-Est de la ville d'Imzouren, dans le périmètre irrigué bordure immédiate de l'Oued Neckor; à 500 m de sa rive gauche et à 2,5 km environ de la mer Méditerranée. Le lagunage d'Imzouren-Beni Bouayach est un lagunage naturel, les eaux traitées sont de nature domestique. Le volume d'eau traité annuellement est de 1000m³/j, sa date de mise en service est Avril 2007. Elle a été conçue pour une capacité de 40000 EH et s'étend sur une superficie de 80ha.

Le débit nominal -aux horizons 2020- est de 4145 m³/j. Le lagunage se compose d'une filière de prétraitement (dégrillage et dessablage), et d'une filière de traitement biologique : cette filière est composée de 9 bassins, qui sont réparties suivant trois étages :

- Quatre bassins anaérobies : de (70 m x 36m) avec une profondeur de 4 m correspondant ;
- Quatre bassins facultatifs : les dimensions des bassins facultatifs sont de 38m x 150 m avec une profondeur de 1,5 m ;
- Un bassin de maturation: la surface est de (150 m x 80m), ce bassin reçoit les effluents des bassins facultatifs. C'est un bassin aérobie, avec une profondeur faible de l'ordre de 1,10 m.

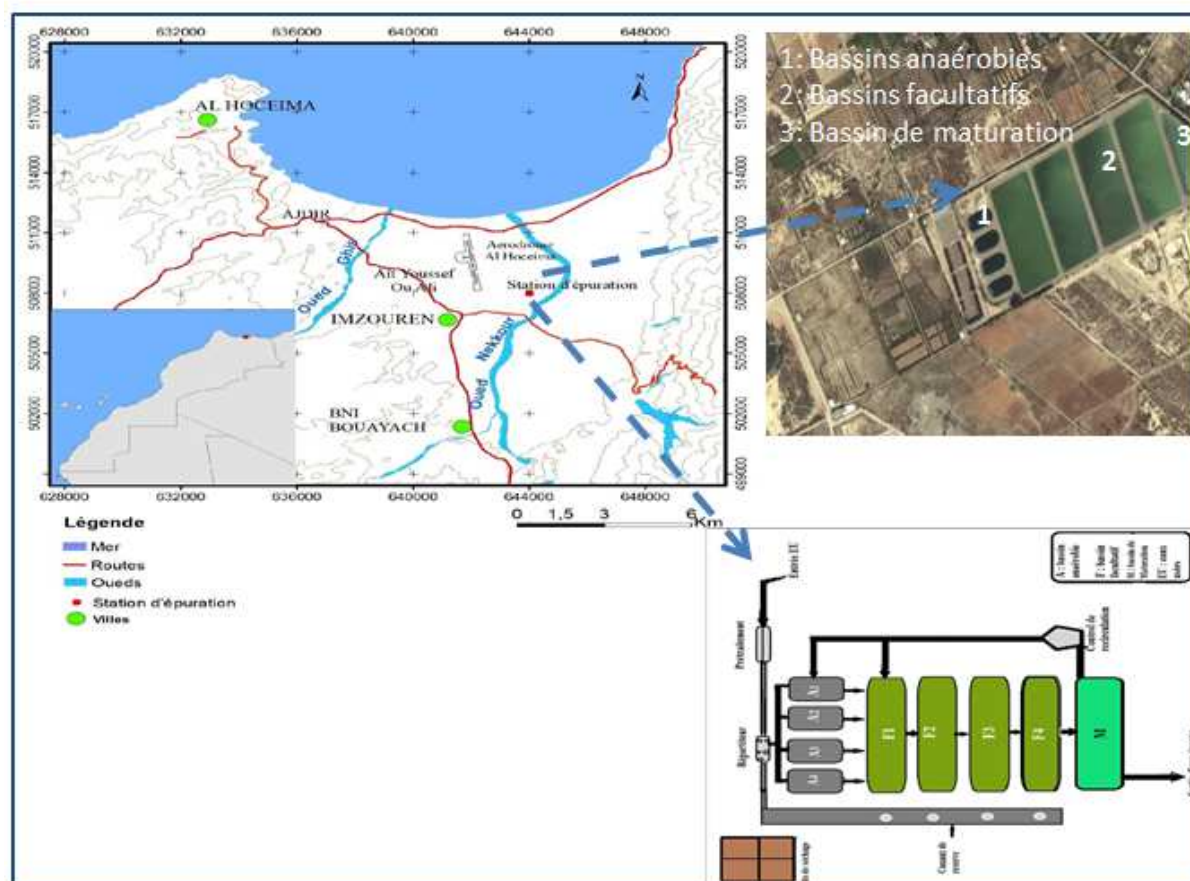


Fig. 1. Schéma synoptique de la station d'épuration des eaux usées de la ville d'Imzouren

2.2 MATÉRIELS ET MÉTHODES UTILISÉS

Les prélèvements ont été effectués à deux endroits précis, à l'entrée de la STEP (eaux usées brutes) et à la sortie de la STEP (eaux usées épurées). Les échantillons d'eau usée sont prélevés dans un contenant de plastique de 1 litre puis conservés à environ 4°C. La conservation des échantillons d'eaux usées a été faite selon le guide général pour la conservation et la manipulation des échantillons d'après ISO 5667/3 [4] et le guide de bonne pratique de l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) [5]. Toutes les analyses et les mesures nécessaires pour quantifier les polluants organiques sont normalisées suivant les normes marocaines, similaires aux normes françaises AFNOR selon les techniques préconisées par Rodier [6]. Les paramètres mesurés in-situ sont le pH, la température et la conductivité électrique des eaux ; les paramètres analysés au laboratoire sont la Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (DBO_5), la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et les matières en suspension (MES). Le suivi de la qualité bactériologique des eaux a été effectuée selon la méthode indirecte de fermentation en tube multiple dans un bouillon lactosé, le nombre a été ensuite déduit statistiquement suivant la méthode du nombre le plus probable [7]. Elle consiste en la recherche et au dénombrement des germes suivants: les coliformes totaux (CT) et fécaux (CF) à l'entrée et la sortie de la step.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Les paramètres choisis sont ceux qui permettent d'apprécier le mieux la qualité des eaux à savoir leur potentiel sur le milieu aquatique récepteur et l'environnement, soit le pH, la Température, la DBO_5 et la DCO, etc...

Les résultats détaillés des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées brutes et épurées de la station d'Imzouren-Beni Bouayach sont effectués du mois de mars à octobre 2015 et sont présentés comme suit:

1. Valeurs moyennes de T (°C), pH, conductivité électrique, oxygène dissous, MES, DBO_5 et DCO à l'entrée et à la sortie de la station (**Tableau 1 et Figures 2 à 8**).
2. Valeurs moyennes des coliformes fécaux et totaux à la sortie de la station (**Tableau 2 et Figure 9**).

Tableau 1: Paramètres physico-chimiques à l'entrée et à la sortie de la station

Mois	Paramètres	Température (°C)	pH	Conductivité (μS/cm)	O ₂ (mg/l)	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)
Mars	Entrée	17,50	7,35	3513	0,10	260,7	850,7	520,0
	Sortie	17,13	8,03	2887	3,85	148,3	83,7	51,80
Avril	Entrée	21,75	7,38	3091	0,15	366,0	950,6	514,0
	Sortie	25,40	8,05	2381	5,13	50,00	93,4	63,50
Mai	Entrée	23,90	7,65	3046	0,17	412,3	980,4	510
	Sortie	26,50	7,94	2464	5,73	55,54	135,7	79,5
Juin	Entrée	21,70	7,37	2599	0,10	314,6	875,2	456,0
	Sortie	28,10	7,96	2192	4,63	83,00	144,0	93,40
Juillet	Entrée	27,75	7,42	2803	0,09	416,0	860,0	450,0
	Sortie	26,95	8,02	2270	6,53	55,32	142,7	85,73
Août	Entrée	28,30	7,25	3231	0,15	348,5	930,0	453,0
	Sortie	25,30	7,81	2549	4,65	75,75	135,9	121,5
Septembre	Entrée	20,80	7,76	2753	0,17	312,3	910,7	385,9
	Sortie	18,60	8,38	3099	6,20	34,00	143,5	65,70
Octobre	Entrée	17,80	7,50	3213	0,20	300,0	863,0	584,0
	Sortie	16,30	8,15	2945	4,85	93,80	143,0	83,9

3.1 LES VARIATIONS DE LA TEMPERATURE

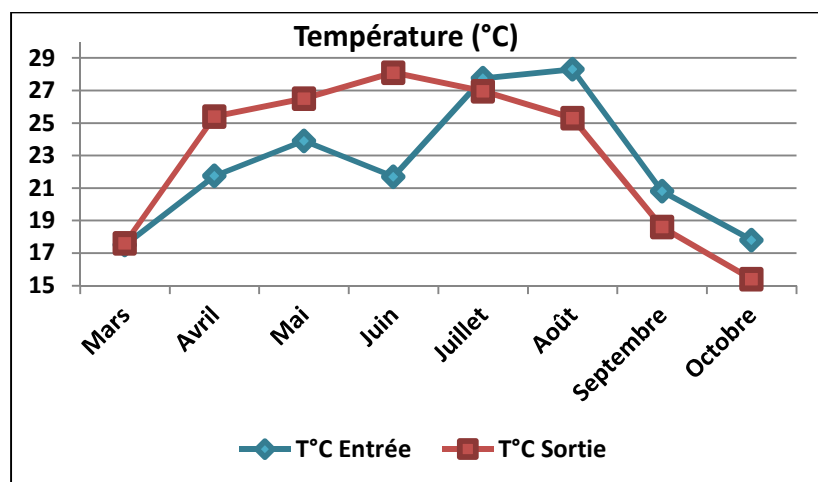


Fig. 2. Variation des valeurs moyennes de la Température

Les variations de la température des eaux usées constituent un risque de pollution thermique pour le milieu récepteur, mais sont en faveur d'une accélération des procédés biologiques de traitement des eaux usées et des boues, car elles contribuent à l'augmentation de la cinétique de dégradation des matières organiques [8]. À l'entrée de la STEP, la température de l'eau oscille entre 17,5 °C et 28,3 °C avec une moyenne de 22,4°C. A la sortie de la STEP, les températures de l'eau sont comprises entre 15,4 °C et 28,3 °C et une moyenne de 22,9°C. En dépit de ces valeurs relativement élevées, ces températures enregistrées sont incluses dans la fourchette des valeurs limites de rejet direct dans le milieu récepteur [9] et dans la fourchette des normes marocaines de qualité des eaux destinées à l'irrigation[10].

3.2 POTENTIEL HYDROGÈNE (pH)

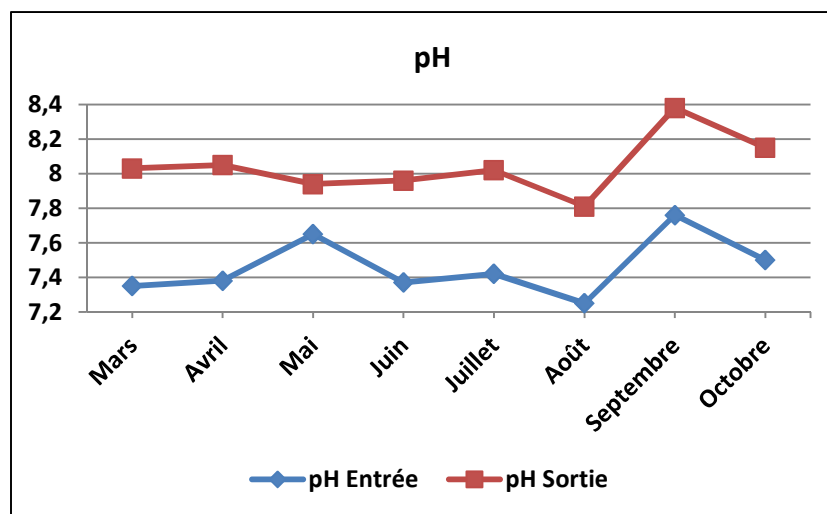


Fig. 3. Variation des valeurs moyennes pH

Le pH l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau. IL doit être étroitement surveillé au cours de toute opération de traitement [11]. IL est important de rappeler que le pH est un indicateur de la pollution par excellence, il varie suite à la nature des effluents. La gamme du pH biologique se situe entre 6,5 et 8,5 [11]. En effet, à l'entrée de la station, le pH a une légère tendance à l'alcalinisation. Le pH varie le long de la période d'étude ; les eaux brutes présentent un pH allant de 7,25 et n'excédant pas 7,76 comme maximum, avec une moyenne de 7,46 (Figure. 3). Les valeurs enregistrées à la sortie de la station oscillent entre un maximum de l'ordre de 8,38 et un minimum de 7,81 le long de l'année avec une moyenne de 8,04. Cet état d'alcalinité serait lié à une forte activité photosynthétique suite au développement des algues, mais ces valeurs restent dans l'intervalle des limites de rejets directs [9] et se situe dans les normes marocaines de qualité des eaux destinées à l'irrigation [10].

3.3 ÉVOLUTION DE LA CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE

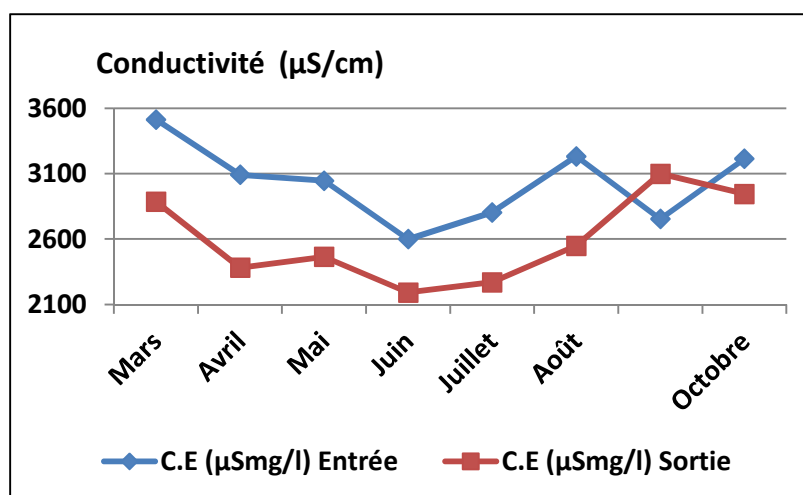


Fig. 4. Variation des valeurs moyennes de la conductivité

Au cours de notre période d'étude, les valeurs de la conductivité électrique (CE) varient entre un minimum de 2599μS/cm et un maximum de 3513μS/cm soit une moyenne globale de 3031μS/cm (tableau 1). Par ailleurs, les eaux usées épurées présentent des valeurs de conductivité stable par rapport à celles d'entrée, elles sont comprises entre 2192μS/cm et 3099μS/cm avec une moyenne de 2598 μS/cm. Signalons enfin que la CE de nos eaux épurées reste à la limite de 3000 μS/cm

préconisée par les normes marocaines [9]. Globalement, nos valeurs de la conductivité électrique (CE), sont un peu élevées, ceci pourrait être expliqué par le rejet des eaux usées résiduaire des petites unités industrielles connectées au réseau d'assainissement, mais cette moyenne de conductivité reste proche des valeurs limites de rejets directs [9], et à la limite de la valeur maximal $3000\mu\text{S}/\text{cm}$ des eaux destinées à l'irrigation [10].

3.4 RÉSULTATS POUR L'OXYGÈNE DISSOUS

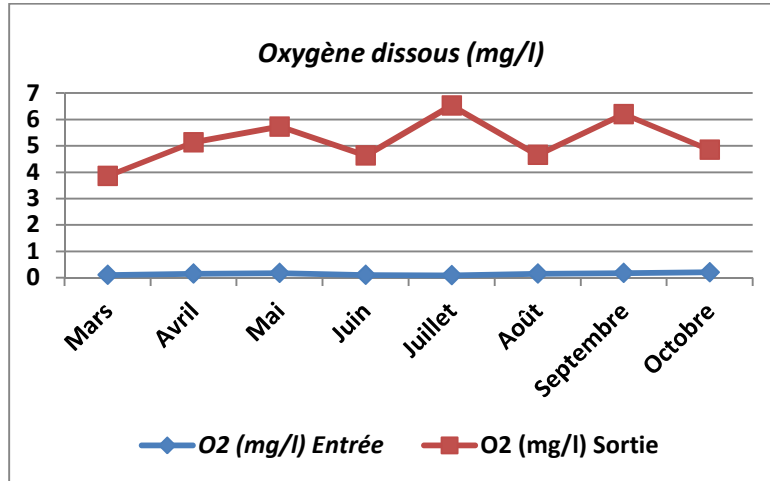


Fig. 5. Variation des valeurs moyennes de l'oxygène dissous

Les résultats sont résumés dans la figure 5. La teneur en oxygène dissous dans les eaux résiduaires, très faible, reste aux alentours de $1\text{mg d'O}_2/\text{D}$, ce qui est normal pour ces eaux chargées en matière organique dont la dégradation par les microorganismes consomme l'oxygène. L'analyse des résultats obtenus de l'oxygène dissous (Tableau I), montre que les valeurs extrêmes minimales et maximales enregistrées à l'entrée de la station, sont de $0,09\text{ mg/l}$ et de $0,2\text{ mg/l}$ avec une concentration moyenne de $1,14\text{ mg/l}$, celles de la sortie fluctuent entre $3,85\text{ mg/l}$ et $6,53\text{ mg/l}$ avec une concentration moyenne de $5,19\text{ mg/l}$. On note également que cette moyenne est supérieure à celle trouvée par Naji [12] mais elle est globalement inférieure à celle trouvée à Errachidia par Chaouki [13]. Dans les réseaux d'assainissement des eaux usées, sa disparition complète s'accompagne généralement de l'apparition d' H_2S dans l'air, provenant de la réduction des composées soufrées présents dans les effluents, et corrélativement des phénomènes d'attaque acide du béton des canalisations [14]. Par conséquent, les eaux usées de la ville d'Imzouren-Beni Bouayach sont sous-saturées en oxygène qui accentue la fermentation anaérobie et le dégagement des mauvaises odeurs.

3.5 RESULTATS POUR LES MATIERES EN SUSPENSION (MES)

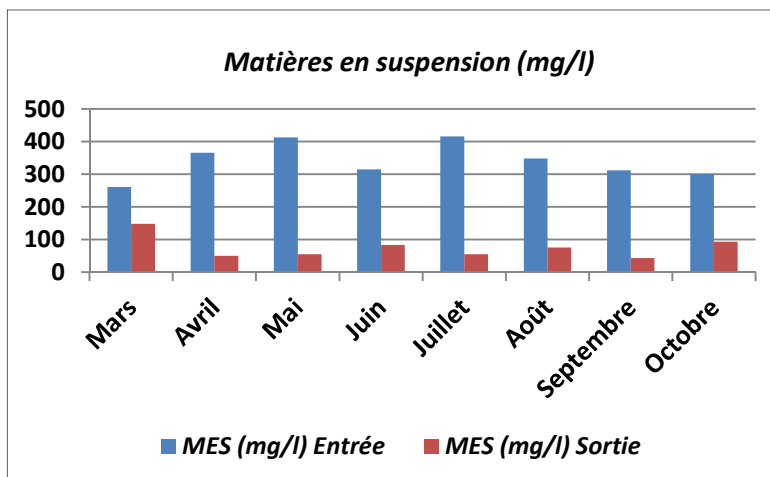


Fig. 6. Variation des valeurs moyennes des MES

Les matières en suspension représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées. Leurs effets sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont très néfastes (réduction de la pénétration de la lumière donc de la photosynthèse). La quantité de la matière en suspension à l'entrée varie entre 260,7mg/l et 416mg/l avec une moyenne assez élevée de 341,3mg/l (Tableau 1), celle à la sortie varie entre 43,55mg/l et 148,3mg/l avec une moyenne de 75,7mg/l. Ces résultats sont liés souvent à la charge importante en matières organiques et minérales engendrées par la population des quartiers, drainées par les collecteurs d'assainissement branché avec la station. De même, ces valeurs sont similaires à celles données par El Krati [15] à Sidi Bennour. Ces valeurs de la MES à la sortie sont incluses dans la fourchette des valeurs limites spécifiques de rejet domestique [10]. Le rendement d'abattement atteint jusqu'au 78%. L'accroissement de MES peut être expliqué par la présence du phénomène de la prolifération massive des algues dans les différents étages de traitement biologique, en particulier le bassin de maturation. La prolifération des algues augmente durant la saison estivale. Le phytoplancton existant au niveau des bassins peuvent être macroscopiques (en masse) ou microscopique (en suspension). Les algues microscopiques peuvent être considérées comme MES, leur croissance confirme l'augmentation des teneurs en MES.

3.6 RESULTATS OBTENUS POUR LA DBO₅

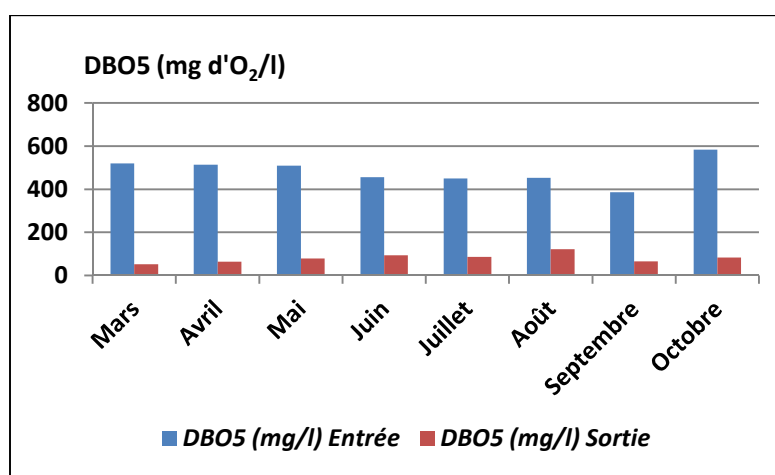


Fig. 7. Variation des valeurs moyennes de DBO₅ en mg/l

La DBO₅ est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimiques [6]. Les valeurs maximales de la DBO₅ mesurées au cours de notre période d'étude restent globalement modérées et varient entre un minimum de 385,9 mg/l enregistré en septembre et un maximum de 584 mg/l noté en octobre (tableau 1). Notons enfin que ces résultats de la DBO₅ au niveau de nos eaux sont similaires à ceux trouvés à Oujda (Maroc) (511 mg/L) [16], et à Emir (Algérie) 467,27 mg/L [17], et inférieures à celles trouvées à Sanaa (Yémen) (1137 mg/l) [18]. En effet, les valeurs de la DBO₅ dépendent fortement de la dotation de la population et du ratio de pollution de chaque bassin. Les valeurs moyennes à la sortie varient entre 51,8 mg/L et 121,5 mg/L avec une moyenne de 80 mg/L. Ces valeurs à la sortie nous renseignent sur le bon abattement de la pollution carbonée et dont les valeurs peuvent atteindre 83%. D'autre part ces valeurs enregistrées de la DBO₅ à la sortie sont conformes aux valeurs limites spécifiques de rejet domestique [9].

3.7 INTERPRETATION DES RESULTATS DE LA DCO

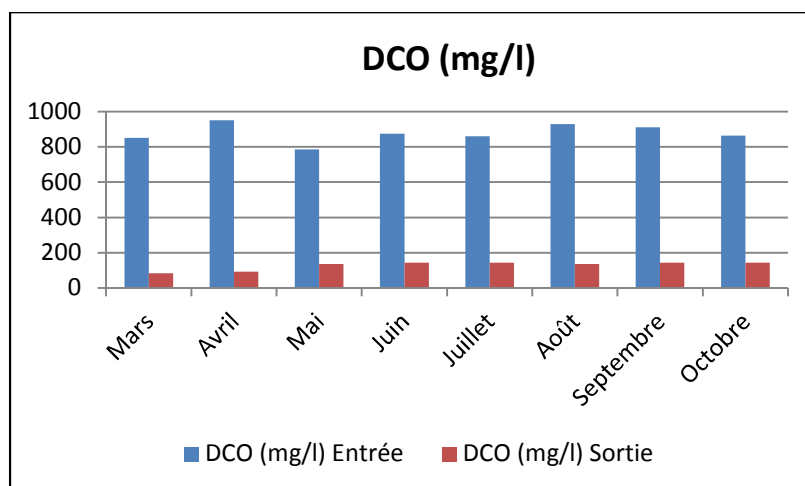


Fig. 8. Variation des valeurs moyennes de DCO en mg d'O₂/l

La concentration en DCO totale pour les eaux brutes varie entre un minimum de 785mg d'O₂/l enregistré en mai et un maximum de 950,6mg d'O₂/l relevé en avril soit une moyenne globale de 878,15mg d'O₂/l (tableau 1). Les teneurs de la DCO enregistrées à la sortie varient de 83,7mg d'O₂/l à 144mg d'O₂/l avec une concentration moyenne de 127,73 mg d'O₂/l. Ces DCO moyennes semblent évoluer de manière relativement similaire avec celles de la DBO₅ et montrent aussi un léger gradient décroissant global des eaux d'entrée vers les eaux de sortie. Par référence à la grille de qualité [9]. Ces valeurs à la sortie nous montrent un abattement significatif des bassins facultatifs vis-à-vis de la pollution carbonée, cet abattement atteint 85%. De même, les valeurs de la DCO trouvées sont compatibles avec les valeurs moyennes observées à l'échelle nationale. Elles sont conformes aux valeurs limites spécifiques de rejet domestique [9].

3.8 LES COLIFORMES FECALIS ET TOTAUX

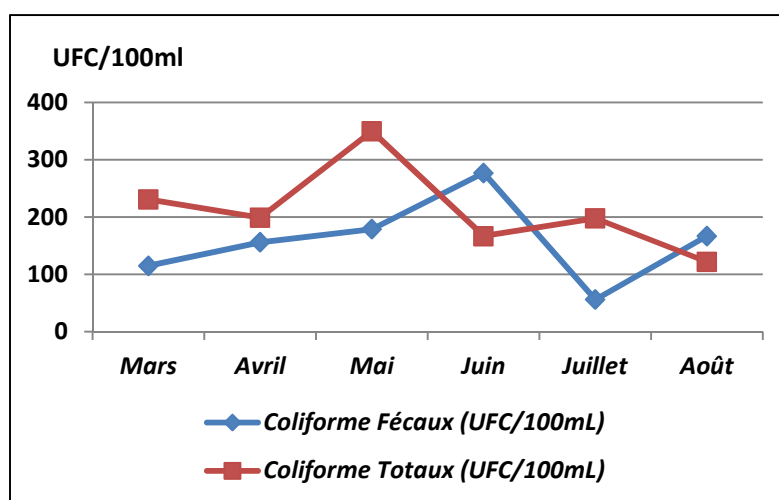


Fig. 9. Variation de valeurs moyennes des coliformes totaux et fécaux à la sortie de la station

Le suivi de la qualité bactériologique des eaux consiste en la recherche et au dénombrement des germes suivants: les coliformes totaux (CT) et fécaux (CF) à l'entrée et la sortie de la step. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 2.

D'après la figure ci-dessus et le Tableau 2, les eaux usées brutes sont chargées en germes pathogènes et que leur nombre a augmenté d'une façon significative. Les coliformes totaux à la sortie de la station varient entre 122 et 350 UFC/100 ml, alors que les coliformes fécaux varient entre 30 et 299 UFC/100 ml avec une moyenne supérieure à 90UFC/100 ml, ce qui nous

permet de déduire que le traitement adopté par les bassins de finition honore des rendements largement inférieurs aux valeurs exigées par les normes (1000 UFC/100 ml) [7].

Tableau 2 : Valeurs moyennes des coliformes fécaux et totaux à la sortie de la station

Mois	Coliforme Fécaux (UFC/100mL)	Coliforme Totaux (UFC/100mL)
Mars	115	231
Avril	156	199
Mai	179	350
Juin	299	167
Juillet	30	198
Août	167	122

4 CONCLUSION

Ce diagnostic préliminaire des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées brutes et épurées de la station d'épuration d'Imzouren-Beni Bouayach montre que la MES, la DCO et la DBO₅ situent ces eaux usées dans la tranche de concentration élevée [19]. Ceci est lié à la faible dilution de la matière organique en raison de la consommation plus ou moins limitée d'eau par habitant en comparaison avec les pays développés.

Au terme de cette étude au cours de laquelle on a procédé à une évaluation de l'efficacité de la STEP d'Imzouren-Beni Bouayach et après l'analyse de différents paramètres de ces eaux, les résultats obtenus permettent de conclure que les rendements épuratoires de la DBO₅, DCO et les MES sont plus ou moins satisfaisants et encourageants avec des taux respectivement de 83%, 85% et 78%. Ces valeurs sont inférieures à 90% qui caractérisent une épuration efficace selon [20]. Ceci montre que la STEP fonctionne correctement. Toutefois des améliorations sont nécessaires pour améliorer d'avantage sa performance. Le lagunage naturel semble être une très bonne solution à développer qui connaît certaines limites. Il assure une meilleure élimination des indicateurs fécaux et que cette performance du lagunage varie d'une période à l'autre et selon la qualité des eaux usées. Grâce à l'efficacité des bassins de maturation, la qualité des eaux épurées permet leur réutilisation en agriculture (Catégorie A selon le tableau de classement des eaux épurées destinées à l'irrigation). En outre, pour perfectionner le traitement de ce traitement, on recommande deux solutions :

- Le transfert du lagunage naturel en lagunage aéré en alimentant les lagunes anaérobies existantes par des aérateurs.
- Des filtres plantés de roseaux en aval de la station afin d'éliminer les micro-algues et augmenter l'abattement des MES.

REFERENCES

- [1] Mandi, L. and Ouazani, N. Water and Wastewater Management in Morocco Biotechnologies Application, 2013.
- [2] Mohamed Sinan « Evaluation des Besoins en Technologies d'Adaptation du Maroc aux Changements Climatiques ». Plan d'Action Technologique des secteurs de l'eau et de l'agriculture du Maroc. Août 2012. Page 24.
- [3] AGIRE Maroc « Elaboration d'une approche de gestion intégrée des ressources en eau non-conventionnelles : Basée sur l'analyse de la valeur potentielle des pratiques émergentes de l'épuration et de la valorisation des eaux usées au Maroc » ; 26 mars 2013 P 69
- [4] ISO 5667/3, Qualité de l'eau - échantillonnage - Guide pour la conservation et la Manipulation des échantillons, 1994.
- [5] ONEP, Caractérisation quantitative et qualitative des eaux usées, Guide de bonne Pratique, Direction Laboratoire de la Qualité des Eaux, ONEP, Rabat, 1999.
- [6] J. RODIER, L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème Edition, Denod, Paris, pp. 1383, 1996.
- [7] F. Bigonnesse, "Techniques de prélèvement des échantillons pour l'analyse microbiologique des aliments et de l'eau," 01-D-540, 2012.
- [8] Benyakhlef et al., (2011). Caractérisation physicochimiques des eaux usées industrielles du grand Agadir (Maroc). Cas d'une huilerie, Sciencelib, vol.3, N° 110707.
- [9] Valeurs limites des rejets directs et indirects du Maroc ; Ministère de L'Environnement du Maroc. « Normes marocaines, Bulletin officiel du Maroc », N° 5062 du 30 ramadan 1423. Rabat, 2002.
- [10] Bulletin officiel n° 5062 du 30 ramadan 1423 (5 décembre 2002) portant fixation des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation.

- [11] Maiga et al . 2006. Performance épuratoire d'une filière de trois étages de bassins de lagunage à microphytes sous climat sahélien : cas de la station de traitement des eaux usées de l'EIER. *Sud Science&Technologie*, 14, 1-9.
- [12] S. Naji, Institut sucrier d'étude de recherche et de formation des eaux du circuit hydrique de SUBM. Rapport interne, 1989.
- [13] H. Chaouki et L. El watik, "étude des performances épuratoires de la technique du lagunage aérée de la station d'épuration de la ville d'Errachidia- Maroc," ScienceLib Editions Mersenne : Volume 6, N ° 140101 ISSN 2111-4706, 2014.
- [14] O. Thomas, *Métrie des eaux résiduaires*, Ed. Cebedoc / Tec. et Doc. 11, Liège -75384, Paris, 1995.
- [15] M. El Krati, "Etat de l'environnement de la ville d'El Jadida. Etude de la traitabilité des rejets liquides de textiles" Thèse d'Etat, Faculté des Sciences. El Jadida, 2000.
- [16] A. Rassam, A. Chaouch, B. Bourkhiss et M.Bourkhiss, 2012. Performances de la dégradation de la matière organique par lagunage aéré dans la station d'épuration des eaux usées de la ville d'Oujda (Maroc oriental) *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, Vol. 81 2012, p. 121-125.
- [17] M. Chachoua et A. Seddini 2013. Étude de la qualité des eaux épurées par le lagunage naturel en Algérie Afrique *SCIENCE* Volume 9 N°3 2013
- [18] S. Raweh, D. Belghyti, A. Al Zaemey, Y. El Guamri, et K. El Kharrim, 2011. Qualité physico-chimique des eaux usées de la station d'épuration de la ville de S'Anaa (Yemen), *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol 5, N°1.
- [19] Metcalf et Eddy, H. P., *Wastewater engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. 3^{ème} Edition Library of Congress cataloging in publication data, TD, 645, T34, 1991.
- [20] F. Rejsek, *Analyse de l'eau : aspect réglementaire et technique*. Ed CRDP d'Aquitaine. France, 2002, 358p.

Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des aquifères dans une zone minière : cas de la mine d'or d'Afema (Sud-est de la Côte d'Ivoire)

[Mapping of the vulnerability to pollution of aquifers in a mining area : Afema gold mine case (South-eastern Côte d'Ivoire)]

Yao Kouadio Assemien François^{1,2}, Salze David², Lasm Théophile¹, Koffi Yao Blaise¹, Belcourt Olivier², Lopez-Ferber Miguel², Ahoussi Kouassi Ernest¹, and Youan Ta Marc¹

¹Unité de Formation et de Recherche Science de la Terre et des Ressources Minières,
Université Félix Houphouët Boigny,
Abidjan, Côte d'Ivoire

²Ecole des Mines d'Alès, Alès, France

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

ABSTRACT: The mining industry is a main sector for economic and social development of a country. However, this industry generates many negative impacts on human and biophysical environments. Located south-east of Côte d'Ivoire, the old gold mine of Afema, operated from 1992 to 1998, was assigned to another mining company for a new operation. Prior to reexploitation, study was conducted in 2013 and involving only environmental impacts study. The aspect of vulnerability to groundwater pollution was not addressed in this study. To overcome this shortcoming and to better know the natural predisposition to pollution, mapping of the intrinsic aquifer vulnerability was carried out. The processing of data from drilling data, chemical data, map and satellite images as well as using the DRASTIC method have established the vulnerability map of Afema area. The mineralized zones were overlaid with the vulnerability map, revealing that the study area is dominated by the classes of high and medium vulnerability. Indeed these classes occupy respectively 53.5 and 45.4% of the study area (850 km²), while extreme classes (very low and very high) are hardly encountered in the region. Low vulnerability class accounts only for 1.1% of the total area. The high vulnerability class coincides with high mineralization area. This result reflected a high risk of groundwater pollution around the shear zone. This study has enabled to highlight areas vulnerable to pollution involving attention in the future exploitation of the ore.

KEYWORDS: DRASTIC, groundwater, mining, impacts, vulnerability.

RESUME: L'industrie minière constitue un secteur essentiel dans le développement économique et social d'un pays. Cependant, elle génère de nombreux impacts négatifs sur les environnements humains et biophysiques. Située au Sud-est de la Côte d'Ivoire, l'ancienne mine d'or d'Afema, exploitée de 1992 à 1998, a été attribuée à une nouvelle société minière pour une prochaine exploitation. Une étude a été réalisée en 2013 et a concerné uniquement l'étude d'impact environnementale. L'aspect vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines n'a pas été abordé par cette étude. Afin de pallier à cette insuffisance et de mieux connaître les prédispositions naturelles à la pollution, la vulnérabilité intrinsèque des aquifères de la zone minière a été cartographiée. Le traitement des données chimiques, cartographiques, de forages et d'images satellites ainsi que l'utilisation de la méthode DRASTIC ont permis d'élaborer la carte de vulnérabilité de la zone d'Afema. Les zones minéralisées ont été superposées avec la carte obtenue révélant que la zone d'étude est dominée par les classes de vulnérabilité forte et moyenne. En effet, ces classes occupent respectivement 53,5 et 45,4% de la zone d'étude (850 km²), alors que les classes extrêmes (très faible et très forte) ne sont guère rencontrées dans la région. La classe de vulnérabilité faible ne représente que 1,1% de la zone d'étude. La classe de forte vulnérabilité coïncide avec des zones minéralisées. Ce

résultat traduit un niveau élevé de risque de pollution des eaux souterraines au droit de la « shear zone ». Cette étude a permis de mettre en lumière les zones vulnérables à la pollution nécessitant une attention particulière lors de l'exploitation future du gisement.

MOTS-CLEFS: DRASTIC, eaux souterraines, exploitation minière, impacts, vulnérabilité.

1 INTRODUCTION

Le secteur agricole a constitué le principal moteur de la croissance de l'économie ivoirienne depuis l'indépendance avec le développement des cultures de rente impulsé par l'État. Ces efforts ont connus des résultats probants plaçant aujourd'hui le pays au rang de premier pays producteur de cacao, deuxième pays producteur de noix de cajou, troisième pour le café (liste est loin d'être exhaustive) [1]. Depuis une dizaine d'années, l'Etat ivoirien a mis en place une politique de diversification des bases de son économie en développant d'autres secteurs comme celui des ressources minières. Ainsi de nombreux permis de recherche et d'exploitation des ressources minières ont été octroyés à des entreprises multinationales. Le projet minier de la zone d'Afema dans le Sud-est de la Côte d'Ivoire s'inscrit dans cette dynamique. L'exploitation minière, comme toute autre activité industrielle d'envergure ne peut se faire sans dommages sur l'environnement [2], [3], [4], [5]. D'où la nécessité de connaître les prédispositions naturelles afin de mieux évaluer les impacts potentiels de cette activité.

Cette étude se propose de cartographier à l'aide de la méthode DRASTIC les zones vulnérables à la pollution des eaux souterraines par les différents polluants provenant de la surface. En effet, les eaux souterraines sont considérées comme l'une des sources les plus importantes pour l'approvisionnement en eau potable du fait de leur grande capacité de stockage ainsi que de leur faible exposition aux polluants contrairement aux eaux de surface [6].

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le projet minier se situe dans le Département d'ABOISSO au Sud-est de la Côte d'Ivoire, à 122 km d'Abidjan. La zone d'étude s'étend sur plus de 850 km², correspondant à la superficie des 2 bassins versants des cours d'eau Ehania et Noé. Cette délimitation tient compte de la zone d'influence des activités minières sur le milieu naturel. À ces deux cours d'eau principaux, s'ajoutent plusieurs autres cours d'eau non pérennes qui drainent la région (Fig. 1).

Du point de vue géologique, les formations rencontrées se regroupent en deux grands ensembles principaux : les métavulcanites et les métasédiments [7]. Ces ensembles sont essentiellement respectivement dominés par des schistes à chlorites et des schistes tuffacés. La zone de contact de ces ensembles représente la zone minéralisée (shear zone), orientée NE-SW. Des intrusions, notamment de diorites, métadiorites et métatonalites, métagabbros et métadolérites sont aussi observées dans la zone d'étude (Fig. 2). Cette zone est recouverte dans sa partie Sud-ouest par une fine couche sédimentaire constituée de sables, argiles et grès ferrugineux dits des hauts plateaux [8].

La zone minière comporte plus d'une dizaine de fosses, ouvertes et exploitées par la Société des Mines de l'Afema (SOMIAF) de 1992 à 1998 [7]. Seul le minerai oxydé a été exploité par la SOMIAF. Le nouveau permis d'exploitation concernera à la fois le minerai oxydé et le minerai sulfuré qui représente 75% du gisement.

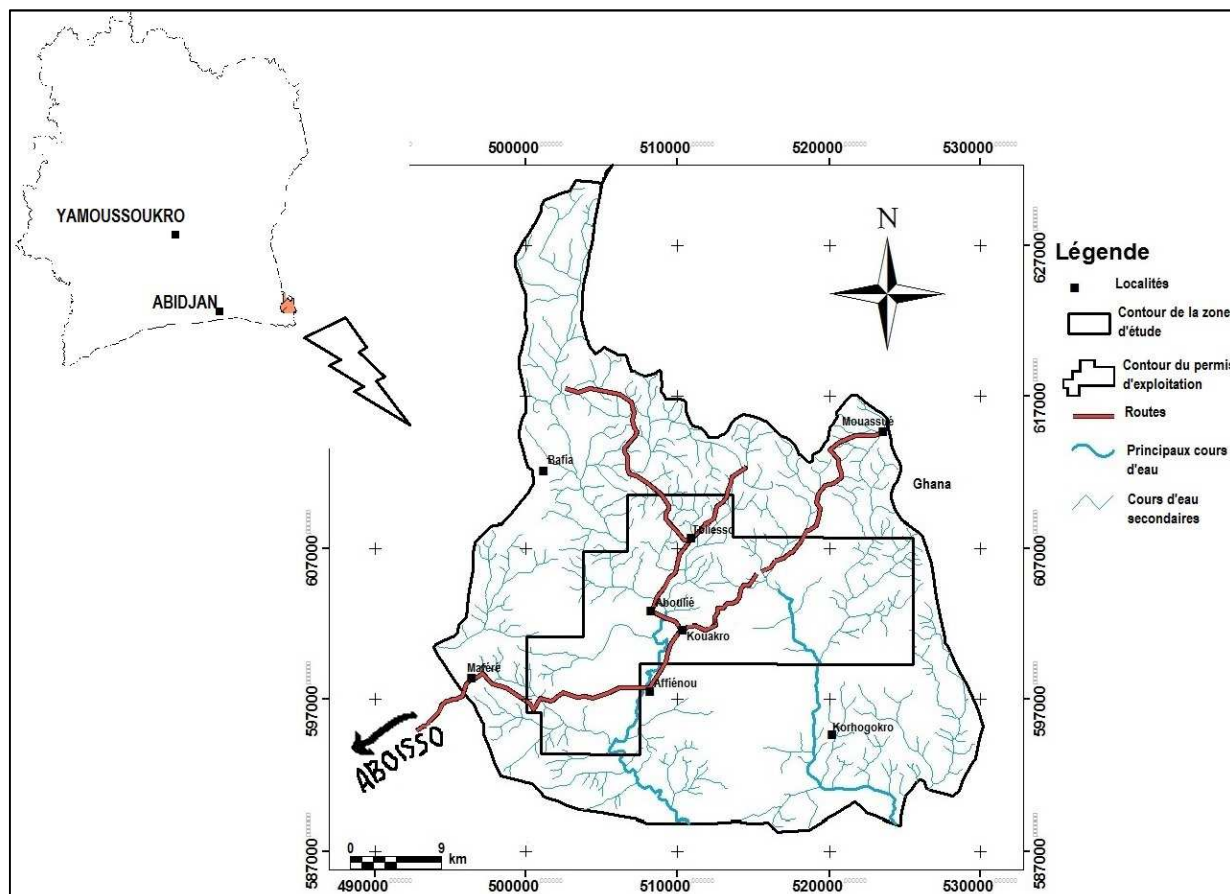


Fig. 1. Situation géographique et réseau hydrographique du secteur d'Afema

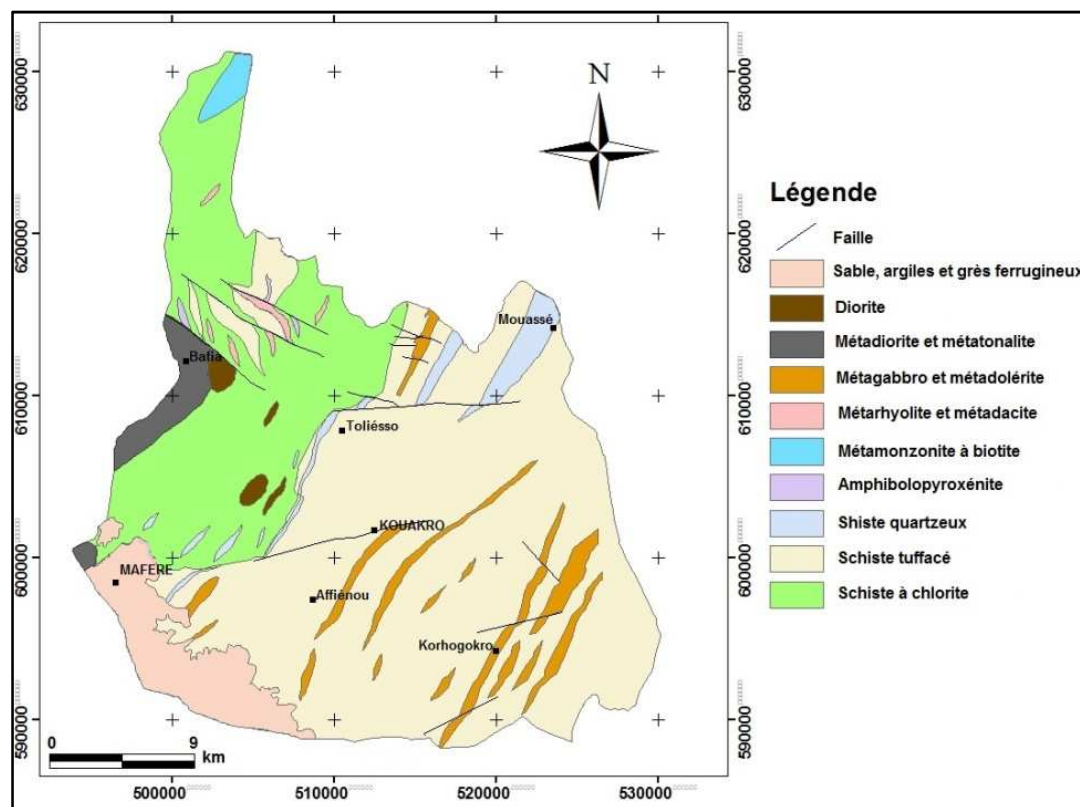


Fig. 2. Carte géologique de la zone d'Afema ([8], modifié)

2.2 MATÉRIEL ET DONNÉES

La base de données pour cette étude est constituée de diverses données : chimiques, cartographiques, de forages et d'images satellites.

Les données de forages concernent les données tirées des fiches techniques des forages. Il s'agit notamment de la profondeur de la nappe (niveau statique), la lithologie de la zone non saturée et de la zone saturée. Ces données ont été acquises auprès de la Direction Régionale de l'Hydraulique d'Aboisso. Les données chimiques concernent essentiellement les teneurs en nitrates (NO_3^-) des eaux souterraines.

Les données images sont constituées d'images SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) avec une résolution de 90 m, et de Landsat 8. Les images satellites de Landsat 8 ont été obtenues sur le site américain <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Les fonds cartographiques utilisés se composent de cartes géologique, photogéologique [9], topographique à l'échelle de 1/200 000 fournie par le Centre de Cartographie et de Télédétection (CCT) et de carte pédologique [10].

Les cartes ont été établies en utilisant plusieurs logiciels notamment : i) Mapinfo Professionnel 11.0 pour la numérisation des différentes cartes (géologiques, topographiques,...) ; ii) Envi 5.1 pour le traitement des images satellites Landsat 8 et la cartographie de la fracturation ; iii) Arcgis 10.2.2 pour l'établissement des cartes thématiques et de la carte de vulnérabilité.

2.3 MÉTHODE

La notion de vulnérabilité des aquifères a été abordée par plusieurs auteurs [11], [12], [13] et [14]. Ainsi, [11] ont montré que la vulnérabilité des eaux souterraines est une notion relative, non mesurable et adimensionnelle, basée sur la supposition que le milieu naturel peut fournir une protection des eaux souterraines contre les impacts anthropiques, en particulier ceux qui sont engendrés par les polluants entrant dans l'environnement souterrain.

En complément de cette idée, [12] estiment que la vulnérabilité évalue la faiblesse de cette protection naturelle. Elle matérialise la facilité avec laquelle la protection peut être rendue caduque par une pollution. En revanche, il est important de noter qu'il existe deux types de vulnérabilité [13], [14] : (i) la vulnérabilité intrinsèque qui fait référence aux particularités

hydrogéologiques de l'aquifère, donc aux caractéristiques du milieu naturel qui déterminent la sensibilité des eaux souterraines à la pollution par des activités humaines et (ii) la vulnérabilité spécifique qui se rapporte aux propriétés hydrogéologiques et à la nature des contaminants potentiels pouvant modifier la qualité de l'eau souterraine. Elle prend en compte les propriétés des polluants et leurs relations avec divers composants de la vulnérabilité intrinsèque [15].

2.3.1 DESCRIPTION DE LA MÉTHODE DRASTIC

La méthode DRASTIC a été développée par l'Agence Américaine de Protection de l'Environnement [16]. DRASTIC est une méthode empirique de cotation numérique qui utilise sept paramètres pour évaluer la vulnérabilité verticale intrinsèque de l'aquifère. De plus, pour chaque paramètre, une cote allant de 1 à 10 est attribuée par classe préalablement définie en fonction de la particularité de la zone étudiée et des données disponibles. Les sept paramètres dont les initiales donnent l'acronyme DRASTIC sont :

- **D** : « **Depth to groundwater** » qui désigne la profondeur de la nappe;
- **R** : « **Recharge** » pour la recharge efficace de la nappe;
- **A** : « **Aquifer media** » pour le type d'aquifère;
- **S** : « **Soil media** » pour la nature du sol;
- **T** : « **Topographie** » pour la topographie ou la pente;
- **I** : « **Impact of the vadose zone** » pour l'impact de la zone non saturée;
- **C** : « **Conductivity** » pour la conductivité hydraulique.

Chaque paramètre est pondéré par un facteur multiplicateur variant de 1 à 5 selon son importance. Un paramètre prépondérant est affecté d'un poids égal à "5" alors qu'un paramètre ayant moins d'influence sur le devenir d'un contaminant se voit assigner un poids de "1". Les propriétés de chaque paramètre et le poids qui lui est attribué sont représentés dans le Tableau 1.

En outre, la classification et la cotation des paramètres DRASTIC tenant compte de la particularité du milieu sont présentées dans le Tableau 2. Après avoir défini les différentes classes pour chacun des paramètres susmentionnés, il est alors possible de calculer l'indice de la vulnérabilité DRASTIC (ID). Il s'agit de faire la somme des couches DRASTIC obtenues pour chacun des sept paramètres pondérés par les coefficients respectifs de ces derniers selon l'équation qui suit :

$$ID = Dp \times Dc + Rp \times Rc + Ap \times Ac + Sp \times Sc + Tp \times Tc + Ip \times Ic + Cp \times Cc$$

Avec D, R, A, S, T, I, C, les paramètres cités plus haut ;

c : cotation accordée à chaque paramètre ;

p : facteur de pondération accordé à chaque paramètre.

DRASTIC repose sur les trois hypothèses de base suivantes :

- les sources de contamination potentielles se trouvent à la surface du sol ;
- de la surface du sol, les contaminants potentiels atteignent l'aquifère par le mécanisme d'infiltration efficace ;
- la nature des contaminants potentiels n'est pas prise en compte dans le calcul des indices.

DRASTIC génère un indice (ID) pour le potentiel de pollution des ressources en eaux souterraines qui évolue de 23 à 226. L'indice permet d'évaluer le degré de vulnérabilité de l'unité hydrogéologique à laquelle il se rattache. La reclassification des indices DRASTIC telle que proposée par [17] a été adoptée. Elle conduit à cinq classes de vulnérabilité (Tableau 3).

Si les données concernant les autres paramètres ont été extraites des fiches techniques de forages, des cartes géologiques et des sols, celles caractérisant la conductivité hydraulique sont issues du traitement des images satellites de Landsat 8. La carte linéamentaire résultant des différents traitements a été ensuite validée afin d'attribuer à l'ensemble des linéaments cartographiés, une valeur de fracture. Cette importante phase a été effectuée à partir des travaux de [18] dans le département d'Aboisso, qui comprend la présente zone d'étude. En effet, les réseaux linéamentaires issus des deux travaux ont été analysés et les rosaces directionnelles correspondantes ont été comparées. Enfin, la carte de fracturation ainsi obtenue a été discrétisée en mailles carrées de $5 \times 5 \text{ km}^2$. À l'intérieur de chaque maille, la perméabilité induite par les fractures a été calculée par la méthode de Franciss. Les détails de cette méthode et des techniques de traitement des images satellites sont bien connus dans la littérature et ne seront pas présentés ici. Cependant, pour de plus amples informations, le lecteur est renvoyé aux travaux de [14], [19], [20].

Tableau 1. Propriétés et le poids de chaque paramètre DRASTIC [14]

Paramètres	Symbole	Propriétés	Poids
Profondeur de la nappe	D	Plus cette profondeur est élevée, plus le contaminant met de temps pour atteindre la surface piézométrique	5
Recharge de la nappe	R	Vecteur principal pour le transport du contaminant. Plus cette recharge est grande, plus le risque de contamination est élevé.	4
Lithologie de l'Aquifère	A	Caractérisée par la granulométrie des terrains saturés. Elle intervient dans le piégeage du polluant qui peut échapper au pouvoir d'absorption du sol. Plus cette granulométrie est fine, plus le piégeage du polluant est grand.	3
Sol	S	Plus le sol est riche en argile, plus l'absorption des métaux lourds est importante et plus la protection des eaux souterraines est grande.	2
Topographie	T	Plus la pente des terrains est grande, plus le ruissellement des eaux est important et par conséquent la contamination des eaux souterraines est faible.	1
Zone non saturée	I	Son impact est déterminé à partir de la texture des terrains qui la constituent. La percolation du polluant jusqu'à la surface piézométrique est d'autant plus grande que cette texture est favorable (graviers, sable grossiers).	5
Conductivité	C	Plus ce paramètre est grand, plus le transfert du polluant est rapide	3

2.3.2 VALIDATION DE LA CARTE VULNÉRABILITÉ

La validation des différents résultats obtenus apporte une crédibilité au travail effectué et montre que les cartes thématiques produites reflètent mieux la sensibilité du terrain. Le critère d'évaluation choisi pour valider un indicateur donné doit être indépendant (n'ayant pas servi à la réalisation de cet indicateur) et provenir exclusivement de la zone d'étude.

Plusieurs auteurs [14], [17], [18], [20], [21], [22], [23], [24], et [25] ont vérifié la validité des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité à la pollution en se basant sur des données chimiques des eaux souterraines. Au regard des résultats satisfaisants de ces auteurs, la carte de vulnérabilité de la zone minière d'Afema a été validée à partir des teneurs en nitrates (NO_3^-) des eaux souterraines. Les nitrates constituent l'une des principales sources de pollution d'origine superficielle en raison de l'existence de nombreuses plantations de palmiers, et d'hévéa. L'utilisation des intrants agricoles peut conduire à la contamination des eaux souterraines en nitrates. Cette validation a été réalisée en établissant une comparaison entre la répartition spatiale des nitrates dans les eaux de la nappe et la distribution des classes de vulnérabilité établies.

Les échantillons prélevés sont au nombre de 19, repartis sur l'ensemble de la zone d'étude en fonction de l'existence ou non d'ouvrages de captage. Ces échantillons concernent les eaux des ouvrages de types Hydraulique Villageoise (HV), Hydraulique Villageoise Améliorée (HVA) et puits (zone rurale). Les teneurs en nitrates ont été déterminées à partir de la Méthode 8171 sur Hach DR 6000 au Laboratoire Central de l'Environnement du Centre Ivoirien Antipollution (CIAPOL).

Tableau 2. Classification et cotation des paramètres DRASTIC du secteur minier d'Afema

Paramètres	Classe	Cote
D : Profondeur de la nappe	0 - 1,5 m	10
	1,5 - 4,4	9
	4,4 – 8,9	7
	8,9 – 14,6	5
	14,6 – 22,8	3
	22,8 – 28,62	2
	> 28,62	1
R : Recharge	360	10
A : Lithologie de l'Aquifère	Roches métamorphiques et ignées	4
	Schistes	6
	Sable et gravier	8
S : Sol	Sols ferralitiques sur roches basiques, Sols ferralitiques sur granite Sols ferralitiques sur schistes	10
	Sols ferralitiques sur sables tertiaires	8
	Sols hydromorphes	4
T : Topographie	0 – 2 %	10
	2 – 6 %	9
	6 – 12 %	5
	12 – 18%	3
	>18%	1
I : Zone non saturée	Roches métamorphiques et ignées	4
	Schistes	6
	Sable et gravier	8
C : Conductivité	< 5.10 ⁻⁵	1

Tableau 3. Indice DRASTIC reclassé et degré de vulnérabilité [17]

Indice DRASTIC (ID)	Degré de vulnérabilité
23 à 84	Très faible
85 à 114	Faible
115 à 145	Moyen
146 à 175	Fort
176 à 226	Très fort

3 RÉSULTATS

3.1 CARTOGRAPHIE DE LA FRACTURATION ET PERMÉABILITÉ INDUITE

3.1.1 RÉSEAU LINÉAMENTAIRE DE LA ZONE D'AFEMA

Les différentes techniques de traitement ont conduit à la cartographie du réseau de linéaments de la zone d'Afema (Fig. 3). La carte du réseau de linéaments comporte de nombreuses discontinuités, environ 1219 linéaments, dont la taille varie de 190 m à 15,22 km. Ces tailles s'échelonnent sur deux ordres de grandeur. La densité est variable d'un secteur à un autre. En effet, elle est importante à l'ouest que dans les autres parties de la zone d'étude.

La rosace directionnelle du réseau de linéaments illustrée à la figure 4 montre qu'aucune direction ne dépasse les 10% en fréquence aussi bien pour la distribution en nombre que pour celle en longueurs cumulées de linéaments, indiquant ainsi l'homogénéité du réseau linéamentaire (2 à 6% et 1 à 6% respectivement pour la distribution en nombre et en longueurs cumulées de linéaments). Cependant, certaines directions se démarquent de l'ensemble avec des fréquences (notamment)

en nombre oscillant entre 6 et 10% qui constituent les familles dominantes. Il s'agit des directions N0-10, N20-30, N30-40, N40-50, N50-60 et N60-70.

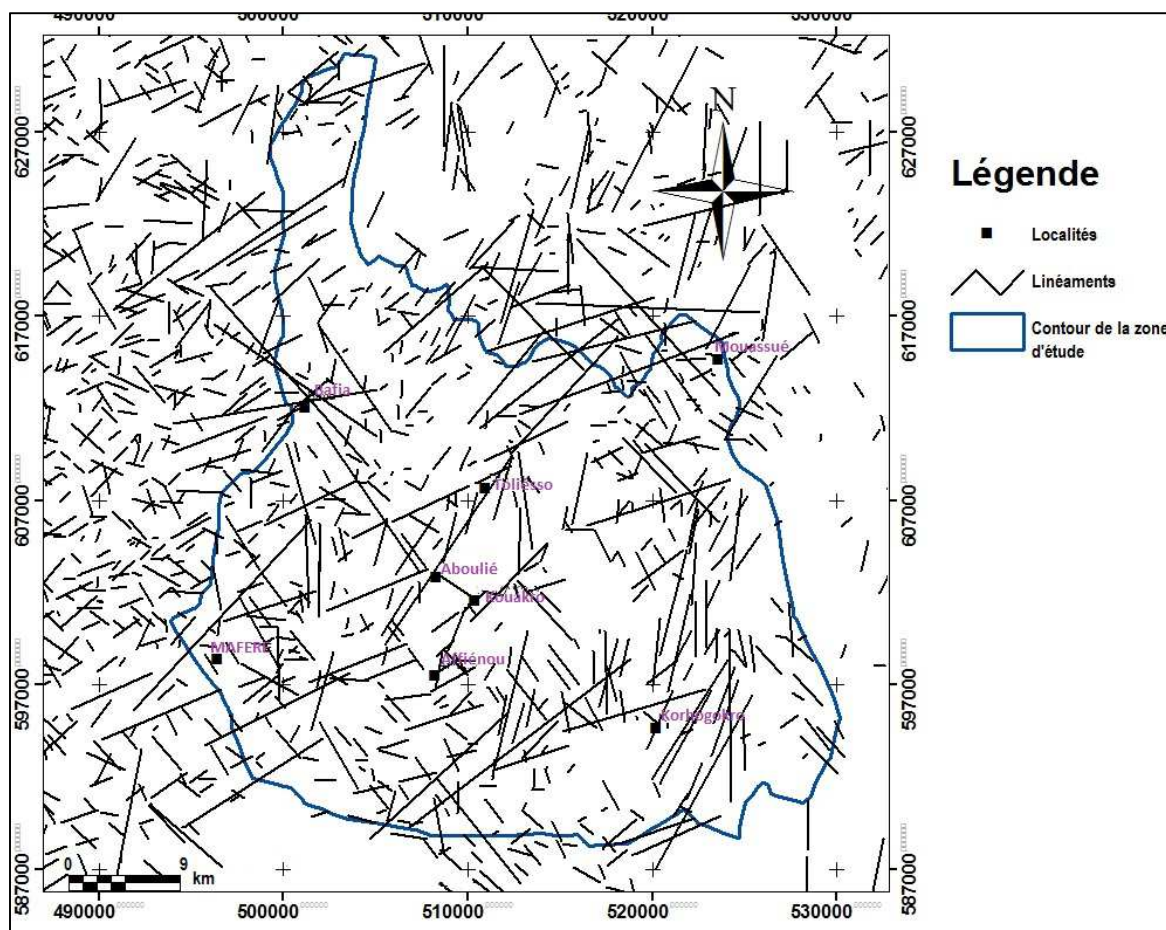


Fig.3. Carte linéamentaire de la zone d'Afema

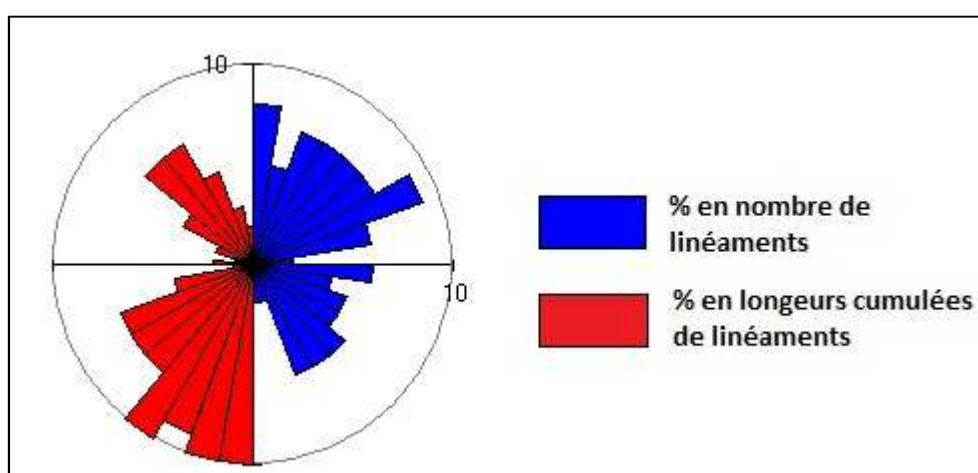


Fig.4. Rosace directionnelle des linéaments cartographiés

3.1.2 VALIDATION DE LA CARTE DU RÉSEAU DE LINÉAMENTS ET PERMÉABILITÉ INDUITE PAR LES FRACTURES

Afin de donner une signification aux linéaments cartographiés, la carte linéamentaire a été comparée à celle obtenue par [18]. La figure 5 représente la distribution statistique des linéaments cartographiés par cet auteur. Sur cette rosace, seules les directions N0-10, N90-100 et N150-160 ont une fréquence supérieure à 6%. Ainsi, l'analyse comparative des deux rosaces montre que la direction N0-10 a été identifiée dans les deux études comme une direction qui se dégage de l'ensemble. Cependant pour la présente étude, la direction N0-10 représente 8% du nombre de linéaments tandis que [18] a obtenu 9%. De plus, le nombre de linéaments suivant la direction N60-70 représente respectivement 9% et 6% dans cette étude et dans celle de [18]. De même, la direction N150-160 représente 6% dans la présente étude et 7% des fractures cartographiées par [18]. Ces différentes observations indiquent que les deux supports fournissent les mêmes résultats d'un point de vue statistique. Les quelques différences observées s'expliquent par la taille de la zone d'étude et aussi du nombre de discontinuités pris en compte. Au niveau de la précédente étude, la zone d'intérêt est beaucoup plus vaste et le nombre de discontinuité est important comparativement à la présente étude. En effet, dans la zone d'Afema seulement 1219 fractures ont été identifiées et cartographiées tandis que le réseau de fractures établi par [18] comporte plus de 2000 fractures. Ces résultats permettent de valider les réseaux de linéaments cartographiés. Les linéaments ont donc une valeur de fracturation. Rappelons qu'au cours de la phase de validation, tous les linéaments cartographiés qui n'ont pas une origine tectonique ont été supprimés.

Les fractures ainsi cartographiées ont permis de calculer les perméabilités induites par les fractures de la zone étudiée. Les valeurs de perméabilité induites par les fractures oscillent entre $1,15.10^{-8}$ et $8,91.10^{-7}$ m.s⁻¹. Ces valeurs obtenues dans la zone minière d'Afema ont été regroupées dans une seule classe au regard de la classification illustrée dans le Tableau 3. La cote 1 a donc été affectée à ces valeurs de perméabilité induite.

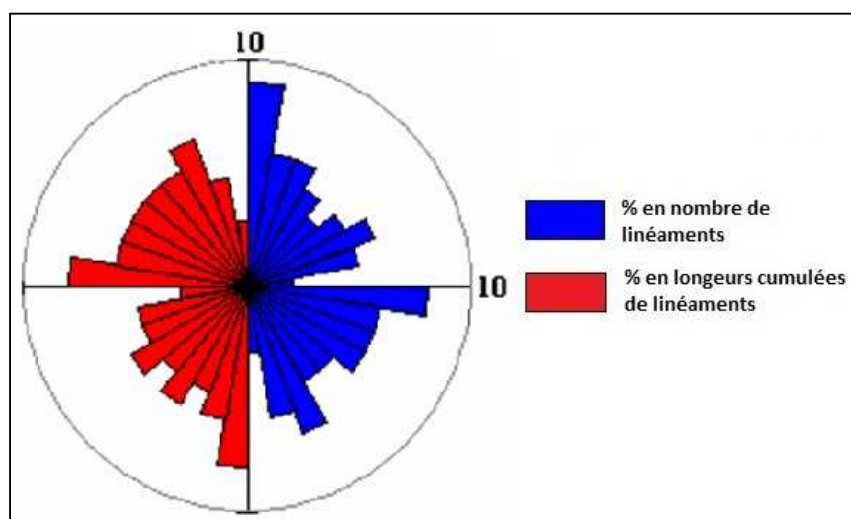


Fig. 5. Rosace directionnelle de la fracturation de [18]

3.2 VULNÉRABILITÉ À LA POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES

Les valeurs des indices DRASTIC obtenues représentent la mesure de la vulnérabilité hydrogéologique des aquifères de la zone d'Afema. Ces valeurs sont comprises entre 111 et 168. Conformément à la méthode adoptée, ces indices ont été regroupés en cinq classes (Tableau 3) : très faible, faible, moyenne, forte et très forte. Les résultats révèlent que la zone d'étude est dominée par les classes de vulnérabilité forte et moyenne. En effet, ces classes occupent respectivement 53,5 et 45,4% de la zone d'étude (Fig. 6 et Fig. 7). Alors que les classes extrêmes (très faible et très forte) ne sont guère rencontrées dans la région, la classe de vulnérabilité faible ne représente que 1,11% de la surface étudiée.

La classe « vulnérabilité forte », qui, est prépondérante (53,5%) se rencontre à l'Est, au Centre et s'étend jusqu'à l'Ouest du secteur étudié, avec quelques lambeaux au Nord et au Nord-ouest. Cette classe de vulnérabilité est globalement orientée NE-SW, soit dans la direction de la zone de cisaillement (zone minéralisée). Le fort degré de la vulnérabilité peut s'expliquer par le fait que les niveaux statiques y sont généralement inférieurs à 5 m de profondeur auquel on associe la présence de sable tertiaire.

La classe « vulnérabilité moyenne » se rencontre essentiellement au Sud et au Nord de la zone d'étude. Quelques "poches" sont aussi identifiées à l'Ouest dans les environs de Maféré et à l'Est du secteur étudié. La présence de cette classe de vulnérabilité pourrait s'expliquer par des valeurs de niveaux statiques qui oscillent entre 7 et 14,6 m de profondeur dans des formations essentiellement constituées de schistes. Par ailleurs, les valeurs de pente observées dans ces zones sont relativement faibles (3 à 12%) et pourraient également justifier la vulnérabilité moyenne rencontrée.

La classe « vulnérabilité faible » qui est la moins importante (1,11% de la zone étudiée) est rencontrée au Sud du village d'Affiénou. Elle serait due aux fortes profondeurs de la nappe et surtout à l'existence de points hauts. Le sol est de type hydromorphes.

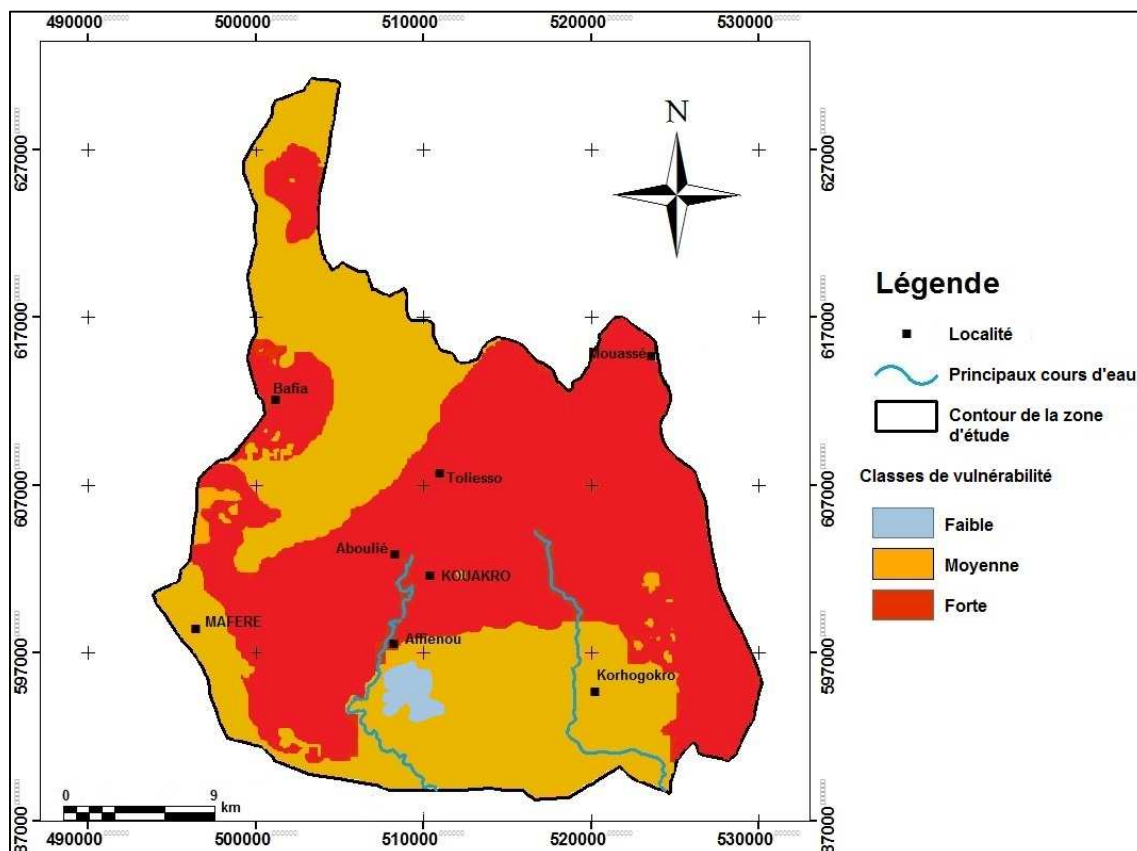


Fig.6. Carte de vulnérabilité à la pollution de la zone d'étude

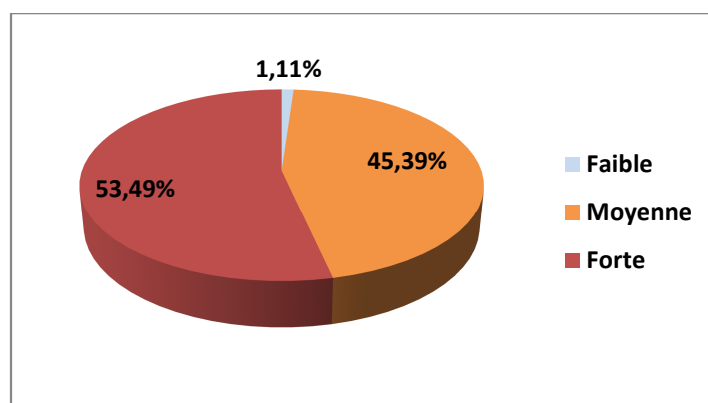


Fig. 7. Diagramme de répartition des classes de vulnérabilité

Par ailleurs, la superposition des zones minéralisées (shear zone), avec cette carte de vulnérabilité (Fig. 8) a montré que ces zones coïncident avec la classe de vulnérabilité forte traduisant ainsi un risque élevé de pollution des eaux souterraines.

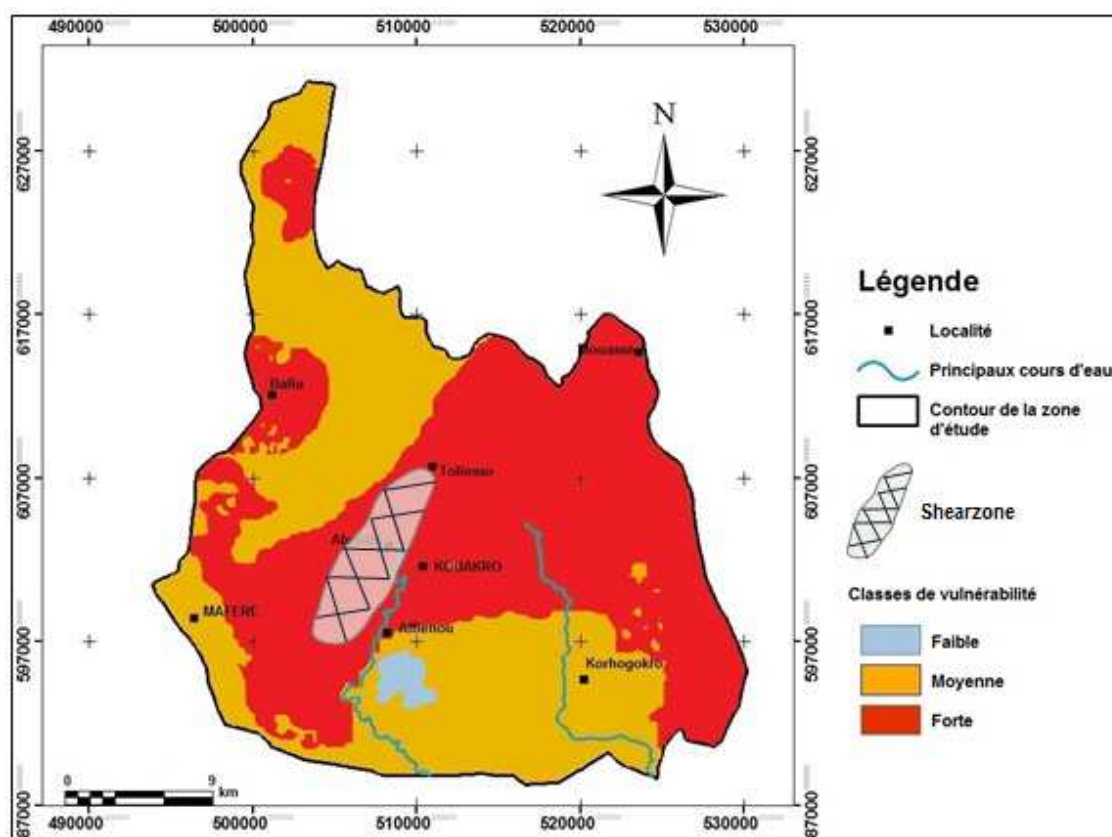


Fig. 8. Superposition de la zone minéralisée avec la carte de vulnérabilité

3.3 VALIDITE DE LA CARTE DE VULNERABILITE

La carte de vulnérabilité à la pollution a été validée grâce aux teneurs en nitrates (NO_3^-) contenues dans les eaux souterraines. Les concentrations sont comprises entre 0 et 10 mg/L. Ces teneurs sont en dessous de la valeur seuil (50 mg/L) proposée par l'OMS, pour les eaux de boisson. Par conséquent, aucune pollution en nitrates n'a été pour le moment constatée dans la zone d'étude. La répartition spatiale de ces teneurs sur l'ensemble de la zone associée à la carte de vulnérabilité est illustrée à la figure 9. Pour cette carte, 3 valeurs des teneurs en nitrates sont comprises entre 0 et 4,5 mg/L et coïncident toutes avec la zone de vulnérabilité forte (Tableau 4). Les 3 valeurs ayant des concentrations comprises entre 4,5 et 5,5 mg/L coïncident toutes avec la zone de vulnérabilité forte. Les teneurs qui oscillent entre 5,5 et 6,5 mg/L sont au nombre de 5 dont une coïncide avec la zone de vulnérabilité faible et une autre coïncide avec la zone de vulnérabilité moyenne. Les 3 autres valeurs (60%) sont localisées dans la zone de vulnérabilité forte. Enfin, 75% des valeurs dépassant les 6,5 mg/L coïncident avec la zone de vulnérabilité forte et 15% avec la zone de vulnérabilité moyenne.

Tableau 4. Coïncidence entre les concentrations en nitrates et les classes de vulnérabilité établies

Teneurs en nitrate(mg/L)	Nombre de valeurs de nitrates comprises entre			
	[0 - 4,5[	[4,5 - 5,5[	[5,5 - 6,5[	≥ 6,5
Faible	0	0	1	0
Moyenne	0	0	1	2
Forte	3	3	3	6
Total	3	3	5	8

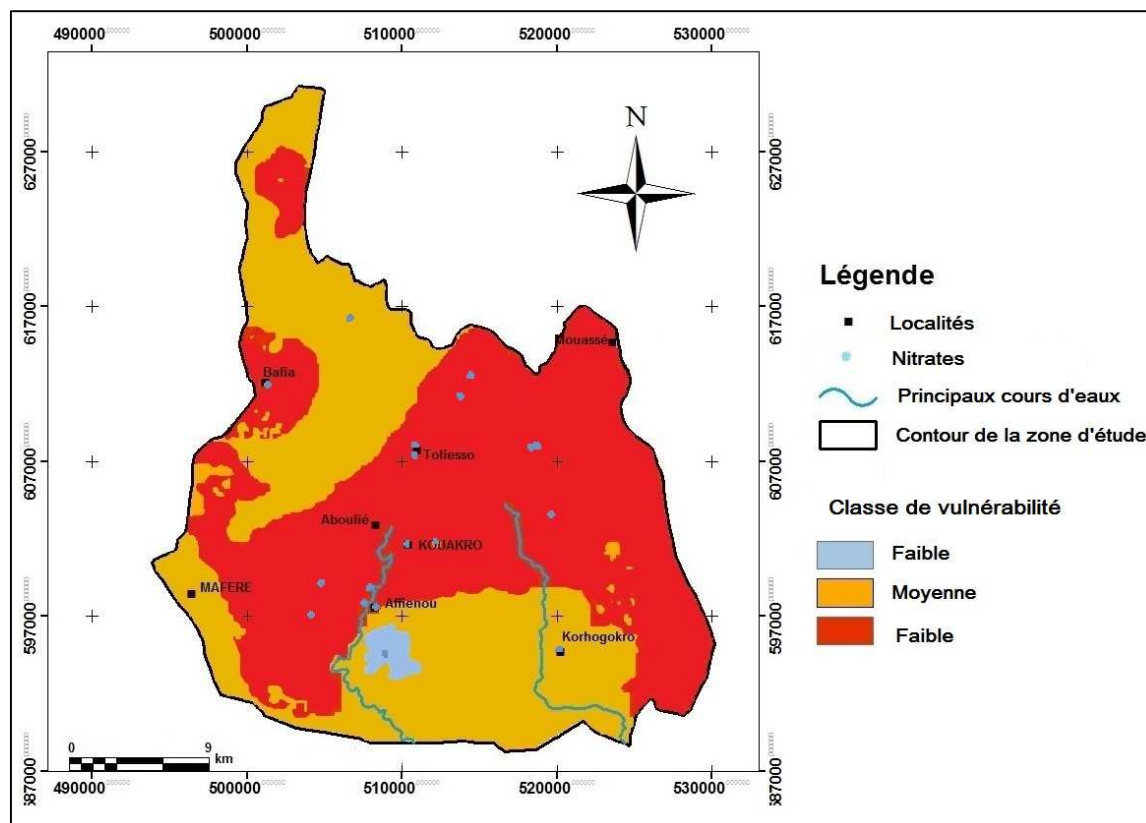


Fig. 9. Superposition de la répartition spatiale des points de prélèvement avec la carte de vulnérabilité

L'analyse de la carte de répartition des teneurs en nitrates (Fig.10) montre que les valeurs supérieures à 6,5 mg/L sont enregistrées dans des zones où la vulnérabilité à la pollution a été estimée forte. Il s'agit des secteurs Centre, Est, et Sud-est de la zone étudiée. Ce résultat est aussi observé à l'Ouest aux alentours du village de Bafia. De même, des teneurs de nitrates de 4,5 à 6,5 mg/L ont été obtenues au Nord et au Sud, zones où la méthode DRASTIC a donné une vulnérabilité moyenne. Ces résultats permettent de conclure que la carte de vulnérabilité obtenue est valide et reflète la réalité du terrain.

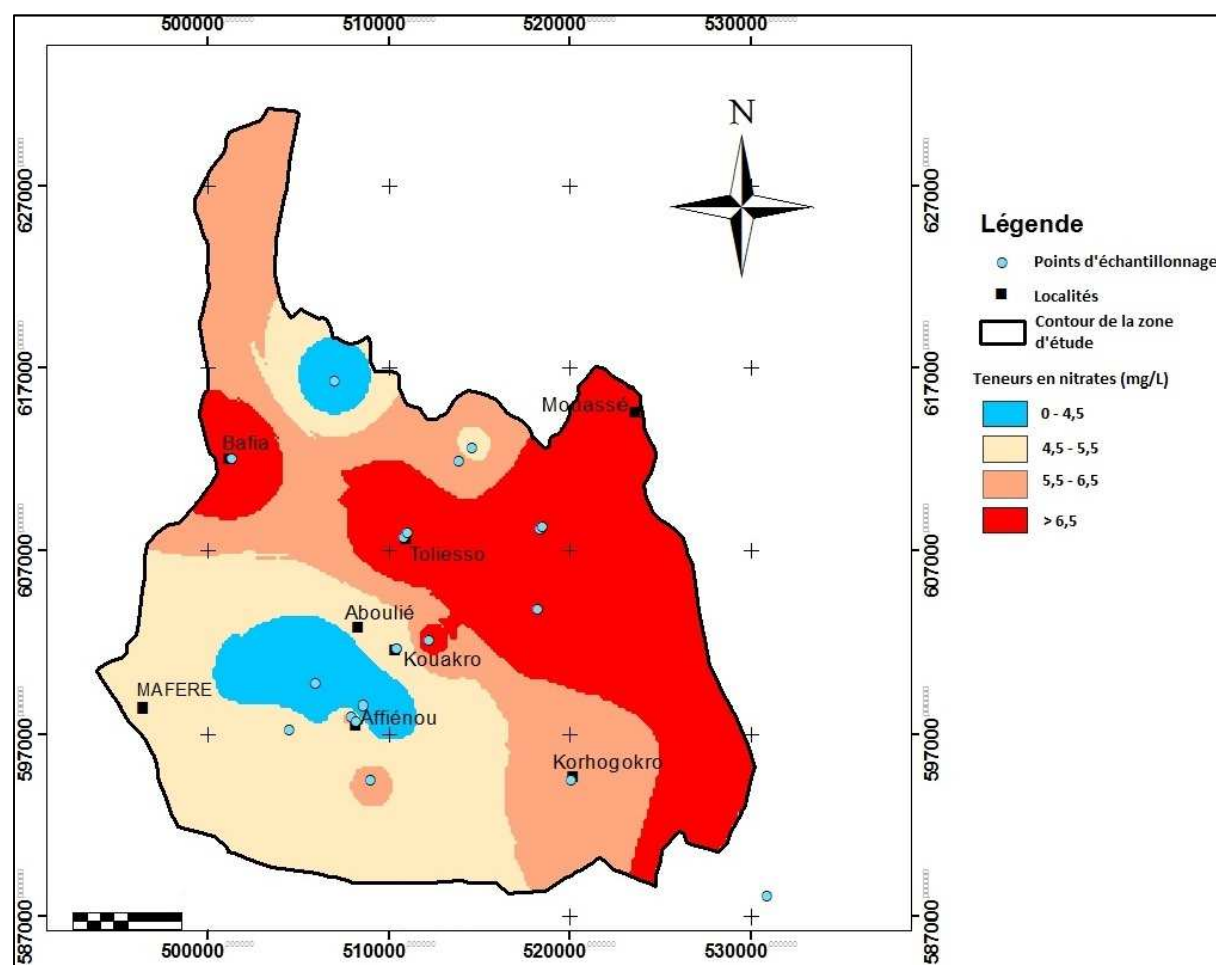


Fig. 10. Répartition spatiale des teneurs en nitrates

4 DISCUSSION

L'étude de la vulnérabilité des aquifères par la méthode DRASTIC a révélé 3 classes : faible, moyenne et forte occupant respectivement 1,1; 45,4 et 53,5% de la zone d'étude. La classe « forte vulnérabilité » est la plus représentée. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que les niveaux statiques y sont généralement inférieurs à 5 m de profondeur auquel on associe la présence de sables tertiaires. L'importance du type de sol a été soulignée par [26], qui a indiqué que la présence d'un sol très perméable associée à une faible profondeur de la nappe et à une forte recharge serait une condition propice pour accroître la vulnérabilité à la pollution des aquifères. Des résultats similaires montrant 3 classes de vulnérabilité ont été obtenus par d'autres auteurs [14], [27]. Dans le département de M'BAHIAKRO (Centre de la Côte d'Ivoire), [27] a obtenu une distribution avec 39% de la surface de la zone d'étude dans la classe faible, 50% dans la classe moyenne et 11% dans la classe forte. C'est aussi le cas de [14] qui, a obtenu à Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire), les mêmes classes faible, moyenne, forte occupant respectivement 13, 64 et 23%. La différence constatée au niveau des surfaces occupées par les classes de vulnérabilité d'une région à une autre pourrait être due aux spécificités locales (natures et qualité des données). La méthode DRASTIC a donné de bons résultats à travers le monde comme l'ont montré [6], [12], [14], [16], [23]. Cependant, quelques limites dans son application méritent d'être relevées. La première difficulté est liée au nombre de facteurs hydrogéologiques pris en compte [14]. En effet, les valeurs de certains facteurs comme la recharge ou encore la conductivité hydraulique ont été obtenues par extrapolation de données parfois de sources différentes. La deuxième limite de DRASTIC provient de la précision au niveau de l'estimation de la profondeur des nappes. Cette précision est fonction de l'intervalle des isobathes de niveau de la profondeur de la nappe. Plus les intervalles sont larges, moins précise est l'estimation et cela entraîne un problème de continuité des données [28]. Cependant, pour cette étude les profondeurs ont été directement obtenues à partir des logs de forages. Un autre point de discussion dans l'application de la méthode DRASTIC, se situe au niveau du choix du type de coefficient de pondération et au niveau des limites des classes. En effet, bien qu'une classification soit proposée,

le choix des limites des intervalles est laissé à l'appréciation de l'opérateur en fonction des données disponibles et des spécificités de la zone étudiée. En d'autres termes les limites des différentes classes ne sont pas des valeurs absolues mais plutôt des valeurs relatives.

En dépit de ces quelques limites, la méthode DRASTIC reste une approche fiable et offre des résultats assez proches de la réalité du terrain. D'ailleurs, les résultats obtenus dans cette étude ont été confortés par les teneurs en nitrates contenues dans les eaux souterraines de la région quoi qu'elles ne soient pas encore alarmantes, c'est-à-dire en dessous du seuil guide proposé par l'OMS qui est de 50 mg/L. Les faibles teneurs en nitrates pourraient laisser entrevoir un milieu fermé. Ce qui signifierait que les teneurs enregistrées sont d'origine naturelle. Or d'après [29], le bruit de fond naturel des nitrates n'excède pas 5 mg/L. On peut donc conclure qu'il y'a bien eu apport de nitrates d'origine anthropique (utilisation des engrais azotés par exemple ; en faible proportion). De plus, une zone vulnérable peut aussi avoir une faible teneur en nitrate étant donné que la notion de vulnérabilité n'est pas synonyme d'une pollution actuelle, mais plutôt d'une prédisposition de ces zones à une contamination éventuelle, si rien n'est entrepris pour les protéger [24]. Dans tous les cas, dans cette étude les zones réellement contaminées correspondent à celles où les indices de vulnérabilité sont les plus élevés.

Les résultats de cette étude permettent d'avoir une idée sur les zones sensibles et ainsi d'en tenir compte dans l'exploitation de celles-ci. L'étude a montré que les zones minéralisées se situent dans les zones de forte vulnérabilité. L'exploitation minière concernera environ 75% les minerais sulfurés puisque l'essentiel du minerai oxydé a déjà été exploité. Le potentiel de génération du Drainage Minier Acide (DMA) serait alors élevé dans la zone d'étude. En effet, le DMA se forme lorsque les sulfures sont exposés à l'eau (atmosphère humide) et à l'oxygène provenant généralement de l'atmosphère. L'exploitation minière contribuera d'une part à la mise en surface des sulfures et d'autre part au contact de ceux-ci avec les eaux d'infiltration aux travers des galeries et autres ouvrages miniers. De fait, l'acidité des eaux du milieu résultant de l'oxydation des sulfures facilitera le relargage des métaux et métalloïdes dans le milieu environnant et surtout dans les eaux souterraines. L'utilisation de techniques appropriées de prévention du DMA comme le recouvrement avec des résidus miniers neutres, le recouvrement de type couverture à effets de barrières capillaire (CEBC) [31] et le traitement actif avec neutralisation chimique à la chaux est alors recommandée afin d'inhiber la production du Drainage Minier Acide.

5 CONCLUSION

L'application de la méthode DRASTIC a permis d'établir la carte de vulnérabilité intrinsèque à la pollution des aquifères de la zone minière d'Afema. Trois classes de vulnérabilité ressortent de l'analyse de cette carte : faible, moyenne et forte couvrant respectivement 1,1 ; 45,4 et 53,5%. La méthode DRASTIC reste une approche fiable qui donne des résultats assez proches de la réalité. En outre, les résultats obtenus ont été confortés par les teneurs en nitrates contenues dans les eaux souterraines. Cette étude a ainsi permis de mettre en lumière les prédispositions naturelles de la zone d'Afema face à une pollution se produisant à la surface du sol. Afin d'inhiber la production probable du Drainage Minier Acide, des techniques de prévention ont été recommandées à l'entreprise minière.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à traduire leur gratitude à l'endroit du Centre Universitaire de Recherche et Application en Télédétection (CURAT), à la Direction Régionale de l'Hydraulique d'Aboisso et à l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) pour toute leur aide et la mise à disposition des différentes données et matériels. Les auteurs remercient également toutes les personnes physiques ou morales ayant contribué à la l'amélioration de ce travail.

REFERENCES

- [1] Ministère de l'agriculture de Côte d'Ivoire, 2016. [En ligne] Disponible : <http://agriculture.gouv.fr> (18 Février 2016)
- [2] US. EPA, "Wastes from the extraction and beneficiation of metallic ores, phosphate rock, asbestos, overburden from uranium mining and oil shale", *EPA Report to Congress*, pp. 4–49, 1985.
- [3] A. Azapagic, "Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry", *Journal of Cleaner Production*, vol. 12, pp. 639–662, 2004.
- [4] Y. Li, Y. Wang, X. Gou, Y. Su, G. Wang, "Risk assessment of heavy metals in soils and vegetables around non-ferrous metals mining and smelting sites, Baiyin, China", *Journal of Environment Sciences* Vol. 18, no. 6, pp. 1124-1134, 2006.

- [5] K. A. Hudson-Edwards, M. G. Macklin, and H. E. Jamieson, "The impact of tailings dam spills and clean-up operations on sediment and water quality in river systems: the Nos Agrio-Guadiamar, Amalcó Ilar, Spain", *Appl Geochem*, vol. 18, pp. 221–239, 2003.
- [6] US EPA, "Environmental Protection Agency. DRASTIC: a standard system for evaluating groundwater potential using hydrogeological settings, Ada, Oklahoma" WA/EPA Series; 163, 1985.
- [7] K. E. Assié, "Lode gold mineralization in the Paleoproterozoic (Birimian) volcano-sedimentary sequence of Afema gold district, southeastern Côte d'Ivoire", Doctoral thesis, Faculty of Energy and Economic Sciences Technical University of Clausthal, Germany, 198 p., 2008.
- [8] C. Delor, Y. Diaby, Y. Simeon, J-P. Tastet, M. Vidal, J-V. Chiron et A. Dommanget, "Notice explicative de la Carte Géologique de la Côte d'Ivoire à 1/200 000, Feuille Grand-Bassam", Mémoire de la Direction de la Géologie de Côte d'Ivoire, Abidjan no. 4, 30 p., 1992.
- [9] Geomines, "Inventaire hydrogéologique appliqué à l'hydraulique villageoise", Cahier no. 26, carte Abengourou, DCH, 24 p., 1982.
- [10] A. Perraud et P. De la Souchère Carte de l'Esquisse Pédologique de la Côte d'Ivoire à l'échelle 1/500 000. Feuille Sud-Est", Ministère de l'Agriculture, 1971
- [11] A. Zaporozec et J. Verba, "Classification and review of groundwater and Vulnerability maps", *Groundwater vulnerability*, vol. 10, pp. 19–21, 1994.
- [12] S. Bezelgues, E. Des Garets, V. Mardhel et N. Dörfliger, "Cartographie de la vulnérabilité de Grand-Terre et de Marie-Galatie (Guadeloupe)", Phase 1: méthodologie de détermination de la vulnérabilité, 45 p., 2002.
- [13] N. Schnebelen, J.P. Platel, Y. Le Nindre, D. Baudry, A. Hoarau, P. Dufour, et S. Benhammouda, "Gestion des eaux souterraines en Aquitaine Année 5. Opération sectorielle. Protection de nappe de l'Oligocène en région bordelaise" *ERIC Document Reproduction Service* no. ED 98-01, 2002.
- [14] J.P. Jourda, "Méthodologie d'application des techniques de télédétection et des systèmes d'information géographique à l'étude des aquifères fissurés d'Afrique de l'Ouest. Concept de l'hydrotechnique spatiale: Cas des zones tests de la Côte d'Ivoire", Thèse de doctorat ès sc. nat., Université de Cocody Abidjan, 429 p., 2005.
- [15] V. Cloutier, R. Lefebvre, M. Savard et T. Therien, "Analyse statistique multivariable de l'hydrogéochimie régionale des aquifères fracturés du Sud-Ouest du Québec" *54th Canadian Geotechnical Conference*, Calgary, pp. 1068–1076, 2001.
- [16] L. Aller, T. Bennett, J.H. Lehr, R. Petty and G. Hackett, "DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution in potential using hydrogeological settings", *Jour. Geol. Soc. India*, 29 (1), pp. 23-37, 1987.
- [17] J.P. Jourda, M.B. Saley, K. J. Kouamé, B. H. Kouadio, J. Biemi et M. Razack, "Gestion et protection des ressources en eaux souterraines: contribution d'un SIG à la réalisation de la carte de vulnérabilité à la pollution des aquifères fissures de Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire) selon la méthode DRASTIC", Acte de la Conférence Francophone SIG, Paris, 21p., 2005.
- [18] B. Dibi, "Cartographie des sites potentiels d'implantations des points d'eau dans le département d'Aboisso (sud-est de la Côte-d'Ivoire): Apport du SIG et de l'analyse multicritère", Thèse unique de doctorat, université d'Abobo-Adjamé, 164 p., 2008.
- [19] J. Biémi, "Contribution à l'étude Géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants subsahariens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest: Hydrostructurale, hydrodynamique, hydrochimie et isotopie des aquifères discontinus de sillons et aires granitiques de la Haute Marahoué (Côte d'Ivoire)", Thèse de doctorat ès sciences naturelles, Université Nationale d'Abidjan, 493 p., 1992.
- [20] M. Youan Ta, "Contribution de la télédétection et des systèmes d'informations géographiques à la prospection hydrogéologique du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest: cas de la région de Bondoukou (nord-est de la côte d'Ivoire)", Thèse unique de Doctorat, Université de Cocody Abidjan, 260 p., 2008.
- [21] R. M. Mohamed, "Evaluation et Cartographie de la vulnérabilité à la pollution de l'aquifère alluvionnaire de la plaine d'El Madher, Nord-Est algérien, selon la méthode DRASTIC", *Sciences et changement planétaires / sécheresse*, vol. 12, no. 2, pp. 95–101, 2001.
- [22] I. Savané, B. T. Goula, G. A. Doua et K. I Kouamé, "Vulnerability assessment of the Abidjan Quaternary Aquifer using the DRASTIC method", *Ground water pollution in Africa*, pp. 115–124, 2006.
- [23] M. H. Hamza, A. Added, A. Frances et R. Rodriguez, "Validité de l'application des méthodes de vulnérabilité DRASTIC, SINTACS et SI à l'étude de la pollution par les nitrates dans la nappe phréatique de Metline-Ras Jebel-Raf Raf (Nord-Est Tunisien)", *Géoscience* 339, pp. 493–505, 2007.
- [24] K. J. Kouamé, "Contribution à la gestion intégrée des ressources en eaux (GIRE) du district d'Abidjan (Sud de la Côte d'Ivoire): Outils d'aide à la décision pour la prévention et la protection des eaux souterraines contre la pollution" Thèse unique de doctorat, Université de Cocody Abidjan, 225 p., 2007.

- [25] G. E. Aké, "Impacts de la variabilité climatique et des pressions anthropiques sur les ressources hydriques de la région de Bonoua," (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). Thèse unique de Doctorat. Université de Cocody Abidjan. 260 p., 2010.
- [26] J. A. Mejia, R. Rodriguez, A. Armienta, E. Mata and A. Fiorucci, "Aquifer Vulnerability Zoning, an Indicator of Atmospheric Pollutants Input? Vanadium in the Salamanca Aquifer, Mexico", *Water Air Soil Pollut* 185: pp. 95–100, 2007.
- [27] B. Dibi, K. L. Kouassi, K. I. Kouamé, K. S. Konan, M. Soumahoro, A. B. Konan-waidhet, and D. Gnakri, "Assessment of vulnerability to pollution of aquifers of weathered layer by DRASTIC and SYNTACS methods: Case of M'Bahiakro city, Central Côte d'Ivoire", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 2 no. 4, pp. 464-476, 2013.
- [28] K. J. Kouamé, J. P. Jourda, M. B. Saley, S. K. Deh, A. T. Anani and J. Biémi, "Mapping of groundwater vulnerability zones to pollution in various hydrogeological environments of Côte d'Ivoire by DRASTIC method", *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Vol. 4, pp. 918–923, 2013.
- [29] E. Gilli, C. Mangan, J. Mudry, *Hydrogéologie: Objet, méthodes, applications*, 3^e Ed. Dunod, 2012.
- [30] M. Aubertin, E. Cifuentes, V. Martin, S. Apithy, B. Bussière, J. Molson, R.P. Chapuis and A. Maqsoud, "An investigation of factors that influence the water diversion capacity of inclined covers with capillary barrier effects", *Geotechnical Special Publication* n° 147, pp. 613-624, 2006.

Mechanical behavior study of an ABS's sample damaged artificially

R. Rhanim¹, H. Ouaoumar³, M. Lahlou³, H. Rhanim², and A. Nassim¹

¹Laboratoire Instrumentation de Mesure et de Contrôle IMC, Physics Department, Chouaïb Doukkali University, EL Jadida, Maroc

²Laboratoire de Mécanique et Energétique LME, Physics Department, Chouaïb Doukkali University, EL Jadida, Maroc

³Laboratory of control and mechanical characterization metals and structures, ENSEM, Casablanca, Maroc

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

ABSTRACT: The knowledge of the mechanical behavior is essential to predict the lifetime of components in order to avoid any sudden break in service. In this context arises our study which aims firstly to study the behavior of an ABS plate reliability (acrylonitrile butadiene styrene) artificially damaged and subjected to uniaxial tensile loading and with the aim to predict the lifetime and know the limits that must not be exceeded as this can cause failure. To measure the criticality of the damage we based this work on the theory of the unified damage, secondly to consider the stress concentration phenomenon in the sample in the presence of a discontinuity. We will also treat in this manuscript the evaluation of the stress intensity factor by an analytical calculation using the method of superposition about a combined defect. The results obtained in the light of this study allowed us to determine the different stages of damage and critical defect size which leads to the ruin of the structure.

KEYWORDS: Damage, ABS, unified Theory, Reliability, stress intensity factor, Tensile testing.

1 INTRODUCTION

The frequent use of materials required the development of a way of calculation to prevent the fragile fracture that these materials could undergo, hence the birth of fracture mechanics that studies the interaction between the geometric discontinuity and the surrounding environment, as well as the evolution of this discontinuity.

Avoid disruptions in service is one of the major concerns of engineers. A good command of mechanical behavior of materials is essential to achieve this result. This suggests the knowledge of the stress and strain field that will let to determine the default's propagation kinetics and the critical size beyond which the unstable fracture occurs. And therefore predict the lifetime of materials and the preventive maintenance required. [1] [2] [3]

In this work, we are focused primarily on the study of a combined two-dimensional defect (variable diameter hole and a fixed double notch) artificially achieved on a rectangular specimen ABS.

2 STUDY DESIGN

In the conducted study we will be interested to rectangular samples of dimensions 40*150*1.46 mm³ with defects combined with hole diameter ranging from 3 to 30mm and a double notch of 1mm in length from the each edge as shown in Fig.1 and subjected to uniaxial loading with a view to determining the level of default stress concentration and the damage mode.

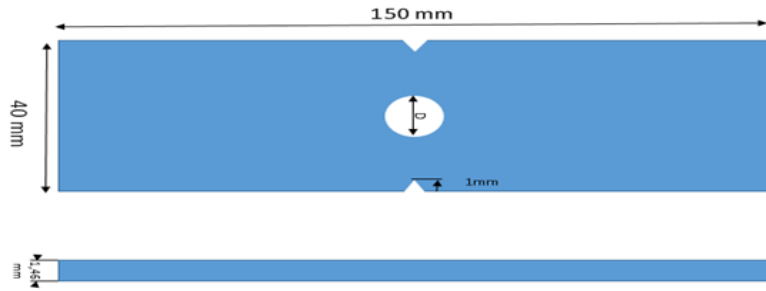


Fig. 1. The specimen dimensions study

The material of the sample is a polymer of the ABS type whose mechanical properties are:

Table.1. The mechanical characteristics of ABS

Module de Young	σ_e	σ_{ur}	coefficient de poisson
E=2GPa	29,779 MPa	34,39MPa	$\nu=0.43$

3 RESULTS AND ANALYSIS

3.1 STUDY OF DAMAGE

3.1.1 STATIC UNIAXIAL TENSILE TESTING

We realized holes of varying diameter from 3 to 30 mm and double notch with length 1mm each one on the studied rectangular sample, then, we applied a tensile test until rupture with a transverse velocity of 1mm/min for three specimens for each size of defect.

The traction diagrams obtained describing the evolution of the constraint according to the deformation for each level of damage is given by the fig.2.

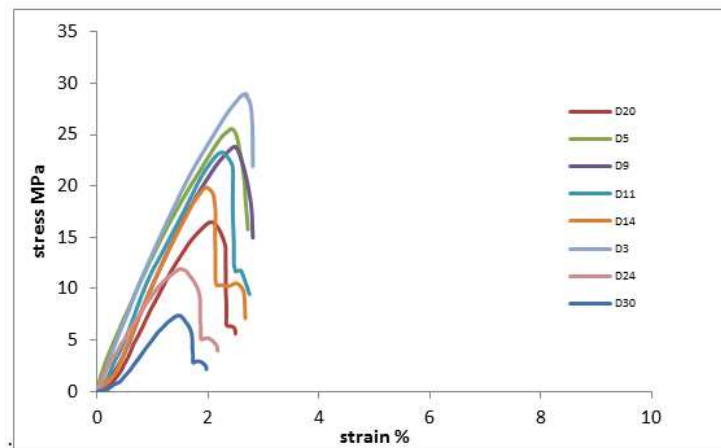


Fig. 1. Traction diagrams of the pressure applied according to the deformation for the test-tubes with hole and double notch

We notice according to the results of the traction tests that the material characteristics decrease with the evolution of the size of the defect. These properties include the elastic limit, the ultimate stress and the deformation at failure

For example we find a value of the ultimate stress of 29.7 MPa for a size of defect of 5mm. This value falls to 7.42 MPa for a size of defect of 30 mm. Figure 3 shows the evolution of the ultimate stress according to the size of the defect.

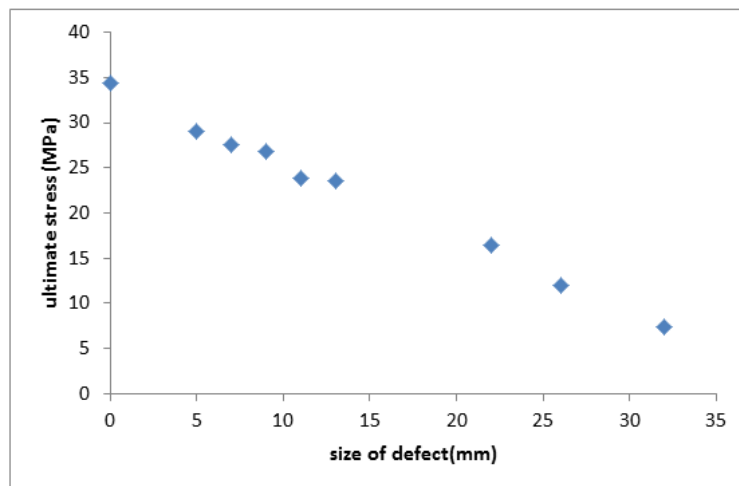


Fig. 2. Evolution of the ultimate constraint according to the size of the defect

We deduct that the mechanical properties of the material are influenced by the effect of the combined defect and consequently the material tends to become more fragile which can lead to a rupture increasingly brutal.

3.1.2 CALCULATION OF THE STATIC DAMAGE

To quantify the damage of our studied specimen we are going to adopt the model of the static damage which consists in determining the evolution of the stress according to the fraction of life. [4] [5]

Thus the variable of the damage can be defined as:

$$Ds = \frac{1 - \frac{\sigma_{ur}}{\sigma_u}}{1 - \frac{\sigma_a}{\sigma_u}} \quad (I)$$

And the fraction of life is defined as

$$\beta = \frac{a}{w} \quad (II)$$

With

a: the size of the defect in our case it is the sum of the diameter and the length of the double notch;

W: the width of the beam.

σ_{ur} : the residual ultimate stress;

σ_u : the ultimate stress of virgin material;

σ_a : the stress just before the failure.

The evolution of the damage phenomenon between virgin state and the damaged state follows the curve presented in the fig. 4 below:

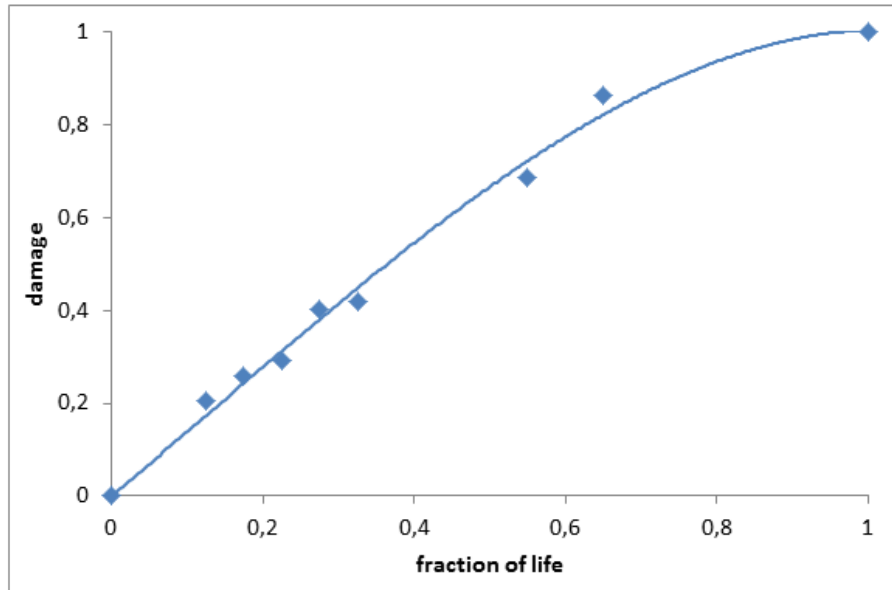


Fig. 3. Evolution of the damage according to the fraction of life

According to fig.4 we can say that the damage increases proportionally with the fraction of life between the initial state which coincides with the virgin state of the material and the final state where the material is totally damaged. It is a question in our case of a fragile damage which explains the appearance of irreversible deformation leading to a material resistance decreasing.

STATIC DAMAGE STATIC-RELIABILITY

The aim of damage research is to reduce the risk of sudden cracks growth in the service components. Therefore, it is necessary to reduce the probability of failure, hence the interest of using the reliability theory to assess the probability of sudden damage.

There is a relation between the damage and the reliability which is illustrated by the following equation which allowed us to construct the static reliability curve. The latter has allowed us to draw the static reliability curve

$$Rs(\beta) + Ds(\beta) = 1$$

The fig. 5 below shows the damage curve superimposed with that of reliability.

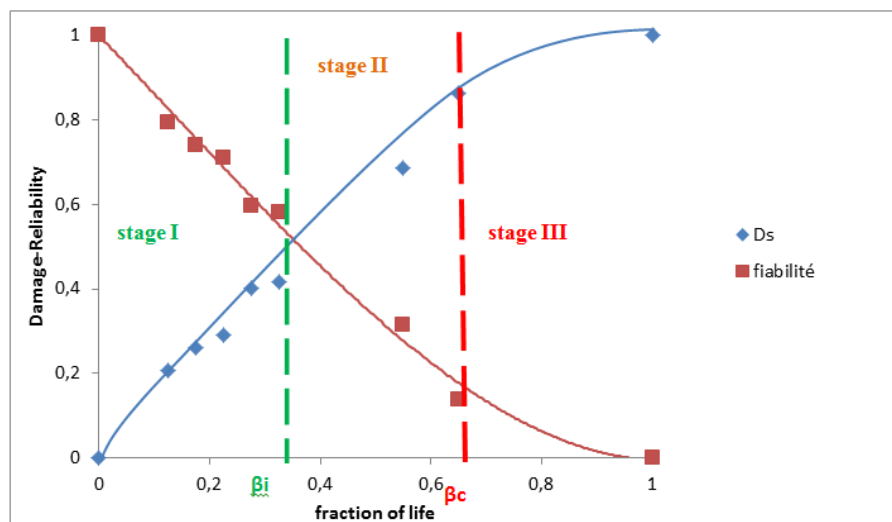


Fig. 4. Curves damage statics-Reliability of the specimen with hole and double notch

We observe according to the curves Damage-Reliability that reliability progresses in the opposite direction of the damage.

It is noted that before the point of intersection of the curves damage-reliability respectively grows and decrease in an accelerated linear way, it concerns the stage I of damage. Just after this point we note stabilization, the curves evolve gradually it is stage II. Stage III where $\beta > 0.65$ the damage reaches its maximum sample can constantly express a brutal rupture that requires a preventive maintenance on the level of this stage.

To recapitulate, the various stages of damage of our sample are summarized as follows:

- Stage I : $\beta \in [0, 0.4]$: stage of initiation the damage grows in a linear way
- Stage II: $\beta \in [0.4, 0.65]$: stage of starting the damage grows gradually
- Stage III: $\beta > 0.65$ stage where the damage evolves quickly and the propagation of the defect becomes brutal

3.1.3 CALCULATION OF THE DAMAGE BY UNIFIED THEORY

Tensile tests were used to calculate the residual strength, which decreasing with the β fraction of life

It makes more sense to conduct a damage calculation that takes into consideration the conditions and level of loading: these are factors that influence the progression of the damage. In the literature, there are models of the damage coupled with the moderate residual resistance, among these theories we find the law Bui Quoc also called "Unified Theory" which links the damage to the variation of the endurance limit as a function power whose form is: [6]

$$\gamma d = \left(\frac{\gamma_{ur}}{\gamma_u} \right)^m \quad (III)$$

With

$$\gamma_u = \frac{\sigma_u}{\sigma_0} \quad \text{and} \quad \gamma_{ur} = \frac{\sigma_{ur}}{\sigma_0}$$

σ_0 : limit of endurance residual of the virgin material which is equal to the residual ultimate constraint multiplied by a coefficient $\alpha = \frac{1}{\text{safety coefficient of the material}}$. The safety factor used for this material is equal to 2.5.

The theoretical model of the unified theory linking the damage to the loading level is given by the following equation [6]:

$$D = \frac{\beta}{\beta + (1 - \beta) \times \left[\frac{\gamma - \left(\frac{\gamma}{\gamma_u} \right)^m}{\gamma - 1} \right]} \quad (IV)$$

$\beta = a/w$ and $m = 1$ for polymers.

The different curves of the damage by unified theory which is calculated using the relation (a) depending on the β fraction of life is illustrated in Fig.6. Each curve corresponds to a level of loading.

It is noticed that the curve of damage approaches the bisectrix which represents the damage of Miner when the loading increases (γ grows). Consequently the law of miner presents the most critical damage compared to the damage of the unified theory and thus it presents more security

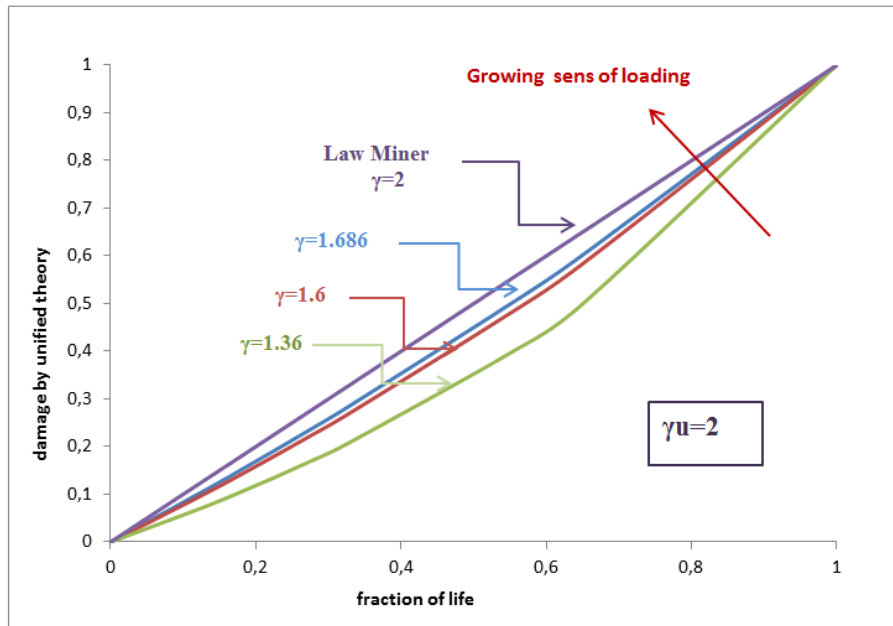


Fig. 5. Curves representing the damage according to the theory unified as function to the fraction of life θ for various levels of damage

3.2 CALCULATION OF THE CONCENTRATION OF THE STRESS SAMPLES IN ABS SAMPLES DAMAGED ARTIFICIALLY

3.2.1 CALCULATION OF THE COEFFICIENT OF CONCENTRATION OF CONSTRAINT K_t

The stress concentrations constitute a concern major during the conception of the industrial components. This phenomenon is accentuated on the level of the discontinuities or in the zones which contain a geometrical modification. These zones constitute a nest of starting of cracks which will be the object of a brutal rupture thereafter.

The calculation of the coefficient of concentration of stress supposes the knowledge of the nominal constraint and the real constraint. It can be determined analytically using mathematical formulas or numerically by a finite element method. In this present work we are going to determine the real constraint at the bottom of the crack numerically. The coefficient of concentration of stress is defined as being the report between the maximal stress and the nominal stress:

$$K_t = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{nom}}$$

The concentration coefficient of stress of our test specimen according to the size of the defect is represented by the curve of the figure.7

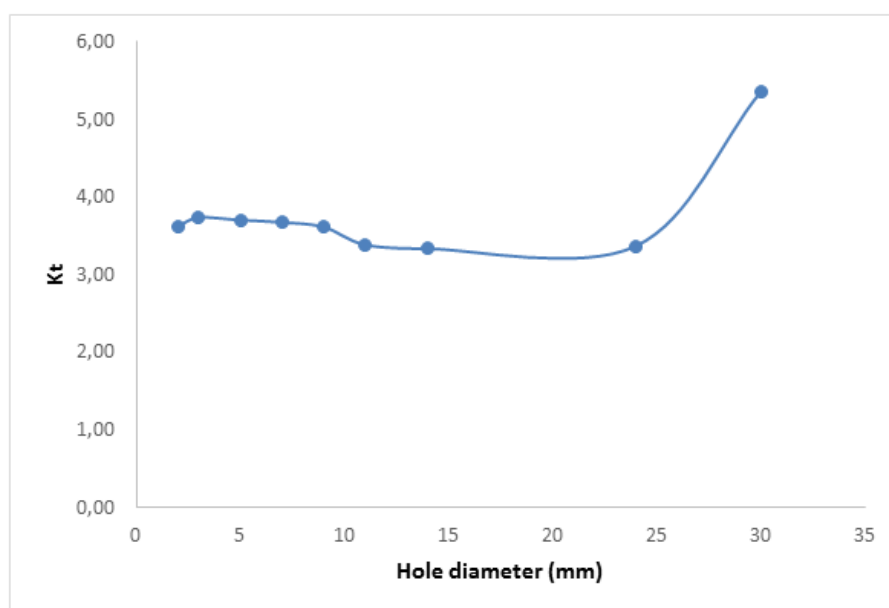


Fig. 6. Evolution of concentration coefficient of stress according to the size of the default

The coefficient of concentration of stress appears stable although the size of the default increases until reach the size of 26 mm beyond this value he grows in accelerated way.

We can conclude that the presence of the hole of lower diameter does not affect the distribution of constraint at the bottom of the notch and consequently the maximal stress stays approximately constant what explains the stability of the concentration coefficient of stress. Whereas beyond the diameter 24mm, the presence of the hole contributes to the increase of the concentration of stress at the bottom of the notch which justifies the increase of the value of Kt.

3.2.2 CALCULATION OF STRESS INTENSITY FACTOR

We cannot speak about fracture process without evoking the stress intensity factor. It constitutes a genuine engine of the damage since it makes possible to predict the kinetics of propagation of the defaults and consequently evaluates the harmfulness of the defect. [7]

This last part will be devoted to the calculation of the FIC of our structure. It is about a calculation by the principle of superposition because it is about a combined default. This method consists in bringing back with the problem dealt to a succession of problems whose solutions are known Fig.8.

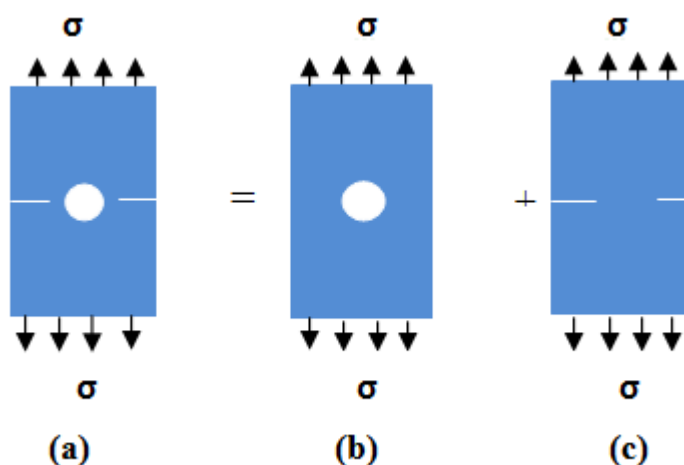


Fig.8. The principle of superposition

We apply this method to our tests, one finds:

$$K_I(a)=K_I(b) +K_I(c) \quad (VI)$$

After the calculation we find the results presented in the fig. 9:

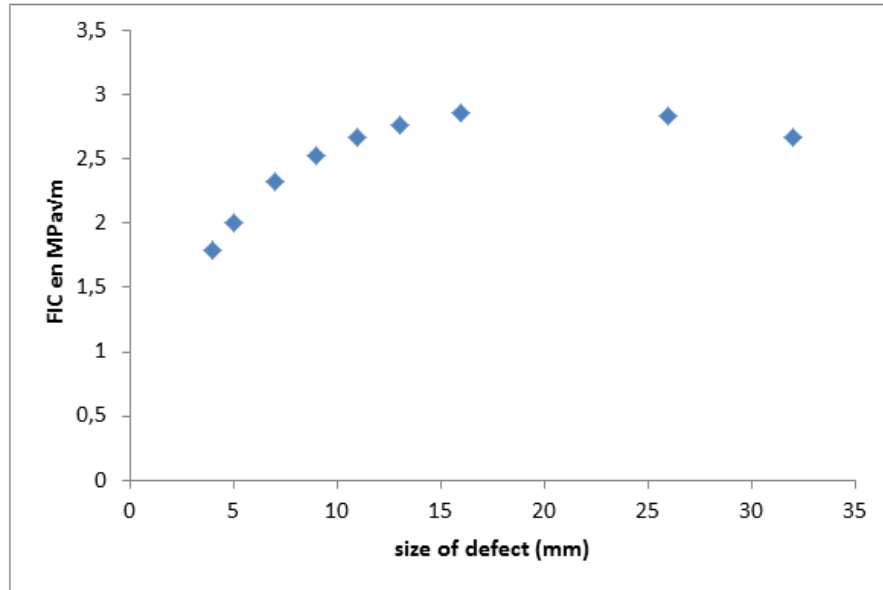


Fig.9. Evolution of the stress intensity factor according to the size of the defect

We notice that the value of the stress intensity factor increases with the size of the default until reach its critical value which is of $K_{Ic}=2.8 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ it corresponds to a default of 26mm (diameter of the hole of 24mm).

Beyond this size, the stress intensity factor drops due to the fact that the hole is near the bottom notch and disrupts the constraint distribution in this zone, whence the result obtained.

4 CONCLUSION

This work presents a study of the mechanical behavior of ABS rectangular test piece having discontinuities and subjected to a uniaxial tensile testing. To characterize the damage of the structure a study of the static-reliability damage has been realized thus the three stages of the damage have been identified.

Because of the influence of load damage we calculated the damages by the unified theory that we have compared to that of Miner and we observed that the curve traced by unified theory are less critical than the curve of the Miner damage.

The second part of this work was dedicated to the study of the distribution of stress in the studied structure by calculating at first the coefficient of concentration of stress for every size of the default. Then we verify that the concentration of stress is maximal at the bottom of notch, secondly by determining the FIC by an analytical calculation basing on the superposition principle.

Comparing the study of the damage and the results of the linear mechanics we notice that the results are in good concordance and that from the default size of 26mm specimen may at any time express a brutal rupture. Beyond this size appears the unstable zone and therefore the linear mechanical formulas are no longer valid

REFERENCES

- [1] A. Pineau, D. Francois, A. Zaoui, comportement mécanique des matériaux, Editions Hermes, Paris, 1992
- [2] A. G. Evans, "Structural reliability: a processing – dependent phenomenon" J. of the American Ceramic Society, vol. 65, n) 3, 127-137, 1982
- [3] J. Lemaitre, "A continuous damage mechanics model for ductile fracture" J. Eng. Mater. Technol. 107, 83-89, 1985
- [4] A. Ganczarski, I. Barwacz, "Low cycle fatigue based on unilateral damage evolution" Int. J. Damage Mech. 16, 159-177, 2007
- [5] Z. Hashin A. Rotem "A cumulative damage theory of fatigue failure" Mat.Sci. Engineering Vol. 34, 147-160, 1978
- [6] Dubuc, J., Bui-Quoc, T., Bazergui, A. and Biron, A., "Unified Theory of Cumulative Damage in Metal Fatigue," Welding Res. Coun., Bulletin No. 162. 1971
- [7] R. C. Shah, and A. S. Kobayashi, Stress Intensity Factor for an Elliptical Crack Under Arbitrary Normal Loading, *Journal of Engineering Fracture Mechanics*, 3, no.1, 71–96, 1971

التربية البيئية بالكتب المدرسية لعلوم الحياة والأرض بالسلك الإعدادي بالمغرب : موضوع التلوث نموذجا

[Education on environment and its pollution using life and earth sciences textbooks in Moroccan middle schools]

Zahra Zerrouqi¹, Abdelhafid Iyada², and Moussa Bouamiech³

¹Centre Régional des Métiers d'Education et de Formation, Oujda, Maroc

²Lycée Ibn Batouta, Aklim, Berkane, Maroc

³Faculté des Sciences d'Oujda, Maroc

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

ABSTRACT: This study aims at determining whether teaching life and earth sciences using textbooks guarantees acceptable environmental education about pollution. For this purpose, the chapters developed in the two textbooks, used to teach biology and geology to students at all levels of the middle schools were compared and analyzed. The study shows that:

- Teaching environmental pollution is interrupted in the second year.
- Chapters concerning the pollution subject are less developed in the third year in comparison to the first year of the middle schools.
- Examples used in the courses speak mainly about pollution in the region and unintentionally neglect the pollution in the rest of the globe.
- Strong lack of emphasis on educating students on the ways to minimize environmental pollution and increasing their awareness about their responsibility to protect the environment.

Taken together, this study allows drawing conclusions on the education status of middle school students on the matter of the pollution of the environment. The current textbooks used to teach life and earth sciences in middle schools do not meet the expectations to provide students with a comprehensive education on environmental pollution and which should include chapters on the pollution types and its consequences on human and wild life in other regions of the world as well as a continuous emphasis on increasing students awareness about the dangers of pollution and educating them about the ways to protect the environment.

KEYWORDS: Education, textbooks, environment, pollution, middle school.

ملخص : تهدف هذه الدراسة التعرف إلى مدى قدرة محتويات الكتب المدرسية لمادة علوم الحياة والأرض للسلك الإعدادي على تأمين تربية بيئية للتلاميذ تهم موضوع التلوث. ولتحقيق ذلك، تم اعتماد المنهج الوصفي التحليلي من خلال أسلوب تحليل المحتوى، بحيث تكونت عينة البحث من كتابين مدرسين لعلوم الحياة والأرض لكل مستويات السلك الإعدادي الثلاث. وقد كشفت الدراسة عن كون معالجة موضوع التلوث تمتاز بعدم الاستمرارية نظرا لغيابه التام بالسنة الثانية إعدادي. كما أن موضوع التلوث يشغل حيزا أكبر من محتوى الكتب المدرسية للسنة الأولى مقارنة مع السنة الثالثة، وتتميز أمثلته بسيادة الطابع المحلي على الطابع الدولي. وقد تم التركيز في كتب الأولى إعدادي على صنف تلوث الماء في حين اهتمت كتب الثالثة إعدادي أكثر بتلوث الهواء. كما أظهرت نتائج الدراسة حضورا ضعيفا لقيم المسؤولية والحماية والوقاية بالكتب المدروسة وسيادة الأسلوب الإخباري في فقراتها. كل هذا يجعل الكتب المدرسية لعلوم الحياة والأرض للسلك الإعدادي بصورتها الحالية لا تساهم بالقدر المطلوب في إكساب المتعلم تربية بيئية فعالة بخصوص موضوع التلوث.

كلمات دلالية : التربية البيئية، التلوث، الكتاب المدرسي، السلك الإعدادي.

1 مقدمة

عرف العالم منذ مطلع القرن العشرين مجموعة من التطورات في علاقة الإنسان بالبيئة، حيث تميز هذا القرن بمجموعة من التحولات التي سببت تأثيرات وخيمة على البيئة. وتتمثل أبرز هذه التحولات في التصنيع الكبير الذي عرفه العالم بأسره والبلدان المتقدمة على الخصوص، هذا إضافة إلى الانفجار الديمغرافي المهيول. ولقد تسببت هذه التحولات في مشاكل بيئية خطيرة لعل من أهمها التلوث الذي طال مناحي الحياة جميعا. وهو ما فرض على المعنيين بالبيئة والصحة والتربية والإعلام في المجتمع تسليط الضوء على البيئة، وتقديم تربية بيئية تنمي وعي أفراد المجتمع، وتنبيههم إلى أخطار التلوث البيئي، والأهم من ذلك، توجيه سلوكهم إلى العناية بالبيئة والمحافظة عليها. ولقد نال موضوع التلوث والدراسات البيئية اهتمام المختصين والرأي العام العالمي فكثرت الندوات والمؤتمرات التي تناولت قضايا البيئة ومشكلاتها. وقد تنبه الجميع بأن الحل الجذري للأزمة البيئية الراهنة يتطلب تغييرا كبيرا في اتجاهات الإنسان إزاء بيئته وعلى مؤسسات التربية أن تحقق ذلك من خلال مناهج التربية البيئية التي توفر ثقافة بيئية بنجم عنها تغييرات في السلوك (بارك، 1988). إذ أن احتواء المناهج على خبرات تربوية بيئية يساعد على توسيع مدارك المتعلمين، ويزيد من معرفتهم بكيفية التعامل مع البيئة (الشراح، 1986). وتعد مادة علوم الحياة والأرض من أهم المواد الدراسية المتضمنة أو التي يجب أن تتضمن مفاهيم تربوية بيئية، والتي يلزم على الفرد اكتسابها والالتزام بها. وعلى هذا الأساس، عملت كثير من الدول على إعادة النظر في مناهجها التعليمية وتضمن المواد والمباحث الدراسية المختلفة مجموعة من المفاهيم المتعلقة بالبيئة والمحافظة عليها. كما عملت هذه الدول على تقويم وتطوير مناهجها بما يتفق مع هذا التوجه (الشهراني، 2005).

ولما كان المجتمع المغربي كغيره من المجتمعات العربية يعاني من مشكلات بيئية عديدة، فإنه يعلق الآمال في حل هذه المشكلات على التربية ومناهجها الدراسية. إذ قام المغرب بإدماج التربية البيئية في مناهج التعليم [1] وعلى وجه الخصوص مناهج علوم الحياة والأرض. إذ تم التأكيد في الميثاق الوطني للتربية والتعليم (1999) على إدراج التربية البيئية في المناهج الدراسية العلمية والأدبية وفي عدة مستويات تعليمية من السلك الابتدائي إلى الثانوي. كما تم إصدار القانون الإطار للميثاق الوطني للبيئة والتنمية المستدامة سنة 2014 والذي ينص في مادته 17 على وجوب ملائمة أنظمة التربية والتعليم بهدف إدراج المبادئ والتوجهات الواردة في هذا القانون الإطار وعلى وجوب جعل ثقافة المحافظة على البيئة والتنمية المستدامة جزءا لا يتجزأ من منظومة المعرفة والمعارف العملية والسلوكية الملقنة في إطار هذه الأنظمة والبرامج.

2 إشكالية البحث

لقد تمت العناية بالتربية البيئية عموما وموضوع التلوث على وجه الخصوص على مختلف الصعد سواء عبر مؤسسات التعليم النظامي في المناهج الدراسية لجميع مراحل التعليم العام أو مؤسسات التعليم غير النظامي. وعلى الرغم من الاهتمام الكبير الذي حظيت به برامج التربية البيئية ومناهجها، إلا أن واقع الحال بالنسبة لتلاميذ السلك الإعدادي والثانوي، يشير إلى أن الجهود المبذولة في هذا الصدد رغم وجودها لا تزال متواضعة وغير كافية لإحداث التأثير المطلوب في تنمية الوعي البيئي. إذ أنه ومن المشاهدات المؤسفة لتلاميذ المرحلة الإعدادية السلوك غير الواعي نحو البيئة داخل المدارس سواء داخل الفصول أو ساحات المدرسة ودورات المياه وغيرها من الأماكن المتوافرة فيها بالإضافة إلى خارجها. وهو ما يؤشر إلى قصور المدارس والمناهج الدراسية المقررة في إكساب هؤلاء التلاميذ لتربية بيئية فعالة.

وفي هذا الصدد، ومن أجل الوقوف على مكامن الخلل، نطرح إشكالية البحث المتمثلة في السؤال الرئيس التالي:

ما مدى قدرة محتويات الكتب المدرسية لمادة علوم الحياة والأرض للسلك الإعدادي على تأمين التربية البيئية لدى تلاميذ السلك الإعدادي وعلى تنمية الوعي لديهم تجاه ما يتعرض له البيئة من مشكل التلوث؟

وتنتفع من هذه الإشكالية أسئلة البحث التالية:

1. ما أهمية موضوع التلوث في الكتب المدرسية لعلوم الحياة والأرض للسلك الإعدادي؟
2. هل المواضيع المرتبطة بالتلوث بهذه الكتب المدرسية هي ذات طابع محلي أم دولي؟
3. ما أصناف التلوث المشار إليها في الكتب المدرسية لعلوم الحياة والأرض للسلك الإعدادي؟ وماهي عواملها وعواقبها؟
4. ما علاقة الإنسان بالبيئة في كتب علوم الحياة والأرض للسلك الإعدادي؟
5. ما استراتيجيات تدبير البيئة الواردة بها؟
6. ما أهمية قيم الوقاية والحماية والمسؤولية بكتب علوم الحياة والأرض للسلك الإعدادي؟
7. ماهي الأساليب البيداغوجية الأكثر استعمالا في هذه الكتب؟

3 مصطلحات البحث

1.3 الكتاب المدرسي

الكتاب المدرسي من أكثر الأدوات التعليمية استخداماً في المدارس، إذ تعتمد عليه المواد الدراسية في مختلف مراحل التعليم. فهو وسيلة أساسية من وسائل التعليم. ويمثل الكتاب المدرسي في الغالب الأداة الوحيدة للتعلم في المدارس بالبلدان النامية [2]، فيؤثر بذلك على برامج الدراسة والممارسات الصفية [3]. ولقد تعددت تعريفات الكتاب المدرسي، بحيث عرفه مرعي والحيلة (2000) بأنه نظام كلي يتناول عنصر المحتوى في المنهاج ويشمل عناصر عدة كالأهداف والمحتوى والأنشطة والتقويم. ويهدف الكتاب المدرسي إلى مساعدة المتعلمين في صف ما وفي مادة دراسية ما على تحقيق الأهداف المتوخاة كما حددها المنهاج.

والكتاب المدرسي حسب منصف (2007) هو " أحد أدوات المؤسسة التربوية، إنه مطبوع كما تعرفه أغلب البحوث الديدكتيكية، مرافق للتلميذ داخل الفصل وخارجه. وبما أنه كذلك، فهو أداة يدوية قبل أن يكون أداة فكرية لأنه موجه - مؤسسيا وديداكتيكيا - لأجل التشغيل والاشتغال الذاتي. والكتاب المدرسي فوق ذلك، أداة ديداكتيكية بسيطة، فهو لا يتوجه بمبدئيا من مؤلف ما إلى متلق معين، بل هو أحد أدوات المؤسسة المدرسية ". ويتم تأليف الكتاب المدرسي لمادة معينة وفقا للمنهاج. إذ يمثل هذا الأخير حسب اللقاني (1995) مجموع الخبرات التربوية والأنشطة التعليمية التي توفرها المدرسة بقصد تغيير سلوك التلاميذ نحو الأفضل في جميع المواقف الحياتية.

2.3 التربية البيئية

يعتبر مفهوم التربية البيئية مفهوما جديدا لم يتبلور إلا بعد مؤتمر استوكهولم بالسويد عام 1972 والذي كان من أهم توصياته وضع برامج بيئية في مراحل التعليم المختلفة. وقد عرف مؤتمر تبليسي (بجورجيا) عام 1977 التربية البيئية بأنها: " عملية إعادة توجيه وربط لمختلف فروع المعرفة والخبرات التربوية بما ييسر الإدراك المتكامل للمشكلات، وبتنفيذ القيام بأعمال عقلانية للمشاركة بمسؤولية في تجنب المشكلات البيئية والارتقاء بالبيئة [4].

وعُرفت التربية البيئية في اجتماع هيئة برنامج الأمم المتحدة للبيئة بباريس عام 1978 بأنها " العملية التي تهدف إلى تنمية وعي المواطنين بالبيئة والمشكلات المتعلقة بها وتزويدهم بالمعرفة والمهارات والاتجاهات وكذا تحمل المسؤولية الفردية والجماعية تجاه حل المشكلات المعاصرة، والعمل على منع ظهور مشكلات بيئية جديدة " (غنايم، 2003).

والتربية البيئية حسب شلبي (1984) هي " عملية اكتساب الطلاب خبرات تعليمية تتضمن الحقائق والمفاهيم والقيم والاتجاهات والمهارات البيئية اللازمة لفهم علاقة الإنسان بالوسط المحيط الذي يعيش فيه، وتفاعله معه وتوضيح كيفية المحافظة عليه وحسن استثماره بشكل يضمن الرفاهية للأجيال القادمة. "

وحسب أوغيلانا [5]، تهدف التربية البيئية إلى تنمية العديد من أبعاد شخصية الإنسان من أجل المشاركة المسؤولة في الحياة العامة. فهي لا تقتصر على نقل المعارف المرتبطة بالبيئة بل تتعداه إلى إكساب المتعلم مواقف وقيم [6]، [7].

3.3 التلوث

يثير تعريف التلوث صعوبة بالغة لدى المتخصصين في مجال العلوم البيئية بحكم تعدد أنواع التلوث. فلقد عرفت منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية في توصياتها الصادرة سنة 1974 التلوث بأنه : " إدخال مواد أو طاقة بواسطة الإنسان سواء بطريق مباشر أو غير مباشر إلى البيئة بحيث يترتب عليها آثار ضارة من شأنها أن تهدد الصحة الإنسانية، أو تضر بالموارد الحية أو بالنظم البيئية أو تؤثر على عناصر البيئة " [8]. وفي تعريف آخر التلوث هو: " كل تغير كمي أو كيميائي في مكونات البيئة الحية وغير الحية ولا تقدر الأنظمة البيئية على استيعابه دون أن يختل توازنها " (أرناؤوط، 1997).

ومن هنا نجد أن التلوث البيئي يعمل على إضافة عنصر غير موجود في النظام البيئي أو أنه يزيد أو يقلل من أحد عناصره بشكل يضعف فاعلية هذا النظام وأداء دوره الطبيعي. وقد أصاب التلوث كل عناصر البيئة المحيطة بالإنسان من ماء وهواء وتربة وغذاء.

4.3 السلك الإعدادي

السلك الإعدادي بالمغرب هو المرحلة التعليمية المؤلفة من ثلاث سنوات دراسية بدءا من السنة الأولى إلى السنة الثالثة إعدادي. وهي مرحلة تلي مباشرة التعليم الابتدائي وتسبق التعليم الثانوي.

4 منهجية البحث

1.4 منهج البحث

وفقا لطبيعة البحث تم اتباع المنهج الوصفي التحليلي من خلال أسلوب تحليل المحتوى والذي يعرفه Berelson بأنه " تلك الطريقة التي يتم تطبيقها من أجل الوصول إلى وصف كمي هادف ومنظم للمحتوى المراد تحليله " (العساف، 2010). ويهدف تحليل المحتوى في هذه الدراسة إلى تقديم بيانات تفصيلية عن موضوع التلوث بالكتب المدرسية لعلوم الحياة والأرض لمستويات السلك الإعدادي.

2.4 أداة البحث

من أجل تحليل موضوع التلوث في كتب علوم الحياة والأرض للسلك الإعدادي، تم استعمال مجموعة من المؤشرات على شكل شبكات للتحليل، فكانت خطوات الدراسة على النحو التالي:

- 1- تحديد أهمية موضوع التلوث في كتب علوم الحياة والأرض للسلك الإعدادي بالاعتماد على ثلاثة مؤشرات: عدد الصفحات المتعلقة بالتلوث، تردد كلمة التلوث وعدد الصور والرسوم المتعلقة بالتلوث.
- 2- تحديد الطبيعة المحلية أو الدولية للأمثلة المتعلقة بالتلوث وذلك من خلال جرد أمثلة التلوث على شكل صور أو رسوم وجداول أو نصوص وتحديد طابعها المحلي أو الدولي.
- 3- تحديد أصناف التلوث وتفصيلها المشار إليها في كل كتاب مدرسي من خلال النصوص والصور والرسوم والجداول.
- 4- تحديد علاقة الإنسان بالبيئة وذلك بجرد الصور المتعلقة بالبيئة والتي تبرز التأثير الإيجابي والسلبي للإنسان.
- 5- رصد استراتيجيات تدبير البيئة وذلك بتحديد التدابير القانونية والاقتصادية والإيكولوجية.
- 6- تحديد أهمية قيم الوقاية والحماية والمسؤولية المتضمنة في كل كتاب مدرسي من خلال جرد عدد الجمل المعبرة عنها.
- 7- تحديد الأساليب البيداغوجية السائدة بالكتب المدرسية.

ووجبت الإشارة إلى أن معظم المؤشرات المعتمدة في الدراسة (باستثناء المؤشر 2) تم وضعها من طرف مجموعة من الباحثين أعضاء بمشروع Biohead-Citizen قاموا باختبارها والتصديق عليها [9]، [10]. ونظرا لوجود علاقة وثيقة بين المعارف البيئية والاتجاهات نحو البيئة، بمعنى أنه كلما ازدادت المعارف المرغوب فيها لدى التلاميذ عن البيئة كانت اتجاهاتهم إيجابية نحو البيئة [11]، فقد تم اختيار المعارف المرتبطة بأصناف التلوث كمؤشر مهم في شبكة التحليل خصوصا وأنه قد ورد في منهاج علوم الحياة والأرض بالسلك الإعدادي بأن تدريس مادة علوم الحياة والأرض بهذا السلك يهدف إلى تزويد المتعلم بقدر وافر من المعارف عن بيئته (مديرية المناهج، 2009).

ومن المهم التذكير بأنه ابتداء من سنة 1999 وهي سنة انطلاق برنامج إصلاح التعليم في المغرب تحت مسمى الميثاق الوطني للتربية والتكوين، تم إنتاج عدة كتب مدرسية بالنسبة لكل مادة مدرسة بما فيها مادة علوم الحياة والأرض ولكل مستوى دراسي. ولقد اعتمدنا في هذا البحث على تحليل الكتب المدرسية لعلوم الحياة والأرض لكل مستويات السلك الإعدادي والتي تم إصدارها بعد الميثاق ويتم الاشتغال بها في المؤسسات التعليمية لحد الساعة. بحيث تم اختيار كتابين مدرسين لعلوم الحياة والأرض بالنسبة لكل مستوى من مستويات السلك الإعدادي الثلاثة وهي تحديدا:

- الواضح والمفيد بالنسبة لأولى إعدادي (2003).
- المسار والمفيد بالنسبة لثانية إعدادي (2004).
- الواضح وفي رحاب بالنسبة لثالثة إعدادي (2005).

5 عرض نتائج البحث ومناقشتها

1.5 أهمية موضوع التلوث

عند تحليل الكتب المدرسية لعلوم الحياة والأرض للمستويات الثلاث للسلك الإعدادي تبين في البداية بأن موضوع التلوث غائب تماما بالكتب المدرسية لعلوم الحياة والأرض للسنة الثانية إعدادي وهو ما يدل على أن معالجة موضوع التلوث تمتاز بعدم التدرج وعدم الاستمرارية في السلك الإعدادي. ولهذا السبب سنقتصر في خطوات التحليل على الكتب المدرسية لعلوم الحياة والأرض لمستويي الأولى والثالثة إعدادي. إذ يلاحظ من خلال تحليل نتائج رصد أهمية موضوع التلوث بهذه الكتب (الجدول 1) بأن موضوع التلوث يشغل حيزا أكبر من محتوى الكتب المدرسية للأولى إعدادي (9% تقريبا) مقارنة مع الثالثة إعدادي (3% تقريبا).

وبالنسبة لمستوى الأولى إعدادي، نلاحظ تفوقا في عدد الصفحات المتعلقة بالتلوث المدرجة في كتاب الواضح مقارنة مع كتاب المفيد. أما بالنسبة لمستوى الثالثة إعدادي فإن هذا العدد يبقى متقاربا في كل من كتابي في رحاب والواضح. وبالنسبة للصور والرسوم المتعلقة بالتلوث، فإنه يلاحظ تقارب في عددها بالنسبة لمستويي الأولى والثالثة إعدادي مع ارتفاع نسبي في عددها في كتاب المفيد للسنة الأولى. أما فيما يخص تردد مصطلح "تلوث"، فقد وصل إلى قرابة 25 مرة في الكتب المدرسية للسنة الأولى إعدادي وقد وردت كلها في الجزء الأخير من هذه الكتب وتحديدا في درس الموارد المائية. لكن بالنسبة للثالثة إعدادي فكان تردد مصطلح "تلوث" أقل، وقد ورد أساسا في درسي وقاية الجهاز الهضمي والجهاز التنفسي.

جدول 1: أهمية موضوع التلوث

الكتب المدرسية	عدد الصفحات	الصفحات المتعلقة بالتلوث		عدد الصور والرسوم المتعلقة بالتلوث	تردد مصطلح التلوث
		العدد	(%)		
الأولى إعدادي					
الواضح	142	14	9,8	10 صور 01 رسم توضيحي	26
المفيد	128	11	8,5	11 صورة 04 رسوم توضيحية	25
الثالثة إعدادي					
الواضح	152	4	2,6	09 صور 01 رسم توضيحي	10
في رحاب	160	6	3,7	09 صور 02 رسوم توضيحية	16

2.5 الطابع المحلي أو الدولي للأمتلة المرتبطة بالتلوث

بعد جرد كل أمتلة التلوث الواردة بكتب علوم الحياة والأرض بالأولى والثالثة إعدادي سواء منها تلك التي على شكل صور ورسوم أو نصوص وجداول (الجدول 2)، يتبين جليا سيادة الطابع المحلي في هذه الأمتلة. ويعد ذلك أمرا مهما، لأن اشتغال المتعلمين على أمتلة لمشاكل بيئية محلية، سيحفزهم على المشاركة في اقتراح حلول لهاته المشاكل [12]. كما نلاحظ انعدام تمثيلية الطابع الدولي في أمتلة التلوث التي تأخذ شكل صور ورسوم أو تلك التي على شكل نصوص وجداول في كتابي الواضح وفي رحاب للثالثة إعدادي.

جدول 2: الطابع المحلي أو الدولي لأمتلة التلوث

أمتلة متعلقة بالتلوث على شكل صور ورسوم توضيحية			أمتلة متعلقة بالتلوث على شكل نصوص وجداول		
العدد	أمتلة محلية	أمتلة دولية	العدد	أمتلة محلية	أمتلة دولية
الأولى إعدادي					
الواضح	11	9	2	6	—
المفيد	15	13	2	2	2
الثالثة إعدادي					
الواضح	10	10	—	4	—
في رحاب	11	11	—	6	—

ومما لاشك فيه أن مشكلة التلوث وإن كانت تبدو للوهلة الأولى مشكلة محلية، إلا أنها تعتبر في نفس الوقت مشكلة عالمية أو دولية التأثير. فالملوثة البيئية سواء كانت هوائية أو مائية تحت تأثير عوامل كثيرة كالرياح والتيارات المائية لا تعرف حدودا سياسية تتوقف عندها، إذ تنسم بقدرتها على الحركة المرنة من بيئة لأخرى على المدى القريب أو البعيد مما يعطي لمشكلة التلوث طابعها العالمي (عبد المقصود، 2000). لهذا ينبغي إدراج عدد أكبر من الأمتلة الدولية للتلوث في الكتب المدرسية لعلوم الحياة والأرض بالسلك الإعدادي وخصوصا بالسنة الثالثة وذلك حتى يعي المتعلم بأن رغبة عيشه مرتبطة بالنظام البيئي العالمي.

3.5 أصناف التلوث

توجد ثلاث أصناف أساسية للتلوث ألا وهي تلوث الهواء وتلوث الماء وتلوث التربة. ويلاحظ غياب تام لموضوع التلوث بالكتب المدرسية للسنة الثانية إعدادي. ولهذا السبب تم جرد عوامل كل صنف للتلوث على حدة وتحديد أصناف الملوثات الخاصة به وعواقبه بالنسبة للكتب المدرسية للسنتين أولى والثالثة إعدادي فقط.

1.3.5 تلوث الهواء

ارتبط تلوث الهواء في الأولى إعدادي بدرس التنفس في أوساط مختلفة في كتاب الواضح وبدرس التوازنات الطبيعية في كتاب المفيد، أما بالنسبة للثالثة إعدادي فقد ارتبط بدرس وقاية الجهاز التنفسي. ويتضح من خلال تحليل الجدول 3 والذي يمثل مصادر تلوث الهواء وعواقبه وأصناف الملوثات الواردة بكتب علوم الحياة والأرض للأولى والثالثة إعدادي، بأنه تم تناول موضوع تلوث الهواء بشكل مهم مع بعض التفاوتات.

جدول 3: مصادر وعواقب تلوث الهواء وأصناف الملوثات

الكتاب المدرسي	المصادر	أصناف الملوثات	العواقب
الأولى إعدادي			
الواضح	- النشاط الصناعي - التدخين	- النيكوتين، القار، CO	- الأمراض الناتجة عن التدخين - اختلال التوازنات الطبيعية
المفيد	- الحرائق - النشاط الصناعي	Br, CFC - H ₂ O, CH ₄ , CO ₂ -	- اختلال التوازنات الطبيعية - تآكل طبقة الأوزون - الاحتباس الحراري - تغيرات في المناخ العالمي
الثالثة إعدادي			
الواضح	- النشاط الصناعي - وسائل النقل - المراكز الحرارية - احتراق وقود المنازل - حرائق الغابات - التدخين	- NO, SO, CO - النيكوتين، القار	- اضطراب التوازن الحراري الجوي - تدهور الأشجار والنباتات - الضباب - اضطرابات وأمراض تنفسية
في رحاب	- التدخين - النشاط الصناعي - وسائل النقل	- CO ₂ , CO - H ₂ S, NO - الغبار - ألياف الأميانت	- اضطرابات وأمراض تنفسية

- في الأولى إعدادي: لوحظ تركيز كتابي الواضح والمفيد على النشاط الصناعي والتدخين والحرائق كمصادر للتلوث، في حين تم إغفال مصادر أخرى مهمة كوسائل النقل. أما فيما يخص أصناف الملوثات، فقد أظهر كتاب المفيد تنوعا أكثر نسبيا من كتاب الواضح. وقد لوحظ بالنسبة للكتابيين معا تغليب ملوثات أخرى مهمة من قبيل SO وSO₂ وH₂S وNO وNH₄ وNO₂ والغبار والمعادن الثقيلة والمواد المشعة.

أما فيما يتعلق بعواقب تلوث الهواء فقد تطرق لها كتاب المفيد بشكل أكثر تفصيلا وشمولية بحيث أشار إلى تآكل طبقة الأوزون والاحتباس الحراري والتغيرات المناخية، لكنه غيب ظاهرة الأمطار الحمضية. في حين اقتصر كتاب الواضح على ذكر الأمراض الناتجة عن التدخين واختلال التوازنات الطبيعية دون شرح مظاهر هذا الاختلال.

- في الثالثة إعدادي: لوحظ إدراج عوامل تلوث الهواء وأصناف الملوثات التي تم إغفالها في الأولى إعدادي لكن مع تغليب المعادن الثقيلة والمواد المشعة. كما تم التركيز بالنسبة لكتابي الواضح وفي رحاب على الاضطرابات والأمراض التنفسية كعواقب لتلوث الهواء.

وتجدر الإشارة بأنه بالنسبة للثانية إعدادي، يمكن إدراج تلوث الهواء ضمن كتاب علوم الحياة والأرض وذلك في درس الظواهر البركانية وعلاقتها بتكونية الصفائح، بحيث يمكن الإشارة إلى كون البراكين الاندفاعية التي تطرح في الجو أدخنة وغازات ملوثة، تشكل مصدرا من المصادر الطبيعية لتلوث الهواء.

2.3.5 تلوث الماء

ارتبط تلوث الماء في الأولى إعدادي بدرس الموارد المائية حيث تم تناوله بشكل مهم وفي الثالثة إعدادي بدرس وقاية الجهاز الهضمي.

- في الأولى إعدادي: تم التركيز في كتابي الواضح والمفيد على المياه المستعملة والنفايات الصلبة ومخلفات المصانع وحوادث ناقلات النفط كأبرز العوامل المسببة لتلوث الماء، في حين تم إغفال تأثير النشاط الزراعي والأمطار الحمضية (الجدول 4). فيما يتعلق بأصناف ملوثات الماء فقد تطرق كتاب المفيد إلى ارتفاع حرارة الماء وبعض الأملاح المعدنية والكانتات المجهرية وزاد الواضح على ذلك المواد العضوية والهيدروكربونات والمواد العالقة وحمضية أو قاعدية المياه، في حين تم إغفال الفوسفات والمعادن الثقيلة والمواد المشعة. أما بالنسبة لعواقب تلوث الماء فقد تطرق الواضح إلى أضرار تلوث الماء على الكائنات الحية وإلى تحلل المواد العضوية المفضي إلى انخفاض كمية الأكسجين الذائب في الماء بدون الإشارة إلى مفهوم التخاسب، في حين اهتم كتاب الواضح بالماء غير الصالح للشرب والأمراض المنتقلة عبره. وتجدر الإشارة إلى أن كلا الكتابيين أشارا إلى اختلال التوازنات الطبيعية بدون شرح ذلك أو إعطاء أمثلة عليه.

- في الثالثة إعدادي: ارتبط إدراج تلوث الماء بدرس وقاية الجهاز الهضمي. وفي الوقت الذي لم يشر فيه كتاب الواضح إلى أي مصدر لتلوث الماء، اقتصر كتاب في رحاب على ذكر المياه الراكة. كما تم التركيز في كلا الكتابين على الجراثيم الممرضة والأميبات وبعض الديدان كأصناف للملوثات وذكر الأمراض الناتجة عنها كعواقب لتلوث الماء.

ويمكن الإشارة بالنسبة لكتب الثانية إعدادي إلى كون الزلازل قد تشكل أحد العوامل غير المباشرة لتلوث المياه بحيث يمكن أن تؤدي إلى ترودي شبكات الصرف الصحي واختلاط مياهها بالمياه الصالحة للشرب وبالتالي تلويثها، كما يمكن أن تؤدي إلى تصدع المفاعلات النووية وحدوث تلوث بالمواد المشعة.

3.3.5 تلوث التربة

- في الأولى إعدادي: لوحظ غياب تام لأي معلومات بخصوص تلوث التربة في كتاب المفيد، في حين أشار كتاب الواضح إلى النفايات الصلبة بالمطارح العمومية وحوادث ناقلات النفط كمصادر لتلوث التربة، وإلى الزيوت النفطية ومواد كيميائية كأصناف للملوثات (الجدول 5). وقد تم إغفال النفايات النووية والمعادن الثقيلة وارتفاع الملوحة.

- في الثالثة إعدادي: لوحظ غياب تام لأي معلومات بخصوص تلوث التربة في كتاب في رحاب، بينما أشار كتاب الواضح إلى عصيات الكزاز كنوع من الجراثيم موجود بالتربة الملوثة وإلى اسم المرض الناتج عنها وذلك في درس المناعة.

وعموما يمكن اعتبار بأن التطرق لموضوع تلوث التربة هزيل جدا بالسلك الإعدادي.

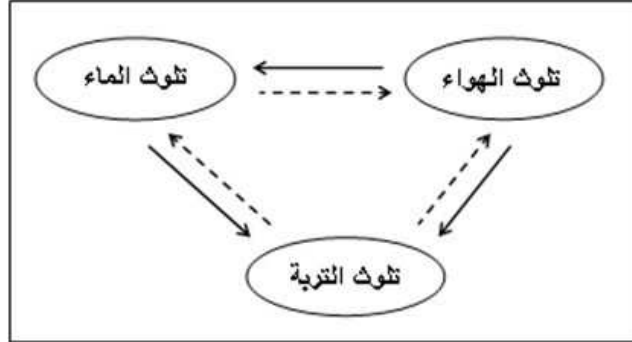
جدول 4 : مصادر تلوث الماء وعواقبه وأصناف الملوثات

الكتاب المدرسي	المصادر	أصناف الملوثات	العواقب
الأولى إعدادي			
الواضح	- حوادث ناقلات النفط - تلوث حراري - المياه المستعملة - النفايات الصلبة بالمطارح العمومية - المخلفات السائلة للمصانع والمعامل - الصناعة النفطية	- ارتفاع درجة حرارة الماء - مواد عاقلة - أملاح معدنية - مواد عضوية - حمضية أو قاعدية المخلفات - هيدروكربورات - النتريت - بكتيريا	- انخفاض كمية الأكسجين المذاب واختفاء بعض الأسماك - أضرار على الكائنات الحية المائية - تحلل المواد العضوية مما يؤدي إلى انخفاض كمية الأكسجين المذاب - اختلال التوازنات الطبيعية
المفيد	- النفايات الصلبة - المياه المستعملة - مخلفات المصانع	$\text{NO}_3 > 44 \text{ mg/l}$ $\text{NH}_4 > 2 \text{ mg/l}$ $\text{Fe} > 1,5 \text{ mg/l}$ - البكتيريا القولونية - يرقة الكرنوم - المبيدات - درجة حرارة تفوق 25°C	- ماء غير صالح للشرب - أمراض مثل الكوليرا والزهار الأميبي وحمى التيفويد وشلل الأطفال - اختلال التوازنات الطبيعية
الثالثة إعدادي			
الواضح	-	- بكتيريا قولونية - حيوانات أولية (أميبا) - ديدان Ascaris، Oxyures، Trichocéphales	- حمى التيفويد - الزحار الأميبي - حكة حادة على مستوى الشرج - اضطرابات عصبية
في رحاب	- مياه راكدة	- جراثيم - جرثومة الزحار - الأميبات	- تعفنات الأنبوب الهضمي - الإسهال

جدول 5: مصادر وعواقب تلوث التربة وأصناف الملوثات

الكتاب المدرسي	المصادر	أصناف الملوثات	العواقب
الأولى إعدادي			
الواضح	- النفايات الصلبة بالمطارح العمومية - ناقلات النفط	- زيوت نفطية - مواد كيميائية ملوثة	-
المفيد	-	-	-
الثالثة إعدادي			
الواضح	-	- عصيات الكزاز	- مرض الكزاز
في رحاب	-	-	-

وينبغي التنبيه إلى أنه وفي كل الكتب المدرسية لعلوم الحياة والأرض للسلك الإعدادي لوحظ غياب تام للعلاقات بين تلوث الهواء وتلوث الماء وتلوث التربة (الشكل 1) بالرغم من أهميتها. فتلوث الهواء على سبيل المثال يمكن أن يؤدي إلى حدوث أمطار حمضية يؤدي سقوطها فوق البحيرات والتربة إلى ارتفاع حمضيتها. كما أن سقي الأراضي بالمياه العادمة غير المعالجة سيؤدي حتما إلى تلويث تربتها. وتؤدي ظاهرة التخاصب بالمياه إلى تصاعد غازات ملوثة كبريتية في الهواء. هذا وإن الإفراط في استعمال الأسمدة الأروتنية والفوسفاتية يهدد بتلوث المياه السطحية والجوفية. كما أن طرح النفايات الصلبة بشكل عشوائي على تربة المطارح العمومية يؤدي إلى تكون سائل بدعي الليكسيفيا تنبعث منه غازات ملوثة ويهدد بتلوث المياه الجوفية. هذا وقد تم تسجيل غياب الربط بين مصادر التلوث وأصناف الملوثات من جهة، وبين أصناف الملوثات وتأثيراتها من جهة ثانية وذلك خصوصا بالنسبة للكتب المدرسية للأولى إعدادي. كما تخلو الكتب المدرسية من مشكلات تلوث هامة في حياة المتعلم كالتلوث المغناطيسي والتلوث النووي.



الشكل 1: العلاقات بين مختلف أصناف التلوث

4.5 علاقة الإنسان بالبيئة

من خلال تحليل نتائج جرد مختلف الصور المتعلقة بالتلوث والتي تظهر التدخل الإيجابي للإنسان والتدخل السلبي له (الجدول 6) يتبين بأن للصور التي تظهر التأثير السلبي للإنسان حضور قوي بكتب علوم الحياة والأرض للسنة أولى إعدادي وكتاب في رحاب للسنة الثالثة إعدادي. وهي بذلك تنمي قيمة المسؤولية لدى التلميذ اتجاه البيئة. إذ ركزت كتب علوم الحياة والأرض للأولى إعدادي على عرض صور طرح النفايات المنزلية بالمطارح العشوائية والمياه العادمة ومخلفات المصانع

جدول 6: عدد الصور والرسوم المتعلقة بالتلوث والتي تظهر تدخل الإنسان

التدخل السلبي	التدخل الإيجابي	
الأولى إعدادي		
7	4	الواضح
5	1	المفيد
الثالثة إعدادي		
1	1	الواضح
7	2	في رحاب

بالأنهار والبحار والإفراط في استعمال المبيدات وحوادث ناقلات النفط. بينما تناول كتاب في رحاب للثالثة إعدادي تأثير التدخين على الجهاز التنفسي وتأثير وسائل النقل ودخان المصانع على جودة الهواء وتأثير الضجيج على حاسة السمع. أما فيما يتعلق بالتأثير الإيجابي للإنسان فقد سلطت كتب الأولى إعدادي الضوء على معالجة المياه العادمة بمحطات التطهير وزاد كتاب الواضح صورا لإطفاء الحرائق وتنظيف الشواطئ من الزيوت النفطية ومراقبة تلوث الهواء. أما كتب الثالثة إعدادي فقد اقتصر على عرض صور لغسل اليدين والفواكه بالنسبة لكتاب في رحاب وصورة لاستعمال محلل للهواء من أجل مراقبة كمية الملوثات.

5.5 استراتيجيات تدبير البيئة

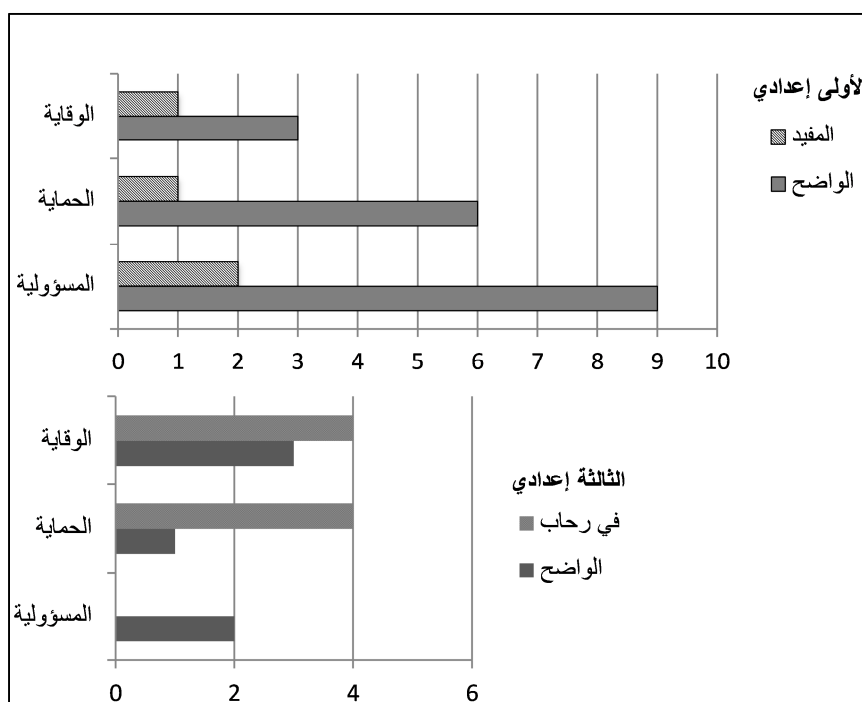
من خلال تحليل نتائج جرد مختلف استراتيجيات تدبير البيئة القانونية والاقتصادية والإيكولوجية بكتب علوم الحياة والأرض لمستويي الأولى والثالثة إعدادي (الجدول 7) يتضح بأن استراتيجيات تدبير البيئة حاضرة في الكتب المدرسية لعلوم الحياة والأرض لكنها تختلف باختلاف المستوى الدراسي ونوع الكتاب المدرسي. فبالنسبة للسنة أولى إعدادي، تناولت كتب الواضح والمفيد الأصناف الثلاثة لتدبير البيئة، القانونية والاقتصادية والإيكولوجية، في حين لوحظ بالنسبة للسنة الثالثة إعدادي غياب التدابير الاقتصادية بكل من كتابي الواضح وفي رحاب والذي تغيب به أيضا التدابير القانونية. وقد لوحظ بالنسبة للتدابير القانونية عدم التطرق للعديد من الاتفاقيات الدولية التي صادق عليها المغرب بشأن الحد من تلوث الهواء وتلوث الأوساط البحرية. وتجدر الإشارة هنا إلى غياب ضبط المعلومات الخاصة بهذه التدابير كغياب مراجع القوانين وتواريخ المصادقة على الاتفاقيات. وبالنسبة للتدابير الاقتصادية فقد لوحظ غياب إدراج إنشاء محطات لإنتاج الطاقات المتجددة سواء منها الريحية أو الشمسية وتدوير النفايات. أما بالنسبة للتدابير التربوية الخاصة باقتراح السلوكات البيئية الممكنة للمتعلمين والتي يمكن أن تحد من تلوث الهواء عن طريق الحفاظ على الطاقة أو حماية الأوساط المائية من التلوث فتكاد تكون منعدمة. كما نسجل غياب إدراج مفهوم التنمية المستدامة في بعدها البيئي والذي يتجلى في حماية الموارد البيئة وصيانتها من التلوث وحماية المناخ من الاحتباس الحراري عبر الحد من تلوث الهواء.

6.5 أهمية قيم الوقاية والحماية والمسؤولية

عرف الدمرداش (1979) القيم بأنها " الأحكام التي يصدرها الفرد بالترفضيل أو عدم التفضيل إزاء المواضيع البيئية وذلك في ضوء تقييمه وتقديره لهذه المواضيع البيئية ". وبالنسبة لعمارة (2001)، فالقيم هي " معتقدات الأفراد ووجهات نظرهم ومشاعرهم نحو البيئة التي يعتزون بها ويختارونها بعد تفكير ومفاضلة بينها وبين بدائل أخرى، ويتمسك الأفراد بتلك القيم إذا تعرضت للهجوم. وهذه القيم تعد محركاً أو موجهاً لسلوك هؤلاء الأفراد، فهي معايير لسلوكهم نحو البيئة ". فالمادة العلمية في مجال البيئة ليست مجرد معارف وحقائق عن عناصر البيئة ومشكلاتها، بل هي مهارات متنوعة واتجاهات وقيم متعددة نحو البيئة، يكتسبها الإنسان ليتعامل بصورة مثلى مع البيئة التي يقيم عليها أينما كان (الدمرداش، 1988). ومن أهم القيم المرتبطة بالبيئة نجد قيم المسؤولية والحماية والوقاية. وأظهر جرد عدد الجمل التي تعبر عنها بالكتب المدرسية (الشكل 2) بأنه تم التركيز في كتابي المفيد والواضح للسنة أولى إعدادي بشكل أكبر على تنمية قيمة المسؤولية لدى المتعلمين وهو ما يتماشى مع ما أوصى به مؤتمر ريو من التركيز على تحسيس كل مواطن بالمسؤولية [13]، في حين تم الاهتمام بدرجة أقل بقيمتي الحماية والوقاية. كما يلاحظ بأن تسليط الضوء على هذه القيم الثلاث كان أقوى في كتاب الواضح منه في كتاب المفيد. أما بالنسبة للسنة الثالثة إعدادي، فإن كتابي الواضح وفي رحاب قد أعطيا أهمية أكبر لقيمة الوقاية. وعموماً تم تسجيل ضعف عام في التركيز على ترسيخ قيم المسؤولية والوقاية والحماية بكتب علوم الحياة والأرض للسلك الإعدادي وهو ما يأسر إلى أن تضمين كتب علوم الحياة والأرض لموضوع التلوث يهدف إلى دراسة البيئة أكثر من التربية البيئية للمتعلّم. وتتفق هذه النتائج مع ما تم التوصل إليه في دراسة نفس القيم بكتب علوم الحياة والأرض بفرنسا [14].

جدول 7: استراتيجيات تدبير البيئة

الكتاب المدرسي	تدابير قانونية	تدابير اقتصادية	تدابير إكولوجية
الأولى إعدادي			
الواضح	- سن المشرع لقوانين تلزم الوحدات الصناعية بمعالجة نفاياتها قبل طرحها في الأوساط الطبيعية	- استعمال المياه العادمة المعالجة في الري والصناعة والترفيه	- مراقبة تلوث الهواء - معالجة المياه المستعملة
المفيد	- معايير الماء الصالح للشرب - اتفاقية الحد من الغازات المسببة للاحتباس الحراري 1994 - مؤتمرات الأطراف COP 1995، 1996، 1997	- استعمال المياه العادمة المعالجة في السقي والصناعة والترفيه	- معالجة المياه المستعملة - معالجة الماء المخصص للشرب - مراقبة جودة المياه بواسطة التروية
الثالثة إعدادي			
الواضح	- قانون ملزم لشركات التبغ بكتابة عبارة التبغ مضر بالصحة - قانون منع التدخين بالأماكن العامة	-	- قياس تلوث الهواء
في رحاب	-	-	- مراقبة جودة الهواء بالمدن - حملات وطنية لمؤسسة محمد السادس لحماية البيئة للحد من الغازات المنبعثة من وسائل النقل



الشكل 2: عدد الجمل المعبرة عن قيم المسؤولية والحماية والوقاية

7.5 الأساليب البيداغوجية

مما لا شك فيه هو أن المقاربة البنائية مهمة في تدريس مواضيع التربية البيئية عموماً وموضوع التلوث خصوصاً، وهو ما يقتضي استعمال أساليب بيداغوجية مناسبة تسمح بإشراك المتعلم في بناء المعارف وتكوين اتجاهات بيئية إيجابية. ويمكن التمييز عموماً بين أربع أساليب بيداغوجية بالكتب المدرسية. فالأسلوب الإخباري تعرض فيه الجمل معلومات على شكل معطيات أو أحداث والأسلوب الأمري يكون الفعل فيه في صيغة الأمر ويتضمن تعليمات يجب تنفيذها. أما الأسلوب الإقناعي فتحمل فيه الجمل حلولاً مع أدلة تهم حلاً معيناً. وأخيراً الأسلوب التشاركي والذي تعرض الجمل فيه عدة آراء أو مجموعة من الحلول تحمل المتعلم على التساؤل والتفكير والتعبير عن أفكاره.

ويلاحظ في هذه الدراسة سيادة الأسلوب الإخباري في النصوص المرتبطة بالتلوث بكتب الأولى والثالثة إعدادي (الجدول 8). وهو ما تم رصده أيضاً في كتب علوم الحياة والأرض (Nathan و Bordas) للسلك الإعدادي بفرنسا [14]، وفي كتب علوم الحياة والأرض بالجذع العلمي بالسلك الثانوي بالمغرب [15]. ويأتي الأسلوب الأمري والذي يتضمن أوامر للمتعلم بتنفيذ تعليمات معينة ومهام لصالح البيئة في المرتبة الثانية من حيث التواتر في هذه الدراسة بعد الأسلوب الإخباري وهو أسلوب يوصى بتجنبه [16]، [17]. وبإدراك الغياب التام للأسلوب التشاركي وضعف تواجد الأسلوب الإقناعي على أن هاجس نقل المعارف المرتبطة بالتلوث كان هو المتحكم في إنتاج كتب علوم الحياة والأرض للسلك الإعدادي وكان الأولى هو تنمية وعي بيئي لدى المتعلم عن طريق إشراكه في إطار المقاربة البنائية. ويوصي المهتمون بالتربية البيئية بعدم الاقتصاد على الأسلوب الإخباري بل تفضيل الأسلوب التشاركي عليه وهو الأسلوب الذي يلتزم من خلاله المربي إشراك المتعلم في بناء المعرفة.

جدول 8: الأساليب البيداغوجية بالنصوص المرتبطة بالتلوث (معبّر عنها بعدد الجمل)

الأولى إعدادي	الواضح	الإخباري	أمري	إقناعي	تشاركي
الثالثة إعدادي	الواضح	14	12	—	—
	المفيد	33	5	1	—
	الواضح	17	5	2	—
	في رحاب	23	5	—	—

6 خلاصة

إن من بين أهم أهداف تدريس علوم الحياة والأرض بالسلك الإعدادي تزويد المتعلم بقدر وافر من المعارف والقيم حول البيئة ومشكلاتها والتي يعد التلوث من أبرزها. وقد كشفت الدراسة بأن محتويات الكتب المدرسية لعلوم الحياة والأرض بالسلك الإعدادي بصورتها الحالية لا تساهم بالقدر المطلوب في إكساب المتعلمين للقيم والاتجاهات البيئية الإيجابية المتعلقة بموضوع التلوث، الأمر الذي يجعل إعادة النظر في طريقة عرض المادة البيئية في هذه الكتب، ضرورة حتمية لتحقيق أهداف التربية البيئية. إذ تم تسجيل غياب موضوع التلوث في الكتب المدرسية للسنة الثانية إعدادي مع قصور في الجانب المعرفي المرتبط بأصنافه في السنتين الأولى والثالثة إعدادي، هذا فضلا عن الحضور الضعيف لقيم المسؤولية والحماية والوقاية وسيادة الأسلوب الإخباري في فقرات الكتب المدروسة. وهو ما يأسر إلى أن التربية البيئية لم تحظ بالعناية الكافية بكتب علوم الحياة والأرض لهذه المرحلة. وفي ضوء ما تضمنته هذه النتائج نجد من الضروري أن تتوافر القناعة بأهمية موضوع التلوث لدى المسؤولين عن صياغة المناهج التعليمية حتى تتم مراجعة منهاج علوم الحياة والأرض للسلك الإعدادي وتطويره ومن خلاله العمل على تطوير الكتب المدرسية للمادة بنفس السلك بحيث يكون البعد البيئي هو الموجه لهذا التطوير وذلك حتى تساهم الكتب المدرسية لعلوم الحياة والأرض أكثر في إكساب المتعلمين المعرفة والقيم البيئية المتعلقة بموضوع التلوث. كما يجب الحرص على مراعاة مبدأ التوازن والاستمرارية في تناول موضوع التلوث بالسنوات الثلاث للسلك الإعدادي وعلى تناول قضايا التلوث المعاصرة بشكل أوسع بحيث يتم ربطها بالواقع المحلي والدولي للمتعليم.

المراجع العربية

- أحمد إبراهيم شلبي، (1984). البيئة والمناخ الدراسية، مؤسسة الخليج العربي، الكويت.
- بارك س، (1988). نحو فلسفة للتربية البيئية، ترجمة محمد سعيد صباريني، رسالة المعلم، المجلد 29، العدد2، مطبعة دار الشعب، عمان، الأردن.
- الجريدة الرسمية، (2014). الميثاق الوطني للبيئة والتنمية المستدامة، القانون الإطار رقم 9912.
- الدمرداش سرحان، (1979). المناهج المعاصرة، ط2، مكتبة الفلاح، الكويت.
- الدمرداش صبري، (1988). التربية البيئية: النموذج والتحقيق والتقويم. دار المعارف، القاهرة.
- الشراح يعقوب أحمد، (1986). التربية البيئية، الطبعة الأولى، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الكويت.
- الشهراني عامر عبدالله، (2005). ترتيب طلاب كلية العلوم بأبها للقضايا والمشكلات البيئية ومصادر تعلمها. دراسات في المناهج وطرق التدريس، القاهرة.
- عبد المقصود زين الدين، (2000). قضايا بيئية معاصرة، ط3، منشأة المعارف، الإسكندرية.
- العساف صالح حمد، (2010). المدخل إلى البحث في العلوم السلوكية. ط6، دار الزهراء، الرياض.
- اللقاني أحمد حسين، 1995. المناهج بين النظرية والتطبيق، ط4، عالم الكتب، القاهرة.
- عمارة كرم عبد المعبود، (2001). برنامج مقترح في تقييم الآثار البيئية لتنمية المهارات والاتجاهات البيئية لطلاب شعبة التنمية التكنولوجية بالجامعة العمالية، رسالة دكتوراه غير منشورة، معهد البحوث والدراسات البيئية، جامعة عين شمس.
- غنایم مهني محمد إبراهيم، (2003). التربية البيئية مدخل لدراسة مشكلات المجتمع، سلسلة التربية وقضايا البيئة والوعي البيئي، الدار العالمية للنشر والتوزيع، القاهرة.
- محمد سيد أرناؤوط، (1997). التلوث البيئي وأثره على صحة الإنسان، أوراق شرقية، القاهرة.
- مديرية المناهج والحياة المدرسية، (2009). البرامج والتوجيهات التربوية بسلك التعليم الثانوي الإعدادي، وزارة التربية الوطنية والتعليم العالي وتكوين الأطر والبحث العلمي، المملكة المغربية.
- مرعي توفيق أحمد والحيلة محمد محمود، (2000). المناهج التربوية الحديثة مفاهيمها وعناصرها وأسسها وعملياتها. ط1، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان، الأردن.
- منصف عبد الحق، (2007). رهانات البيداغوجيا المعاصرة، دراسة في قضايا التعلم والثقافة المدرسية. إفريقيا الشرق، الدار البيضاء، المغرب.

REFERENCES

- [1] B. Aggoram, A. Mohati, S. Selmaoui, S.E. Khzami, "L'éducation à l'environnement au primaire et secondaire à la lumière de l'enseignement par les compétences, analyse des programmes et de manuels scolaires", *Revue des sciences de l'éducation*, no 41, 2009.
- [2] S. Kola, "A comparison of communication strategies among thres Caribben High-school biology textbooks", *Journal of Biological Education*, vol. 30, no 3, 190-194, 1996.
- [3] G. Daniels, "The forest-related content of children's textbooks : 1950-1991", *Sociological Inquiry*, no 66 (1), 1996.
- [4] UNESCO, Conférence de Tbilissi, 1977. Disponible sur le site: <http://unesdoc.unesco.org>.
- [5] I. Orellana, "Les multiples perspectives d'éducation relative à l'environnement en contexte de communauté d'apprentissage". Kalubi, J.-C. (Dir) (2006). Communautés apprenantes et interventions éducatives, *L'éducation en débats : analyse comparée*, vol. 4, 63-78, 2006.
- [6] L. Sauvé, "L'éducation relative à l'environnement : possibilités et contraintes, connexions", *Revue d'éducation scientifique, technologique et environnementale de l'UNESCO*, vol. XXVII, no ½, 2002.
- [7] P. Clément : Didactic transposition and KVP Model, conceptions as interaction between scientific knowledge, values and social practices, ESERA Summer School. IEC, Braga ; Portugal : Univ. Of Minho, 2006.
- [8] A.C. Kiss, 1989, Droit international de l'environnement, Pedone, Paris.

- [9] S. Caravita, A. Valente, P. Pace, N. Valandes, I. Khalil, G. Berthou, A. Kozan-Naumescu, P. Clément, "Construction and validation of textbook analysis grids for ecology and environmental education", *Sciences Education International*, 19, 2, 97-116, 2008.
- [10] P. Clément : Metodology for constructing and validating a questionnaire for an international comparative analysis of teacher's conceptions of biology, health and environment : the European project of research Biohead-Citizen. Proceedings Meeting ESERA, Malmo (Sweden), August, 2007.
- [11] M. Harvey, "The relationship between children's experiences with vegetation on school grounds and their environmental attitude", *The journal of environmental education*, vol. 21, no. 2, 22 – 38, 1990.
- [12] P. Cafaro, "Place and personal commitment in teaching environmental ethics", *Worldviews*, vol. 8, no. 2, 366-376, 2004.
- [13] CNUED : Conférences des Nations Unies sur l'environnement et le développement, Agenda 21. Programme d'action pour le développement durable/ Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement. New York : ONU, 1992.
- [14] G. Berthou-Gueydan, C. Clément, P. Clément, "L'éducation à l'environnement dans les manuels scolaires de sciences de la vie et de la terre", *Aster*, no. 46, 155-188, 2008.
- [15] B. Aggoram, S.E Khzami, S. Selmaoui, M. Abrougui, T. Elaboudi, "L'Homme et l'environnement : quelles conceptions et quels types pédagogiques utilisés dans les manuels scientifiques de l'enseignement secondaire marocain?" *RADISMA*, no. 6, 2010.
- [16] M. Abrougui, S. Abdelli, G. Berthou, I. Khalil, R. R.Youssef, A. Alaya, M. Hadj Hameur, L. Mouelhi, B. Agorram, S. Selmaoui, E. Elabboudi, S.E. Khzami : Écologie et Éducation à l'environnement : les styles pédagogiques dans les manuels scolaires de quatre pays francophones. Actes du Meeting IOSTE, *Critical Analysis of Science School Textbooks*, Hammamet, Tunisie, février 2007 (cédérom). (Soumis à *Textes & Documents*. Lyon : INRP), 2007.
- [17] S. Caravita, A. Valente, P. Pace, N. Valandes, I. Khalil, G. Berthou, A. Kozan-Naumescu, P. Clément, "Construction and validation of textbook analysis grids for ecology and environmental education", *Sciences Education International*, vol. 19, no. 2, 97-116, 2008.

Comparability of amino acids composition in leaves of *Azolla filiculoides*, *Moringa oleifera* and *Dialium guineensis* as sources of proteins in food of fish

Arnauld Sèdjro Martin DJISSOU^{1,2}, Comlan Ephrem TOSSAVI¹, Diane Sènam KPOGUE², Aboubacar TOGUYENI³, and Emile Didier FIOGBE¹

¹Research Laboratory in Wet Lands, LRZH/FAST, University of Abomey-Calavi, Benin

²School of Aquiculture of the Agricultural Valley, University of Kétou, Benin

³Department of Waters and Forests, Polytechnic University of Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

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

ABSTRACT: The amino acid compositions of *Azolla filiculoides*, *Moringa oleifera* and *Dialium guineensis* were determined on a dry weight basis. The total amino acids ranged from 50.83-83.01g/100 g crude protein and the essential total percentage of amino acids was 42.16% (*A. filiculoides*), 45.64% (*M. oleifera*) and 45.73% (*D. guineensis*). Acid amino acids (aspartic acid and glutamic acid) were the most concentrated amino acids in the samples while aromatic amino acids were slightly concentrated. In all the amino acids determined, *D. guineensis* had the most concentrated amino acids than *A. filiculoides* and *M. oleifera*. The calculated isoelectric points were 1.7 (*A. filiculoides*), 1.7 (*M. oleifera*) and 2.8 (*D. guineensis*), showing they can all be precipitated at acidic pH. Methionine was the limiting amino acid in *A. filiculoides*. The amino acid score showed that lysine ranged from 0.44-0.94 (on provisional essential amino acid scoring pattern) translating the quality of the sources of studied proteins. The predicted protein efficiency ratio (2.70-3.81) showed that the quality of protein was high while the essential amino acid index range was 0-1.09.

The aim of this work was to compare the composition in amino acids of the samples. *A. filiculoides*, *M. oleifera* and *D. guineensis* can be recommended in the food of fish taking into account their food values but must be employed in limited proportions.

KEYWORDS: Isoelectric point, amino acid score, proportion.

1 INTRODUCTION

In fish breeding, the major constraint determining the production cost is the food. This food consists of a raw material association whose principal one is the fish meal. However the fish meal, currently available in Benin, is not only of doubtful quality but also has a high cost. It is thus significant to find alternative sources of proteins to the fish meal in order to reduce this raw material dependence of the halieutics and the anthropic pressure on our water levels.

More and more, the sources of plant proteins are developed in the food of fish [1]. These plants, rich in proteins, are not inevitably of good quality (essential amino acids...) in order to allow good performances of fish growth.

Azolla is an ideal feed substitute, it is an aquatic fern (pteridophyte), floating on water surface of flooded rice fields, small ponds, and canal. Its size is 1-5cm except for a giant *Azolla nilotica* (which size is 15cm approximately). Seven extant *azolla* species are recognized (some taxonomists recognized 6 species), are distributions widely from temperate to tropical regions [2]. *Azolla* has been used as a feed for pig, duck, and fish. [3] reported that, *azolla* has high protein content (20-30% on dry weight basis) rich in almost all essential amino acids, vitamin A, vitamin B-complex, beta-carotene and minerals Calcium, phosphorus, potassium, iron, copper and magnesium).

Moringa oleifera Lam., a member of the family Moringaceae, is a fast-growing plant widely available in the tropics and subtropics with great economic importance for the food and medical industry [4]. The seeds are a rich oil and protein source and can also be used for the purification of water. The roots are a source of spices. The leaves are rich in vitamins, minerals, carotenoids, ascorbic acid and iron [5].

From Fabaceae family and under the family of Caesalpinaceae, *Dialum guineensis* has its sheets made up of stem common, long 5.13cm with an odd final leaflet and generally two pairs of folder opposite or alternate [6]. Its sheets are used in traditional pharmacopeia for the treatment of various diseases, the consumption of the fruits, its branches are used as traditional technique of fishing (acadja) and firewood [7].

The aim of this experiment is to analyze chemical composition of *Azolla filiculoides*, *Moringa oleifera* and *Dialum guineensis* meals so as to provide information which will help in incorporating any of these unconventional sources into fish feed ingredients during the feed formulation by fish nutritionist and fish farmers who may want to use them as on-feed ingredients.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 SAMPLES COLLECTION AND FLOURS PRODUCTION

The fresh leaves of *Moringa oleifera* (MM) and *Dialum guineensis* (DM) were collected at Akassato (Benin) while *Azolla filiculoides* (AM) was collected from some ponds on site of Research Laboratory in Wet Lands of the University of Abomey-Calavi. They were collected and used to produce flours according to the method [8].

2.2 CHEMICAL ANALYSES

Crud protein, crud lipid, dry matter and ash in the flours produced were analyzed following [9] procedures. The amino acids of the flours were analyzed with a Waters HPLC system (Waters 474, Waters, Milford, MA, USA) including two pumps (Model 515, Waters), an auto sampler (Model 717, Waters), a fluorescence detector (Model 474, Waters) and a temperature control module. These amino acids analyses were done following the method previously described by [10]. Aminobutyric acid was added as an internal standard before hydrolyzation. Amino acids were derivatized with AQC (6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate) and then separated with a C-18 reverse-phase column Waters Acc. Tag (150 mm × 3.9 mm). All of these analyses were conducted in the Laboratory of Aquatic Animal Nutrition of Kagoshima University (Japan).

2.3 ESTIMATION OF ISOELECTRIC POINT (PI), QUALITY OF DIETARY PROTEIN AND PREDICTED PROTEIN EFFICIENCY RATIO (P-PER)

The predicted isoelectric point was evaluated according to [11]

$$pI_m = \sum_{i=1}^{n=1} pI_i X_i$$

Where: pI_m = The isoelectric point of the mixture of amino acid, pI_i = The isoelectric point of the i th amino acids in the mixture, X_i = The mass or mole fraction of the amino acids in the mixture.

The quality of dietary protein was estimated by Amino acid score (AMSS) based on provisional amino acid scoring pattern [12]

$$AMSS = \frac{\text{mg of amino in 1g of test protein}}{\text{mg of amino acid in 1g reference protein}} \times \frac{100}{1}$$

The Predicted Protein Efficiency Ratio (P-PER) of the fresh sample was calculated from their amino acid composition based on the equation developed by [13]:

$$P-PER = 0.468 + 0.454 (\text{Leu}) - 0.105 (\text{Tyr})$$

Essential amino acid index (EAA Index) was calculated by using the ratio of test protein to the reference protein for each of the eight essential amino acids plus histidine in the equation [14]:

$$EAA \text{ Index} = \sqrt[9]{\frac{\text{mg lysine in 1 g test protein}}{\text{mg lysine in 1 g reference protein}} \times \text{etc. for all 8 essential amino acids} + \text{His}}$$

2.4 STATISTICAL ANALYSIS

The statistical analysis carried out included the determination of the grand mean, standard deviation (SD) and the coefficients of variation percent (CV %).

3 RESULTS AND DISCUSSION

In table 1, the data indicate that AM and MM meal were rich in quality crude protein (27 and 27.7% respectively) than DM (22.05%) whereas low levels of crude fats were obtained for DM, AM and MM meals respectively. Analysis results for protein, amino acid and fat contents in AM and MM were different from those reported by [15], [16] and [17] probably due to differences in either the analysis procedures employed or the methods of production of AM and MM meals.

Table 1: Proximate composition (%) of *Azolla filiculoides*, *Moringa oleifera* and *Dialum guineensis* (dry weight)

Parameters	AM	MM	DM
Dry matter	13.93	10.29	14.12
Crude protein	27.00	27.70	22.05
Crude fat	4.31	6.54	3.99
Ash	15.72	12.96	18.66

Table 2: Amino acid composition (g/100g crude protein) of *Azolla filiculoides*, *Moringa oleifera* and *Dialum guineensis* (dry weight)

Amino acids (g/100g)	Concentration			Mean	SD	CV %
	AM	MM	DM			
Hydroxyproline	0.25	0.18	1.63	0.68	0.81	119.08
Aspartic Acid	6.18	5.48	11	7.55	3.00	39.78
Threonine ^a	2.48	2.23	3.21	2.64	0.50	19.28
Serine	3.44	2.92	4.22	3.52	0.65	18.55
Glutamic Acid	8.88	7.58	9.38	8.61	0.92	10.78
Proline	2.96	2.92	5.85	3.91	1.68	42.97
Glycine	2.96	2.74	3.58	3.09	0.43	14.08
Alanine	3.96	3.07	4.22	3.75	0.60	16.08
Valine ^a	1.96	2.05	3.58	2.53	0.91	35.98
Methionine ^a	0.00	0.86	1.32	0.72	0.67	92.20
Isoleucine ^a	1.22	1.37	2.27	1.62	0.56	35.05
Leucine ^a	4.18	4.29	6.17	4.88	1.11	22.92
Tyrosine	3.44	2.74	5.17	3.78	1.25	33.06
Phenylalanine ^a	3.44	3.61	6.17	4.40	1.52	34.70
Histidine ^a	1.74	1.55	2.90	2.06	0.73	35.41
Tryptophan ^a	1.48	1.04	1.32	1.28	0.22	17.39
Lysine ^a	2.70	2.41	5.17	3.42	1.51	44.26
Arginine ^a	4.18	3.79	5.85	4.60	1.09	23.75

^aEssential amino acid (EAA); mean value is grand mean from the mean values of the amino acids.

In most of the results on pair wise basis, the values of amino acids for the *Dialum guineensis* meal (DM) were all better than the values of amino acids of *Moringa oleifera* and *Azolla filiculoides* (AM) meals samples (table 2). On the other hand, levels of Valine, Méthionine, Isoleucine, Leucine and Phenylalanine in MM meal were correspondingly higher than those in AM meal, meaning that *M. oleifera* meal (MM) was 27.78% best in 18 parameters (5/18) of the amino acids than in *A. filiculoides* meal, rich in amino acids with 72.22% (13/18). Similar trend between raw and germinated wheat flours amino acid profile have also been observed [18], between maggot, earthworm and soybean meals [19], between peper, onion, garlic, ginger and tomato [20].

Leucine and phenylalanine were the highest concentrated EAA (6.17g/100g cp) in *D.guineensis* meal, tryptophan was the most concentrated EAA in *A. filiculoides* meal (1.48 g/100g cp) but none methionine in *Azolla filiculoides* (0.00 g/100g cp). Similar observations were also reported by [21] and [19] in which leucine was the most concentrated EAA in raw wheat and millet samples and maggot meal respectively. The zero value of methionine in *A. filiculoides* limits its use in the fish feed without external contribution of methionine synthesized or ingredient rich in methionine.

In the generally, the values of amino acids essential in these plants (Table 2) answer in 60% of the cases with the requirements in amino acids for fish for breeding like the tilapia and the catfish. The methionine and isoleucine, defective in the whole of the plants (0-1.32 and 1.22-2.27g/100g cp respectively), are largely lower than the requirements out of methionine and isoleucine (2.3-4g/100g cp) for the majority for fish for breeding especially for Tilapia and catfish [22]. The same observation is made with the lysine rate (2.70 and 2.41g/100g cp at AM and MM) except DM where the lysine rate (5.17g/100g cp) meets the requirements out of lysine (4.8-6.1g/100g cp) for fish for breeding like the tilapia and the catfish [22]. As for the arginine, its rate in the various sources of plant proteins (3.79-5.85g/100g cp) is located in the range of needs for fish of breeding [22] but the rates of arginine in AM and MM are in on this side needs for the fish tilapia and catfish (4.2 and 4.3g/100g cp respectively). These data proved us that AM, MM and DM can be well developed in the fish food with animal source of protein rich in essential amino acids.

The most concentrated amino acids in DM were aspartic acid and glutamic acid (11g/100g and 9.38 g/100g cp respectively). These values corroborate [23] which showed that *Cucurbita maxima*, *Amaranthus viridis* and *Basella alba* are rich in these acid amino acids. These amino acids were the least concentrated in MM (7.58g/100g and 5.48 g/100g cp respectively) than AM while its essential amino acids except threonine, tryptophan and basic amino acid was more concentrated in MM. These values compared favourably with the values reported for maggot, earthworm and soybean meal [19]. The Lys/Arg values ranged as follows: 0.65 (AM), 0.64 (MM) and 0.88 (DM). In the all samples (Table 2), the level of Lysine was twice less than the level of Arginine in each sample. In homeotherms, the well-known examples are antagonisms arising from dietary imbalances of lysine-arginine. No convincing evidence exists, however, for lysine-arginine antagonism in fish [22].

Nutritive value of protein depends on its capacity to satisfy the needs for nitrogen and essential amino acids [24]. Table 3 shows several quality parameters of protein in the samples. The EAA ranged between 23.2g/100g cp to 37.96g/100g cp. These values were far from the values of 56.6g/100g cp of the egg reference protein [25] but better than 19.0g/100g cp for *Colocynthis citrulus* flours [26]; 21.5g/100g cp in sorghum grains [27]. The values of EAA in AM and MM were slightly higher than 21.0-23.4g/100g cp obtained in millet grains [21] but values of EAA in DM was comparably close to the values reported for maggot and earthworm meals (31.4-34.5g/100g cp) [19].

The percentages of EAA/TAA (Table 3) for the three samples (42.16(AM), 45.64(MM) and 45.73(DM)) could be favorably compared with that of beach pea protein isolates (43.8-44.4%) [28] but were lower than those reported for *Cucurbita maxima* (53.4%), *Amaranthus viridis* (50%), *Basella alba* (51.3%) [23] and maggot meal, earthworm meal, soybean meal [19].

The P-PER is one of the quality parameters used for protein evaluation [29]. Its values in this report ranged from 2.70 in *M. oleifera* meal to 3.81 in *D. guineensis* meal. These results showed the physiological utility in the body of DM which would be much better than AM and MM. On the average, the three would be much better than the 2.55 in fermented cocoa nibs [30], 1.32 to 1.66 in the pearl millet grains [21] but were favorably compared for *Pterocarpus mildbraedii* (2.92) [31].

Table 3: EAA, Non EAA, Acidic, Basic, Sulphur and Aromatic Acid Contents (g/100g cp) of *Azolla filiculoides*, *Moringa oleifera* and *Dialium guineensis* (dry weight)

Amino acids (g/100g crude protein)	Concentration			Mean	SD	CV %
	AM	MM	DM			
TAA	55.45	50.83	83.01	63.10	17.40	27.58
TEAA*	23.38	23.2	37.96	28.18	8.47	30.06
without His	21.64	21.65	35.06	26.12	7.75	29.66
%TEAA	42.16	45.64	45.73	44.51	2.04	4.57
without His	39.03	42.59	42.24	41.29	1.96	4.75
TNEAA	32.07	27.63	45.05	34.92	9.05	25.93
%TNEAA	57.84	54.36	54.27	55.49	2.04	3.67
TAAA	15.06	13.06	20.38	16.17	3.78	23.40
%TAAA	27.16	25.69	24.55	25.80	1.31	5.07
TBAA	8.62	7.75	13.92	10.10	3.34	33.08
%TBAA	15.55	15.25	16.77	15.86	0.81	5.08
TSAA*	0	0.86	1.32	0.73	0.67	92.21
%TSAA	0	1.69	1.59	1.09	0.95	86.72
TArAA	6.88	6.35	11.34	8.19	2.74	33.47
%TArAA	12.41	12.49	13.66	12.85	0.70	5.44
Lys/Arg	0.65	0.64	0.88	0.72	0.14	18.77
Leu-Ile	2.96	2.92	3.9	3.26	0.55	17.01
P-PER	2.73	2.70	3.81	3.08	0.63	20.53
pI	1.7	1.7	2.8	2.07	0.64	30.73
EAA Index	0	0.64	1.09	0.58	0.55	94.99

Total amino acid (TAA); Total essential amino acid (TEAA); Total non-essential amino acid (TNEAA); Total acidic amino acid (TAAA); Total basic amino acid (TBAA); total sulphur amino acid (TSAA); *without cysteine

The experimentally determined P-PER usually range from 0.0 for a very poor protein to a maximum possible of just over 4 [32]. These values showed that these sources of plants proteins are good quality and higher than the reported P-PER values of some legume flours/concentrates and fish species: *Prosopis africana* (2.3) [33], *Lathyrus sativus* L. (1.03) [34], *Phaseolus coccineus* (1.91) [35], *Clarias anguillaris* (2.22), *Oreochromis niloticus* (1.92) and *Cynoglossus senegalensis* (1.89) [36].

The calculated isoelectric point (pI) ranged from 1.7 (*A. filiculoides* and *M. oleifera*) to 2.8 (*D. guineensis*). These values are very low compared to those obtained by [37] and [38] on *Numida meleagris* (5.48-5.69) and *Amaranthus hybridus* (4.2) respectively but are comparable with those obtained on *Telfairia occidentalis* (2.8) [38]. The calculation of pI from the AA would assist in the production of the protein isolate of an organic product. The information on pI is a good starting point in predicting the pI for proteins in order to enhance a quick precipitation of protein isolate from biological samples [15]. The low values of pI could be a function of the TAAA (24.55-27.16%) which were much higher than the TBAA (15.25-16.77%) (Table 3).

The essential amino acid index (EAA Index) ranged from 0 to 1.09. EAAI is useful as a rapid tool to evaluate food formulations for protein quality, although it does not account for differences in protein quality due to various processing methods or certain chemical reactions [40].

In Table 4, the content of some essential amino acids in all plants was lower than [29] except tryptophan but also in phenylalanine at DM.

Table 4: Amino acid score of *A. filiculoides*, *M. oleifera* and *D. guineensis* based on provisional essential amino acid scoring pattern

EAA \ AMSS	AM	MM	DM
Threonine	0.62	0.56	0.80
Valine	0.39	0.41	0.72
Methionine	0	0.25	0.38
Isoleucine	0.31	0.34	0.57
Leucine	0.60	0.61	0.88
Phenylalanine	0.57	0.60	1.03
Histidine	-	-	-
Tryptophan	1.48	1.04	1.32
Lysine	0.49	0.44	0.94
Arginine	-	-	-

- : not determinated

The amino acid content of the plants is low, except tryptophan, which is close to the recommended value. The results of amino acid score revealed that the essential amino acid scores are lower than one, except tryptophan with 1.04-1.48 mg/g values and phenylalanine in DM (1.03 mg/g).

4 CONCLUSIONS

The present study indicates that *Azolla filiculoides*, *Moringa oleifera* and *Dialium guineensis* were rich in crude protein but also in certain amino essential although for the majority, they are weak compared to essential amino acids based on the FAO/WHO provisional pattern. Nevertheless, they can be well developed in the fish food like sources complementary to proteins in combination with other sources of animal proteins.

REFERENCES

- [1] Médale F, Le Boucher R, Dupont-Nivet M, Quillet E, Aubin J and Anserat J, 2013. Des aliments à base de végétaux pour les poissons d'élevage. INRA Production Animale 26 (4): 303-316.
- [2] Ebrahim MSM, Zeinhom MM and Abou-Seif RA, 2007. Response of Nile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) Fingerlings to Diets Containing Azolla Meal as a Source of Protein. Journal of the Arabian Aquaculture Society, Vol 2 (1): 54-69
- [3] Amit Biotech, 2004. Animal Nutrition-Products. Cited from Web site. Amit Biotech, pp: 1-2.
- [4] Richter Nahid, Perumal Siddhuraju and Klaus Becker, 2003. Evaluation of nutritional quality of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). Aquaculture 217: 599-611.
- [5] Trees for Life : L'arbre de la vie, les multiples usages du Moringa. CTA, CWS-Lowell J.Fuglie. : www.treesforlife.org/project/moringa
- [6] Assongba YF, Djègo JG et Sinsin B, 2013. Capacité de détermination de *Dialium guineense* Willd (Fabaceae une espèce agroforestière. J. Appl. Biosci. 62 :4566-4581.
- [7] Amontcha M, Loughbégnon TO, Clédjo PFGA et Houssou CS, 2011. Biodiversité des ressources végétales alimentaires, de service et ethnobotanique utilisées par les populations riveraines de la réserve naturelle communautaire de Zinvié au Sud du Bénin. Annales de la Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-calavi (Bénin) Vol 1 (17) : 109-126.
- [8] Hedji CC, Houinato M, Yehouenou B, Sobakin S & Fiogbe ED, 2014. Effect of packaging on the microbiological quality of *Azolla filiculoides* and *Moringa oleifera* flour. *International Journal of Multidisciplinary and Current Research* 2, 968-972.
- [9] AOAC, 1990. Animal feeds. Chapter 4. In: Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists International (P.A. Cunniff ed.), p. 1102. AOAC, Arlington, VA, USA 1.
- [10] Bosch L, Alegria A and Farré R, 2006. Application of the 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate (AQC), reagent to the RP-HPLC determination of amino acids in infant foods. J. Chromatogr. B Anal. Technol. Biomed. Life Sci. 831, 176-178.
- [11] Olaofe O and Akintayo ET, 2000. Prediction of isoelectric points of legume and oilseed proteins from their amino acid compounds. J. Technol Sci, 4:49-53.
- [12] FAO/WHO, 1973. Energy and protein requirements. Technical Report Series No.522. World Health Organization, Geneva. 1973.
- [13] Alsmeyer RH, Cunningham AE and Happich M L, 1974. Equations to predict PER from amino acid analysis. Food Technology, 28: 34-38.
- [14] Steinke FH, Prescher EE, Hopkins DT, 1980. Nutritional evaluation (PER) of isolated soybean protein and combinations of food proteins. Journal of Food Science 45: 323-327.
- [15] Olaofe O., Adeyeye E.I., Ojugbo S. 2013. Comparative study of proximate, amino acids and fatty acids of Moringa oleifera tree. Elixir Appl. Chem. 54 : 12543-12554.
- [16] Accodji J-MM, Fiogbé ED, Gangbazo KH, 2009. Essai de valorisation d'*Azolla* (*Azolla microphylla* Kaulf) dans la production porcine en zone humide. Int. J. Biol. Chem. Sci. 3(5): 890-898
- [17] Leterme P, Londono AM, Munoz JE, Suarez J, Bedoya CA, Souffrant WB and Buldgen A, 2009. Nutritional value of aquatic ferns (*Azolla filiculoides* Lam. and *Salvinia molesta* Mitchell) in pigs. Animal Feed Science and Technology 149 135-148.
- [18] Adeyeye EI, 2011. Relationship in amino acid quality between raw, steeped and germinated wheat (*triticum durum*) grains. Bangladesh J Sc. Ind. Res. 46(1):89-100.
- [19] Adesina AJ, 2012. Comparability of the proximate and amino acids composition of maggot meal, earthworm meal and soybean meal for use as feedstuffs and feed formulations. Elixir Applied Biology 51: 10693-10699.
- [20] Aremu MO, Nweze CC and Alade P, 2011. Evaluation of protein and Amino acid composition of selected spices grown in the Middle Belt Region of Nigeria. Pak. J. Nutr.. 10: 991-995.
- [21] Adeyeye EI, 2009. The intercorrelation of the amino acid quality between raw, steeped and germinated pearl millet (*Pennisetum typhoides*) grains. Pakistan Journal of Science and Industrial Res.. 52 (3):122-129.
- [22] NRC (1993). Nutrient requirements of fish National Research Council of the National Academy Press Washington, D.C., USA, 105pp.
- [23] Adesina AJ and Adeyeye EI, (2013). Amino acid profile of three non-conventional leafy vegetables: *Cucurbita maxima*, *Amaranthus viridis* and *Basella alba* in Ekiti State, Nigeria. IJAPS. Vol. 3. pp 1-10.
- [24] Oshodi AA, Esuono KO and Akintayo ET, 1998. Proximate and amino acid composition of some under-utilized legume flour and protein concentrates. La Rivista Taliana Delle Sostanze Grasse. Vol LXXV-Agosto. 409-418.
- [25] Paul AA, Southgate DA and Russel J, 1976. First Supplement to McCance and Widdowsons. The composition of foods. HMSO. London.

- [26] Akobundu EN, Cherry JP and Simmon JG, (1982). Chemical. Functional and Nutritional properties of EGUNSI *colocynthis citrilus* seed products. Journal of food Science. 47: 828-835.
- [27] Adeyeye EI, 2008. The intercorrelation of the amino acid quality between raw. steeped. and germinated guinea corn (*Sorghum bicolor*) grains. Bulletin of chemical society of Ethiopia. 22(1): 11-17
- [28] Chavan UD, Mckenzie DB and Shaludi F, 2001. Functional properties of protein isolates from beach pea (*Lathyrus maritimus* L) Food Chemistry. 74: 177-187.
- [29] FAO/WHO. 1991. Protein Quality Evaluation, Report of Joint FAO/WHO Expert Consultation. FAO Food and Nutrition Paper 51, Rome, Italy.
- [30] Adeyeye EI, 2010. Effects of cooking and roasting on the amino acid composition of the raw groundnut (*Arachis hypogaea*) seeds. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment 9(2):201-216.
- [31] Akinyeye RO, Oluwadossin A and Omeyeni A, 2010. Proximate. mineral. anti-nutrients. phyto-chemical screening and amino acid compositions of the leaves of *Pterocarpus mildbraedii harms*. Electronic Journal of Environmental. Agricultural and Food Chemistry (EJEAFCh). 9 (8): 1322-1333.
- [32] Muller HG and Tobin G, 1980. Nutrition and food processing. Croom Helm. London. UK.
- [33] Aremu MO, Atolaiye BO, Pennap GRE and Ashika'a BT, 2007. Proximate and amino acid composition of mesquite bean (*Prosopis africana*) protein concentrate. Ind J. Bot. Res.. 3: 97-102.
- [34] Salunkhe DK and Kadam SS, 1998. Handbook of world food legumes: nutritional, chemistry, processing, technology and utilization. CRC Press. Boca Raton. FL.
- [35] Aremu MO, Olaofe O, Basu SK, Abdulazeez G and Acharya SN, 2010. Processed cranberry bean (*Phaseolus coccineus*) protein concentrates. La Rivista Taliana Delle Sostanze Grasse. 85: 56-62.
- [36] Adeyeye EI, 2009. Amino acid composition of three species of Nigerian fish: *Clarias anguillaris*, *Oreochromis niloticus* and *Cynoglossus senegalensis*. Food Chem, 113: 43-6.
- [37] Adeyeye IA, 2012. Evaluation of the amino acid profile of the yolk and albumen of guinea fowl (*Numida meleagris*) egg. Elixir Appl. Biology 47: 8799-8803.
- [38] Adeyeye IA and Omolayo FO, 2011. Chemical composition and functional properties of leaf protein concentrates of *Amaranthus hybridus* and *Telfaira occidentalis*. Agric. Biol. J. N. Am.. 2 (3) : 499-511.
- [39] Nielsen SS, 2002. Introduction to the Chemical Analysis of Foods. CBS Publishers and Distributors. New Delhi.

