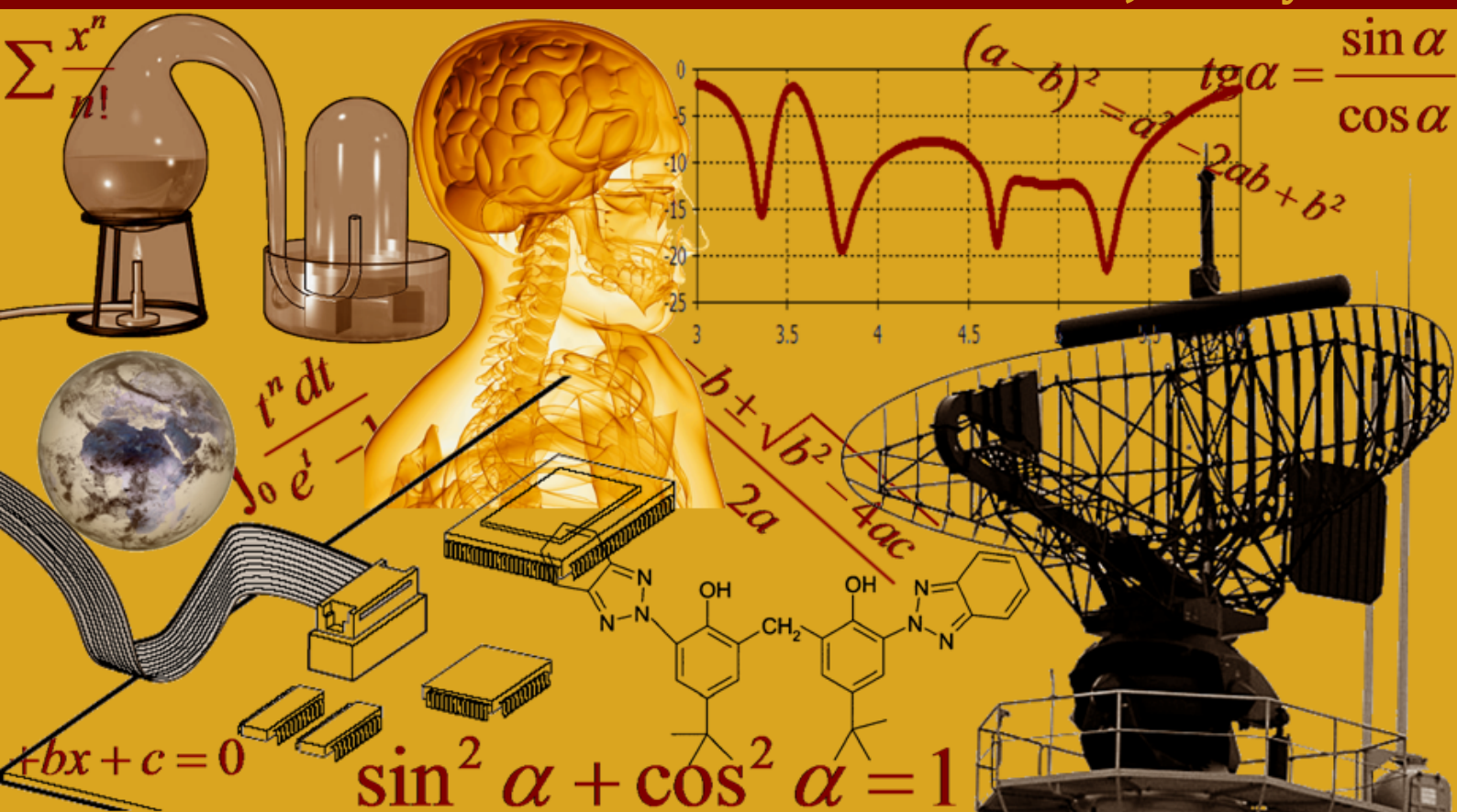


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 52 N. 2 January 2021



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

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

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

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

Editorial Advisory Board

K. Messaoudi, Hochschule für Bankwirtschaft, Germany
Sundar Balasubramanian, Medical University of South Carolina, USA
Ujwal Patil, University of New Orleans, USA
Avdhoot Walunj, National Institute of Technology Karnataka, India
Rehan Jamil, Yunnan Normal University, China
Sankaranarayanan Seetharaman, National University of Singapore, Singapore
Fairouz Benahmed, University of Connecticut Health Center, USA
Achmad Choerudin, ST.,SE.,MM., Academy Technology of Adhi Unggul Bhirawa, Indonesia
Mohammad Ali Shariati, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Iran
Md Ramim Tanver Rahman, Jiangnan University, China
Rasha Khalil Al-Saad, Veterinary Medicine College, Iraq
Neil L. Egloso, Palompon Institute of Technology, Philippines
Sanjay Sharma, Roorkee Engineering & Management Technology Institute, India
Ahmed Nabile Emam, National Research Center (NRC), Egypt
Md. Arif Hossain Jewel, Rural Development Academy, Bangladesh
N. Thangadurai, Jayalakshmi Institute of Technology, India
Urmila Shrawankar, G H Rasoni College of Engineering, India
Goutam Banerjee, Visva-Bharati University, India
Santosh Kumar Mishra, S. N. D. T. Women's University, India
Anupam Kumar, Ashoka Institute of Technology & Management, India

Table of Contents

Rainfall variability and agricultural production in the Lower River Region (Gambia): Case of rice and maize <i>Aruna M. JARJU, Boubacar SOLLY, and Ebrima SONKO</i>	178-184
Integrated 3D geological and hydrodynamic modeling for the water budget estimation: Sisseb El Alem Nadhour Saouaf case study <i>Mohamed Hamdi, Kalifa Goita, and Mohamed Faouzi Zagrarni</i>	185-192
A Case Study of the Effectiveness of Applying Generic Learning Outcomes to the Planning of Educational Programs: Take «DIY Unmanned Aerial Vehicle» at the National Science and Technology Museum as an Example <i>Fang-Yi SU</i>	193-200
Hypertriglycémie majeure révélant une glycogénose type I: A propos d'un cas <i>Zineb El Hamzaoui, D. Doss Bennani, Z. El Krimi, N. Mikou, A. Morjan, and N. Kamal</i>	201-205
Distribution spatio-temporelle des esters de l'acide phtalique (phtalates) dans les sédiments d'une lagune tropicale: Lagune Aby (Côte d'Ivoire) <i>Assemian-Niango Sylvie, Aka Natchia, Dalogo Kacou Alain Paterne, and Kouassi Aka Marcel</i>	206-222
Le Système National d'Innovation du Maroc: Etude exploratoire <i>Abdelilah Elkhadri</i>	223-238
Methodology of analyzing Arab music compositions : A proposal for a theoretical and practical approach <i>Aziz OUERTANI</i>	239-254
Analyse de l'occupation du sol et de l'impact des activités anthropiques sur le milieu naturel à Nassian (Côte d'Ivoire) <i>Kobenan Kadio Raphaël and N'Guessan Kouassi Fulgence</i>	255-264
Perception de la variabilité climatique par les producteurs céréaliers de l'extrême nord Bénin <i>Ibrahima Kpekpassi, Abdoul-Ramane ABDOULAYE, and Bonaventure Eustache Bokanon-Ganta</i>	265-284
Les fondements théoriques de la compétitivité portuaire: Vers une vision globale d'analyse <i>Naouar Anisser</i>	285-296

Rainfall variability and agricultural production in the Lower River Region (Gambia): Case of rice and maize

Aruna M. JARJU¹, Boubacar SOLLY², and Ebrima SONKO³

¹Academic Support Coordinator King Graduate School-Monroe College, New York, USA

²Department of Geography, Assane SECK University of Ziguinchor, Senegal

³Director of Crops Research, National Agricultural Research Institute, Birkama, Gambia

Copyright © 2020 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 Gambia, particularly in the Lower River Region, agricultural production in mt has increased over the past two decades despite variability in rainfall conditions. In response to this finding, the study aims to analyze the evolution of rice and maize production in the Lower River Region, and to determine, in particular, the dependence or independence of each production on rainfall and cultivated areas. To do this, data on production in mt and hectare cultivated areas of rice and maize between 1981-2016, and precipitation data over the same period are used. These data are derived respectively at the level of the Gambia Department of Agriculture Planning Services and the Department of Water Resources. Their treatment was based on statistical data, including descriptive statistics, Pearson correlation, and simple linear regression. The calculation of the simple linear regression at the $p < 0.05$ threshold indicated a non-significant relationship between rice and rainfall. In other words, rice does not depend on rainfall. This is not the case for corn, where the linear regression equation was found to be significant with $b = 0.395$, $(1,34) = -0.606$, $p < 0.05$. On the other hand, with respect to cultivated areas, the results show that rice production is highly dependent on it. The linear regression equation was found to be significant with $b = 0.679$, $(1,34) = 2,485$, $p < 0.05$. Adjusted R^2 is 44.5%. It is even more significant for corn with an adjusted R^2 of 100%.

KEYWORDS: agricultural production, rainfall variability, crop area, statistical analysis, lower river region.

1 INTRODUCTION

Climate is the most important factor governing food production and causes inter-annual variability in socio-economic and environmental systems related to the availability of water resources [1] and their use. In West Africa, agriculture is a major economic sector and is most vulnerable to climate change [2]. For the West African monsoon, which rhythms the agricultural calendar, is becoming shorter as we move north, and its abundance is becoming smaller [3]; those, despite a return to wet rainfall conditions noted since 1999 [4].

In the Gambia, since 1988, agricultural production has faced the consequences of climate variables such as reduced precipitation and increased temperature [5]. However, in the Lower River Region, despite a variability in rainfall conditions since the 1970s-80s, with periods ranging from wet to dry [6], production in mt of the two main food crops, rice and corn, has tended to increase. On the contrary, estimated by annual trends in historical precipitation, minimum and maximum temperatures, relative humidity and sunshine, production in kg/ha declined between 1987-2016 [7]. According to the same source, 50% of the decline in rice production and 19% of the decline in maize production is related to climate variability. It is therefore obvious that rainfall variability is not the only and main explanation for the variability of production in the Lower River Region.

In response, this study attempts to analyze the evolution of rice and maize production in the Lower River Region and, above all, to determine the dependence or independence of each production on rainfall and cultivated areas.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 STUDY AREA

The study was conducted in Lower River Region of The Gambia which is located between latitudes 13° 34' 0" N and longitude 14° 47' 0" W (Figure 1). The region has an agrarian economy and more of its inhabitants are directly or half involved in crop production [7]. It has a Sudano-Sahelian climate characterized by a short rainy season from June to October. Mean annual rainfall varied from 900 mm in the South West to about 600 mm in the North East [8]. Mean temperatures from 25°C to 28°C are generally higher in the Eastern part of the country. It has a total land area area of 1,618 km² [9].

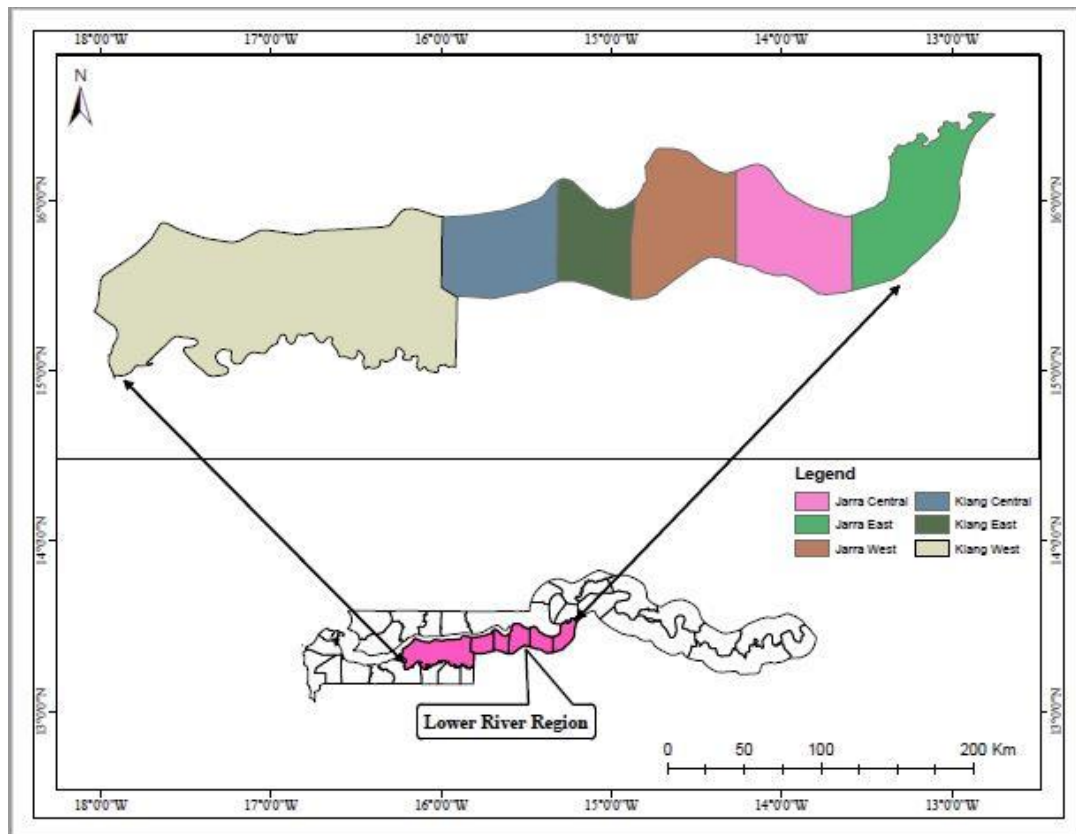


Fig. 1. Location of study area

2.2 DATA USED

Two data sources are used in this study. First, we have data on rice and maize production in the Lower River Region between 1981-2016. This data is from the Department of Agriculture Planning Services of the Gambia. Then we have the precipitation data from the Jenoi station over the same period, provided by the Department of Water Resources. In this study, production in kg/ha will not be taken into account, much less the data on minimum and maximum temperatures, relative humidity and sunshine duration as [7].

2.3 METHODS

The data were processed using statistical processes using the SPSS software. This is the calculation: of descriptive statistics, Pearson correlation, and simple linear regression. Descriptive statistics include trend measures (mean), dispersion measures (standard deviation and interquartile interval), minimum and maximum.

Pearson's correlation measures the linear relationship between two variables. It is essential to check the linearity of the relationship. It can take values between -1 and 1. When it is close to -1, there is a strong negative relationship. When it is close to 0, there is no linear relationship. When it's close to 1, we're talking about a strong positive linear relationship.

For simple linear regression, it not only measures the linear relationship between two continuous variables, but also the effect of an independent variable (IV) on a dependent variable (DV), depending on the number of samples and the nature of the variables studied. In this study, the dependent variable is yield; while the independent variable is rainfall or cultivated area. For this, we used adjusted R^2 and ANOVA. The significance threshold used is 0.05, a 95% confidence interval.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 ANALYSIS OF THE EVOLUTION OF RICE AND MAIZE PRODUCTION BETWEEN 1981 AND 2016 IN THE LOWER RIVER REGION

The development of rice and maize production between 1981 and 2016 is shown in Figures 2 and 3 respectively. For rice, the result generally indicates a boom-and-bust development with periods of high and low production. Between 1981-1984, production was significant with output exceeding 4000mt. Between 1984 and 1986, it fell before experiencing a sharp increase in the next two years (with 4975mt in 1987, and 7744mt in 1988). In fact, 1988 was the year with the largest production in the Lower River Region. After this year, production declined overall; those until 2007 (year of lowest production with 535mt) (Table. 1). Between 2008 and 2012, rice production increased further, before falling in 2013, 2014 and 2015; the area, despite the increase in cultivated areas.

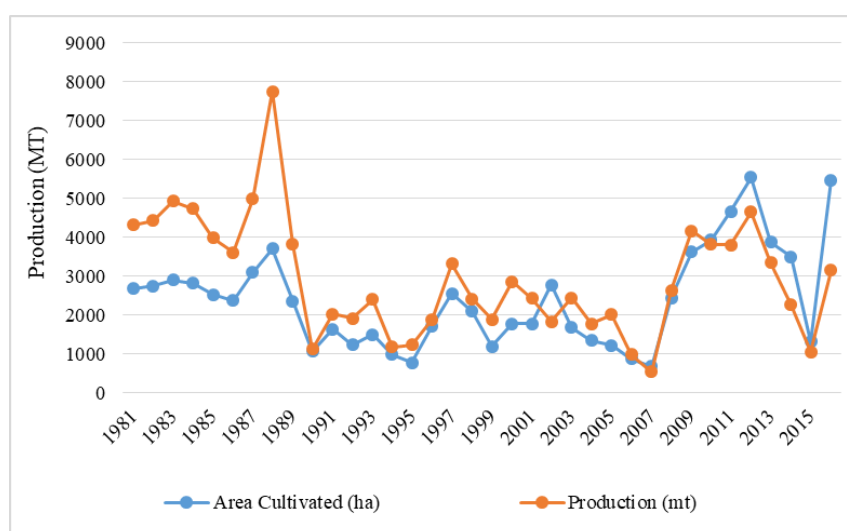


Fig. 2. Rice Production Trends 1981-2016 in the Lower River Region

As for maize, the result indicates a gradual evolution of production, with both an increase and a decrease. The maximum of successive years of increase in production shall not exceed six years. The year 2009 was the year with the highest production at 3537mt (Table. 1). The year 1998 was the lowest production with 346mt. Moreover, between 2009 and 2011, production fell sharply from its normal level. This is because 2011 saw the lowest rainfall recorded since 1990 [8].

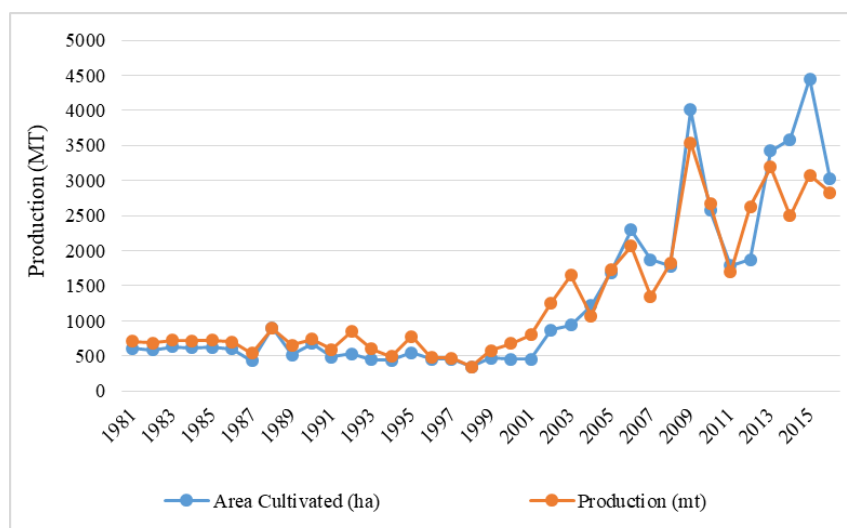


Fig. 3. Trends in maize production between 1981 and 2016 in the Lower River Region

However, it should be recalled that despite these encouraging productions in recent years, projections from climate models all foresee reductions in crop yields (in the range of 11 to 18%) in West Africa mainly due to warming [2]. Using CSIRO_RCP4.5 and NOAA_RCP4.5, [7], predict a decrease in future yields of maize and rice due to the vulnerability to climate variability in our study area.

The results of the descriptive statistics for both products indicate that the average rice production is 2928mt (Table. 1). For maize, the average production is 1301mt.

Table 1. Descriptive statistics on rice and maize production

	Year	Rainfall	Area Cultivated Rice (ha)	Rice Production (mt)	Area Cultivated Maize (ha)	Maize Production (mt)
N	Valid	36	36	36	36	36
	Missing	0	0	0	0	0
Mean	1998.50	810.53	2393.853919	2928.194909	1297.013859	1300.884318
Std. Deviation	10.536	214.693	1264.9904052	1499.8081232	1155.0332248	920.5622474
Minimum	1981	383	670.0000	535.3300	346.0000	346.3460
Maximum	2016	1338	5526.0000	7744.1000	4447.6000	3536.5730
Percentiles	25	1989.25	636.00	1316.125000	1885.250000	470.555200
	50	1998.50	803.05	2361.727723	2535.518000	630.298896
	75	2007.75	963.30	3041.500000	3928.750000	1853.500000

3.2 ANALYSIS OF DEPENDENCE OR INDEPENDENCE OF RICE PRODUCTION AND RAINFALL MAIZE BETWEEN 1981 AND 2016 IN THE LOWER RIVER REGION

The Pearson correlation calculation yielded the following results: 0,101 for rice, 0,395 for corn. These results indicate that there is a strong positive linear relationship between corn production and rainfall, which is the dependent variable. For rice, the result indicates a weak positive linear relationship.

The simple linear regression equation applied for each product at the $p < 0.05$ threshold indicated that corn is the crop that significantly depends on rainfall (Table 2). Indeed, a significant linear regression equation was found with $b = 0.395$, $(1, 34) = -0.606$, $p < 0.05$. Adjusted R^2 is 13%; This means that rainfall in the Lower River Region accounts for some of the changes in maize production. For rice, however, the regression equation was found to be insignificant with $b = 0.101$, $(1, 34) = 2.361$, $p > 0.05$ (Table 3). Adjusted R^2 is -1.9%. This is due to the geographic location of the study area. Indeed, with little rainfall, the rice fields are submerged because of topographic nature of the landscape. Most of the rice ecologies in the study area are swampy lowland

behind the mangroves. When it rains, water from the residential areas emptied around this area causing inundation and water will stay for days for the rice plant to utilize. It is also noted that the water table around these ecologies normally rise during the wet season, which could also be a contributing factor why rice is not depending on only rainfall. This would have being the reason why rice production was not directly depending on rainfall unlike maize.

Table 2. Result of simple linear regression applied to maize

Model Summary									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.395 ^a	.156	.131	2171.135	.156	6.273	1	34	.017

ANOVA ^a						
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
1 Regression	29569078.254	1	29569078.254	6.273	.017 ^b	
Residual	160270115.163	34	4713826.917			
Total	189839193.417	35				

Coefficients ^a					
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Sig.
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	-868.031	1431.694		.548
	Rainfall	4.281	1.709	.395	.017

Table 3. Result of simple linear regression applied to rice

Model Summary									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.101 ^a	.010	-.019	1513.977	.010	.349	1	34	.558

ANOVA ^a						
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
1 Regression	800592.805	1	800592.805	.349	.558 ^b	
Residual	77932248.195	34	2292124.947			
Total	78732841.000	35				

Coefficients ^a					
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Sig.
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	2357.184	998.539		.024
	Rainfall	.704	1.192	.101	.558

3.3 ANALYSIS OF THE DEPENDENCE OR INDEPENDENCE OF RICE PRODUCTION AND MAIZE ON THE AREA CULTIVATED BETWEEN 1981 AND 2016 IN THE LOWER RIVER REGION

The Pearson correlation calculation yielded the following results: 0,679 for rice, 1,000 for corn. This means that there is a strong positive linear relationship between rice and maize production and cultivated areas.

The simple linear regression equation showed that both rice and corn are significantly dependent on cultivated areas (Table 4 and 5). For rice, the regression equation was found to be significant with $b=0.679$, $(1, 34)=2.485$, $p<0.05$. Adjusted R^2 is 44.5%. For corn, the linear regression equation gave $b=1,000$, $(1, 34)=-8.688$, with $p<0.05$. The adjusted R^2 is 100%.

Table 4. Result of simple linear regression applied to rice

Model Summary									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.679 ^a	.461	.445	1117611	.461	29.034	1	34	.000

ANOVA ^a					
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.
1	Regression	36264989.176	1	36264989.176	.000 ^b
	Residual	42467851.824	34	1249054.465	
	Total	78732841.000	35		

Coefficients ^a					
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Sig.
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	1001.883	403.109		.018
	AreaCultivatedRice_ha	.805	.149	.679	.000

Table 5. Result of simple linear regression applied to maize

Model Summary									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	1 .000 ^a	1.00 0	1.000	6.334	1.000	473253 2.722	1	34	.000

ANOVA ^a					
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.
1	Regression	189837829.562	1	189837829.562	.000 ^b
	Residual	1363.855	34	40.113	
	Total	189839193.417	35		

Coefficients ^a					
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Sig.
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	-13.899	1.600		.000
	AreaCultivatedMaize_ha	2.016	.001	1.000	.000

4 CONCLUSION

The purpose of this study was to analyze the development of rice and maize production over the last 35 years in the Lower River Region through a joint use of mt production data, rainfall data and cultivated area data. The results showed that agricultural production in mt increased overall. The Pearson correlation calculation showed that there is a strong positive linear relationship between rice and maize production with cultivated area. The calculation of the simple linear regression at the $p < 0.05$ threshold indicated that maize is significantly dependent on rainfall; This is not the case with rice. On the other hand, in terms of cultivated areas, the results show that rice production is highly dependent on it. The linear regression equation was found to be significant with $b=0.679$, $(1.34)=2.485$, $p < 0.05$. Adjusted R^2 is 44.5%. It is even more significant for corn with an adjusted R^2 of 100%.

These results are important to the country's farmers, development actors, and agricultural production directorates and programs. However, the study did not take into account certain parameters that also influence production, such as: the number

of rainy days per year, the average precipitation per rainy day, the start and end date of the "agronomic" monsoon, as well as its duration, agricultural policies, technical constraints, and organizational constraints. The study therefore recommends that these parameters be included in future analyzes

REFERENCES

- [1] K. Djaman, A. B. Balde, D. R. Rudnick., O. Ndiayec, and S. Irmak, "Long-term trend analysis in climate variables and agricultural adaptation strategies to climate change in the Senegal River Basin," *Int. J. Climatol.* 37, pp. 2873-2888, 2017.
- [2] P. Roudier, B. Sultan, P. Quirion, and A Berg, "The impact of future climate change on West Africa crop yields: What does the recent literature say?" *Global Environment Change*, 21, pp. 1073-1083, 2011.
- [3] L. Descroix, A. Diongue Niang, G. Panthou, A. Bodian, Y. Sane, H. Dacosta, M. Malam Abdou, J-P. Vandervaere, and G. Quantin, "Recent development of rainfall in West Africa through two regions: Senegal and the basin of the Middle Niger," *Climatology*, Vol 12, pp. 25-43, 2015.
- [4] Z. Nouaceur, "Rain recovery and flooding in Sahel West Africa", *Physio-Geo*, Vol 15, pp. 89-109, 2020.
- [5] E. S. Sanneh, A. H. Hu, C. W. Hsu, and M. Njie, "Prioritization of climate change adaptation approaches in the Gambia", *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 19 (8), pp. 1163-1178, 2014.
- [6] I. Diedhiou, Between the use and preservation of woody resources in West Africa: The dynamics of the forest landscapes in Southern Senegal. *Thesis of Doctorate in Co-Trusteeship of the University of Paris and Assane Seck University of Ziguinchor*, Senegal, 444 p, 2019.
- [7] E. Sonko, S. K. Agodzo, and P. Antwi-Agyei, "Evaluating the Yield Response of Maize (*Zea mays* L.) and Rice (*Oryza sativa* L.) to Future Climate Variability in The Gambia" *Journal of Agricultural Studies*, Vol. 7, No. 2, pp. 11-26p, 2019.
- [8] S. Yaffa, "Coping measures not enough to avoid loss and damage from drought in the North Bank Region of The Gambia" *Int. J. Global Warming*, Vol. 5, No. 4, pp. 467-482, 2013.
- [9] GBoS, The Gambia 2013 Population and Housing Census Preliminary Results. The Gambia Bureau of Statistics, 23. Retrieved from www.gbos.gov.gm, 2013.

Integrated 3D geological and hydrodynamic modeling for the water budget estimation: Sisseb El Alem Nadhour Saouaf case study

Mohamed Hamdi^{1,2}, Kalifa Goita¹, and Mohamed Faouzi Zagarni²

¹Centre d'applications et de recherches en télédétection (CARTEL), Université de Sherbrooke, Sherbrooke (Québec), Canada

²U. R. Applied Hydrosocieties UR 13 ES 81, Higher Institute of Water Sciences and Techniques, University of Gabes, Cité Erryadh, 6072 Gabes, Tunisia

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The current situation of water resources and their uses in the Sisseb El Alem Nadhour Saouaf basin (Central Tunisia) is under strong pressure; human activities and climate change. To arrive at a realistic assessment of the underground water reserves in this basin, a diversified hydrogeological database was created (data from hydraulic and oil drilling, seismic sections, electrical surveys and gravimetric). A structural model is built and validated for the study area. Such a geomodel results from a geological interpretation, which makes it possible to identify the sedimentary series present and to specify their spatial and chronological relationships. This 3D geological model was integrated to Modflow model to assess the flow dynamic and to calculate the water budget. Many simulations were performed. The balance budget over 2020 will be in deficit -14.22 Mm³ and the aquifer will remain in a critical situation: the exploitation will be of the order of 75.43 Mm³. This depends enormously on the progress of the method of extraction of groundwater and over 2030: the global water budget is also deficit -14.5 Mm³.

KEYWORDS: 3D geological modeling, Modflow, GIS tools, simulation, water budget.

1 INTRODUCTION

The current climate operates under the effect of numerous parameters (e.g. orbital parameters of the earth, variations in solar activity, the greenhouse effect, aerosols, albedo, etc.). The variability of climate is controlled by a set of controlling and response factors. However, spatio-temporal climate variability has the potential to directly affect the functioning of hydrogeological systems [3]. The functioning of aquifers is governed by the double influence of climate change and human activities. The current state of aquifers is the result of several cycles of "driving force - response" which date back several thousand years.

Recharge of aquifers can be defined as the slice of surface water that percolates through the unsaturated zone and reaches the saturated zone (the aquifer). It is largely influenced by the amount of effective precipitation. Therefore, the recharge variability is the result of climate variability [4]. In addition, since climate change directly influences recharge, therefore logically that water stock within aquifer systems is itself modified.

Today, in Central Tunisia, with the expected rise in temperature and increased droughts, the climatic changes suggest significant impacts on the availability, quantity and quality of groundwater. This situation leads to several fundamental questions such as: How much strategic groundwater do we have? Where are the most available groundwater resources for the future needs of the region? Are aquifers already being developed beyond their ability to regenerate naturally?

To answer these questions, Scientists have used new technologies to help understand the impact of climate change on the functioning of complex hydrogeological systems and the quantification and management of water resources. Indeed, these new technologies, in particular geoscientific modelling, provide useful means to simplify the reality, conceptualize hydrogeological systems and thus simulate their operation. In parallel with the development of hydrogeological models, research efforts are increasingly concentrated to link hydrological surface, climatic and underground models. A complete picture of the water balance for a well-defined system must integrate surface processes (runoff, interception, evapotranspiration, etc.) and climatological processes (evaporation, relative humidity, etc.) (Xin et al., 2019) as well as underground processes (underground flows in the saturated and unsaturated area...) ([11], [8]). These phenomena interact with

each other and present important interactions in the form of horizontal and vertical water flows (infiltration/exfiltration, resurgence to lakes and streams, etc.) ([16], [19], [20], [9]). In reality, surface water and groundwater are never isolated components but, on the contrary, they show several types of physiographic and biophysical interactions thanks to the nature of the land, the geological formations, fracturing and fault systems ([6], [11], [1], [7]).

In addition, following the above studies, multiple processes take place in the transition zones between soil and subsurface. Many methodological approaches have been developed over the last few years for estimating interaction flows and understanding these phenomena: such as direct measurements, field measurements, thermal tracing methods, or methods based on Darcy's Law, as well as mass balance approaches provided by algorithms and flow models based on the resolution of the diffusivity equation [18]. Nevertheless, these trade flows (known as flows, since they are water flows that vary according to time) are very little known and not very user-friendly because of the complexity of hydrogeological systems. This is why modelers often use separate models (surface, atmospheric or underground) or even semi-coupled models, one after the other. Moreover, despite all efforts, the calculation of interaction flows in the estimation of water balance components remains a very complicated operation.

Advances in applied mathematics increasingly provide useful and effective tools to facilitate the construction of coupled hydrological models, understanding and conceptualizing complex systems and quantifying the different transfers between atmosphere, snow, soil and vegetation ([14], [12], [13], [2]). These new visualization, processing and computation technologies have been widely applied in hydrological studies ([5], [15], [21], [20]). Hydrological modelling is increasingly being used as a tool to verify the coherence of available data, for a better understanding and more reliable analysis of a complex hydrological and climatic context. It uses different approaches, and its applications are widely discussed by several authors around the world.

The main objective of this research work is to use hydrogeological modeling to understand an aquifer system's response to climate change and anthropogenic stress.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 THE STUDY AREA

Among the regions most often cited as examples of fragility, the Kairouanais is particularly emblematic. Major syntheses and research ([10], [6]) have led to alarming findings: the mobilized water resources are of the order of 332 Mm³ and the mobilized resources are 325 Mm³. The resources exploited exceed 369 Mm³. The examples of overexploitation of groundwater in the Kairouanais are already numerous, would be even more so and would force the availability of the resource to be reconsidered. This is particularly true of the Sisseb El Alem Nadhour Saouaf region studied in this work, where the hydrogeological system is evolving as rapidly as scientific knowledge. It is here that knowledge of the different processes and control of hydrogeological mechanisms is of great interest.

The study area is part of the Kairouan Governorate Hills Region. The area of the Sisseb El Alem Nadhour Saouaf basin is approximately 1100 km². It extends on the southeast side of the Dorsal, upstream, and covers the valley bordered by the ridge line from «Djebel Serdj» north of Oueslatia to «Djebel Fikrin» west of En Nadhour, and the chain formed by the «Djebel Oueslat» and «Bou Dabbous» in the South (Fig. 1).

The various research works ([6], [17]) have highlighted a tectonic complexity of the study area: particularly in the northern (Saouaf) and western (Saouaf) coastal areas (Wadi Nebhana and Sbikha monoclinal) and on the East side (Jebel Fadheloun anticlinal, Drâa Souatir monoclinal and Ktifa buried anticlinal). This allows dividing the hydrogeological system of the SANS basin into four different units: The Sisseb hydrogeological unit; El Alem hydrogeological unit; the hydrogeological unit of Ktifa-El Guelta; Nadhour Saouaf's unit. Aquifers in the Sisseb El Alem Nadhour Saouaf basin are generally detritic in nature and occasionally carbonate (Hamza 1992). They are of lesser importance to the East and to the North because of their outcrops and their reductions. Reservoir levels are well developed in areas of high subsidence namely in the basin of El Alem which is bounded by deep faults. In fact, by their nature (detritic deposits) and their layout (subsident zone), the Neogene series present the best qualities of true aquifer reservoirs. These show a lateral variation from north to south and from west to east. This variation is closely related to the movements of major tectonic accidents that constitute important fault corridors. The latter causing structural changes in the geometry of the basins during the Miocene and Pliocene in raised and low zones, which caused the accumulation of a large silico-clastic series.

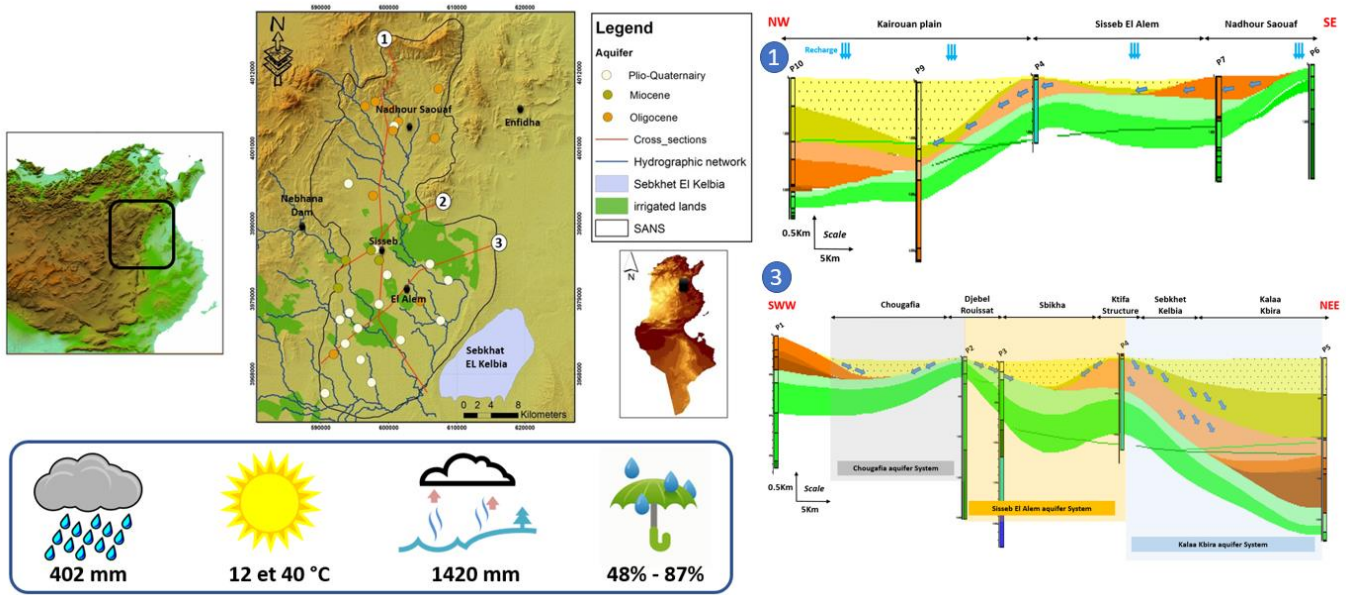


Fig. 1. Geographic localisation and climatological parameters of the study area

2.2 GEOLOGICAL MODELING AND AQUIFER GEOMETRY ASSESSMENT

A structural model is an assembly of geological surfaces that correspond to stratigraphic unit boundaries, faults, overlaps or more complex arrangements (fault networks, channels, chimney). Such a geomodel results from a geological interpretation, which makes it possible to identify the sedimentary series present and to specify their spatial and chronological relationships.

To arrive at the hydrostratigraphic model of the study area, several steps were taken: integration of seismic data; conversion of isochronal maps into isopaques maps under SMT; decoupling of isopaques maps and transformation into "log"; integration under Rock Works and interpolation of horizons. Thus, to build this model, the "solid modeling" package of the Rock Works software (version 15) was used. The resolution of the model is 1000 m × 1000 m × 5 m, the resulting grid consists of 113 nodes × 83 nodes × 55 nodes Z, so the model contains 60170 voxels.

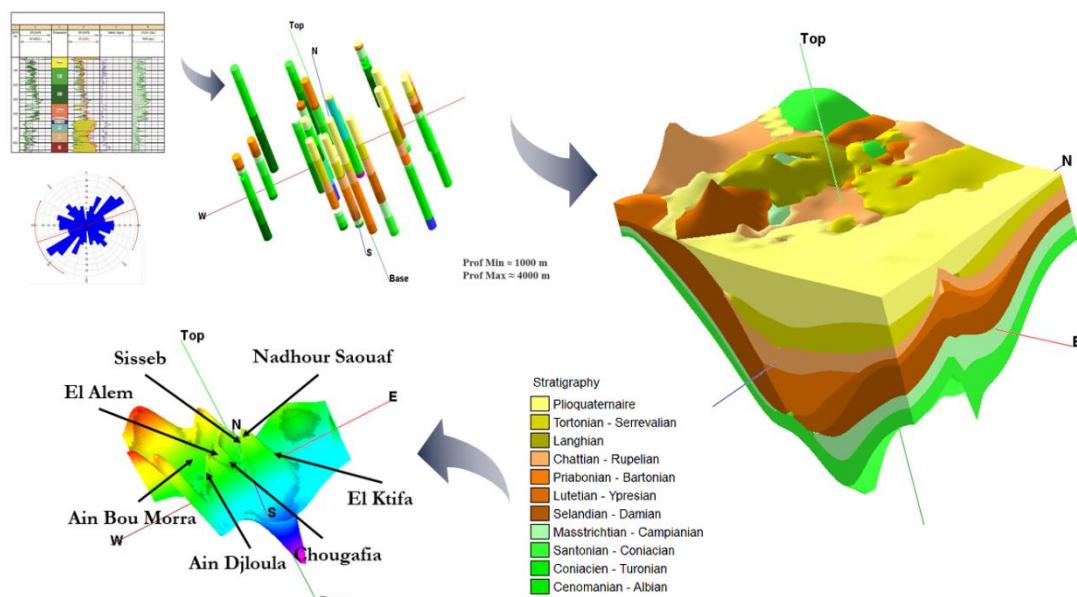


Fig. 2. Geological modeling of the Siseb El Alem Nadhour Saouaf basin

2.3 HYDROGEOLOGICAL MODELING: MODFLOW MODEL CONCEPTION, CALIBRATION AND SIMULATION

The Modflow Hydrogeological Code is a multi-layered model in finite differences and is often used for modelling aquifer systems and complex groundwater flow problems. It was developed by the USGS and tested and used on a variety of practical cases. The name MODFLOW is directly related to how the calculation code is structured. Indeed, this code consists of a set of modules each solving a particular part of the underground flow problem. For each application, the appropriate modules are chosen to describe the flow problem studied in relation to the surrounding environment. This modular structure offers several advantages, including: the optimization of calculation times and the possibility of developing specific modules when needed. The elemental reference volume is the smallest subsystem isolable in the real environment system for the representation of a given phenomenon of interest to the whole system. The combination for the same elementary reference volume of all the recognized physical laws necessary to represent the flow phenomenon expressed in the form of the fundamental equation of motion. The equations that Modflow resolves are presented in

MODFLOW simulates both permanent and transient flows in an aquifer system with regular or irregular geometry and where aquifer layers may be free, captive or a combination of both. Flows related to external stresses to the system, such as flows to a well or to drains, flows induced by recharge or evapotranspiration, and exchanges across a river bed can be simulated. Hydraulic conductivities or transmissivities can be considered variable in the anisotropic space provided, of course, that the main directions of anisotropy are chosen as the directions of the meshes; likewise, the storage coefficient can be heterogeneous. On the limits, load-imposed or flow-imposed conditions, as well as flow-dependent load conditions outside the domain limit can be simulated by MODFLOW. It is currently the most widely used model for solving underground flow problems.

Table 1. Hydrodynamic equations governing the Modflow code

Definition	Equation	Acronyms
Equation of diffusivity	$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \cdot \frac{\partial h}{\partial y} \right) = S_s \cdot \frac{\partial h}{\partial t} - \omega$	K is the permeability tensor of the medium h is the piezometric value Ss is the specific storage coefficient ω is a source term that translates a levy or contribution.
Finite Difference Equation	$\sum Q_e = S_s \frac{\Delta h_{i,j,k}}{\Delta t} \Delta V_{i,j,k}$	V_{i,j,k} is the elementary volume
Darcy law	$q_{i,j-1/2,k} = K_{x,i,j-1/2,k} \Delta y \Delta z \frac{(h_{i,j-1,k} - h_{i,j,k})}{\Delta x}$	q^{i, j-1/2, k} is the volume of water transferred from the mesh (i, j-1, k) to the mesh (i, j, k) through the facet (ΔyΔz).

The adopted methodology is described in the diagram below (Fig. 3).

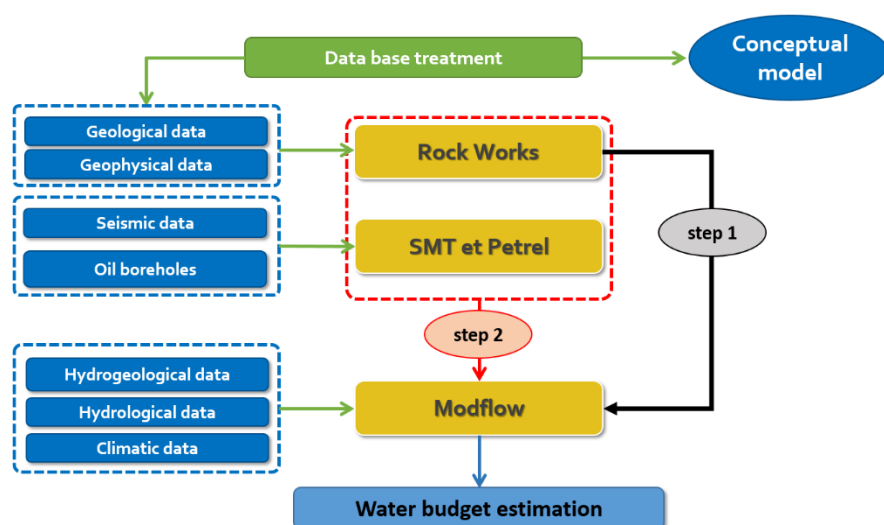


Fig. 3. Adopted methodology for the integration of the 3D geological model into the modflow model

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 MODEL CONCEPTION AND CALIBRATION IN STEADY STATE

The modelling domain is part of a matrix of 80 columns and 52 rows, or 8320 square and regular cells of 1000 meters of side. The model consists of two aquifer layers: (i) the first layer refers to the surface horizon. It represents the water table captured by the surface wells; (ii) the second layer covers all the deep horizons, that is to say the two permeable levels contained in the Mio-Pliocene filling and the Oligocene sandstones. In this first phase of the study, the model will be calibrated on a permanent basis. This involves simulating a quasi-stationary state of the system, not influenced by aquifer withdrawals. Permanent calibration ensures consistency between transmissivities and boundary conditions adopted by the model. In the second step, the model is calibrated in transient mode. To do this, the model is simulated over a historically known period during which the system has undergone severe sampling-related disturbances. Comparing the piezometric results calculated with the observed series makes it possible to judge the degree of representativeness of the developed model.

The choice of the reference state is mainly dictated by the availability of a piezometric map for the two deep water tables. The first piezometric map established for the Sisseb-El Alem system is that drawn by G. Castany in 1948 for the deep horizons of the Sisseb-El Alem basin. In 1996, Dr. Baba Sy drew piezometric maps for the two aquifers based on piezometric observations made between 1938 and 1964. The calibration process will then consist in reproducing the flow mechanism with an acceptable hydraulic gradient, with particular reference to the maps obtained from DGRE data for the year 1971.

The first calculations show a piezometry in the aquifer strongly influenced by the piezometry of the deep aquifer which becomes intensively exploited in the area of Sisseb-El Alem from 1978. We then further reduced the vertical link between the two layers over the entire domain except in the Nadhour region where the two aquifers and deep water are combined. After a dozen tests in which the transmissivity and the coefficient of drainance were modified, the calibration was stopped since the calculated piezometric maps show a similar pattern to that of the reference piezometry.

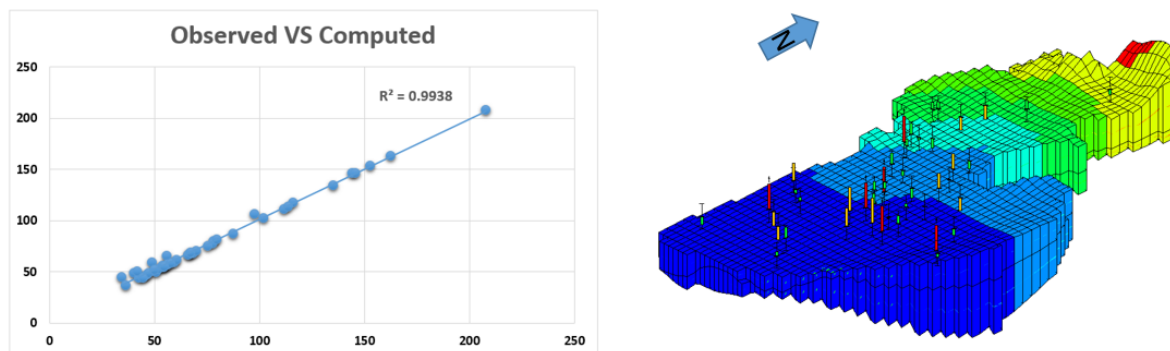


Fig. 4. Model calibration in the steady state

The overall balance calculated by the model indicates that the mobilizeable resources of the entire basin (Sisseb El Alem Nadhour-Saouaf) amount to 75.7 Mm³/year. The Wadi of the North contribute 18% in the diet of the basin. Inputs from the Ksab, El Ogla, Essahel, Hdadda and Saadin wadis total 9.7 million m³/year, or almost half of the total feed flow. The calculated balance sheet also shows that Wadi Nebhana's contribution is low (12%). Moreover, the modelled domain has been divided into two zones: the Nadhour-Saouaf sector, which is the subject of this study and that of Sisseb-El Alem, which is integrated into the hydraulic system, studied to study the exchanges between them. On a permanent basis, the entire supply flow in the Nadhour-Saouaf sector, which amounts to 286.7 l/s, passes in the absence of withdrawals to the Sisseb-El Alem sector (Fig. 5).

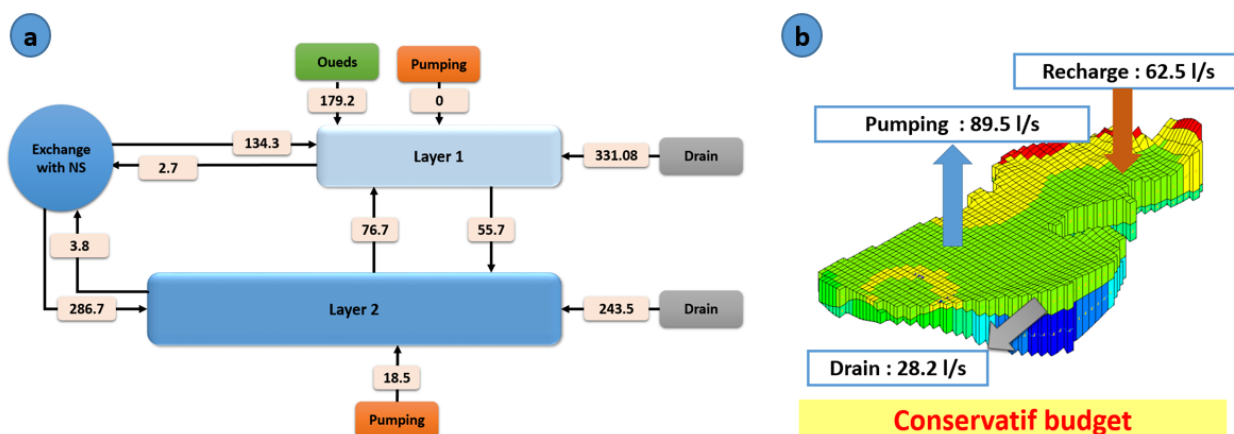


Fig. 5. (a) Water budget for the Sisseb El Alem region; (b) the global budget of the Sisseb El Alem Nadhour Saouaf basin in steady state

3.2 MODEL CALIBRATION IN TRANSIENT STATE

The transient model represents a continuity to the permanent calibration. The main objective of this step of the hydrodynamic modelling is the calibration of the storage coefficient and the homogenisation of the hydraulic system data in transient mode. The transient simulation was carried out by adopting the same hydraulic conductivity field obtained during the steady state calibration. The transitional simulation was performed over a period of 45 years: from 1971 to 2016. The time used is equal to one year.

Several transient calibration tests were carried out to reproduce in a relatively adequate manner the average behaviour of the slick. These tests involved modifying the following two main parameters: (i) the hydraulic conductivity field from the steady-state calibration of the model, introduced into the model, provides a solid basis for the hydrodynamic model. To do this, it was decided to wedge the model by first varying only the recharging of the system; (ii) the storage coefficient: Variations in this parameter were made while respecting the geology of the terrain.

Fig. 6 shows the evolution of calculated piezometry and that measured during the simulation period. Overall, the calculated piezometry has satisfactory results with that measured. The differences between the piezometric levels recorded at the control piezometers and those calculated by the model do not exceed 2m.

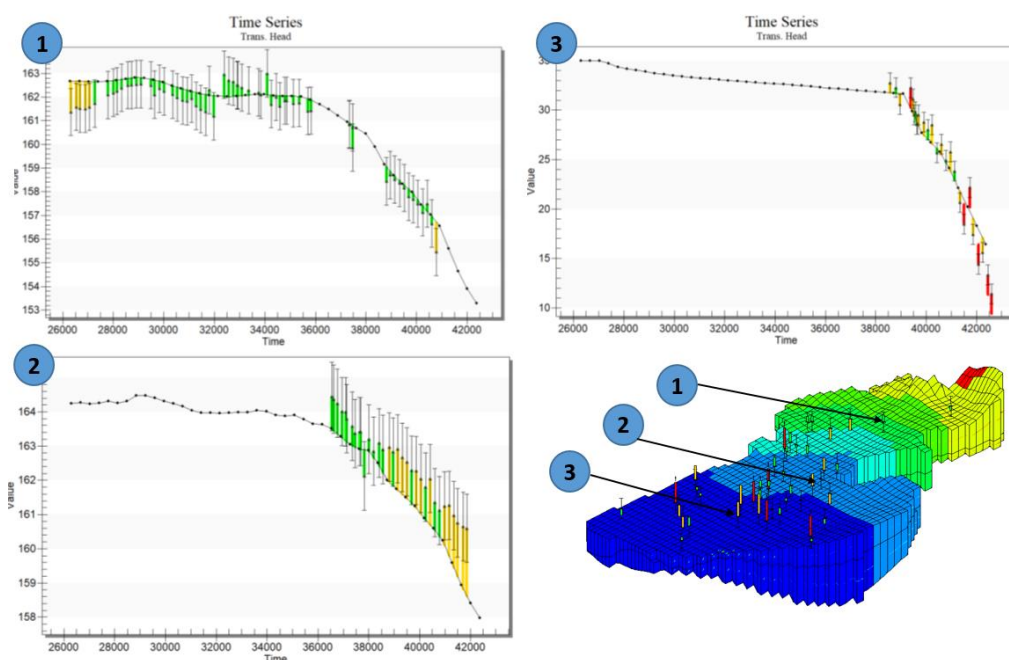


Fig. 6. Observed vs simulated heads in transient state (1971- 2016)

3.3 WATER BUDGET SIMULATION 2020 AND 2030 UNDER THE SAME CONDITIONS

Simulations were tested out of curiosity to know the state of the Sisseb El Alem Nadhour Saouaf aquifer if we keep the same climatic pressures and the same exploitation rate we obtained the following results:

- In 2020: the balance sheet of the Sisseb El Alem Nadhour Saouaf basin will be in deficit -14.22 Mm^3 and the aquifer will remain in a critical situation: the exploitation will be of the order of 75.43 Mm^3 . This depends enormously on the progress of the method of extraction of groundwater.
- In 2030: the global water budget is also deficit -14.5 Mm^3 . We note that the farm will show a fall and this is due to the fall in the productivity of the drilling: the table will be dry.

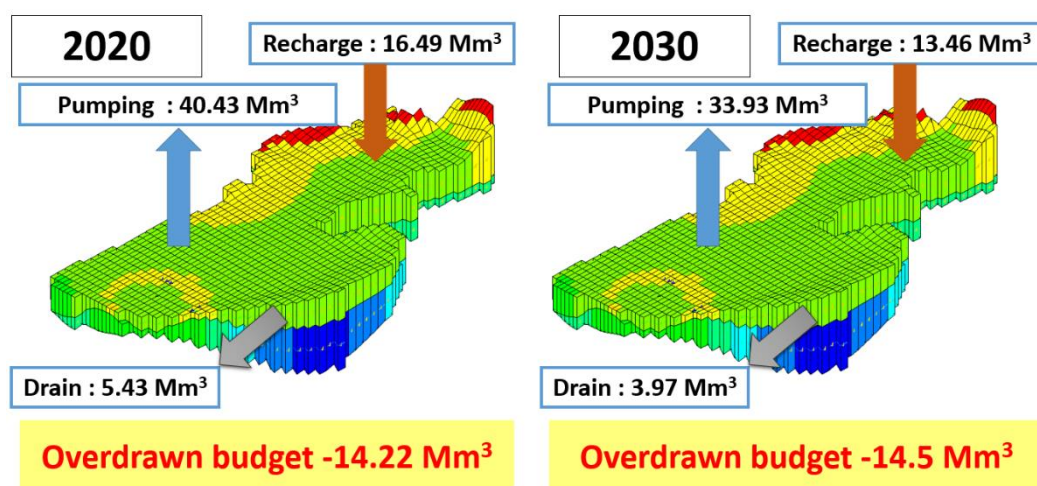


Fig. 7. Water budget simulation over 2020 and 2030

4 SYNTHESIS AND CONCLUSIONS

In Tunisia, in the SANS basin, northwest of the Kairouan governorate, water systems operate under natural, economic and human pressures. Information on the aquifer systems in this basin is still fragmentary and insufficient. In order to improve the knowledge of these aquifers, a fine geophysical characterization was developed. Indeed, a varied database has been built to achieve these objectives. All available water and oil drilling data were collected, controlled and corrected and processed. This hydrostratigraphic characterization confirmed the existence of several locally connected aquifer units with significant thicknesses in many locations as well as high porosities. The geophysical study allowed us to map the system of faults affecting the area. The combination of these results shows that the SANS basin is characterized by a succession of several sedimentary basins with contrasting resistivities, connected and with vertical and horizontal drainances. Some faults in the area represent hydraulic drains, connecting the different aquifer units (e.g. Nadhour Saouaf and Sisseb) and others materialize tight aquifer boundaries (e.g. El Ktifa and El Alem).

All these results were ultimately used to perform two types of modelling: deterministic (Modflow 2000) and remote sensing techniques that allowed us to establish a spatial prediction tool for groundwater availability. This study shows that: Hydrogeological modelling using the Modflow code is a very powerful tool for improving hydrodynamic parameters of aquifers. This modelling allowed us to clearly discern the variations in hydrodynamic parameters between the steady state (1971) and the disturbed regime represented by the SANS system today. In addition, this modelling work highlighted the importance of field investigations in improving the calibration of the model and the water balance.

ACKNOWLEDGMENT

The authors are grateful to the Centre for research and applications in remote sensing (CARTEL) at Sherbrooke University for their collaboration and support. In addition, the authors are thankful to the Applied Hydro-Sciences Unit, Higher Institute of Water Sciences and Techniques of Gabes and the General Direction of Water Resources.

REFERENCES

- [1] Afonso MJ, Freitas L, Chaminé HI (2019) Groundwater recharge in urban areas (Porto, NW Portugal): the role of GIS hydrogeology mapping. *Sustain Water Resour Manag* 5: 203–216. <https://doi.org/10.1007/s40899-019-00302-9>.
- [2] Castellazzi P, Longuevergne L, Martel R, et al (2018) Quantitative mapping of groundwater depletion at the water management scale using a combined GRACE/InSAR approach. *Remote Sens Environ* 205: 408–418. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.11.025>.
- [3] Clifton CF, Day KT, Luce CH, et al (2018) Effects of climate change on hydrology and water resources in the Blue Mountains, Oregon, USA. *Clim Serv* 10: 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2018.03.001>.
- [4] Crosbie RS, McCallum JL, Walker GR, Chiew FHS (2010) Modelling climate-change impacts on groundwater recharge in the Murray-Darling Basin, Australia. *Hydrogeol J* 18: 1639–1656. <https://doi.org/10.1007/s10040-010-0625-x>.
- [5] Gogu RC, Carabin G, Hallet V, et al (2001) GIS-based hydrogeological databases and groundwater modelling. *Hydrogeol J* 9: 555–569. <https://doi.org/10.1007/s10040-001-0167-3>.
- [6] Hamdi M, Zagarni MF, Djarnai N, et al (2018) 3D geological modeling for complex aquifer system conception and groundwater storage assessment: Case of Sisseb El Alem Nadhour Saouaf basin, northeastern Tunisia. *J African Earth Sci* 143: 178–186. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2018.03.017>.
- [7] Harvey J, Gomez-Velez J, Schmadel N, et al (2019a) How Hydrologic Connectivity Regulates Water Quality in River Corridors. *J Am Water Resour Assoc* 55: 369–381. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12691>.
- [8] Harvey TM, Arnaud E, Meyer JR, et al (2019b) Characterizing scales of hydrogeological heterogeneity in ice-marginal sediments in Wisconsin, USA. *Hydrogeol J* 27: 1949–1968. <https://doi.org/10.1007/s10040-019-01978-1>.
- [9] Hossain R, Hassan KM (2020) Geospatial, Statistical and Human Health Risk Assessment of Groundwater Contamination Around Waste Disposal Site at Khulna in Bangladesh. 49: 124–136.
- [10] Houatmia F, Khomsi S, Bédir M (2015) Oligo-Miocene reservoir sequence characterization and structuring in the Sisseb El Alem-Kalaa Kebira regions (Northeastern Tunisia). *J African Earth Sci* 111: 434–450. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2015.08.019>.
- [11] Ibrakhimov M, Awan UK, George B, Liaqat UW (2018) Understanding surface water–groundwater interactions for managing large irrigation schemes in the multi-country Fergana valley, Central Asia. *Agric Water Manag* 201: 99–106. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.01.016>.
- [12] Moya CE, Raiber M, Cox ME (2014) Three-dimensional geological modelling of the Galilee and central Eromanga basins, Australia: New insights into aquifer/aquitard geometry and potential influence of faults on inter-connectivity. *J Hydrol Reg Stud* 2: 119–139. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2014.08.007>.
- [13] Ndehedehe C, Awange J, Agutu N, et al (2016) Understanding changes in terrestrial water storage over West Africa between 2002 and 2014. *Adv Water Resour*. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2015.12.009>.
- [14] Raiber M, White PA, Daughney CJ, et al (2012) Three-dimensional geological modelling and multivariate statistical analysis of water chemistry data to analyse and visualise aquifer structure and groundwater composition in the Wairau Plain, Marlborough District, New Zealand. *J Hydrol* 436–437: 13–34. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.01.045>.
- [15] Ross M, Parent M, Lefebvre R (2005) 3D geologic framework models for regional hydrogeology and land-use management: A case study from a Quaternary basin of southwestern Quebec, Canada. *Hydrogeol J* 13: 690–707. <https://doi.org/10.1007/s10040-004-0365-x>.
- [16] Sophocleous M (2002) Interactions between groundwater and surface water: The state of the science. *Hydrogeol J* 10: 52–67. <https://doi.org/10.1007/s10040-001-0170-8>.
- [17] Souei A, Zouaghi T (2018) 2D seismic reflection contribution to structural and geometric study of Cenozoic aquifer systems in the Sisseb El-Alem basin, central-eastern Tunisia. *Arab J Geosci* 11: <https://doi.org/10.1007/s12517-018-4036-y>.
- [18] Thiéry D (1988) Modélisation hydrologique semi-globale du fonctionnement hydraulique d'un système karstique exploité par pompes. *Ann Sci l'Université Besançon* 113–120.
- [19] Trigg MA, Cook PG, Brunner P (2014) Groundwater fluxes in a shallow seasonal wetland pond: The effect of bathymetric uncertainty on predicted water and solute balances. *J Hydrol* 517: 901–912. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.06.020>.
- [20] Wang G, Li R, Carranza EJM, et al (2015) 3D geological modeling for prediction of subsurface Mo targets in the Luanchuan district, China. *Ore Geol Rev* 71: 592–610. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.03.002>.
- [21] Xu X, Huang G, Zhan H, et al (2012) Integration of SWAP and MODFLOW-2000 for modeling groundwater dynamics in shallow water table areas. *J Hydrol* 412–413: 170–181. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.1975.tb00161.x>.

A Case Study of the Effectiveness of Applying Generic Learning Outcomes to the Planning of Educational Programs: Take «DIY Unmanned Aerial Vehicle» at the National Science and Technology Museum as an Example

Fang-Yi Su¹⁻²

¹National Science and Technology Museum, Kaohsiung, Taiwan

²Department of Information Management, College of Management, National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung, Taiwan

Copyright © 2021 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 National Science and Technology Museum launched the «Explore IOT Exhibition» in 2017. When curating the exhibition, it included the exhibit education activity: «DIY Unmanned Aerial Vehicle» in its planning to respond in a real time manner to the emerging issue of incorporating information, communication and digital technology into the Curriculum Guidelines for the 12-Year Basic Education, displaying the Museum's function in supporting formal education. Museum has to be innovative in terms of educational activity to meet various groups' learning needs. Using «DIY Unmanned Aerial Vehicle» activity as an example, this paper discusses the generic learning outcomes (GLOs) of non-formal educational institutions used in said activity to plan further activities and conduct learning evaluations. The objective is to see if it is feasible to practically use GLOs for the Museum's educational activities. The results of a qualitative and quantitative data analysis show that most participants gave positive feedback to learning effectiveness, attesting to learning goals based on the framework of GLOs set by the organizer. GLOs make it easier for the organizer to focus on the direction of the activity. The findings from this case study suggest that GLOs can serve as a reference for promoting the Museum's educational activities.

KEYWORDS: planning of the Museum's educational activities, generic learning outcomes, unmanned aerial vehicle.

1 INTRODUCTION

In 1984, the American Association of Museums (AAM) released the Museums for a New Century report, which accentuated the importance of museums' educational role by stating that if collections are the heart of museums, education is the museum's spirit (CMNC, 1984). Generally, museums' educational activities are not limited to specific contents and methods with which they are conducted. These activities are determined on the basis of the museum's characteristics, conditions, and operational requirements, and are adjusted and varied according to the activity theme and targets. In principle, museums must constantly introduce creative and innovative educational activities that fulfill the learning requirements of different museum visitors, in order to enhance the museum's operational performance and maximize the temporary timeliness of museum activities (Liu, Chang, & Chang, 2017). For this reason, the National Science and Technology Museum (NSTM) in Taiwan organized a special exhibition in 2017 called the Theory of Everything: Exploring the Internet of Things (IoT). In the initial phase of planning this exhibition, the organizer also incorporated an exhibition-based educational activity titled Do It Yourself (DIY) Unmanned Aerial Vehicle (UAV) (hereafter referred to as the UAV activity), which was aimed at addressing the integration of information technology in Taiwan's 12-Year Basic Education Curriculum, thereby showcasing museums' supporting role in education.

2 RESEARCH PURPOSE

In the Wang (2000) also indicated that the number of exhibitions and educational activities a museum launches actually cannot directly prove the museum's function; instead, the impact and outcome of museum-based learning for visitors are a direct evidence that museums present to the society for proving their value and function. In addition, the impact and outcome of museum-based learning have become a topic that museums must address, particularly in an era wherein the society constantly demands for better museum performance.

A complete and effective approach to planning activities is greatly beneficial for the development of professional competency and visitor-specific learning experiences (Tsai, 2013). In addition, the outcomes of learning in museums can be accurately determined only with an appropriate evaluation mechanism to assess whether an activity has successfully attained its goal and whether an ongoing

activity can be revised during the process (Kao, 2001). The UAV activity in this study was based on the Generic Learning Outcomes (GLOs) model, which was developed in the UK's Learning Impact Research Project (LIRP) in the early 21st century. Instead of being a set of nationwide evaluation indicator with which all museums must comply, this model features the ability to fully realize museums' potential while preserving their independence and characteristics (Liu, 2011).

3 LITERATURE REVIEW

3.1 MUSEUM-BASED EDUCATIONAL ACTIVITY PLANNING

According to Eilean Hooper-Greenhill (1994), museum-based educational activities are planned by following the museum's vision and education policies. A strategy that museums adopt to interpret objects is having educators plan activities. Educational entertainment activities can deepen visitors' understanding of the knowledge relevant to the activity and boost the interactive relationship among museum workers. Therefore, museums play a significant educational role in the learning process of museum visitors (Tsai, 2013). The UAV activity in this study was organized for a specific exhibition at the NSTM. This activity involved extending the content of the exhibition to include the IoT application of UAV in an educational setting to not only attract visitors but also effectively utilize the museum's resources to embody the educational purpose of the museum.

3.2 GENERIC LEARNING OUTCOMES

Education is one of the main functions of a museum and also one of the main reasons explaining why the general public supports and recognizes the existence of museums (Bucaw, 1997). Hence, museums must develop a set of system for measuring the outcomes and impact of museum-based learning. After years of developing and piloting a planning framework, in 2001, the Research Centre for Museums and Galleries (RCMG) of the University of Leicester developed a set of GLOs that can be used to assess the outcomes of learning in informal learning institutions such as museums. GLOs are specifically developed to explore and analyze dimensions relevant to the experience and effectiveness of learning in information education. Numerous studies have verified the robustness and adaptability of this GLOs framework for measuring the impact of museum-based education and for inspiring future development ideas (Hsu, Wang, & Kuo, 2015). Therefore, the present study adopted the GLOs to design the questionnaire for the UAV activity and to conduct evaluation and analysis.

The conceptual framework of GLOs comprises the following five items:

1. Knowledge and understanding: Learning new facts or information, or using prior knowledge in new ways; increasing knowledge or understanding of different subject areas or making connections between or across subject areas; and finding out more information about how museums, archives or libraries operate.
2. Skills: Increase in basic skills, intellectual skills, information management skills, social skills, emotional skills, communication skills, and professional skills.
3. Attitudes and values: Change in feelings, perceptions, and opinions about self or other people and things.
4. Enjoyment, inspiration, and creativity: Evidence of feeling happy and having fun in the learning process and of feeling inspired that results in creativity or innovative ideas.
5. Change in action, behavior, and progression: Change in action and behavior primarily measures whether a learning outcome is translated into actual actions and behaviors.

3.3 THE DEVELOPMENT OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

UAV development began over 90 years ago and originally focused on military applications. Influenced by the concept of IoT in recent years during which the integration of information, telecommunication, and network technologies was made possible, UAVs have transitioned from consumable, recreational, entertaining toys to tools of considerable value in commercial, agricultural, and national defense settings. UAVs are roughly categorized into rotary-wing UAVs and fixed-wing UAVs according to their body structure and flight characteristics. Rotary-wing UAVs adopt either a single-rotor or a multi-rotor system. Multi-rotor UAVs are widely accepted because they are simpler, more stable, and suitable for amateurs and recreational users (Wang, 2014). Therefore, the multi-rotor UAV was adopted in the UAV activity of this study; this UAV was programmed to achieve various flight altitude and actions.

4 CASE STUDY: METHODS OF PLANNING AND EVALUATING THE DIY UAV ACTIVITY

4.1 BACKGROUND

The DIY UAV activity, establishing clear activity goals in line with the plans for the exhibition, providing technical consultation on UAVs, and developing information communication courses. The objective of the DIY UAV activity was to expand and extend the benefits of the

exhibition and to elicit a mode of stimulus–response learning among participants so that they could acquire knowledge, improve skills, and develop feelings of happiness (Chiu, 2010).

4.2 IMPLEMENTATION AND CONTENT OF THE DIY UAV ACTIVITY

According to the above literature review, the subject knowledge imparted in the UAV activity covered information technology and aeronautical science. To highlight the NSTM's function in informal education, visitors' understanding of and interest in science and technology were reinforced through lectures, hands-on drone-assembling activities, and practical exercises, among other teaching strategies that make the exhibition hall more animated and the displays more diversified. The framework of the UAV activity is shown in Figure 1. The expected learning goals established on the basis of the five GLOs is shown in Table 1. Subsequently, these goals were used as the basis to develop activity implementation method, draft lesson plans, collect videos, and produce instructional PowerPoint slides.

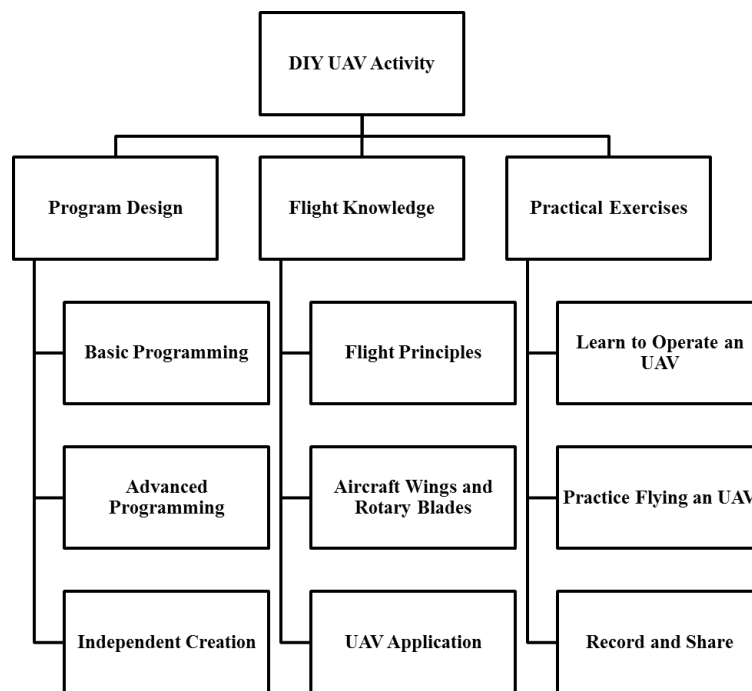


Fig. 1. Framework of the DIY UAV exhibition-based educational activity

Table 1. Expected learning goals based on the five GLOs

Measure	Content
Increase in knowledge and understanding	1. Understand how humans simulate flight 2. Understand the difference between multi-rotor and single-rotor drones 3. How were the Bernoulli's principle and Coandă effect discovered and experimented 4. Understand basic graphic control programming language
Increase in skills	1. Learn how to use flight controller correctly 2. Assembling the drone correctly 3. Can write programs to control aircraft light, rotational speed, and special effects 4. Learned to edit footage with app software 5. Understand that a drone must be paired and calibrated before flight
Change in attitude or value	1. Perceived that operating a drone or writing a program is more difficult than imagined 2. Willing to attempt learning new technologies 3. Willing to understand differences regarding flight principles and structural functions of all types of aircrafts
Enjoyment, inspiration, and creativity	1. Aroused curiosity for flying 2. Inspired creativity in programming and improved logical thinking 3. Enhanced creativity and enjoyment in writing special effect programs for drones
Change in action and behavior	1. Understand the structures and functions of different aircrafts 2. When traveling on an airplane, the learner pays attention to and feels the thrust/lift and changes in the wings as the airplane takes off 3. Maintain/handle drone parts with care

4.3 RESEARCH METHOD

4.3.1 QUESTIONNAIRE DESIGN

The questionnaire design was based on the GLOs, the learning goals for the UAV activity (see Table 1), and Liu et al. (2017). The questionnaire was compiled by the author and comprised four parts. Part 1 was an evaluation of the GLOs, with each outcome consisting of four items. Part 2 was a survey of satisfaction with how the activity course was planned. Parts 1 and 2 were measured using the 5-point Likert scale, with score options of 1 to 5; the scores on each GLO were summed and then averaged, with high scores indicating that the respondent responded strongly to an experience or questionnaire item. Part 3 contained two open-ended questions soliciting the participants' recommendations, and Part 4 involved participants' demographics.

The questionnaire had the following Cronbach's α reliability coefficient: 0.856 for "increase in knowledge and understanding", 0.847 for "increase in skills", 0.888 for "change in attitude or value", 0.857 for "enjoyment, inspiration, and creativity", 0.868 for "change in action and behavior", and 0.891 for "satisfaction with activity course planning". The Cronbach's α value of the questionnaire as a whole was >0.80 , which implies that the questionnaire was sufficiently reliable to support the study results according to Cuieford (1965) who suggested that Cronbach's α of 0.7–0.98 is indicative of high internal consistency.

4.3.2 SAMPLE COLLECTION AND ANALYSIS.

The UAV activity involved a two-day course, which was given 16 times over the period from June 23 to August 26, 2018. The questionnaire survey targeted all learners who had participated in the UAV activity and was administered at the end of the activity. In total, 201 questionnaires were distributed throughout the activity period, and 193 valid questionnaires were collected (for a recovery rate of 96%) after incomplete questionnaires were eliminated. After data were collected and organized, the author analyzed them by using SPSS for Windows 22. Subsequently, the questionnaire statistical data and interview content were combined for the following data analysis.

4.4 ACTIVITY EVALUATION AND ANALYSIS

The implementation of museum-based educational activities should be reviewed by evaluation methods to ascertain whether the activity was planned and effective as expected. The results can serve as feedback for the activity. The evaluation of the UAV activity was discussed in four sections, namely, demographics, the five GLOs, overall satisfaction with the activity, and cross-analysis of other background variables.

4.4.1 DEMOGRAPHIC STATISTICS

In the UAV activity, male and female participants accounted for 76.17% and 23.83%, respectively. Regarding age group, most of the participants were aged 10–13 years (78.76%), which is consistent with the initial target setting. The learners participated in the activity mostly because they were interested in drones (66.80%), and secondly because their parent asked them to (19.70%). Everyone was interested in signing up for the UAV activity because UAV is a novel issue, and relatively few courses on this topic are open to parents and children.

4.4.2 THE FIVE GENERIC LEARNING OUTCOMES ANALYSIS RESULTS

Anonymous questionnaire survey was conducted when the UAV activity was implemented. The purpose of anonymity was to encourage learners to express their personal opinions. The questionnaire was designed to include both closed-ended and open-ended questions to present the multiple impressions that learners have after the activity. The open-ended questions were aimed at collecting learners' diverse opinions or views to understand aspects about their learning outcome, which would increase the breadth of analyzable data (Liu, Chang, & Chang, 2017). Following calculations, the author obtained the following mean scores on each learning outcome: 4.69 for "increase in knowledge and understanding", 4.60 for "increase in skills", 4.63 for "change in attitude or value", 4.65 for "enjoyment, inspiration, and creativity", and 4.59 for "change in action and behavior". These scores show that learners were satisfied with their learning outcome. Because the types of items under each outcome differed, numerical values cannot be used directly for comparison and can only serve as reference.

4.4.3 ANALYSIS OF SATISFACTION WITH OVERALL ACTIVITY

The learners' satisfaction with the UAV activity was 4.75. The mean scores of course arrangement, teaching method and venue, and environment were 4.70, 4.76, and 4.69, respectively, which indicate favorable result, suggesting that the learners had approved of the activity planner's thoughtful arrangements. From the interviews, the author found that to properly arrange a flight test site where

learners could experience test-flying a drone in a safe environment, planners K1 and K2 had engaged in back-and-forth discussions with the executive and curator of NSTM and finally decided on an indoor exhibition space inside the museum.

4.4.4 THE EFFECTS OF BACKGROUND VARIABLES ON GLOS AND SATISFACTION WITH ACTIVITY COURSE

PLANNING

First, independent sample t test was adopted to examine the effects of “gender” on GLOs. Subsequently, one-way ANOVA was used to explore the effects of “reason for participation” on GLOs and the effects of “frequency of participation” on activity satisfaction.

EFFECTS OF GENDER ON GLOS

As shown in the Levene’s test on the equality of variances for the five GLOs revealed that the F test statistic had a significance level greater than 0.05, indicating non-significance, which suggests that variance for the two groups was homogenous. Subsequently, independent sample t test was used to determine whether the mean value of the two parent groups differed significantly. The result showed that the five GLOs did not achieve a significance level of 0.05, indicating that the GLOs did not differ significantly because of learners’ gender. The mean scores of the two sample groups ranged between 4 (*agree*) and 5 (*strongly agree*). Based on this mean score, female learners outperformed male learners in all five GLOs.

Table 2. T test results of the effects of gender on GLOs

Learning Outcome	Gender	Mean	Levene’s Test on Equality of Variance		T Test on Equality of Mean	
			F test	Significance	T value	Significance
Increase in Knowledge and Understanding	Male	4.6895	.520	.472	-.139	.889
	Female	4.7014				
Increase in Skills	Male	4.5939	1.873	.173	-.315	.753
	Female	4.6250				
Change in Attitude or Value	Male	4.6067	2.555	.112	-.850	.397
	Female	4.6944				
Enjoyment, Inspiration, and Creativity	Male	4.6417	2.805	.096	-.707	.480
	Female	4.7083				
Change in Action and Behavior	Male	4.5748	.578	.448	-.468	.640
	Female	4.6250				

* $p < .05$ ** $p < .01$ *** $p < .001$

THE EFFECTS OF REASON FOR PARTICIPATION ON GLOS

One-way ANOVA was used to determine whether GLOs differed because of learners’ reason for participation. According to showing a Abstract of the ANOVA result, the significance level for the five GLOs was greater than 0.05; therefore, the null hypothesis was accepted under a confidence level of 0.95. In other words, the learners’ GLOs did not differ because of their reasons for participation. However, based on the mean analysis, the mean scores of the five GLOs were the lowest for learners who participated because their parent asked them to, as compared to learners who participated because of the other five reasons. This result was consistent with the findings of Huang (2007), who reported that “learning outcome was more favorable and learning attitude was more positive among students who were motivated to learn folk art because of their personal interest, than among those whose motive was based on parent’s suggestion or arrangement.”

Table 3. Abstract of one-way ANOVA results of the effects of reason for participation on GLOs

Learning Outcome	Reason for Participation	N	Mean	Standard Deviation	F Test	Significance
Increase in Knowledge and Understanding	Parent asked them to	38	4.5461	.56609	1.011	.413
	Have an interest in topics relating to UAVs	129	4.7229	.43328		
	Invited by family and friends	4	4.7500	.35355		
	Introduced by teacher	3	4.7500	.25000		
	Became interested after a visit to the IoT exhibition	12	4.7083	.48656		
	Other	7	4.8214	.37401		
Increase in Skills	Parent asked them to	38	4.4211	.65012	1.327	.254
	Have an interest in topics relating to UAVs	129	4.6279	.51644		
	Invited by family and friends	4	4.6250	.47871		
	Introduced by teacher	3	4.9167	.14434		
	Became interested after a visit to the IoT exhibition	12	4.7292	.29113		
	Other	7	4.6786	.42608		
Change in Attitude or Value	Parent asked them to	38	4.4276	.62576	1.466	.203
	Have an interest in topics relating to UAVs	129	4.6531	.56016		
	Invited by family and friends	4	4.7500	.50000		
	Introduced by teacher	3	5.0000	.00000		
	Became interested after a visit to the IoT exhibition	12	4.7083	.35086		
	Other	7	4.7500	.38188		
Enjoyment, Inspiration, and Creativity	Parent asked them to	38	4.5132	.59544	1.357	.242
	Have an interest in topics relating to UAVs	129	4.6725	.49883		
	Invited by family and friends	4	4.8125	.37500		
	Introduced by teacher	3	5.0000	.00000		
	Became interested after a visit to the IoT exhibition	12	4.8333	.30773		
	Other	7	4.5357	.50885		
Change in Action and Behavior	Parent asked them to	38	4.3816	.61165	1.435	.214
	Have an interest in topics relating to UAVs	129	4.6279	.56260		
	Invited by family and friends	4	4.6875	.47324		
	Introduced by teacher	3	5.0000	.00000		
	Became interested after a visit to the IoT exhibition	12	4.6042	.65243		
	Other	7	4.6071	.60994		

* $p < .05$ ** $p < .01$ *** $p < .001$

THE EFFECTS OF PARTICIPATION FREQUENCY ON SATISFACTION WITH THE ACTIVITY

In this section, the author examined whether the learners' satisfaction with the activity planning differed because of their participation frequency. shows that F value equaled 1.146 ($P=0.332>0.05$) and did not achieve the significance level of 0.05, suggesting that "participation frequency" did not significantly affect the learners' satisfaction with activity planning. Moreover, mean satisfaction ranged between 4 (*agree*) and 5 (*strongly agree*), indicating a high level of satisfaction in general. Oliver (1997) proposed that customer loyalty refers to customers making repeated purchases of products or services and that future purchase behavior is not affected even if the situation changes. Therefore, the results of this analysis showed that participants who have participated in the museum's activity 3 to 5 times were generally more satisfied than those who have never participated or those who participated 1 to 2 times. This result is probably because these participants are loyal to NSTM and thus are generally supportive of the various activities it holds.

Table 4. Summary of one-way ANOVA results of the effects of participation frequency on satisfaction with activity

	Participation Frequency	n	Mean	Standard Deviation	F Test	Significance
Activity Satisfaction	0 time	23	4.5761	.63261	1.146	.332
	1-2 times	110	4.7409	.45044		
	3-5 times	38	4.8026	.38184		
	6 times or more	22	4.6932	.57700		

* $p < .05$ ** $p < .01$ *** $p < .001$

5 CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Museum-based educational activity evaluation results are beneficial for educators in terms of revising their teaching methods, keeping abreast of activity direction, and improving activity contents. Evaluation is not intended to prove who performs the best or who is good or bad; rather, it serves to facilitate improvements (Chiu, 2010). In this study, the learners' learning outcome after participating in the UAV activity was explained using the GLO evaluation results. The results of quantitative and qualitative data analyses showed positive outcomes. The following conclusion and recommendations were obtained on the basis of the aforementioned analysis results:

5.1 THE PROMOTION OF POPULAR SCIENCE EDUCATION WAS ACHIEVED

Among the five GLOs, increase in knowledge and understanding scored 4.69 on average. A detailed examination of the items under this dimension revealed that "...increased my knowledge on drones" scored the highest (4.77). Increasing knowledge and understanding and learning facts or information are the core values of a museum's educational activity. What is certain is that the UAV activity attained the intended goal and also successfully promoted popular science education.

The effects of background variables—gender, reason for participation, and frequency of participation—on GLOs and satisfaction with activity course planning were analyzed. Statistical analysis showed that all three variables did not achieve significance. In other words, the learning outcomes of the UAV activity did not differ because of "gender"; the mean score for the effects of "reason for participation" on GLOs showed that voluntary participants performed more favorably than did non-voluntary participants; and satisfaction was higher in learners who participated 3 to 5 times than in those who have never participated and those who have participated 1 to 2 times. These results reveal that the learners showed a degree of loyalty to the educational activities organized by NSTM, as evident by their repeated and continuous support for the museum.

5.2 SITUATIONAL LEARNING IN MUSEUMS IS UNIQUELY ATTRACTIVE

The questionnaire results showed that the learners' satisfaction with the whole activity was 4.75 on average. The "DIY UAV and Flying an UAV" was the learners' most favorite module, reflecting John Dewey's Empirical Philosophy that focuses on "something to do" rather than "something to learn". Dewey asserts that students should be placed in an experiential learning circumstance so that they can "learn by doing" and also understand the linkages between different matters through active reflective thinking. Under these conditions, learning becomes "as natural as water flowing down a channel" (Wu, 2009). Experiential learning in museums has invariably been an element that makes museum-based education uniquely attractive.

5.3 FURTHER EXPLORATION OF SATISFACTION IS RECOMMENDED

The core learning objective of the UAV activity was to operate UAVs in practice. The activity was combined with lectures, hands-on drone-assembling, and practical exercises to create different learning experiences for learners. The activity was filled with different tasks such as DIY and knowledge-building courses that can only be completed with enthusiasm and attention. Although the questionnaire results showed significant learning outcomes, the learners only scored an average of 4.59 on change in action and behavior, which was relatively low compared to other GLOs. Positive feedback from learners does not necessarily mean they will continue to pay attention to issues related to UAVs, and the underlying reasons warrant in-depth exploration from the perspective of museum-based educational activity evaluations. The author recommends future researchers to incorporate observations or interviews for each individual course to understand learners' feedback and pay more attention to the learning outcomes of each individual course.

REFERENCES

- [1] Bucaw, G. E., 1997. *Introduction to Museum Work*. Walnut Creek, CA: Alta Mira Press.
- [2] Cuieford, J. P., 1965. *Fundamental statistics in psychology and education*. New York, NY: McGraw-Hill.
- [3] CMNC, Commission on Museums for a New Century, 1984. *Museums for a new century*. Washington, D. C.: The American Association of Museums, AAM.
- [4] Chiu, C.Y. 2010. Research on the Effects of Educational Activities of National Museum. MSc Dissertation, Department of Education, National Taitung University, unpublished.
- [5] Huang, P.Y. 2007. A Study of Elementary school Students' Learning Attitudes toward School and Private Visual Art Courses: Using Chinshui Town of Taichung County as Example. MSc Dissertation, Fine Art and Crafts Education, National Hsinchu University of Education, unpublished.
- [6] Hsu, T.Y., Wang, Y.H., and Kuo, F.R. 2015. "Virtual and Physical Blended Learning Applications and Service Model for Popular Science Education in Museums: Curriculum-based Virtual and Physical Mobile Learning as an Example". *Museology Quarterly*, 29 (1), 99–115. doi : 10.6686/MuseQ.201501_29 (1).0009.
- [7] Hooper-Greenhill, E. (Ed.), 1994. *The Educational Role of the Museum*. London: Routledge.
- [8] Kao, H.F. 2001. "Exhibition-Based Museum Educational Programs: Planning and Evaluation". *Museology Quarterly*, 15 (2), 91–106. doi: 10.6686/MuseQ.200104_15 (2).0010.
- [9] Liu, K.R., Chang, C.W., and Chang, C.H. 2017. "The Evaluation of the Educational Activities on Tracing Mammalian Fossils in Taiwan for Science Museum". *Technology Museum Review*, 21 (2), 52–76.
- [10] Liu, W.C. 2011. *Museum Visitor Studies*. San Min Book Co., Ltd., Taipei City.
- [11] Oliver, R. L., R. T. Rust and S. Varki, 1997. "Customer Delight: Foundations, Findings and Managerial Insight". *Journal of Retailing*, 73 (3): 311-336. doi: 10.1016/S0022-4359 (97) 90021-X.
- [12] Tsai, H.K. 2013. A Case Study of the Effectiveness of Applying Generic Learning Outcomes to the Planning of Educational Programs: Take "Welcome to Silk Paradise" at the National Museum of Natural Science as an Example. *Technology Museum Review*, 17 (3), 87–116.
- [13] Wang, H.W. 2014. Integration and evaluation of UAV-LiDAR system. MSc Dissertation, Department of Civil Engineering, National Taipei University of Technology, unpublished.
- [14] Wang, C.H. 2000. "The Development and Implication of Research on Museum Visitor Learning Outcomes and Impact". *Museology Quarterly*, 22 (4), 91–107. doi: 10.6686/MuseQ.200810_22 (4).0006.
- [15] Wu, M.K. 2009. "The Insights of John Dewey's Empirical Philosophy for Curriculum and Teaching". *Journal of University of Taipei Education*, 40 (1), 35–54. doi: 10.6336/JUTe/2009.40 (1) 2.

Hypertriglycémie majeure révélant une glycogénose type I: A propos d'un cas

[Major hypertriglyceridemia revealing glycogen storage disease type I: A case report]

Zineb El Hamzaoui^{1,2}, D. Doss Bennani^{1,2}, Z. El Krimi^{2,3}, N. Mikou^{2,3}, A. Morjan^{1,2}, and N. Kamal^{1,2}

¹Laboratoire de biochimie, Hôpital Ibn Rochd, CHU Ibn Rochd, Casablanca, Morocco

²Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université Hassan II, Casablanca, Morocco

³Pédiatrie 5, Hôpital d'enfant El Harouchi, CHU Ibn Rochd, Casablanca, Morocco

Copyright © 2021 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: *Introduction:* Glycogen storage disease type I is a rare hereditary metabolic disorder, caused by a deficit of the glucose-6-phosphatase, an enzyme that catalyzes hydrolysis of glucose-6-phosphate to phosphate and glucose, inducing essentially hypoglycemia, hyperlactacidemia, hyperuricemia and hyperlipoproteinemia often at the expense of triglycerides. Hypertriglyceridemia is often moderate (<10 g / l) at the time of diagnosis, but in the long term, it can exceed 20g/l causing serious complications such as acute pancreatitis or hepatic adenoma. We report a case of glycogen storage disease type I revealed by major hypertriglyceridemia.

Case report: A 10-month-old infant girl, with a family history of storage disease type I (brother), admitted to the pediatric department for recurrent seizures due to hypoglycemia evolving for 2 months, and hepatomegaly. The blood tests made on admission revealed a hepatic cytolysis with a liver enzyme level 5 times upper the limit of normal, a major hypertriglyceridemia at 10 g / l (<1.5 g / l), and a correct glycemia and uricaemia. The infant was put on an adequate diet therapy. The evolution was marked by good clinical improvement.

Conclusion: Major hypertriglyceridemia is a metabolic abnormality often occurring during the course of glycogen storage disease type I, but sometimes it is discovered at the time of diagnosis requiring prompt management and strict monitoring to avoid complications.

KEYWORDS: Glycogen storage disease type I, glucose-6-phosphatase, hyperlipoproteinemia, hypertriglyceridemia, hypoglycemia.

RESUME: *Introduction:* La glycogénose de type I est une maladie métabolique héréditaire rare, due à un dysfonctionnement de l'activité glucose-6-phosphatase, une enzyme qui catalyse l'hydrolyse du G6P en phosphate et glucose induisant essentiellement une hypoglycémie, une hyperlactacidémie, une hyperuricémie et une hyperlipoprotéinémie souvent au dépend des triglycérides. Le taux de ces derniers est souvent modéré (<10 g/l) au moment du diagnostic, mais à long terme, la concentration des triglycérides peut dépasser 20g/l causant des complications graves telle la pancréatite aiguë ou l'adénome hépatique. Nous rapportons un cas de glycogénose type I révélée par une hypertriglycémie majeure.

Observation: Nourrisson âgé de 10 mois, ayant des antécédents familiaux (frère suivi pour glycogénose type I). Admis à l'hôpital d'enfant pour convulsions à répétition suite à des hypoglycémies évoluant depuis 2 mois et hépatomégalie. Le bilan biologique réalisé à l'admission a objectivé une cytolysé hépatique à 5 fois la normale, une hypertriglycémie majeure à 10 g/l (<1.5g/l), une glycémie et une uricémie normales. Le nourrisson a été mis sous régime diététique adéquat. L'évolution a été marquée par une bonne amélioration clinique.

Conclusion: L'hypertriglycémie majeure est une anomalie métabolique survenant souvent au cours de l'évolution des glycogénoses type I, mais parfois elle est découverte au moment du diagnostic. Elle nécessite une prise en charge rapide et une surveillance stricte afin d'éviter les complications.

MOTS-CLEFS: Glycogénose type I, glucose-6-phosphate, hyperlipoprotéinémie, hypertriglycémie, hypoglycémie.

1 INTRODUCTION

La glycogénose de type I est une maladie métabolique héréditaire rare, de transmission autosomique récessive, faisant partie des glycogénoses hépatiques.

Elle est due à un dysfonctionnement de l'activité enzymatique du glucose-6-phosphatase qui permet l'hydrolyse du glucose-6-phosphate (G6P) en phosphate et glucose; affectant ainsi les deux des principaux mécanismes de régulation de la glycémie au cours du jeûne: la glycogénolyse et la néoglucogenèse.

L'enzyme est localisée dans les microsomes, et semble exiger pour fonctionner, outre la phosphohydrolase elle-même, l'activité de 3 translocases destinées à l'importation du glucose-6-phosphate et l'exportation du glucose. D'où l'existence supposée de plusieurs types de déficit: la dû au déficit de l'enzyme, Ib, c, d provenant de l'absence d'une des translocases [1].

Ce déficit enzymatique explique le principal signe clinique présent chez les malades atteints de ce type de glycogénose: le défaut de tolérance au jeûne court [2].

En plus, des anomalies biologiques dues au défaut du métabolisme des carbohydrates (notamment l'hypoglycémie, l'hyperlactacidémie), la glycogénose type I est associée à une hyperlipoprotéïnémie de type mixte souvent au dépend des triglycérides, responsable d'une stéatose hépatique [3].

Au cours de l'évolution de cette pathologie, l'hypertriglycéridémie peut être majeure et causer des complications graves dominées par les pancréatites et les adénomes hépatiques [4]. Nous rapportons dans cet article, un cas de glycogénose type I révélée par une hypertriglycéridémie majeure sans complications liée à celle-ci.

2 CAS CLINIQUE

Nous rapportons l'observation d'un nourrisson, de sexe féminin, âgée de 10 mois issue d'un mariage non consanguin, ayant comme antécédent un frère âgé de 9ans suivi pour glycogénose type I diagnostiquée à l'âge de 9 mois.

Admise à l'hôpital d'enfant El Harouchi pour des convulsions à répétition sur hypoglycémies, évoluant depuis 2 mois.

L'examen clinique a objectivé un faciès poupin et une hépatomégalie à 4 travers de doigts.

Le bilan biologique réalisé à l'admission a objectivé une cytolysé hépatique avec des ASAT à 187 UI/l (<45UI/l) et des ALAT à 182 UI/l (<45UI/l), une hypertriglycéridémie majeure à 10 g/l (<1.5g/l), une cholestérolémie totale normale à 1.76g/l (1.5-2g/l), une glycémie normale à 1g/l (0.7-1.1g/l) et une uricémie normale à 37.2 mg/l (35-72mg/l). La ponction biopsie du foie pour une étude anatomopathologique n'a pas été réalisée par refus des parents.

Devant ce tableau clinico-biologique, le diagnostic de glycogénose type I a été soulevé.

Le nourrisson a été mis sous régime diététique adéquat. L'évolution a été marquée par une bonne amélioration clinique.

3 DISCUSSION

L'hyperlipidémie est une anomalie métabolique décrite au cours des glycogénoses type I dont la physiopathologie est partiellement connue [5].

Celle-ci est de type mixte mais généralement l'hypertriglycéridémie est plus marquée que l'hypercholestérolémie.

L'augmentation du cholestérol VLDL et LDL ne concerne pas uniquement leur taux mais aussi leur volume due à l'accumulation des triglycérides dans ces derniers [6].

En effet, le G6P en excès, par défaut de sa transformation en glucose, est utilisé dans d'autres voies métaboliques. La glycolyse est augmentée avec production accrue de lactate et formation d'acétyl-CoA en excès, ce qui stimule la lipogenèse *de novo* et la synthèse de cholestérol [3].

En plus, l'hypoinsulinisme contribue aussi à l'augmentation du taux des lipides en favorisant une lipolyse conduisant à la libération d'acides gras libres dans le plasma [5].

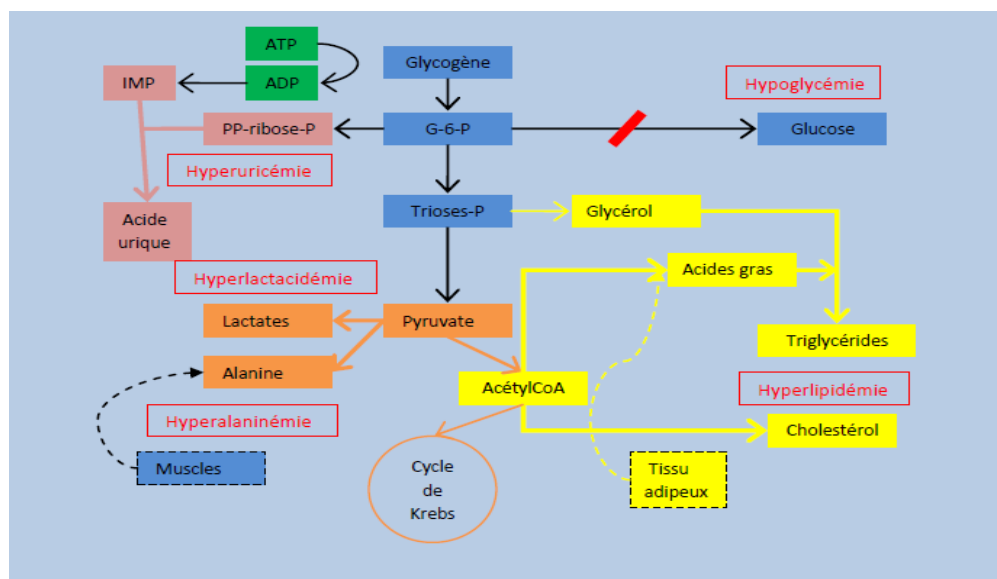


Fig. 1. Conséquences physiopathologiques du déficit en G6Pase [7]

Une hypertriglycéridémie est caractérisée de majeure si elle est supérieure à 10g/l [8].

D'une manière générale, dans un contexte clinique évocateur fait d'intolérance au jeûne associée à un gros foie mou, la présence d'un taux élevé des triglycérides appuie fortement le diagnostic de la glycogénose type I, il peut atteindre des valeurs très élevées (> 20g/l) [9], [10] au cours de l'évolution de la maladie, qui malgré une prise en charge thérapeutique ne s'améliore pas [11], [6], prédisposant à des complications graves (retard de croissance, hépatomégalie...).

En comparaison avec des études de cas rapportées dans la littérature, l'hypertriglycéridémie est rarement majeure au moment du diagnostic. Sur un total de 34 cas, cinq d'entre eux présentaient un taux de triglycéride supérieur à 10g/l.

Tableau 1. Nombre de cas d'hypertriglycéridémie majeure au moment du diagnostic dans différentes études

Auteur /date de publication	Nombre de cas étudiés	Nombre de cas avec hypertriglycéridémie majeure au moment du diagnostic.
Berenice L. Santos et al. (2014) [12]	21	4
Carvalho et al. (2013) [13]	5	0
Moraru et al. (2007) [14]	6	1
C. Carvès et al. (2003) [15]	1	0
Jinping Zhang et al. (2014) [16]	1	0
Total	34	5

Dans le cas que nous avons rapporté, le nourrisson présentait au moment du diagnostic une hypertriglycéridémie majeure à 10g/l, dans le cadre d'un tableau clinique typique, permettant d'évoquer fortement le diagnostic de la glycogénose type I.

Cependant, cette complication métabolique est-elle même à l'origine d'autres complications dominées par la pancréatite aiguë et l'adénome hépatique [4].

Selon les résultats de « l'étude européenne sur les glycogénoses type I » (ESGSD1) portée sur 231 cas, 3 d'entre eux ont développé une pancréatite suite à leur hypertriglycéridémie [17].

Cette pancréatite peut revêtir le mode de chronicité ou de récurrence, comme décrit, respectivement, dans deux rapports de cas [18] et [19].

Les adénomes hépatiques représentent aussi une complication largement décrite suite à l'augmentation des taux des triglycérides, surtout pour des valeurs supérieures à 5 g/l, comme a été rapporté dans l'étude rétrospective menée par [20] sur l'histoire naturelle de la formation des adénomes hépatiques au cours des glycogénoses type I.

Par contre, le risque athérogène est minime. Il n'y a pas d'augmentation des affections vasculaires liées à l'athérome, et ce, malgré un profil lipidique sérique « à risque ».

Ces constatations cliniques sont validées par des données biologiques, telles que les spécificités de l'oxydation des VLDL chez les malades ayant une glycogénose de type I, ainsi que par l'étude du trafic intracellulaire du cholestérol couplé à celle du pouvoir antioxydant du sérum [2].

Par ailleurs, le taux des triglycérides représente un bon marqueur de suivi de la maladie à long terme. Ceci est d'autant vrai que la fluctuation des triglycérides est lente par rapport aux autres anomalies biologiques. Leur augmentation reflète un mauvais contrôle métabolique dû soit à une mauvaise observance du régime diététique, soit à l'association d'autres comorbidités telle que l'hypothyroïdie [4].

Selon les modalités de suivi et de surveillance élaborées par l'ESGSD1, il est recommandé de garder une concentration des triglycérides inférieure à 5.3g/l afin d'éviter la survenue des complications, ainsi que de suivre un rythme de surveillance biologique régulier (y compris du bilan lipidique) défini en fonction de l'âge (tableau 2) [21].

Tableau 2. Rythme de surveillance biologique selon l'âge

L'âge (ans)	Le rythme de surveillance
0-3	Chaque 2 mois
3-20	Chaque 3 mois
>20	Chaque 6 mois

4 CONCLUSION

L'hypertriglycémie majeure est une anomalie métabolique survenant souvent au cours de l'évolution des glycogénoses type I, mais parfois elle est découverte au moment du diagnostic. Elle nécessite une prise en charge adaptée et un suivi multidisciplinaire.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'équipe des médecins pédiatres qui ont assuré la prise en charge du patient et ont collaboré à la rédaction de cet article en fournissant les données cliniques.

REFERENCES

- [1] Dreyfus and JC, La glycogénose de type I par déficit en glucose-6-phosphatase. Mécanismes moléculaires, Med Sci (Paris), 1993, Vol. 9, N° 12; p.1424.
- [2] Labrune P, Trioche Eberschweiler P, Mollet-Boudjemline A, and al. Histoire naturelle des glycogénoses avec atteinte hépatique, Presse médicale, 07-08/2008, 37, 7-8, p. 1172-1177.
- [3] Roseline Froissart, Christine Vianey-Saban and Monique Piraud, Les glycogénoses, Revue Francophone des Laboratoires, Volume 2010, Issue 425, September–October 2010, Pages 39-52.
- [4] Terry G. J. Derks and Margreet van Rijn, Lipids in hepatic glycogen storage diseases: pathophysiology, monitoring of dietary management and future directions, J Inher Metab Dis (2015) 38: 537–543. Doi: 10.1007/s10545-015-9811-2.
- [5] Robert H.J. Bandsma G. Peter A. and al Disturbed lipid metabolism in glycogen storage disease type 1, Eur J Pediatr (2002) 161: S65–S69, DOI 10.1007/s00431-002-1007-8.
- [6] Levy E, Thibault LA, Roy CC, and al Circulating lipids and lipoproteins in glycogen storage disease type I with nocturnal intragastric feeding. J Lipid Res (1988) 29: 215–226.
- [7] Chen YT. Glycogen storage diseases. 2009: 3355-3424.
[Online] Available: http://www.ommbid.com/OMMBID/the_online_metabolic_and_molecular_bases_of_inherited_disease/b/abstract/part7/ch71.
- [8] M. Nouvel, A. Sassolas and P. Moulin Prise en charge des Hypertriglycémie sévères, Médecine des Maladies Métaboliques, Volume 7, Issue 5, October 2013, Pages 421-429.
- [9] Alepa FP, Howell RR, Klinenberg JP and al. Relationships between glycogen storage disease and tophaceous gout. Am J Med 1967; 42: 58–66.
- [10] P. Labrune, P. Trioche Eberschweiler, A. Mollet Boudjemline and al, Glycogénoses, elsevier Masson, 2010 [4-059-L-10] Doi: 10.1016/S0246-0513 (10) 52115-1.

- [11] Fernandes J, Alaupovic P and Wit JM, Gastric drip feeding in patients with glycogen storage disease type I: its effects on growth and plasma lipids and apolipoproteins. *Pediatr Res* 25: 327–331. 1989.
- [12] Berenice L. Santos, Carolina F.M. and al. Glycogen storage disease type I: clinical and laboratory profile. *Jornal de Pediatria (Versão em Português)*, Volume 90, Issue 6, November–December 2014, Pages 572-579.
- [13] Carvalho and al. Glycogen Storage Disease type 1a - a secondary cause for hyperlipidemia: report of five cases. *J Diabetes Metab Disord*. 2013 Jun 6; 12 (1): 25. doi: 10.1186/2251-6581-12-25.
- [14] Moraru E, Cuvinciuc O and al, Glycogen storage disease type I: between chronic ambulatory follow-up and pediatric emergency, *J Gastrointest Liver Dis*. 2007 Mar; 16 (1): 47-51.
- [15] Céline Carvès, Anne Duquenoy and al Gouty tendinitis revealing glycogen storage disease type 1a in 2 adolescents, *Revue du rhumatisme* 70 (2003) 268–273, DOI: 10.1016/S1169 - 8330 (03) 00077–2.
- [16] Zhang J, Shi W and Chen C. Neonatal glycogen storage disease Ia. *Pediatr Neonatol*. 2015 Feb; 56 (1): 66-7. doi: 10.1016/j.pedneo.2014.05.003.
- [17] Rake JP and al, Glycogen storage disease type I: diagnosis, management, clinical course and outcome. Results of the European study on glycogen storage disease type I. *Eur J Pediatr* 161 (Suppl 1): S20–S34. 2002.
- [18] Kikuchi M, Hasegawa K and al, Chronic pancreatitis in a child with glycogen storage disease type 1, *Eur J Pediatr*. Oct; 150 (12): 852-3. 1991.
- [19] Vivatrat N, Barshop BA and Jones KL., Severe Hypertriglyceridemia and Recurrent Pancreatitis in a Girl With Type Ia Glycogen Storage Disease and Type III Hyperlipoproteinemia, *Am J Med Genet A*. 2009 Nov; 149A (11): 2557-9. doi: 10.1002/ajmg.a.33046.
- [20] Wang DQ, Fiske LM and Carreras CT, Natural history of hepatocellular adenoma formation in glycogen storage disease type I. *J Pediatr* 159: 442–446. 2011.
- [21] Rake JP and al, European Study on Glycogen Storage Disease Type I (ESGSD I), Guidelines for management of glycogen storage disease type I. *Eur J Pediatr* 161 (Suppl 1): S112–S119. 2002.

Distribution spatio-temporelle des esters de l'acide phtalique (phtalates) dans les sédiments d'une lagune tropicale: Lagune Aby (Côte d'Ivoire)

[Spatio-temporal distribution of phthalic acid esters (phthalates) in the sediments of a tropical lagoon: Aby Lagoon (Côte d'Ivoire)]

Assemian-Niango Sylvie¹, Aka Natchia¹, Dalogo Kacou Alain Paterne², and Kouassi Aka Marcel¹

¹Centre de Recherches Océanologiques (CRO), BP V 18 Abidjan, Côte d'Ivoire

²Laboratoire National d'Appui au Développement Agricole (LANADA), 04 BP 612 Abidjan 04, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 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 order to preserve the ecological quality of Aby lagoon, the aim of this study is to determine, according to seasons, spatiotemporal distribution and origin of phthalates in the sediments of this lagoon. To do this, from September 2007 to July 2009, during seasonal sampling campaigns, sediment samples were collected at twenty (20) stations distributed along Aby lagoon. Analysis of the sediment samples, using gas chromatography-mass chromatography (GCMS- QP2010 plus), revealed presence of eight phthalates in the lagoon's sediments. These are dibutyl phthalate (DBP), di (2-ethylhexyl) phthalate or bis (2-ethylhexyl) phthalate (DEHP), dimethyl glycol or di (2-methoxyethyl) phthalate (DMEP), phthalate di (2-methylpropyl) or diisobutyl (DIBP), dihexyl phthalate (DHP), di-isodecyl phthalate (DIDP), butyloctyl phthalate (BOP) and didecyl phthalate (DDcP). Areas of high population density as well as areas under the influence of the rivers that feed Aby lagoon contain more phthalates. However, the area under oceanic influence is free of phthalates. Statistical processing of data, using STATISTICA 7.1 and ADE-4 softwares, showed that the phthalates are continental and anthropogenic origin.

KEYWORDS: Organic micropollutants, Phthalic acid esters, Phthalates, Sediments, Aby lagoon, Côte d'Ivoire.

RESUME: En vue de préserver la qualité écologique de la lagune Aby, le but de cette étude est de déterminer, en fonction des saisons, la distribution spatio-temporelle et l'origine des phtalates dans les sédiments de la lagune Aby. Pour ce faire, des campagnes de prélèvement d'échantillons de sédiments ont été faites, de Juillet 2007 à Août 2009, en vingt (20) stations réparties sur la lagune Aby. L'analyse des échantillons de sédiments au GCMS- QP2010 plus (couplage chromatographe en phase gazeuse et spectromètre de masse) a révélé la présence dans les sédiments lagunaires de huit phtalates que sont: le phtalate de dibutyle (DBP), le phtalate de di (2-éthylhexyle) ou phtalate de bis (2-éthylhexyle) (DEHP), le phtalate de diméthylglycole ou de di (2-méthoxyéthyle) (DMEP), le phtalate de di (2-méthylpropyle) ou de diisobutyle (DIBP), le phtalate de dihexyle (DHP), le phtalate de di-isodécyle (DIDP), le phtalate de butyloctyle (BOP) et le phtalate de didécyle (DDcP). Les zones de forte densité démographique ainsi que les zones sous influence des cours d'eau qui alimentent la lagune contiennent plus de phtalates. En revanche, la zone du chenal, sous influence océanique, est exempte de phtalates. Le traitement statistique des résultats des données à l'aide des logiciels STATISTICA 7.1 et ADE-4 a montré que les phtalates sont d'origine continentale et anthropique.

MOTS-CLEFS: Micropolluants organiques, Esters de l'acide phtalique, Phtalates, Sédiments, lagune Aby, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La contamination de l'environnement par les polluants est une source d'inquiétude depuis plus d'un demi-siècle: l'expansion de l'industrie a induit l'apparition de plusieurs centaines de molécules faites exclusivement par l'homme et répandues dans son milieu soit intentionnellement soit involontairement [1]. Les zones côtières et estuariennes sont des milieux récepteurs ultimes de ces substances véhiculées à partir du continent [2]; [3]. Etant donné que la plupart des polluants sont hydrophobes, ils s'adsorbent sur les particules de matières en suspension et se sédimentent [4]. Cependant des changements dans les conditions physiques (les courants, les brassages thermiques), chimiques (l'anoxie) ou biologiques (la bioturbation), peuvent remettre en circulation ces micropolluants [5]. Le sédiment est par conséquent à la fois un puit de micropolluants et une source secondaire de contamination des hydrosystèmes. Parmi ces micropolluants figurent les pesticides, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs), les polychlorobiphényles (PCB) et les esters de l'acide phtalique. Les esters de l'acide phtalique communément appelés phtalates sont des polluants dits « émergents ». Ce sont des micropolluants organiques synthétisés volontairement pour leur propriétés plastifiantes et présents dans une grande variété de produits d'usages courant (insecticides, peintures, emballages, cosmétiques, vêtements, isolants) [6]; [7]; [8]; [9]; [10]; [11]. Des travaux entrepris par [4] ont montré la présence de huit phtalates dans les sédiments la lagune Aby. Ce sont: le phtalate de dibutyle (DBP), le phtalate de di (2-éthylhexyle) ou phtalate de bis (2-éthylhexyle) (DEHP), le phtalate de diméthylglycole ou de di (2-méthoxyéthyle) (DMEP), le phtalate de di (2-méthylpropyle) ou de diisobutyle (DIBP), le phtalate de dihexyle (DHP), le phtalate de di-isodécyle (DIDP), le phtalate de butyloctyle (BOP) et le phtalate de didécyle (DDcP). La présente étude a pour but de déterminer, en fonction des saisons, la distribution et l'origine de ces phtalates dans les sédiments lagunaires. En effet, selon [5], une bonne connaissance spatiale des concentrations en micropolluants dans les sédiments permet d'identifier leurs sources probables (rivières, atmosphère, effluents), l'extension actuelle de l'influence de ces sources et les dangers potentiels pour les organismes benthiques.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

Située à l'extrême sud-est de la Côte d'Ivoire, entre les longitudes 2°50' et 3°21' Ouest et les latitudes 5°04' et 5°22' Nord, la lagune Aby couvre une superficie de 424 km² pour une profondeur moyenne de 3,8 m (Figure 1). Elle constitue, dans sa partie orientale, une frontière naturelle entre la Côte d'Ivoire et le Ghana [12]. La lagune Aby contient trois détroits larges de 4,5 km, 2 km et 1,25 km. Ces détroits permettent de la subdiviser en quatre parties ayant des régimes hydrologiques différents dues aux influences océaniques, fluviales et atmosphériques variables d'une partie à l'autre de l'ensemble du système lagunaire. Il s'agit du Nord au Sud et d'Ouest en Est de la lagune Aby nord et de la lagune Aby sud qui constituent la partie Aby du complexe lagunaire, de la lagune Tendo et de la lagune Éhy [12]. Cette lagune renferme également de nombreuses îles dont six (6) d'entre elles (Assokomonobaha ou Assoko, Balouaté, Méha, Nyamouan, Éloamin et l'île sacrée Bosson-Assoun) constituent le parc national des îles Éhotilé [13]. La lagune Aby est alimentée par deux principales rivières forestières que sont la Bia au Nord et la Tanoé à l'Est et également par plusieurs petites rivières non moins importantes telles que l'Éholié au Nord et le Toudoum à Eplémlan. Les échanges d'eaux entre la lagune et l'Océan Atlantique se font par le grau d'Assinie Mafia. Cependant ces échanges sont réduits, car gênés par un ensemble de chenaux (les îles barrières) situés au niveau de la lagune Aby sud [14]. La lagune Aby est située dans la région d'Adiaké dont le climat est de type équatorial de transition. Il est caractérisé par le découpage saisonnier suivant:

- Grande saison sèche de décembre à mars;
- Grande saison des pluies d'avril à juillet;
- Petite saison sèche d'août à septembre et
- Petite saison des pluies d'octobre à novembre [15]; [16].

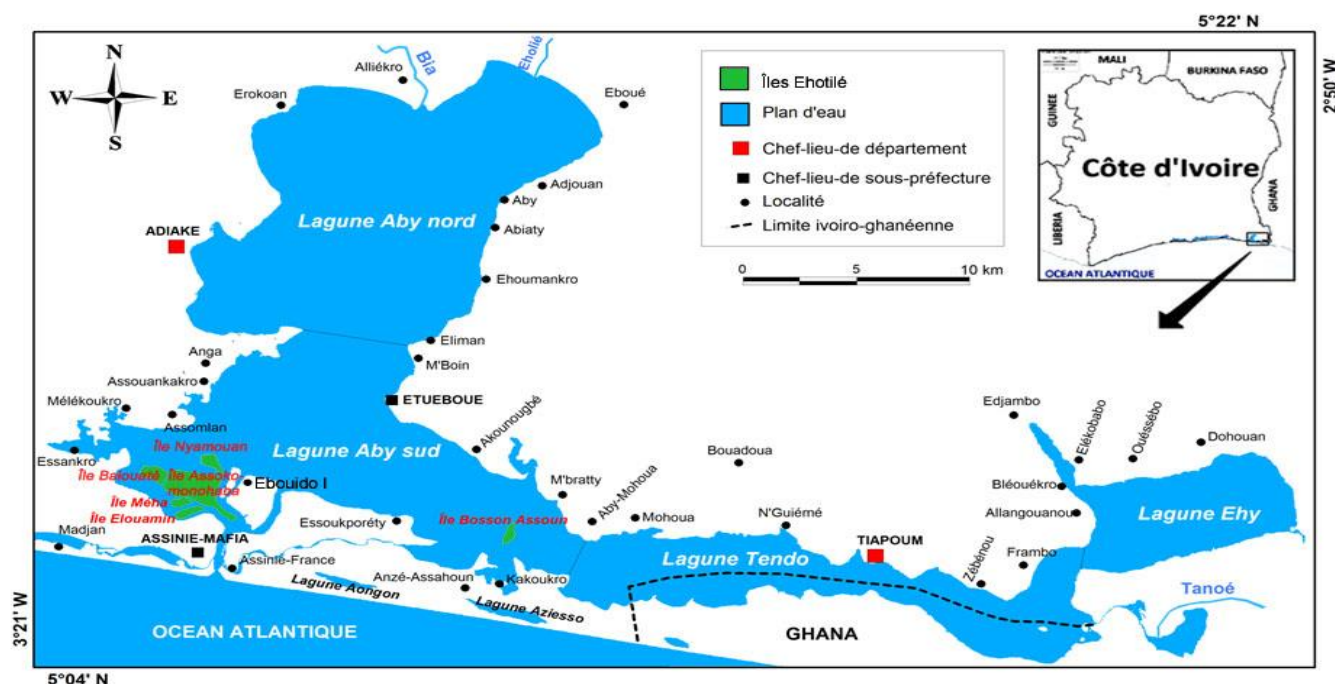


Fig. 1. Présentation du système lagunaire Aby (Source: Centre de Recherches Océanologiques (CRO))

2.1.1 SITES DE PRELEVEMENTS DES ECHANTILLONS

Les déplacements sur la lagune en vue des échantillonnages se sont faits à l'aide d'une pirogue munie d'un moteur, à défaut d'un hors-bord.

Un GPS (Global Positioning System) de marque Garmin (GPSMAP 64 SC) a permis de localiser les différentes stations. Les critères de choix des stations sont d'une part les zones proches de grandes agglomérations (Adiaké, Tiapoum), les exutoires des principaux affluents de la lagune (Bia, Tanoé et Eholié), les exutoires du système lagunaire Aby dans l'océan et les plantations agro industrielles et d'autre part la représentativité de l'ensemble du système lagunaire Aby (Figure 2). Ainsi, la station 1 (Eléman-M'boin) est à cheval entre les lagunes Aby Nord et Aby Sud. Les stations 2, 10 à 12 et 13 sont situées au niveau de la lagune Aby Sud. En outre, les stations 10 à 12 (Kakoukro, Angboudjou et Eboïndo I, respectivement) sont situées au niveau du chenal par lequel le système lagunaire communique avec l'océan. Les exutoires de la Bia, de l'Éholié et de la Tanoé sont les stations 16, 17 et 7 respectivement.

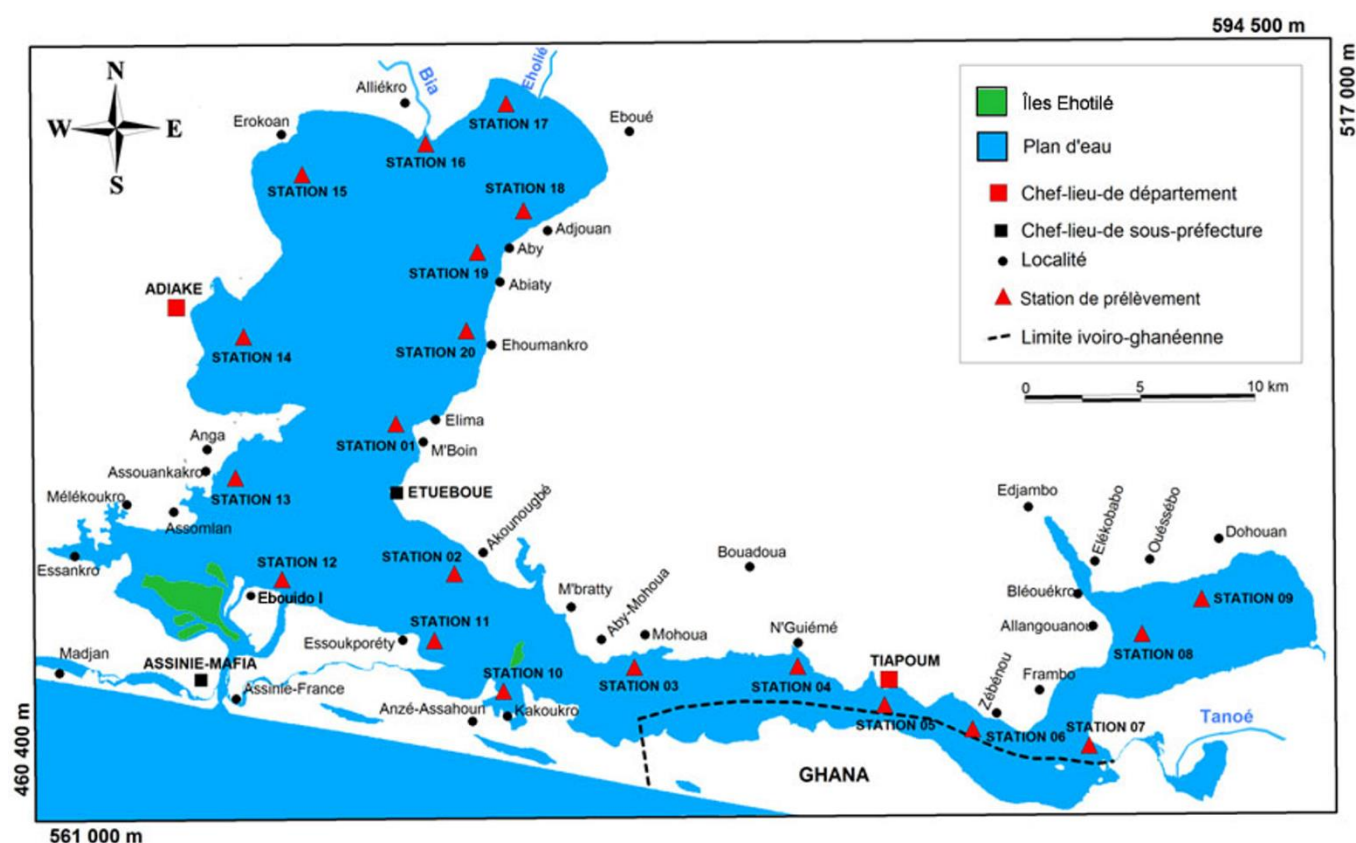


Fig. 2. Stations d'échantillonnage

2.1.2 ÉCHANTILLONNAGE

Des prélèvements saisonniers d'échantillons de sédiments ont été faits, de septembre 2007 à juillet 2009, à l'aide d'une benne Eckman, en vingt (20) réparties sur l'ensemble du système lagunaire Aby (Figure 2). Après prélèvement, les échantillons de sédiments sont soigneusement emballés dans du papier aluminium. Ils sont ensuite conservés dans une caisse, à l'abri de la lumière afin d'éviter leurs dégradations.

Les coordonnées géographiques des stations d'échantillonnages ainsi que la nature des sédiments prélevés sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1. Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnages et nature des sédiments lagunaires

Noms des stations	Numéros des stations	Coordonnées géographiques (UTM)		Nature des sédiments
		X	Y	
Eléman-M'boin	1	476200	578100	Vase
Akounoubé	2	478700	571600	Vase
Mowa	3	486500	567500	Vase
N'guiémé	4	493600	567500	vase + sable + coquillage
Tiapoum	5	497300	565600	vase + coquillage
Zébénou	6	501100	564600	Vase
Tanoé	7	506100	565300	vase + coquillage
Allangouanou	8	508600	568800	Vase
Ouessébo	9	511200	570300	Vase
Kakoukro	10	480800	566500	vase + sable+ coquillage
Angboudjou	11	477800	568700	Sable
Eboïndo I	12	471200	571400	Sable
Assouankakro	13	469200	575800	vase + Sable
Adiaké	14	469600	581900	Vase
Erokoan	15	472200	588900	vase + coquillage
Bia	16	477600	590200	vase + coquillage
Eholié	17	481100	591900	vase sableuse +débris végétaux + coquillage
Adjouan	18	482300	58800	vase +débris végétaux + coquillage
Aby-Abiaty	19	479800	585500	vase + coquillage
Ehoumankro	20	479300	582100	vase + coquillage

3 TRAITEMENT DES ECHANTILLONS

Les échantillons de sédiments sont étalés et séchés à l'air ambiant au laboratoire (à l'abri de la lumière) pendant 4 ou 5 jours. Une fois séchés, les sédiments sont broyés dans un mortier et tamisés avec un tamis dont les mailles ont un diamètre de 500 µm.

EXTRACTION DES COMPOSES CHIMIQUES

Vingt grammes (20 g) de chaque échantillon de sédiments pesés dans des tubes à essai sont extraits avec de l'isooctane pour chromatographie (99,8%). Pour ce faire, Vingt millilitres (20) mL du solvant sont additionnés au contenu de chaque tube à essai. Les tubes à essai sont ensuite agités pendant 10 minutes et les surnageants sont recueillis après 24 heures de décantation.

Les extraits sont purifiés sur une colonne de florisil (60 mesh) préalablement désactivé (5%) après passage à 500°C au four pendant 24 heures. Les extraits purifiés sont ensuite traités aux copeaux de cuivre afin d'éviter toute interférence entre les composés organiques recherchés et les sulfures que peuvent contenir les extraits. Pour ce faire, des copeaux de cuivre sont ajoutés aux contenus des vials qui sont ensuite agités vigoureusement pendant quelques minutes. Si les échantillons contiennent du sulfure, il se forme un précipité bleu de sulfate de cuivre; les éluats sont préconcentrés au rotavapeur et récupérés dans des vials, prêts pour l'injection. En l'absence de sulfure, les extraits des échantillons sont préconcentrés au rotavapeur.

4 DOSAGE DES EXTRAITS

Le dosage des extraits a été fait au Laboratoire Central d'Agrochimie et d'Écotoxicologie (L.C.A.E) à Abidjan/ Côte d'Ivoire à l'aide du chromatographe en phase gazeuse couplé au spectromètre de masse (GCMS- QP2010 plus).

4.1 CONDITIONS ANALYTIQUES

Les conditions analytiques sont les suivantes:

Au niveau du chromatographe en phase gazeuse, le volume de l'injection est 1 μL , le mode d'injection est le « split » et la température de l'injecteur est 250°C.

La colonne utilisée est une colonne DB5 de marque RESEK et elle a une longueur de 30 m. Son diamètre externe est 0,32 mm et le diamètre interne 0,25 mm.

La nature de la phase stationnaire est Rtx-5 crossbond. Elle est constituée de 5% de diphényl et de 95% de diméthylpolysiloxane.

Le gaz vecteur utilisé est l'hélium avec un débit de 50 mL/min et une pression de 21,5 kPa.

La programmation de la température de la colonne est présentée par la Figure 3.

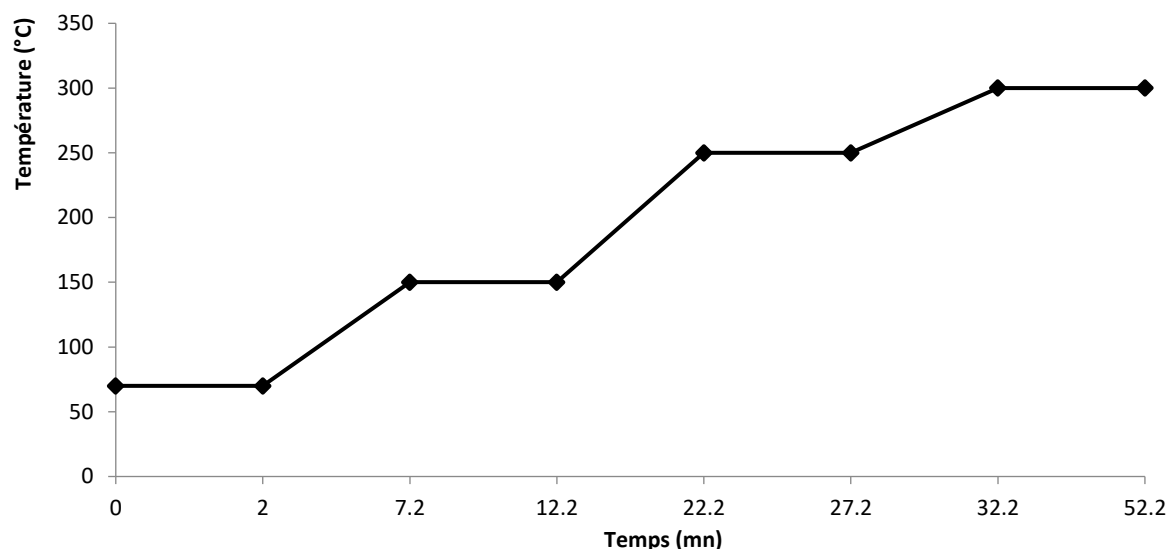


Fig. 3. Programmation de la température

La température initiale dans le four est maintenue à 70 °C pendant 2 minutes. Elle passe de 70 °C à 150 °C à des pas de 15°C par minute puis elle est maintenue à 150 °C pendant 5 minutes. Après cinq (5) minutes, la température passe de 150 °C à 250°C à des pas de 10 °C par minute et elle est maintenue ensuite à 250 °C pendant cinq (5) minutes. Enfin, la température passe de 250 °C à 300 °C à des pas de 8 °C par minute et est maintenue à 300 °C pendant 20 minutes. La température de l'interface entre le chromatographe en phase gazeuse et le spectromètre de masse est 200 °C. Au niveau du spectromètre de masse (SM), la température de la source est 300°C et les molécules de l'extrait injecté sont ionisées dans la source du spectromètre par ionisation électronique (IE). L'analyseur est quadripolaire en mode SIM (Single Ion Monitoring) et la température du détecteur est 300°C. Les bibliothèques de spectres utilisées pour l'identification des composés sont: Pesticides, Wiley et Nist.

4.2 DÉTERMINATION DES CONCENTRATIONS DES COMPOSÉS

La détermination des concentrations des molécules trouvées a été réalisée par la méthode de calibration interne. L'étalon interne utilisé est l'imidaclopride de concentration 2 mg/mL.

Le principe de cette méthode est le suivant: avant l'extraction, les échantillons à analyser sont dopés avec de l'imidaclopride de concentration connue avec exactitude. On procède ensuite à l'extraction et à la purification des échantillons de sédiments selon la méthode AOAC (2007) d'extraction des pesticides dans les sédiments. Lors du traitement des chromatogrammes des échantillons dopés, le pic de l'étalon interne est identifié et sa surface sur le chromatogramme est connue (Figure 4). Les concentrations des molécules sont proportionnelles aux surfaces de leurs pics sur les chromatogrammes. Ainsi, à partir de

l'imidaclopride de concentration connue, on détermine, par une règle de trois, les concentrations des molécules présentes dans les échantillons analysés.

Les paramètres tels que la masse de l'échantillon, le volume final d'extraction et le facteur de dilution sont pris en compte dans la détermination des concentrations des molécules présentes dans les échantillons analysés.

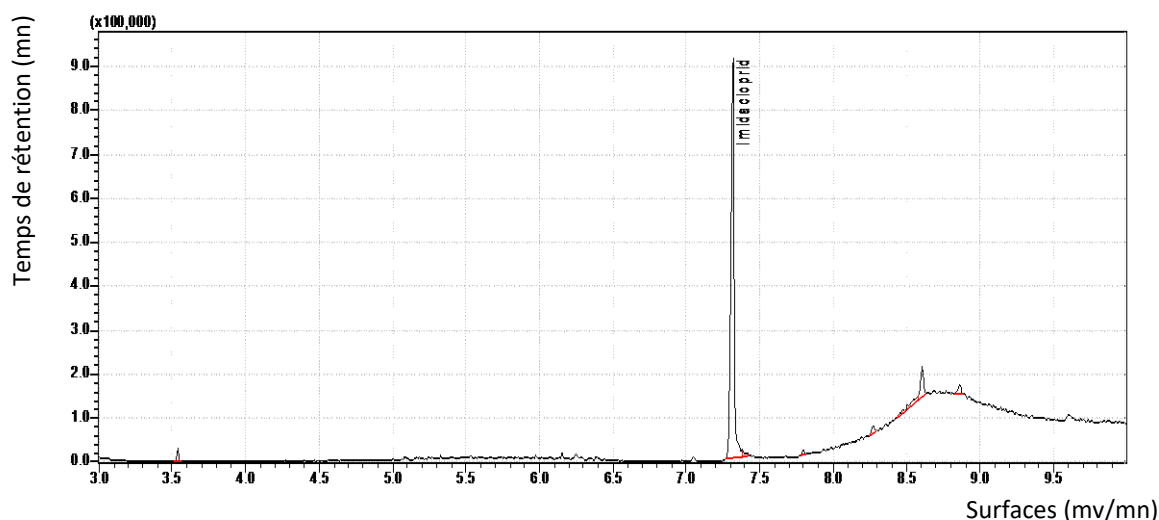


Fig. 4. Chromatogramme de l'imidaclopride (Temps de rétention: 7mins 41 s; surface 116147 mv/mn)

Les composés recherchés dans le cadre de cette étude sont les phtalates. Leurs limites de détection et de quantification et leurs taux de recouvrement sont les suivants:

- Limite de détection: 0,3 $\mu\text{g/g}$ ou 0,3mg/kg;
- Limite de quantification: 1 $\mu\text{g/g}$ ou 1 mg/kg;
- Taux de recouvrement: 88%.

5 TRAITEMENTS STATISTIQUES

Les variations spatio-temporelles des teneurs en phtalates des sédiments lagunaires ont été traitées à l'aide des logiciels pour l'Analyse de Données Environnementales (ADE4) et Statistica 7.1.

6 RESULTATS

Les figures 5 à 8 présentent en fonction des saisons, la distributions spatiale des phtalates dans les sédiments des vingt stations d'échantillonnage.

En grande saison sèche (Figure 5), le DBP est présent en 13 stations, le DEHP en 10 stations, le DMEP en 3 stations et le DIBP en 9 stations.

En grande saison des pluies (Figure 6), le DBP est présent en 9 stations, le DEHP en 9 stations, le DMEP en 3 stations, le DIBP en 6 stations, le DHP en 2 stations et le DIDP en 1 station.

En petite saison sèche (Figure 7), le DBP est présent en 13 stations, le DEHP en 11 stations, le DMEP en 3 stations, le DIBP en 10 stations et le BOP en 1 station.

En petite saison des pluies (Figure 8), le DBP est présent en 6 stations, le DEHP en 7 stations, le DMEP en 6 stations, le DIBP en 3 stations, le DHP en 2 stations, le DIDP et le DDCP en 1 station.

Ainsi, la fréquence d'apparition des phtalates dans les échantillons de sédiments est plus élevée en saisons sèches qu'en saisons des pluies.

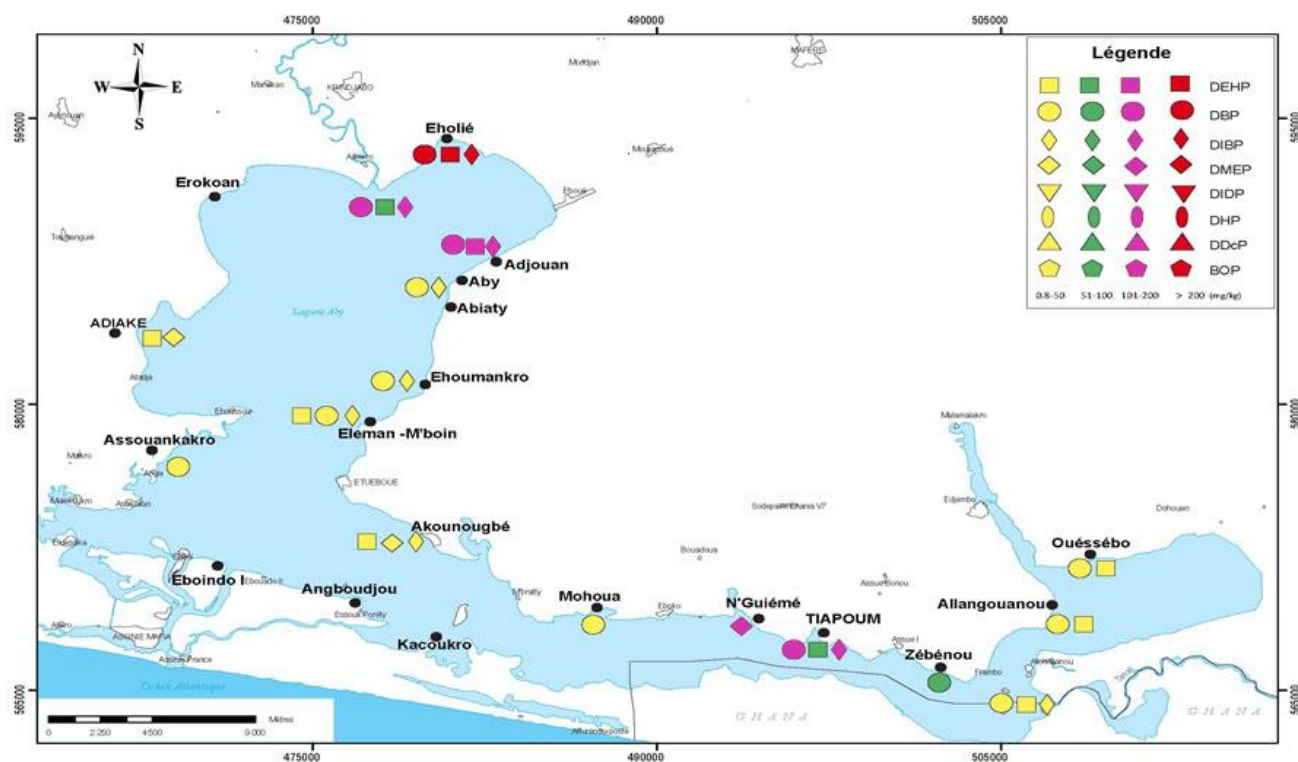


Fig. 5. Distribution des phtalates dans les sédiments lagunaires au cours de la grande saison sèche

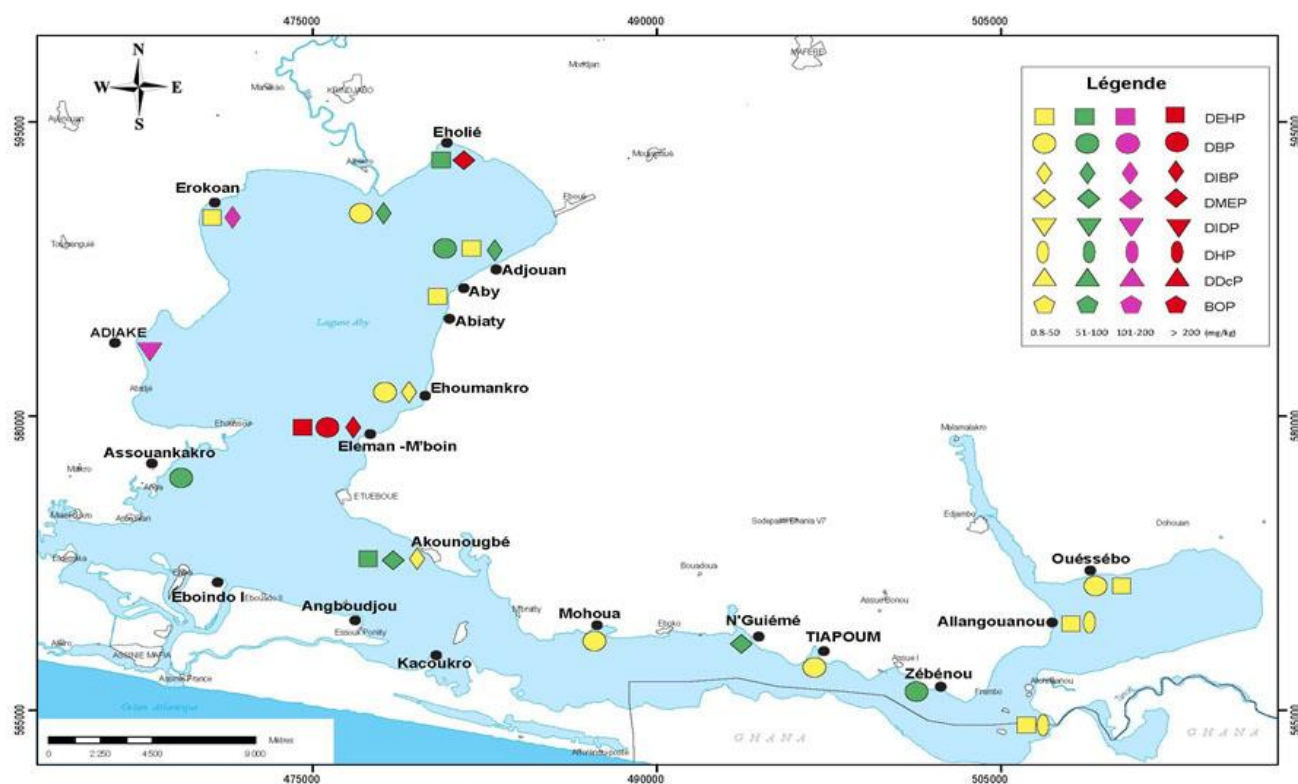


Fig. 6. Distribution des phtalates dans les sédiments lagunaires au cours de grande saison des pluies

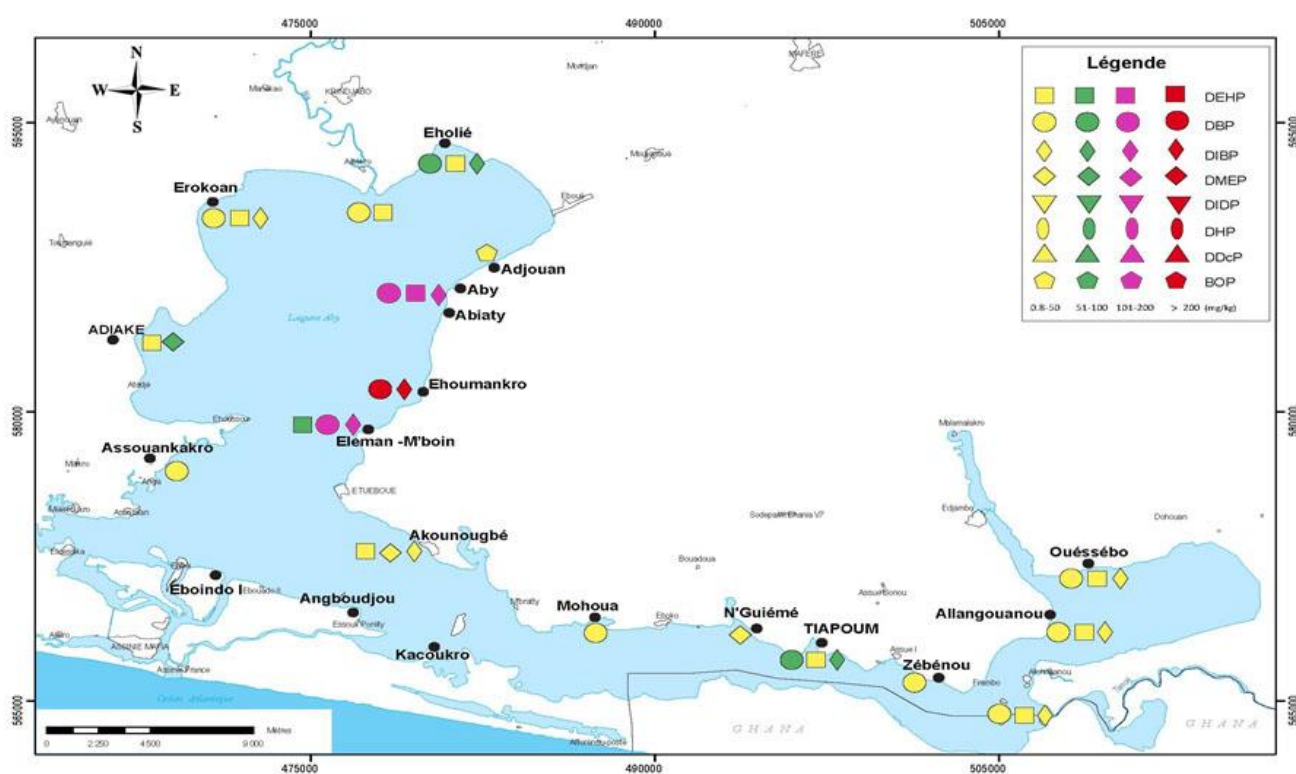


Fig. 7. Distribution des phtalates dans les sédiments lagunaires au cours de la petite saison sèche

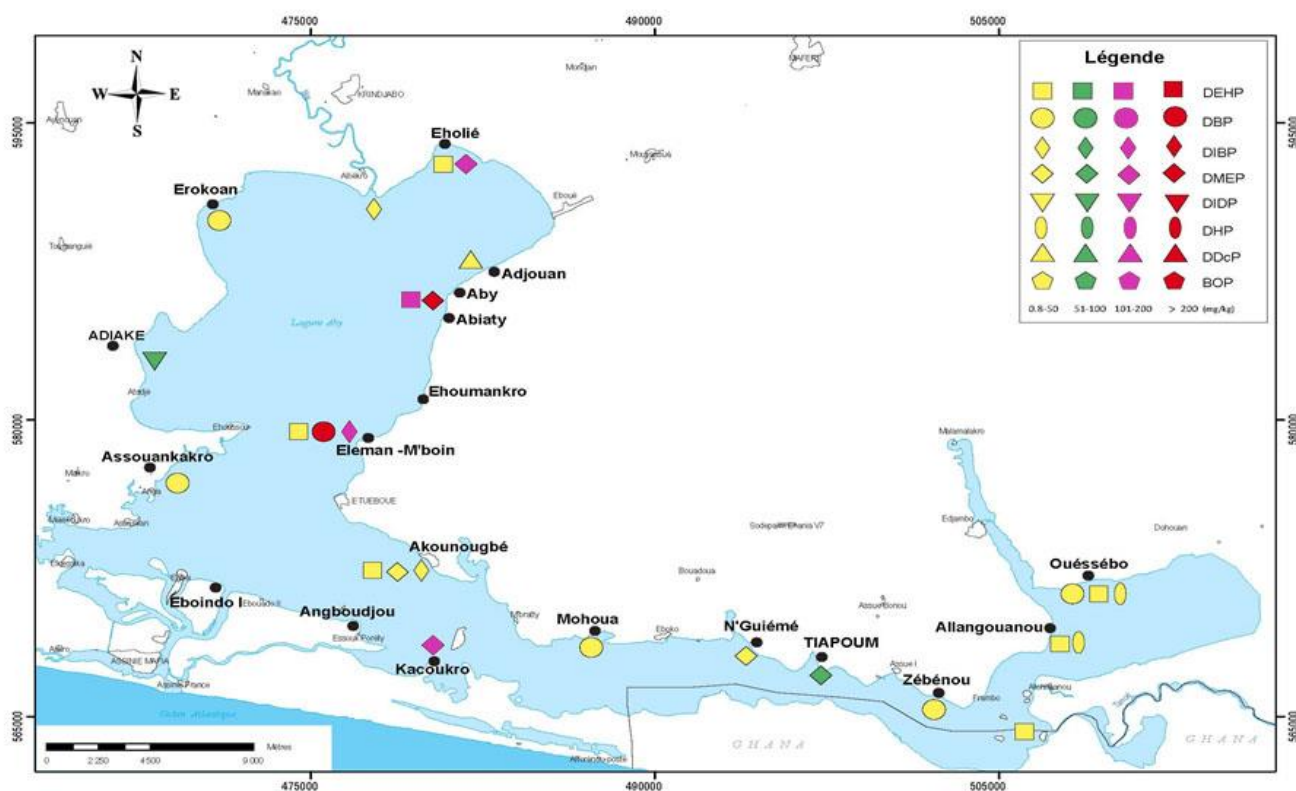


Fig. 8. Distribution des phtalates dans les sédiments lagunaires au cours de la petite saison des pluies

6.1 ORIGINE DES PHTALATES

6.1.1 ANALYSE EN COMPOSANTE PRINCIPALE DES PHTALATES

Nos travaux précédents [17] ont montré que les orthophosphates et les ions ammonium sont principalement d'origine continentale tandis que la salinité et le sodium sont sous influence océanique. Ces paramètres seront donc utilisés comme indicateurs pour la détermination des origines des phtalates dans les sédiments étudiés.

Les figures 9 à 12 donnent les résultats des analyses en composante principale à partir du logiciel pour l'analyse des données environnementales (ADE-4). Ces figures présentent, en fonction des saisons, les projections des variables et des stations d'échantillonnages dans les plans F_1F_2 .

En grande saison sèche (Figure 9), F_1 et F_2 représentent 41,61 % et 24,30 % respectivement des informations issues des variables, ce qui fait un total de 65,93 % pour les deux facteurs. L'analyse de cette figure montre que la salinité est fortement corrélée positivement à F_2 ($r = 0,73$; $\cos^2 = 0,79$). Les orthophosphates et les ions ammonium ont des valeurs factorielles positives sur F_1 de même que la salinité et le sodium. Cependant ils n'évoluent pas dans le sens que ceux-ci. En outre, ils ont des valeurs factorielles négatives sur F_2 . F_1 est fortement corrélé négativement au DIBP ($r = -0,96$; $\cos^2 = 0,94$), au DEHP ($r = -0,93$; $\cos^2 = 0,87$) et au DBP ($r = -0,97$; $\cos^2 = 0,25$). Le DMEP est situé dans la partie négative de F_2 . La projection des stations dans le plan $F_1 F_2$ (Figure 32 b) montre également que sur l'axe F_1 , les stations 16 et 17 ont des valeurs factorielles négatives et les stations sous influence de la Tanoé (stations 4 à 9) sont situées dans la partie négative de F_2 . Ainsi, les parties positives de F_1 et F_2 sont sous influence océanique et leurs parties négatives sous influence continentale. F_1 et F_2 traduisent donc l'influence océanique.

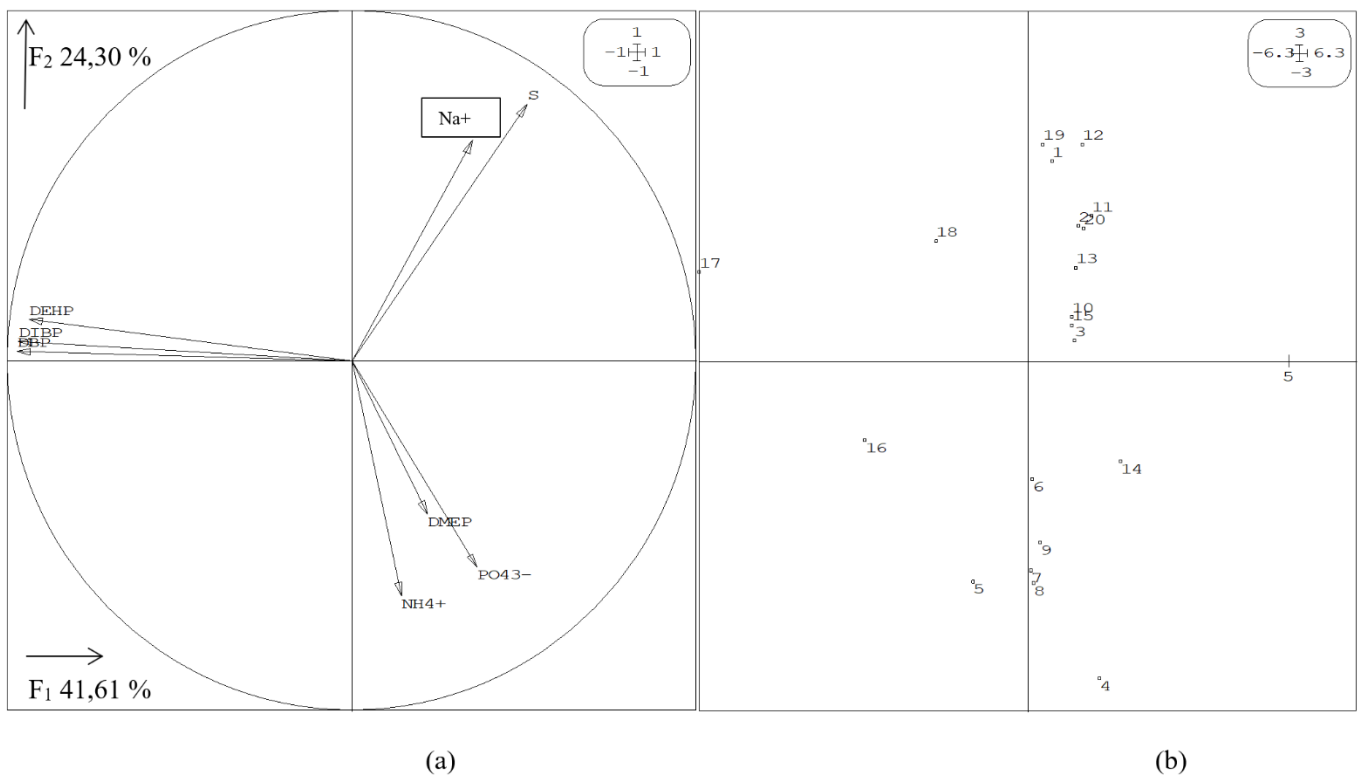


Fig. 9. Projection des variables (a) et des stations (b) dans le plan factoriel F_1F_2 (grande saison sèche)

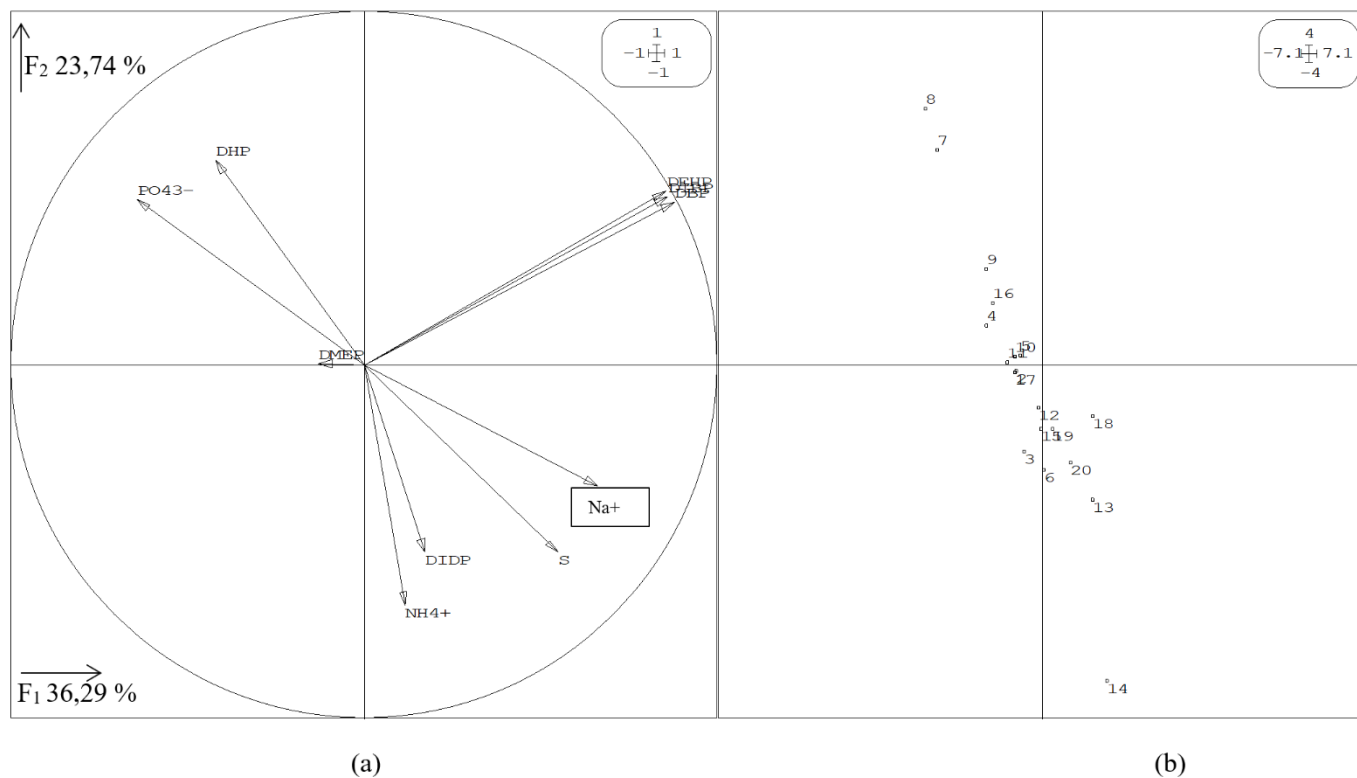


Fig. 10. Projection des variables (a) et des stations dans le plan factoriel F_1F_2 (grande saison des pluies)

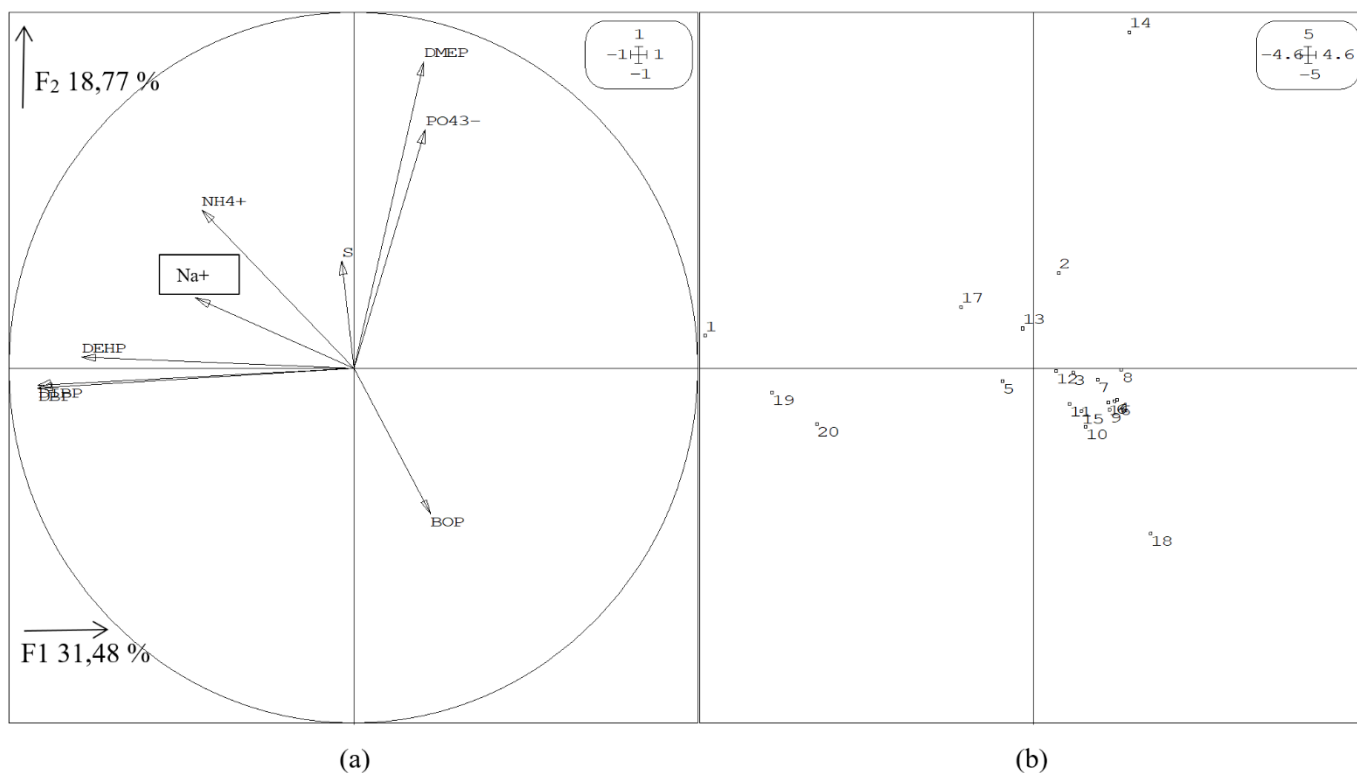


Fig. 11. Projection des variables (a) et des stations dans le plan factoriel F_1F_2 (petite saison sèche)

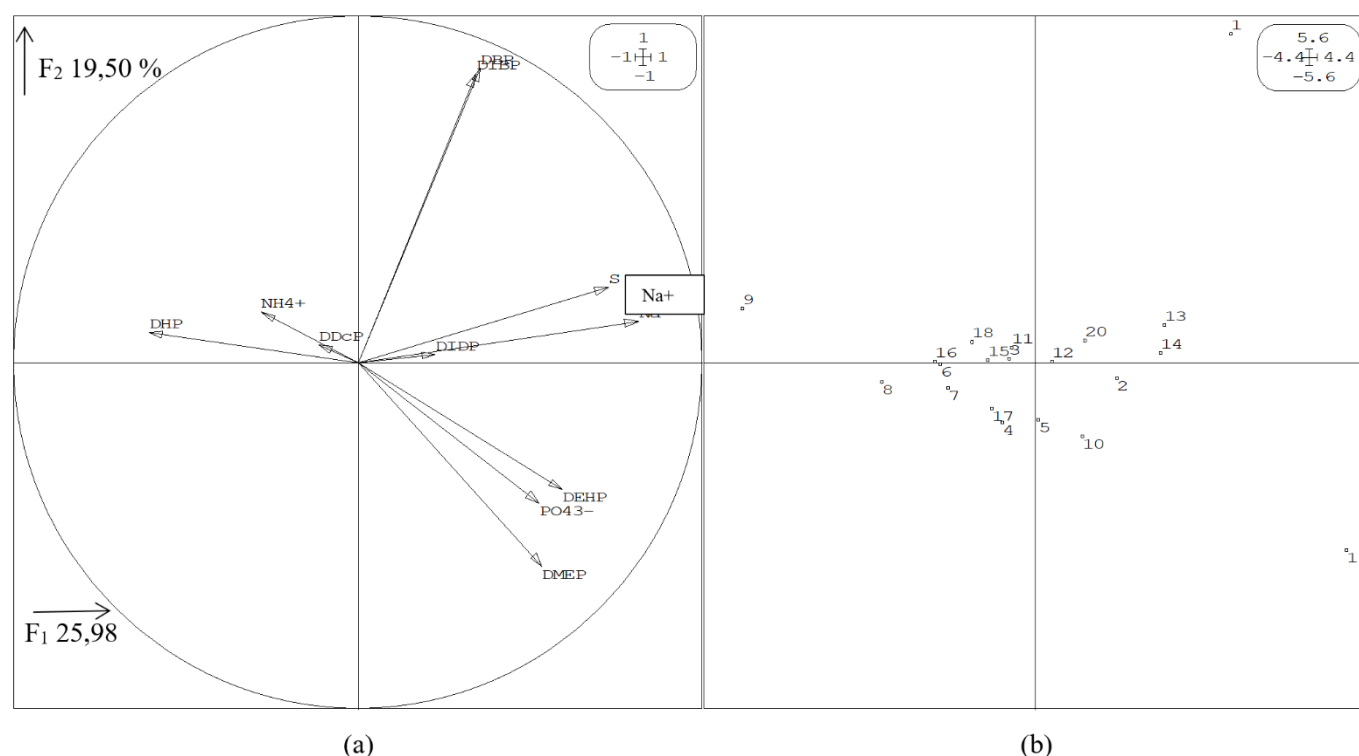


Fig. 12. Projection des variables (a) et des stations (b) selon le plan factoriel F₁F₂ (petite saison des pluies)

En grande saison des pluies (Figure 10), F₁ et F₂ représentent 36,29 % et 23,74 % respectivement des informations issues des variables, la somme des deux facteurs est 60,03 %. Le sodium ($r = 0,66$; $\cos^2 = 0,44$) et la salinité ($r = 0,54$; $\cos^2 = 0,30$) ont des valeurs factorielles positives sur F₁. Cet axe est également fortement corrélé positivement au DEHP ($r = 0,85$; $\cos^2 = 0,73$), au DIBP ($r = 0,86$; $\cos^2 = 0,73$) et au DBP ($r = 0,87$; $\cos^2 = 0,77$). Cependant, le sodium et la salinité d'une part et le DIBP, le DBP et le DEHP d'autre part ne sont pas situés dans le même quadrant et ils n'évoluent pas dans le même sens. En outre, les projections de DBP, du DIBP et du DEHP coïncident avec la station 1. Les orthophosphates sont situés dans la partie négative de F₁ et dans la partie positive de F₂. En outre, les stations sous influence de la Tanoé (stations 7 à 9) et de la station 16 (Bia) ont des valeurs factorielles positives sur F₂. Le DHP est situé dans le même quadrant que les orthophosphates et ils sont associés aux stations 7 et 8. Le DIDP est également associé à la station 14. Le DMEP a sensiblement la même valeur factorielle que la station 17. Les parties positives de F₂ et négative de F₁ sont sous influence continentale. À l'opposée, les parties positive de F₁ et négative de F₂ sont sous influence océanique.

En ce qui concerne la petite saison sèche (Figure 11), F₁ et F₂ représentent 31,48 % et 18,77 % respectivement des informations issues des variables, pour un total de 50,25 % pour les deux facteurs. La valeur factorielle de la salinité sur F₁ est proche de 0. Le sodium ($r = -0,45$; $\cos^2 = 0,20$) et les ions ammonium sont négativement corrélés à F₁. Le DEHP ($r = -0,78$; $\cos^2 = 0,62$), le DIBP ($r = -0,91$; $\cos^2 = 0,83$) et le DBP ($r = -0,91$; $\cos^2 = 0,83$) sont également fortement corrélés négativement à F₁. Cependant, leurs valeurs factorielles sont faibles sur F₂. Les orthophosphates ($r = 0,67$; $\cos^2 = 0,49$) et le DMEP ($r = 0,86$; $\cos^2 = 0,78$) ont des valeurs factorielles positives sur F₂. La projection des stations dans le plan factoriel F₁F₂ montre d'une part que le DEHP, le DIBP et le DBP sont associés aux stations 1, 19 et 20 et d'autre part que les orthophosphates et le DMEP sont associés à la station 14. De même la position du BOP coïncide avec celle de la station 18.

En petite saison des pluies enfin (Figure 12), les facteurs F₁ et F₂ représentent 25,98 % et 19,50 % respectivement des informations issues des variables, ce qui fait un total de 45,48 % pour les deux facteurs. La salinité ($r = 0,72$; $\cos^2 = 0,53$) et le sodium ($r = 0,81$; $\cos^2 = 0,66$) ont des valeurs factorielles positives sur F₁. F₁ traduit donc l'influence océanique. Les orthophosphates ($r = 0,52$; $\cos^2 = 0,27$), le DMEP ($r = 0,54$; $\cos^2 = 0,28$) et le DEHP ($r = 0,59$; $\cos^2 = 0,35$) ont des valeurs factorielles positives sur F₁. Cependant, ils ne sont pas situés dans le même quadrant que la salinité et le sodium. En outre, leurs positions coïncident avec celle de la station 19. Le DIBP et DBP ont des valeurs factorielles positives sur F₁ et leurs positions coïncident avec celle de la station 1. Le DIDP a une valeur factorielle positive sur F₁ et sa position coïncide avec celle de la station 14. Le DHP ($r = -0,60$; $\cos^2 = 0,36$) et le DDcP sont situés dans le même quadrant que les ions ammonium. Ils ont des valeurs factorielles négatives sur F₁. La position du DDcP coïncide avec celle de la station 18 et celle du DHP coïncide également avec la station 9.

6.1.2 ÉTUDE CORRELATIVE DES PHTALATES

Les tableaux 2 à 5 donnent, en fonction des saisons, les matrices de corrélation Bravais-Pearson entre les phtalates la salinité et les teneurs en orthophosphates (PO_4^{3-}), en ammonium (NH_4^+) et en sodium (Na^+).

Tableau 2. *Matrice de corrélation (grande saison sèche)*

	DBP	DEHP	DMEP	DIBP	S	PO_4^{3-}	NH_4^+	Na^+
DBP	1,00							
DEHP	0,93	1,00						
DMEP	-0,14	-0,13	1,00					
DIBP	0,99	0,94	-0,13	1,00				
S	-0,40	-0,32	-0,09	-0,35	1,00			
PO_4^{3-}	-0,31	-0,33	0,14	-0,32	-0,12	1,00		
NH_4^+	-0,07	-0,12	0,51	-0,08	-0,27	0,29	1,00	
Na^+	-0,22	-0,10	0,16	-0,20	0,73	-0,23	-0,03	1,00

Tableau 3. *Matrice de corrélation (grande saison des pluies)*

	DBP	DEHP	DMEP	DIBP	DHP	DIDP	S	PO_4^{3-}	NH_4^+	Na^+
DBP	1,00									
DEHP	0,99	1,00								
DMEP	-0,10	-0,03	1,00							
DIBP	0,99	0,99	-0,10	1,00						
DHP	-0,10	-0,08	-0,12	-0,10	1,00					
DIDP	-0,07	-0,06	-0,08	-0,07	-0,08	1,00				
S	0,21	0,19	-0,22	0,21	-0,26	0,66	1,00			
PO_4^{3-}	-0,36	-0,28	0,10	-0,30	0,45	-0,32	-0,46	1,00		
NH_4^+	-0,16	-0,17	0,03	-0,15	-0,51	0,13	0,20	-0,37	1,00	
Na^+	0,37	0,34	0,02	0,32	-0,56	0,00	0,51	-0,48	0,21	1,00

Tableau 4. *Matrice de corrélation (petite saison sèche)*

	DBP	DEHP	DMEP	DIBP	BOP	S	PO_4^{3-}	NH_4^+	Na^+
DBP	1,00								
DEHP	0,61	1,00							
DMEP	-0,16	-0,12	1,00						
DIBP	1,00	0,61	-0,15	1,00					
BOP	-0,13	-0,11	-0,07	-0,12	1,00				
S	-0,09	-0,06	0,15	-0,08	-0,09	1,00			
PO_4^{3-}	-0,05	-0,07	0,62	-0,06	-0,13	-0,19	1,00		
NH_4^+	0,19	0,37	0,18	0,20	-0,26	0,22	-0,09	1,00	
Na^+	0,27	0,24	0,07	0,29	-0,04	0,29	-0,17	0,23	1,00

Tableau 5. Matrice de corrélation (petite saison des pluies)

	DBP	DEHP	DMEP	DIBP	DHP	DIDP	DDcP	S	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺
DBP	1,00										
DEHP	0,07	1,00									
DMEP	-0,13	0,91	1,00								
DIBP	0,99	0,08	-0,11	1,00							
DHP	-0,07	-0,08	-0,15	-0,08	1,00						
DIDP	-0,07	-0,08	-0,10	-0,06	-0,07	1,00					
DDcP	-0,07	-0,08	-0,10	-0,06	-0,07	-0,05	1,00				
S	0,25	0,26	0,09	0,19	-0,28	0,32	-0,03	1,00			
PO ₄ ³⁻	-0,07	0,25	0,40	-0,07	-0,33	0,11	-0,24	0,15	1,00		
NH ₄ ⁺	0,02	0,07	0,01	0,01	0,69	-0,04	-0,10	0,04	-0,30	1,00	
Na ⁺	0,21	0,27	0,23	0,19	-0,45	0,26	0,02	0,83	0,27	-0,04	1,00

7 DISCUSSION

La présence et l'abondance du DBP, du DIBP, du DEHP et du DMEP dans les sédiments lagunaires quelle que soit la saison s'expliquent par le fait que ces phtalates font partie des phtalates couramment utilisés. Ils sont utilisés comme plastifiants de matières plastiques et se retrouvent également dans les articles ou produits de consommation courante tels que les adhésifs, les revêtements en vinyle, les huiles lubrifiantes, les condensateurs électriques, les détergents, les câbles électriques et les produits cosmétiques (parfums, déodorants, lotions après rasage, shampooing, aérosols pour cheveux, vernis à ongles) [18]. Les teneurs élevées en phtalates des sédiments lagunaires au cours des saisons pluvieuses sont le fait des eaux de ruissellement consécutives aux précipitations. En effet selon [19], les pertes par lessivage à partir de certaines applications font partie des principales voies d'apport de phtalates dans l'environnement. Ainsi, à l'instar de la plupart des polluants, les phtalates gagnent les milieux aquatiques par lessivage des sols en surface ou après infiltration dans le sol [20]. La présence du BOP et du DDcP dans les sédiments lagunaires en petite saison sèche et en petite saison des pluies respectivement pourrait être due à une contamination ponctuelle. Les coefficients de variation très élevés (supérieurs à 100 %) montrent une importante variation saisonnière des teneurs en phtalates des sédiments lagunaires.

Les teneurs les plus élevées en phtalates des stations situées dans les zones peuplées, les zones sous influence des rivières côtières ou des plantations agroindustrielles, quelle que soit la saison, confirment l'origine continentale des phtalates. En effet, en grande saison sèche, le DEHP, le DBP et le DIBP proviennent de la Bia et de l'Éholié tandis que le DMEP provient des rejets d'eaux usées domestiques aux stations 4 et 14.

En grande saison des pluies, le DBP, le DIBP et le DEHP proviennent des eaux usées domestiques des agglomérations d'Éléman et de M'boin. Le DHP provient de la Tanoé. Le DEHP, le DBP, le DIDP, le DIBP et le DMEP sont également issus de pollutions diffuses à travers les eaux de ruissellement urbaines et agricoles.

En ce qui concerne la petite saison sèche, le DMEP provient de la pollution urbaine de la ville d'Adiaké. L'origine continentale du DMEP est confirmée par sa corrélation positive (+ 0,62) avec les orthophosphates. Le DEHP, le DBP et le DIBP proviennent également des rejets domestiques aux stations 1, 19 et 20; il en est de même pour le BOP à la station 18.

En petite saison des pluies enfin, le DBP et le DIBP proviennent principalement de la station 1. Le DIDP provient des rejets d'eaux usées de l'agglomération d'Adiaké. L'origine continentale du DHP est confirmée par sa corrélation positive (+ 0,69) avec les ions ammonium, il provient de la station 9. Le DEHP et le DMEP proviennent de la station 19, le DIBP et le DBP de la station 1 et le DDcP de la station 18.

Ainsi, la présence d'esters de l'acide phtalique dans les sédiments serait due aux apports de ces composés via les eaux de ruissellement des aires agricoles et des zones urbaines et les cours d'eau (Bia, Éholié et Tanoé) qui alimentent le système lagunaire Aby. En effet, surtout en grande saison des pluies où l'on observe de fortes concentrations de phtalates, ces cours d'eau s'enrichissent en phtalates en traversant des zones d'intenses activités agricoles. Ces activités utilisent des matériaux et produits renfermant des phtalates comme c'est le cas des sachets plastiques utilisés pour la production de pépinières et des pesticides pour la protection des cultures. En outre, les rejets d'eaux usées domestiques et industrielles et les rejets de sachets plastiques [9]; [8]; [10]; [11]; [21]; [22] sont également à l'origine des teneurs élevées en phtalates des sédiments du système lagunaire Aby.

En revanche, les stations sous influence océanique ne contiennent pratiquement pas de phtalates. Cette absence de phtalates serait due à la nature sableuse des sédiments étant donné que les polluants dans le sédiment sont principalement associés aux particules fines [23]. Par conséquent, selon [24], un endroit vaseux aura plus de risques d'être pollué qu'un endroit sableux. Cela pourrait s'expliquer également par la faible profondeur de l'embouchure et par l'action de la marée qui occasionne un transport de sable. Ce transport de sable pénétrant dans la lagune a tendance à progresser vers le Nord.

La fréquence de détection élevée des phtalates aux différentes stations d'échantillonnage en saisons sèches est due à l'absence des pluies. En effet, selon [23], la dynamique de l'eau et la bioturbation influencent les taux d'accumulation des contaminants organiques hydrophobes dans les sédiments. En outre, selon [25], les courants créent une agitation constante de l'eau en surface; en profondeur, la faible agitation entraîne la décantation lente du sédiment.

L'origine continentale des phtalates est confirmée par [23]. En effet, selon cet auteur, l'apport des contaminants par les fleuves est loin d'être négligeable en zone estuarienne. En outre, la forte corrélation positive entre les phtalates au cours des saisons confirment leur source commune et leur comportement similaire dans l'environnement [26]. Ainsi, la distribution des phtalates dans les sédiments s'expliquerait par leurs affinités avec les particules solides et avec la matière organique. Cette affinité dépend de l'hydrophobicité des phtalates et de la taille de la molécule [27]. Selon [22], plus le phtalate est hydrophobe, plus il est lourd et passe plus rapidement dans les sédiments. Les phtalates les plus lourds tels que le DEHP sont plus hydrophobes [28].

De manière générale, les niveaux de phtalates rapportés dans cette étude sont supérieurs à ceux relevés dans la littérature. Les teneurs en DBP et DEHP des sédiments de la lagune Aby sont supérieures à celles des sédiments du Rhin, de dix-sept rivières taïwanaises, du système d'eau douce de Venda en Afrique du Sud [29]; [30]; [31].

Les phtalates présents dans les sédiments de la lagune Aby corroborent les travaux de [32] qui affirment que le DBP et le DEHP sont les phtalates les plus abondants dans les milieux aquatiques. En outre, selon [22], ces phtalates ont une grande dispersion vis-à-vis des autres constituants de leur famille de polluants, et par conséquent, ils sont les plus fréquemment rencontrés. L'abondance du DEHP dans les sédiments de la lagune Aby pourrait s'expliquer par sa structure. En effet, les phtalates à chaîne longue sont susceptibles d'être plus persistants car ils ont une forte affinité avec le sédiment et peuvent donc être moins disponibles à la dégradation microbienne [28]. Cependant, le DBP est plus présent dans les sédiments de la lagune Aby que le DEHP dont l'affinité pour la matière organique et les matières en suspension est grande ($\log K_{ow}$ de 7,50) [9]. Cette observation montre que le DEHP qui est le plastifiant le plus couramment utilisé pour le PVC [33]; [22], est en train d'être remplacé par d'autres phtalates qui présentent moins de risques sur la santé humaine [33].

La présence de phtalates dans les sédiments lagunaires constitue donc un danger pour l'homme, pour la faune et la flore aquatique. En effet, selon [22], l'exposition des poissons aux phtalates qui contaminent les milieux aquatiques est susceptible d'entraîner une altération de leur régulation endocrinienne et en conséquence une diminution de leurs performances individuelles. Chez le genre humain, les effets néfastes des phtalates sont multiples. Il s'agit entre autre de l'asthme, des allergies, de l'hypertension artérielle et du diabète chez l'enfant [34]; [35]; [36], d'atteinte à la fertilité de l'homme et de la femme, d'effets néfastes sur le fœtus, sur les issues de la grossesse et sur le nouveau-né [37]; [38]; [39]; [40]; [41]. Les phtalates seraient également responsables de la puberté précoce chez les fillettes et seraient aussi l'une des causes des accouchements prématurés, des cancers de sein, des échecs de l'implantation après une fécondation *in vitro* [42]; [43]; [44].

8 CONCLUSION

De l'étude des phtalates, il découle que leurs teneurs dans les sédiments lagunaires sont fonction des saisons et des stations. Ces phtalates, au nombre de huit (8) ont des teneurs élevées dans les sédiments en saisons pluvieuses comparativement aux saisons sèches. Cependant, la fréquence de détection des phtalates aux différentes stations d'échantillonnage est plus élevée en saisons sèches. Les zones de forte densité démographique ainsi que les zones sous influence des cours d'eau qui alimentent la lagune contiennent plus de phtalates. En revanche, la zone du chenal, sous influence des eaux océaniques, est exempte de phtalates. Les résultats de cette étude confirment l'origine continentale et anthropique des phtalates. Afin de préserver la qualité écologique de la lagune Aby, il est impérieux de mettre en place des stratégies de contrôle et de gestion de l'usage des plastifiants.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Centre de Recherches Océanologiques qui a financé les campagnes d'échantillonnage et qui a contribué à l'analyse des échantillons.

Nous remercions également Docteur AKA Natchia et Docteur DALOGO Kacou Alain Paterne qui ont contribué respectivement à la rédaction du document et au traitement statistique des données.

REFERENCES

- [1] Devault A. Damien, 2017. Étude du comportement et du devenir des micropolluants organique en milieu aquatique. Thèse Habilitation à diriger les recherches, Université des Antilles, 220p.
- [2] Bloundi M. K., 2005. Étude géochimique de la lagune de Nador (Maroc oriental): Impacts des facteurs anthropiques. Thèse en cotutelle École et Observatoire des Sciences de la Terre, Université Mohamed V- Agdal, 215 p.
- [3] Leaute F., 2008. Biogéochimie des contaminants organiques HAP, PCB et pesticides organochlorés dans les sédiments de l'étang de Thau. Thèse de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie, 255 p.
- [4] Assemian-Niango Sylvie, Kouassi Aka Marcel, Kouadio David Léonce, Akpetou Lazare, Traoré Karim Sory et Arjouma Dembélé, 2016. Contamination par les esters de l'acide phtalique des sédiments d'une lagune tropicale: lagune Aby (Côte d'Ivoire). International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE) vol. 3, 62-71.
- [5] Loizeau Jean-Luc, Stamatina Makri, Philippe Arpagaus, Benoît Ferrari, Carmen Casado-Martinez, Tom Benejam et Philippe Marchand, 2017. Micropolluants Métalliques et organiques dans les sédiments superficiels du Léman. Rapp. comm. Int. prot. Eaux Léman contre pollut., campagne 2016, 2017, 153-207.
- [6] Heise S. and Litz N., 2004. Deskstudy Phthalates, German Federal Environmental Agency, Berlin, Germany, February 2004, Horizontal-14, 40 p.
- [7] INRS, 2004. Phtalate de bis (2-éthylhexyle). Fiche toxicologique No 161, 9 p.
- [8] Edder P., D. Ortelli, A. Klein et S. Ramseier, 2007. Métaux et micropolluants organiques dans les eaux et les sédiments du Léman. Campagne 2007, Rapp. comm. int. Prot. Eaux Léman contre pollut., campagne 2007, 2008, 57-84, 200 p.
- [9] Dargnat C., 2008. Sources, transfert et devenir des phtalates sur le bassin versant de la Seine. Caractérisation des dangers pour l'environnement et les écosystèmes. Thèse de Doctorat Université Paris VI-Pierre et Marie Curie Spécialité: Géosciences et Ressources Naturelles (ED 398) 320 p.
- [10] INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques), 2009. Rapport d'étude 22/02/2010. N° DRC-10-102861-02415A. Convention.
- [11] INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques), 2011. AQUAREF-Journée technique phtalates-V0, 24 mars 2011, 69 p.
- [12] Assemian-Niango S, Kouassi A M, Traoré KS, Dembélé A, Biemi J. 2014. Distribution des ions sulfate (SO₄²⁻) d tropical à forte influence continentale: lagune Aby, Côte d'Ivoire. European Journal of Scientific Research, 124 (3): 256-273. <https://www.europeanjournalofscientificresearch.com>.
- [13] Malan D. F., Aké Assi L., Tra Bi F. H., Neuba D., 2007. Diversité floristique du parc national des îles Ehotilé (littoral est de la Côte d'Ivoire). Bois et Forêt des Tropiques, 2007, N° 292 (2). Diversité biologique flore, Côte d'Ivoire, 49-58.
- [14] Koné Y.J.-M., Abril G., Kouadio K.N., Delille B. & Borges A.V., 2009. Seasonal variability of carbon dioxide in the rivers and lagoons of Ivory Coast (West Africa). Estuaries and Coasts, 32: 246-260.
- [15] Seu-Anoï N. M., 2012. Structuration spatiale et saisonnière des peuplements phytoplanctoniques et variabilité des facteurs abiotiques dans trois complexes lagunaires de la Côte d'Ivoire (Aby, Ebrié, Grand-Lahou), Thèse Unique Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 135 p.
- [16] Eblin S. G., Sombo A. P., G. Soro, Aka N., O. Kambiré O. et Soro N., 2014. Hydrochimie des eaux de surface de la région d'Adiaké (sud-est côtier de la Côte d'Ivoire), Journal of Applied Biosciences 75: 6259-6271, ISSN 1997-5902.
- [17] Assemian-Niango S., 2017. Étude de la qualité chimique des eaux et contamination par les esters de l'acide phtalique des sédiments d'une lagune tropicale: lagune Aby Côte d'Ivoire. Thèse unique Université Nangui-Abrogoua, 117p.
- [18] Anonyme, 2014. Rapport au Parlement relatif aux perturbateurs endocriniens. République Française, juin 2014, 111 p.
- [19] Almeras C., Cacan Y., Géréec V., Millet M., 2010. Projet PERSAN les phtalates, École des Hautes Études en Santé Publiques, 42 p, 2010.
- [20] Lévêque C., 1996. Écosystèmes aquatiques, 158 p. Paris: Édition Hachette.
- [21] Chevreuil M., Blanchard M., Dargnat C., Gasperi J., Gourlay C., Lorgeoux C., Moilleron R., Moreau-Guidon E., Ollivon D., Teil M.-J. et Mouchel J.M., 2009. La micropollution organique dans le bassin de la Seine. Programme PIREN-SEINE, Programme interdisciplinaire de recherche sur l'environnement de la Seine, 68 p.

- [22] Bergé A., 2012. Identification des sources d'alkylphénols et de phtalates en milieu urbain. Comparaison des rejets à dominante urbaine (domestiques) par rapport à des rejets purement industriels. Thèse de doctorat en sciences de l'univers et de l'environnement. Université Paris-Est, 290 p.
- [23] Loizeau V., 1994. Port autonome du Havre. Synthèse des connaissances sur l'estuaire de la seine_partie 3_Contamination chimique (deuxième volet). 96 p. <http://www.Archimer.lfremier.fr/doc/00104/21553/>.
- [24] Lacaze J.-C., 1993. La dégradation de l'environnement côtier; Conséquences écologiques. MASSON Paris Milan Barcelone Bonn 1993, 149 p.
- [25] Beauchamp J., 2003. La pollution littorale. D.E.S.S. Qualité et Gestion de l'Eau, Université de Picardie Jules Verne. <http://www.U-picardie.fr/beauchamp/cours.qge/pol-litt/pol-litt.htm>.
- [26] Orecchio S, Indelicato R, Barreca S., 2013. The distribution of phthalate esters in indoor dust of Palermo (Italy). Environ. Geochem. health 1-12.
- [27] Lachambre M. et C. Fisson, 2007. La contamination chimique: quel risque en estuaire de Seine. Fiche substance: phtalates-DEHP, DBP, DEP, octobre 2007, 12P.
- [28] Dargnat C., 2004. Analyse des sources de contamination du réseau hydrographique par les phtalates. DEA Hydrologie, Hydrogéologie, Géostatistique et Géochimie, Université Pierre et Marie Curie, Université Paris-Sud, École des Mines de Paris & École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, 60 p.
- [29] Brignon J.-M. et Malherbe L., 2005. Di (2-Ethylhexyl) phtalate. INERIS-DRC-MECO, version N° 1 mai 2005, 32 p.
- [30] Huang P.C., Tien C.J., Sun Y.M., Hsieh C.Y. et Lee C.C., 2008. Occurrence of phthalates in sediment and biota: Relationship to aquatic factors and the biota-sediment accumulation factor. Chemosphere 73, 539-544.
- [31] Fatoki O., M. Bornman, L. Ravandhalala, L. Chimuka et A. Adeniyi, 2010. Phthalate ester plasticizers in freshwater systems of Venda, South Africa and potential health effects. Water SA (online) Vol. 36 no.1 Pretoria Jan. 2010.
- [32] Peijnenburg W. J. G. M. and J. Struijs, 2006. Occurrence of phthalate esters in the environment Netherlands. Laboratory for Ecological Risk Assessment, National Institute of Public Health and the Environment, P.O Box 1, 3720 BA Bilthoven, The Netherlands. Ecotoxicology and Environmental Safety Volume 63, Issue 2, February 2006, PP 204-215.
- [33] Allzorpp M., Sintillo D. and Johnson P., 2000. Hazardous chemicals in PVC flooring, Greenpeace Research Laboratory Technical Note: 14/00 <http://eugreenpeace.org/downloads/chem/pvc>.
- [34] Larsson M, Hägerhed-Engman L, Kolarik B, James P, Lundin F, Janson S, Sundell J, Bornehag CG., 2010. PVC-as flooring material--and its association with incident asthma in a Swedish child cohort study. Indoor Air. 2010 Dec; 20 (6): 494-501. doi: 10.1111/j.1600-0668.2010.00671.x. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21070375>.
- [35] Lin, S., Ku, H.Y., Su, P.H., Chen, J.W., Huang, P.C., Angerer, J., Wang, S.L., 2011. Phthalate exposure in pregnant women and their children in central Taiwan. Chemosphere 82, 655-947.
- [36] Trasande L, Sathyanarayana S. et Spanier A. J., 2013. Urinary phtalates are associated with higher blood pressure in childhood J. pediatr. 163 (3): 747-753 (e 741).
- [37] Lin, C., Lee, C.-J., Mao, W.-M., Nadim, F., 2009. Identifying the potential sources of di- (2-ethylhexyl) phthalate contamination in the sediment of the Houjing River in southern Taiwan. J. Hazard. Mater. 161, 270-275.
- [38] Lambrot R, Muczynski V, Lecureuil C, Angenard G, Coffigny H, Pairault C, Moison D, Frydman R, Habert R, Rouiller-Fabre V., 2009. Phthalates impair germ cell development in the human fetal testis in vitro without change in testosterone production. Environ Health Perspect; 117: 32-37.
- [39] INRS, 2010. Phtalate de dibutyle. Fiche (DEMETER) (Document pour l'évaluation médicale des produits toxiques vis-à-vis de la reproduction.) 7 p.
- [40] Burdorf A, Brand T, Jaddoe VW, 2011. The effects of work-related maternal risk factors on time to pregnancy, preterm birth and birth weight: the Generation R Study. Occup Environ Med. 2011; 68: 197-204. [PubMed].
- [41] Desdoits-Lethimonier C, Albert O, Le BB, Perdu E, Zalko D et Courant F, 2012. Human testis steroidogenesis is inhibited by phthalates. Hum Reprod 27: 1451-1459.
- [42] Wolff MS, Teitelbaum SL, Pinney SM, Windham G, Liao L, Biro F, et al. 2010. Investigation of relationships between urinary biomarkers of phytoestrogens, phthalates, and phenols and pubertal stages in girls. Environ Health Perspect 118: 1039.
- [43] Lopez-Carillo L., Hernandez-Ramirez R.U., Calafat A.M., Torres-Sanchez L., Galvan-Portillo M., Needham L.L., Ruiz-Ramos R., Cebrian M.E., 2010. "Exposure to phthalates and breast cancer risk in Northern Mexico". Environmental Health Perspectives 114 (4): 539-544. doi: 10.1289/ehp.0901091. PMC 2854732. PMID 20368132.
- [44] Ferguson K.K., R. Loch-Caruso R. et Meeker J. D., 2011. Urinary phthalate metabolites in relation to biomarkers of inflammation and oxidative stress: NHANES 1999-2006 Environ. Res., 111 (5) (2011), pp. 718-726.

Le Système National d'Innovation du Maroc: Etude exploratoire

[Morocco's National Innovation System: Exploratory study]

Abdelilah Elkhadri

Faculté des Sciences Juridiques économiques et sociales Souissi, Université Mohamed V, Rabat, Morocco

Copyright © 2021 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: Since practically the 2000s, Morocco has continued to consolidate its National Innovation System (INS), in order to create an environment conducive to innovation. The Moroccan government has put in place a number of plans and devices, aimed at giving new impetus to innovation and catching up with the delay recorded in this area, compared to developed countries, but above all, compared to emerging and competing countries. Also, he initiated several legal and institutional reforms, which led to the emergence of a set of institutional actors, constituting the backbone of the Moroccan INS, such as political support bodies, the system of research, networking structures, support infrastructures, all at the service of innovative companies. The analysis of the path of consolidation of the Moroccan INS teaches us the existence of several obstacles, of a structural nature, likely to prevent its maturation and, consequently, its role in the dynamics of learning.

KEYWORDS: National system of Innovation, Large Approach, knowledge economy, Scientific research, R&D, institutional actors, clusters, cities of innovation.

RESUME: Depuis pratiquement les années 2000, le Maroc ne cesse de consolider son Système National d'Innovation (SNI), afin de créer un environnement propice à l'innovation. Le gouvernement marocain a mis en place un certain nombre de plans et dispositifs, visant à donner un nouvel élan à l'innovation et à rattraper le retard enregistré dans ce domaine, par rapport aux pays développés, mais surtout, par rapport aux pays émergents et concurrents. Aussi, Il a engagé plusieurs réformes institutionnelles, ayant conduit à l'émergence d'un ensemble d'acteurs institutionnels, constituant l'épine dorsale du SNI marocain, tels que les instances d'appui politique, le système de recherche, les structures de mise en réseau, les infrastructures de soutien, au service des entreprises innovantes. L'analyse du chemin de consolidation du SNI marocain nous apprend l'existence de plusieurs obstacles, d'ordre structurel, susceptibles d'empêcher sa maturation et, par conséquent, son rôle dans la dynamique d'apprentissage.

MOTS-CLEFS: Système National d'Innovation, approche large, économie de la connaissance, Recherche scientifique, R&D, acteurs institutionnels, clusters, cités d'innovation, Technopôles.

1 INTRODUCTION

À l'ère de l'économie de la connaissance, une approche systémique de l'innovation est devenue de plus en plus nécessaire. Elle représente une valeur stratégique pour le développement économique du pays (Bartels et al. 2012)¹. En l'occurrence, la mise en place d'un système national d'innovation (SNI) devient vitale pour accélérer la compétitivité et améliorer les performances

¹ Bertels et al. ; 2012 : Reciprocal subsidies between freshwater and terrestrial ecosystems structure consumer resource dynamics

économiques (Bartels et Voss, 2005) ². Il demeure indispensable pour les économies en développement, afin de rattraper les pays industrialisés avancés (Arocena et Sutz, 2000), ou du moins réduire l'écart qui les séparent.

En effet, les marchés n'ont jamais été auto-efficaces, et le comportement opportuniste se concrétise dans les actions des agents économiques privés, en raison d'asymétrie d'information. Pour pallier à ces phénomènes nuisibles au développement économique, la dynamisation du processus d'innovation constitue un levier crucial pour le développement industriel et technologique du pays.

Fagerberg et Srholec ont mené une étude empirique importante en 2008, sur les facteurs influençant le développement économique. Suite à l'analyse des données portant sur 115 pays et 25 indicateurs. Les chercheurs ont trouvé que le développement économique est tributaire à quatre facteurs principaux, à savoir: le système d'innovation, la qualité de la gouvernance, le caractère du système politique et le degré d'ouverture de l'économie. Il ont constaté que parmi ces quatre facteurs, le système d'innovation et la gouvernance sont particulièrement importants pour le «développement économique» (Fagerberg et Srholec, 2008, p. 1427) ³.

Le concept de SNI a acquis ses lettres de noblesse, notamment durant les trois dernières décennies, grâce à une large adoption de la part des pays développés. Il apporte une solution à des problèmes profonds pour les pays en développement (Castellacci & Natera, 2013), en tant qu'outil politique efficace, déterminant les arrangements institutionnels, susceptibles de soutenir le processus d'apprentissage, conduisant à l'amélioration de la compétitivité de l'économie de ces pays.

De ce fait, plusieurs pays en développement se sont efforcés de mettre en place leurs SNIs, par l'introduction de nombreuses réformes juridiques et institutionnelles, afin d'ériger un cadre propice à la valorisation de la recherche et à la promotion de l'innovation (Casadella et al., 2017; Ben Soltane et Ramdane, 2017).

Le Maroc, depuis les deux dernières décennies, a pris conscience de l'importance de la politique de valorisation de la recherche et de l'innovation dans un cadre institutionnel, face aux nouveaux défis et opportunités découlant de l'insertion internationale de l'économie marocaine. Plusieurs mesures politiques ont été mises en œuvre par le gouvernement (réforme au sein de certaines structures, nouveaux mécanismes et instruments d'appui à la recherche, programmes de soutien à l'innovation, et ce dans le but de:

- Développer la recherche au service du développement économique et social du pays;
- Drainer des financements intérieurs et extérieurs pour la recherche;
- Stimuler la recherche et l'innovation dans les entreprises;
- Accélérer le transfert de technologie à travers la coopération entre les entreprises et les institutions de recherche;
- Favoriser la commercialisation des innovations résultant de la recherche et assurer un retour sur l'investissement consenti par l'état.

Cette étude, à vocation exploratoire, vise à identifier les acteurs institutionnels composant le SNI du Maroc, en mettant l'accent sur les principales actions politiques menées par le gouvernement marocain, ainsi que les efforts fournis par les entreprises, afin d'être plus actives en matière de R&D, en liaison avec les universités et les « institutions-ponts » (Djeflat, cité par Amdaoud, 2017), sans oublier de mettre le doigt sur les obstacles ou les « barrières à l'entrée » qui empêchent une meilleure structuration du SNI du Maroc (El Mouhoub, 2011) et d'en tirer les enseignements nécessaires.

2 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

La méthodologie adoptée dans ce travail mobilise le modèle standard du SNI, reposant sur les travaux de Groenewegen et van der Steen (2006). Les données à analyser sont recueillies à partir des documents juridiques, rapports et fiches informatives émis par des instances gouvernementales, tel le Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur, de la Formation et de la Recherche scientifique, Celui du Ministère de l'Industrie, du Commerce, de l'Investissement et de l'Economie Numérique, afin d'avoir une vision globale sur les politiques menées par le gouvernement marocain en la matière.

Nous proposons, dans la première partie, de passer en revue quelques soubassements théoriques du concept de SNI, sa portée terminologique et ses principaux facteurs d'applicabilité dans les PED, en deuxième partie, on essayera de retracer le parcours des

² Bartels et Voss, 2005 : Determinants of national innovation systems. Paper presented at the 14th International Conference for the International Association of Management of Technology, Vienna, Austria (Cité par Bartels et al. ; 20 : National Systems of Innovation: A Structural Model Analysis of Efficacy—The Case of Ghana)

³ J., Srholec, M. (2008). National innovation system, capabilities and economic development, Research policy, 37, 1417-1435.

réformes menées par le Maroc en la matière. L'identification des composantes du SNI du Maroc fera l'objet de la troisième partie, avant de mettre l'accent en quatrième partie, sur le positionnement international du Maroc en matière de l'innovation.

3 CONCEPT DU SNI: REVUE DE LITTÉRATURE

Le système d'innovation est un système d'interactions et d'interdépendances (Metcalf & Ramlogan, 2008; Saeidi, et al., 2013) entre d'une part, les institutions formelles du système tels les organisations, les règlements, les normes et les mesures juridiques mis en place, et d'autre part, les institutions informelles telles la confiance, les coutumes, les relations humaines..., toutes ces variables dans leur interactivité contribuent ensemble et de manière dynamique à produire, diffuser et utiliser différents types de connaissances. Le fait de ne pouvoir ramener l'innovation à un agent ou une dimension unique, avait poussé certains auteurs au début des années 1980, à introduire la notion de "système d'innovation" (Freeman 1987, 1988; Lundvall 1988, 1992; Nelson 1988, 1992, 1993; Pelikan 1988)⁴.

L'approche systémique de l'innovation n'est que le résultat escompté d'interactions intenses et complexes entre les acteurs, conjuguées à des règles du jeu, dans lesquelles le capital humain et social joue un rôle de premier ordre (Ben Soltane, Ramdan, 2017). Dans ce sillage, les liens sociaux favorisent l'acquisition et le cumul des connaissances et la promotion de l'innovation (Casadella, Uzudinis, 2017).

Une autre définition demeure pertinente, par laquelle, Oyenyinka et Gehl définit le SNI comme étant la somme de tous les réseaux d'acteurs marchands et non marchands, qui favorisent la création, le transfert, l'adoption, l'adaptation et la diffusion des connaissances à travers des processus d'apprentissage individuels, collectifs et organisationnels. (O. Oyeyinka et Gehl Sampath, 2007)

Conscients de cette donne et animés par des raisons politiques, culturelles et socioéconomiques, les gouvernements des pays industrialisés ont joué un rôle de plus en plus important dans le processus d'innovation. C'est ainsi que le concept du système national d'innovation a été introduit à la fin des années 80. Il vise l'analyse des moyens, pour les pays, de développer des instruments politiques et de créer des institutions en vue de favoriser l'innovation (RAHMOUNI; 2011).

L'applicabilité du SNI dans les économies du tiers monde a poussé des économistes notamment B.A. Lundvall à évoquer deux acceptions du concept de SNI. La première, dite étroite, adaptée aux pays développés dans lesquels les activités de R&D sont routinières (Nelson, Winter, 1982; Freeman, 1986; Salomon, 1992). Elle prend en considération, à titre principal, les facteurs technico-économiques. La seconde, plutôt mieux adaptée aux pays en développement, élargit le spectre en tenant compte d'autres facteurs: éducatif, légal, financier, sociopolitique, culturel, etc. Cette seconde grille de lecture porte l'attention sur les structures en amont, comme le système éducatif et la formation professionnelle, les institutions bancaires, etc., ou en aval, comme les spécialisations sectorielles, le mode d'insertion internationale, et examine l'environnement des comportements d'innovation, les mécanismes d'incitation et de coordination, mais également les freins et obstacles (Tabatonni, 2004; Encaouca et al., 2004). C'est dire que l'application de cette notion dans le cas des pays en développement conduit, d'une part, à considérer le caractère *a posteriori* de leurs SNI et, d'autre part, à intégrer la dynamique de l'innovation dans le processus de développement économique et social (lutte contre la pauvreté, les inégalités, la corruption, mise en place des infrastructures de base, promotion des libertés individuelles et collectives, promotion des activités tournées vers les innovations frugales, ...etc.).

Cette seconde acception a été complétée et enrichie de quelques travaux qui portent sur les économies semi industrialisées (Mezouaghi, 2002), les pays les moins avancées (Casadella, Belhacen-Tlemcani, 2006), les pays de l'Afrique du Nord et du Moyen Orient (Arvantis et al., 2010) et, plus récemment, sur les pays du Maghreb dont le Maroc (Cugusi, 2008; Djeflat, 2012; Benabdeljalil et Hamidi, 2013).

⁴ Cette approche s'inscrit dans les principes de l'économie institutionnelle et évolutionniste, qui, en rupture avec la vision orthodoxe de l'économie standard, repose sur l'institution en tant que construction sociale où se réagissent et évoluent des actions économiques individuelles. B. Veblen (1857-1929) appelle institution une habitude mentale spécifique, une façon particulière de penser et d'agir dans le domaine économique. J.R. Commons (1862-1945) quant à lui la définit comme l'action collective qui contrôle l'action individuelle (*Institutional Economics* 1934). A ce titre, l'institution ne réside ni dans l'autonomie individuelle ni dans l'hétéronomie sociale, mais elle est la façon dont un acteur économique doit, peut, pourrait ou non se comporter.

4 PARCOURS DE CONSOLIDATION DU SNI AU MAROC

Les acteurs institutionnels qui constituent l'ossature au SNI du Maroc sont le fruit d'un processus de réformes institutionnelles et réglementaires.

En effet, à l'instar de tous les pays de la zone MENA, il est difficile de parler de l'historique de la politique d'innovation au Maroc, du fait que le pays n'avait pris conscience de l'importance de l'innovation que récemment. Toutefois l'on ne peut nier que depuis l'indépendance du Maroc, la recherche s'est institutionnalisée et professionnalisée dans des centres publics de recherche, qui ont été créés en majorité lors du protectorat, tel que l'INRA, Institut Pasteur, LPEE.

Il faut rappeler que le Plan d'Ajustement Structurel (PAS) a tenté de remettre l'économie marocaine sur les rails de l'économie du marché. Toutefois, les différentes analyses empiriques sur les retombées socioéconomiques ont révélé une distorsion à plusieurs niveaux, dont on peut citer à titre indicatif, le décalage flagrant entre d'un côté les profils de formation des diplômés de l'enseignement supérieur (y compris celui des docteurs, vivier de la recherche marocaine) et de l'autre côté, les opportunités industrielles et les débouchés professionnels prévisibles.

Conscient des défis relevés, le gouvernement marocain s'est lancé depuis 1998, dans plusieurs réformes, ayant touché notamment les secteurs de l'enseignement supérieur et de l'industrie, tout en réfléchissant aux moyens de créer des passerelles de collaboration entre la formation, la recherche et l'industrie afin d'assurer à cette dernière les moyens de sa mise à niveau technologique.

Depuis les années 2000, les principales réformes juridiques et institutionnelles ont été entreprises, conduisant à l'instauration et la réforme des principaux acteurs publics composant le SNI du Maroc. Une décennie après, le gouvernement marocain a lancé ce qu'on a appelé l'Initiative Maroc Innovation (IMI), initiative qui a constitué une vive impulsion en la matière. Plusieurs mécanismes et dispositifs d'appui à la Recherche et à l'innovation ont été mis en œuvre. Pourtant, les initiatives portant sur la promotion de la recherche et de l'innovation ne sont plus l'apanage du gouvernement marocain uniquement, mais également du secteur privé, notamment les grandes entreprises tels l'OCP, Al Mada...et les fédérations professionnelles, telle la CGEM.

A la lumière de ce qui précède, on peut scinder le parcours de consolidation du SNI du Maroc en deux étapes successives, la première phase concerne la période allant de l'an 2000 jusqu'à 2008, avec le lancement de la réforme de l'enseignement supérieur et de la recherche, la deuxième phase s'est déclenchée depuis 2009, à l'occasion du lancement de l'Initiative Maroc Innovation.

4.1 VASP 2000 - 2008: LA GRANDE RÉFORME DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE

Avec la parution du rapport de la COSEF⁵, l'enseignement supérieur allait connaître plusieurs réformes. La première était l'adoption d'une Charte nationale de l'éducation et de la formation. En application de ladite charte, un plan quinquennal couvrant la période 2000-2004, contenant plusieurs mesures importantes en vue de promouvoir la recherche scientifique au Maroc, fut lancé.

4.1.1 LA CHARTE POUR L'ÉDUCATION ET LA RECHERCHE

Promulguée en Octobre 1999 et mise en œuvre depuis l'an 2000, la charte nationale pour l'éducation et la recherche est considérée comme étant la première feuille de route pour la réforme du système éducatif et de l'enseignement supérieur en particulier. Elle avait pour objectif:

- L'encouragement de la mobilité des chercheurs entre les divers secteurs de l'activité économique et sociale et les centres de recherche;
- Le renforcement des missions de documentation, de veille technologique et de diffusion des résultats des travaux de recherche;

⁵ La Commission Spéciale Formation – Éducation a été désignée par feu Hassan II, à l'occasion de la fête de trône de 1998, pour assurer le suivi, l'évaluation et l'enrichissement de la réforme du système éducatif marocain, y compris la recherche scientifique : "Pour bâtir l'école nationale marocaine de demain, la réforme doit se concevoir dans le cadre d'une vision globale, empreinte de cohésion, de cohérence, de prospective et suffisamment souple pour permettre l'adaptation aux besoins du présent et aux exigences de l'avenir" avait dit feu Hassan II, (est la pierre angulaire du système national de recherche et d'innovation du Maroc. Il s'agit du Plan de Développement Economique et Social qui)

- La mise en place d'un réseau informatique à haut débit qui devrait relier les centres de recherche et de formation entre eux en les connectant à internet et plus particulièrement aux bases de données scientifiques et techniques internationales;
- La création au sein de certains établissements de recherche et de formation d'incubateurs d'entreprises innovantes, pour permettre aux étudiants et aux chercheurs, porteurs d'un projet de création d'entreprise à partir des résultats de leur recherche, d'utiliser pendant une période limitée, les ressources humaines et l'infrastructure matérielle de leurs établissements et de bénéficier d'assistance et de conseils pour la concrétisation de leurs projets.

Afin de concrétiser ces recommandations, le gouvernement marocain a mis en place le plan quinquennal de développement économique et social.

4.1.2 LE PLAN QUINQUENNAL 2000-2004

Promulgué par le Dahir n° 1-00-267 du 1^{er} septembre 2000, le plan quinquennal 2000-2004⁶ avait indiqué parmi ses objectifs la promotion et la dynamisation de l'innovation et de la recherche-développement, il a prévu deux grandes orientations:

- L'élaboration d'une politique nationale pour la promotion de la recherche scientifique et technique et de l'ingénierie;
- L'élévation de la part du revenu national affectée à la recherche scientifique et technique à 1% du pib en 2004

Au fait, le plan a apporté de nouvelles dispositions législatives et institutionnelles qui vont y jouer le rôle de piliers. On en cite principalement la promulgation du:

- Décret portant création du Comité Interministériel Permanent de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique (CIPRSDT), ayant pour mission de définir les grands axes prioritaires de recherche, les outils à mettre en place et d'arrêter les modalités d'évaluation des programmes issus de ces orientations (Cf. Bulletin Officiel n° 4920 du 26 juillet 2001).;
- La loi modifiant et complétant le dahir instituant l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques dont la principale mission est la définition des grandes priorités nationales en matière de recherche (Cf. Bulletin Officiel n° 4798 du 25 mai 2000).;
- La loi relative à la réforme du Centre National pour la Coordination et la Planification de la Recherche Scientifique (CNCPRST) qui allait devenir par la suite: le Centre national de la recherche scientifique et technique (CNRST), avec pour mission: la promotion, le développement et la valorisation de la recherche scientifique, en fonction des besoins culturels, économiques et sociaux du pays et en liaison avec les organismes publics et privés poursuivant les mêmes objectifs (Cf. Bulletin Officiel n°4926 du 16 août 2001).;
- La Loi n° 08-00 relative aux groupements d'intérêt public (GIP) promulguée par le dahir n° 1-00-2000). Ces entités à but non lucratif sont dotées de la Personnalité morale ont pour objectif d'exercer pour le compte de leurs membres des activités d'enseignement, de formation, de recherche, de développement technologique ou de gérer, pour leur compte, des équipements d'intérêt commun nécessaires à leurs activités (Cf. Bulletin Officiel n° 4798 du 25 mai 2000);
- Décret n° 2.06.108 pris pour l'application de la loi n°08-00 portant sur l'organisation de l'enseignement supérieur⁷.

Parallèlement au lancement dudit Plan quinquennal, le gouvernement marocain a adopté certaines mesures incitatives aux activités de R&D et de l'innovation, en faveur des entreprises et porteurs de projets innovants, dont on peut citer notamment:

- L'adoption d'un incitatif fiscal dans la Loi de Finances 1999-2000, la Provision pour Recherche-Développement (PRD), dont l'objectif est de pousser les entreprises à accroître leur effort de R&D et de l'innovation en général. Elle les autorise à constituer une provision pouvant aller jusqu'à 20% du résultat imposable pour des dépenses de recherche-développement ou des projets d'innovation. (Cf. Article 7bis du Bulletin Officiel n°4627bis-13 Joumada II 1419);
- La mise en place du fonds national de soutien à la recherche scientifique et au développement technologique, dont l'objectif est d'attribuer des aides à l'innovation (contribution financière aux dépenses de R&D et de mise au point de nouveau produit ou procédé à contenu technologique d'un maximum de 50% des dépenses internes), des soutiens au recrutement et des bourses de recherches en entreprises (Cf. Bulletin Officiel n°4861 bis-6 chaoual1421-1er janvier 2001).

⁶ Voir le Rapport officiel qui concerne le Plan Quinquennal 2000-2004 - Volume 1

⁷ (Cf. Bulletin Officiel n° 4798 du 25 mai 2000)

En Juillet 2002, le gouvernement marocain a mis en place une charte dédiée au statut de la PME.

4.1.3 PROGRAMME DE SOUTIEN DES ENTREPRISES À L'INNOVATION: LA CHARTE DE LA PME

En Juillet 2002, la charte de la PME a été promulguée par Dahir n° 1-02-188 du 12 jourmada I 1423 et Loi n°53-00⁸. L'objectif ciblé était l'appui des toutes petites, petites et moyennes entreprises, techniquement et financièrement, en les incitant à s'approprier la technologie pour innover, en visant cinq (5) grands objectifs:

- Encourager la création d'entreprises par les ingénieurs et cadres techniques supérieurs;
- Favoriser l'implantation de technopoles;
- Développer la capacité nationale d'innovation dans les secteurs de pointe;
- Permettre la contribution des compétences nationales évoluant à l'étranger dans le processus de modernisation du tissu économique national;
- Favoriser le développement et la maîtrise des techniques avancées et développer une recherche scientifique et technique conforme aux objectifs de développement économique et social du pays.

En vertu de la loi précitée, une structure sous tutelle du Ministère de l'Industrie, du Commerce et des Nouvelles Technologies, dédiée à l'appui technique et financier aux PME, a été instaurée. Il s'agit de l'Agence Nationale pour la Promotion de la Petite et Moyenne Entreprise (ANPME), avec pour mission d'œuvrer pour la promotion, le développement et la mise à niveau des PME.

Parallèlement, et pour renforcer le réseau institutionnel dédié à la promotion de la recherche et de l'innovation, ainsi que l'incubation des projets innovants, un fonds dit « Fonds de Solidarité Prioritaire » a été lancé. Il s'agit d'un programme résultant d'une coopération triangulaire entre le Ministère chargée de la recherche, le Ministère de l'Industrie et l'Ambassade de France à Rabat (Convention du programme FSP, 2002, d'une durée de 3 ans). Le programme comprend:

- La création de l'Institut Marocain pour l'Information Scientifique et Technique (IMIST);
- La mise en place d'un réseau de diffusion technologique (RDT) avec une mesure qui concerne les entreprises, la Prestation Technologique Réseau (PTR) pour la réalisation de prestations relevant d'une démarche d'innovation et/ou d'accroissement du niveau technologique de l'entreprise tant en ce qui concerne ses produits, ses procédés que son organisation;
- La mise en place d'un réseau de génie industriel (RGI);
- La création d'un réseau intégré d'incubation et d'essaimage (RMIE).

A partir de l'année 2005, le Maroc va connaître une sorte de redynamisation de ses politiques déjà entreprises dans le cadre du plan quinquennal, à travers la pérennisation de certains programmes de soutien, tel le fonds national de soutien à la recherche scientifique et au développement technologique. La première action a concerné le lancement de la stratégie nationale pour le développement de la recherche scientifique.

4.1.4 DÉCEMBRE 2005: LA STRATÉGIE NATIONALE POUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Le MENESRSFC a publié, en Décembre 2005, une nouvelle stratégie nationale de développement de la recherche scientifique et technologique à l'horizon 2025, dont l'objectif essentiel est la consolidation et le développement du système national de recherche.

La stratégie a tenté de dépasser la dichotomie public/privé pour le financement des programmes d'appui à la recherche et l'innovation, en recommandant la mobilisation d'autres sources comme les taxes parafiscales, les crédits impôts recherche et le cofinancement, avec identification des axes prioritaires de recherche à promouvoir, une structuration de l'offre en rapport avec les objectifs poursuivis, et une structuration du système d'évaluation en rapport avec l'efficacité visée (IRES, 2015). Aussi, la stratégie a-t-elle pris des mesures supplémentaires visant le développement d'une culture de reconnaissance de la fonction recherche et du travail accompli par le personnel de recherche et l'assouplissement des procédures de gestion financière des budgets de recherche.

La nécessité d'intégrer l'économie de la connaissance a poussé le Maroc à parier sur la qualification et la modernisation du tissu productif national, à travers son incitation à la créativité et à l'innovation. L'accent a été mis aussi sur la nécessité d'accès de tous les

⁸ BO n° 5036 du 15/09/2002,

marocains à la connaissance, la mise en réseau du système d'enseignement et de recherche scientifique avec son environnement industriel, et l'ouverture sur le progrès scientifique et technologique que connaît le monde.

En 2009, la promotion de l'innovation au Maroc va connaître une nouvelle ampleur, avec le lancement de l'Initiative Maroc Innovation (IMI), une réelle phase tournante dans les politiques gouvernementales marocaines en la matière.

4.2 VASP 2009: L'INITIATIVE MAROC INNOVATION

L'initiative Maroc innovation a constitué une étape importante dans le processus de consolidation du SNI du Maroc. Cette stratégie a déterminé des objectifs quantitatifs et a défini un plan d'action pour les réaliser.

Les objectifs quantitatifs concernent la réalisation annuelle de 1000 brevets marocains, et la création de 200 start-ups innovantes, à l'horizon 2014.

Pour créer les conditions favorables à la réalisation de ces objectifs, l'initiative s'est basée sur un plan d'action, décliné en 4 axes, à savoir:

- 1^{er} Axe:** La gouvernance et le cadre institutionnel: Avec pour objectif d'instaurer un cadre légal souple et efficace, l'Initiative Maroc Innovation s'inscrit dans une démarche participative de partenariat public/privé, ayant prévu la création d'une structure d'accueil et d'orientation Le Centre Marocain d'Innovation (CMI), afin d'assurer une gouvernance commune des instruments de financement, dans la perspective de constituer le Guichet Unique de l'Innovation au service des porteurs de projets.
- 2^{ème} Axe:** Les Infrastructures: L'Initiative a ciblé la mise en place et le développement des infrastructures technologiques et de valorisation, la création des structures qui favorisent l'innovation, tels les clusters, les cités d'innovation.
- 3^{ème} Axe:** Le Renforcement des Instruments de Financement et de Soutien à l'Innovation: par la diversification des produits de soutien à l'innovation, la stimulation du système de capital risque, le développement du marché de la propriété intellectuelle et la mobilisation des fonds de soutien à la R&D et l'innovation.
- 4^{ème} Axe:** La mobilisation des talents, la promotion de la culture de l'innovation entre les jeunes talents, à travers la création et la labellisation des structures associatives d'accueil tel que R&D Maroc, le Club Marocain de l'Innovation, Inactus...en mettant l'accent sur l'amélioration du Positionnement de l'Offre Maroc R&D et Innovation.

4.2.1 VASP 2014: FIN DES PROGRAMMES DE L'INITIATIVE MAROC INNOVATION

L'année 2014 a connu la suspension de facto, de plusieurs dispositifs et instruments de financement public de l'innovation, le Système national d'innovation du Maroc allait connaître une nouvelle tendance.

Le Ministère de l'Enseignement s'est focalisé sur son propre Système National de Recherche, à travers la création et la promotion de structures de mise en réseau, reliant les universités avec le milieu industriel, dans le but de valoriser la recherche scientifique. Sa feuille de route est basée sur les recommandations de la stratégie de réforme du système de l'éducation, de la formation et de la recherche scientifique à l'horizon 2030.

En effet, un nouveau plan d'action 2013-2016 a vu le jour. Il s'agit d'une mise à jour de la stratégie nationale de la recherche scientifique et technologique, en adoptant de nouvelles dispositions et une nouvelle organisation des structures de la recherche. On en cite à titre indicatif:

- Le renforcement de l'infrastructure pour la valorisation des résultats de la recherche et de l'innovation;
- La mobilisation des ressources humaines et l'encouragement des chercheurs;
- Le développement du partenariat avec le secteur privé;
- Le renforcement du financement de la recherche;
- La promotion de la coopération internationale dans le domaine de la recherche scientifique et technologique.

En 2015, le CSEFRS⁹ a présenté une nouvelle stratégie à l'horizon 2030, dans le contexte de la réforme du système de l'éducation, de la formation et de la recherche scientifique. Cette stratégie a recommandé, selon le Levier 14, la promotion de la recherche scientifique et technique et de l'innovation. Le levier 20 et 21 visent respectivement l'implication active de la recherche scientifique et l'innovation dans l'économie et la société du savoir, ainsi que la consolidation de la place du Maroc parmi les pays émergents.

Dans le même sillage, l'Académie Hassan II des sciences et techniques a soumis au CPIRSDT, une liste des priorités nationales de la recherche scientifique et technologique, qu'il a approuvée lors de sa rencontre de Juin 2014. Ces priorités se déclinent comme suit :

1. Santé, environnement et qualité de vie;
2. Agriculture, pêche et eau;
3. Ressources naturelles et énergies renouvelables;
4. Industrie aéronautique et automobile, transport, logistique et technologies avancées;
5. Éducation et formation;
6. Sciences humaines et défis contemporains de la société marocaine.

4.2.2 LES STRATÉGIES DU MIICEN: UN PARCOURS BASÉ SUR LA PROMOTION DES ÉCOSYSTÈMES.

Le Ministère de l'Industrie (MIICEN) quant à lui, s'est orientée vers l'émergence des écosystèmes industriels. Une nouvelle orientation stratégique qui vise la réduction de la fragmentation sectorielle caractérisant l'industrie marocaine, en favorisant l'établissement de partenariats stratégiques entre les grandes entreprises industrielles et les PME, dans le but de fédérer des groupes d'entreprises autour de clusters incubateurs de nouveaux entrants et générateurs de projets collectifs innovants.

Cette stratégie s'inscrit, en fait, dans un parcours qui a commencé depuis 2005¹⁰, avec le lancement du plan émergence, qui fut une toute nouvelle stratégie industrielle ciblée et volontariste, en vue de développer le potentiel industriel national. Elle s'est basée sur deux piliers essentiels:

- Le renforcement, la redynamisation du tissu industriel marocain et son accroissement concurrentiel;
- L'orientation vers de nouveaux secteurs prometteurs pour lesquels le Maroc dispose d'avantages compétitifs (Automobile, Offshoring, Electronique, Transformation de produits de la mer, Aéronautique, Textile et cuir, Agroalimentaire).

En 2009, le ministère de l'industrie a lancé le plan national d'émergence industrielle (PNEI) considéré comme un prolongement du plan émergence, avec la fixation d'autres objectifs à l'horizon 2015, en termes de création d'emploi, de croissance du PIB, d'augmentation des exportations et de volume d'investissement industriel¹¹.

Un Bilan à mi-parcours a permis de dégager un retard dans la réalisation des objectifs du PNEI¹², ce qui a conduit le gouvernement marocain à lancer son plan d'accélération industrielle 2014-2020.

Le Plan d'Accélération Industrielle (PAI), basée sur l'approche des écosystèmes performants, vise l'intégration des chaînes de valeur et la consolidation des relations locales entre les grandes entreprises et les PME, tels les clusters et les plateformes industrielles intégrées.

Doté d'un Fonds d'investissement industriel (FDI) de 20MMDH, le PAI envisage de soutenir les PME et les autres parties prenantes telles les universités, les laboratoires de R&D à intégrer des agglomérations, dans le cadre d'écosystèmes, autour des grandes entreprises, qui jouent le rôle de locomotives, afin de créer une nouvelle dynamique favorisant l'interactivité et la valorisation collective des activités de R&D, il s'agit notamment de clusters, des cités d'innovation et des technopôles.

⁹ Le CSEFRS instauré en 2013, est une instance consultative indépendante instituée par l'article 168 de la Constitution, chargée d'émettre son avis sur toutes les politiques publiques et les questions d'intérêt national concernant l'éducation, la formation et la recherche scientifique

¹⁰ Découlant d'une étude menée par le cabinet McKinsey

¹¹ Création de 220.000 emplois, Augmentation du PIB de 50MMDH, Génération d'un volume supplémentaire des exportations de 95 MMDH et 50MMDH d'investissements privés dans les activités industrielles.

¹² Une augmentation d PIB de 28,8 MDH au lieu de 50MDH (soit 58,8%), Un supplément d'exportation de 23,4MDH au lieu de 95MDH prévu (soit 25,5%). Création de 100000 emplois au lieu de 220000 emplois prévus).

Récemment, la 2^{ème} génération du Plan d'accélération industrielle (PAI) 2021-2025 vise la consécration des acquis et leur généralisation à toutes les régions¹³, elle vise également le développement de la recherche et de l'innovation, ainsi que la promotion des capacités technologiques, à travers le lancement de nouveaux systèmes orientés vers l'avenir, l'adoption de nouveaux modes de production de la 4^{ème} génération d'industrialisation et la protection des ressources naturelles du Maroc.

Bref, les années 2000 se sont caractérisées par des politiques qui visent la promotion et la valorisation de la recherche scientifique, la création des principaux acteurs institutionnels, la refonte des politiques de soutien à l'innovation et la R&D dans le milieu industriel et la mise en réseau des différents acteurs, à travers les pôles de compétitivité tel les clusters, les cités d'innovation, sont autant d'actions entreprises pour le développement de la recherche et l'innovation.

Quels sont ainsi les principaux acteurs institutionnels, composant le Système National d'Innovation du Maroc ? Et quelles sont leurs principales caractéristiques ?

5 LES ACTEURS INSTITUTIONNELS DU SNI DU MAROC

Prendre en compte la dimension institutionnelle du système d'innovation revient à reconnaître que celui-ci est le résultat d'un processus interactif (Mezouaghi; 2004), dans lequel l'ensemble des institutions encadrent, caractérisent et rythment l'appropriation des technologies (Freeman 1987 et Patel Pavitt 1994) et plus précisément des connaissances qu'elles génèrent. Dans cette optique, la nature des acteurs institutionnels et la manière avec laquelle ils s'imbriquent deviennent des facteurs explicatifs du niveau de performance économique et technologique des nations.

Le concept du SNI, compatible aux PED, selon l'approche Lundvallienne inclut en plus des institutions liées directement à la science et la technologie, celles situées en amont, comme le système d'éducation, le système financier, mais également celles situées en aval, qui contribuent au développement de la capacité d'absorption chez les entreprises et à la valorisation des connaissances tacites. En d'autres termes, tous les acteurs qui favorisent le développement des compétences et de l'apprentissage, ainsi que la transfert et l'appropriation du savoir.

A titre d'exemple, les pôles de compétitivité tels les Clusters et les Centres Techniques Industriels, jouent un rôle important dans tout SNI, à travers ses acteurs institutionnels d'interaction, dans la mesure où ils soutiennent les entreprises à découvrir les nouvelles technologies et à innover. Aussi, la mise en place de structures de mise à niveau, de modernisation du tissu industriel et des mécanismes d'incitation et de soutien à l'investissement technologique ou à la création de nouvelles entreprises innovantes, reste l'une des fonctions principales du SNI.

5.1 LES PRINCIPALES COMPOSANTES DU SNI DU MAROC

En se référant aux travaux de Groenewegen et Va Der Steen, le modèle SNI du Maroc peut être décliné en Six composantes, à savoir:

5.1.1 LA COMPOSANTE POLITIQUE

Elle regroupe des organes d'orientation, de planification, d'évaluation et d'élaboration de la politique de recherche et d'innovation. On distingue deux niveaux:

- **Organes d'orientation et de planification:** Ce sont des structures chargées de définir les orientations générales du développement scientifique et technologique, d'émettre des recommandations sur les priorités en matière de recherche, tout en assurant l'évaluation des activités de recherche scientifique et de R&D, dans le but de contribuer à l'intégration de la recherche scientifique et technique marocaine dans l'environnement socio-économique national et international. On y trouve principalement:

¹³ Selon la déclaration du Chef du gouvernement marocain le 30 décembre 2019, lors de la séance mensuelle des questions de politique générale à la Chambre des représentants à Rabat.

- a. **Le Comité Permanent Interministériel de la Recherche Scientifique, de l'Innovation et du Développement Technologique (CPIRSIDT)**, créé par Décret du 11 juillet 2000, et réformé par le Décret 2.15.87 du 31 Mars 2015. Il lui revient en principe de définir les priorités nationales en matière de recherche scientifique et d'innovation. Il demeure une initiative du Secrétariat d'Etat à la recherche, qui en assurait le secrétariat permanent¹⁴;
 - b. **L'Académie Hassan II des Sciences et Techniques (AH2ST)**: Créée par la loi 1-93-364 du 6 octobre 1993, elle a pour mission de définir la politique nationale en matière de recherche scientifique et technique, promouvoir la recherche scientifique et technique à travers l'évaluation des programmes scientifiques et technologiques, ainsi que le financement de certains programmes, en intégrant des activités connexes dans l'environnement socio-économique national et international;
 - c. **Le Conseil Supérieur de l'Education, de la Formation et de la Recherche Scientifique (CSEFRS)**, créé en 2014 par la loi 105.12. Selon les dispositions de l'article 168 de la Constitution, le CSEFRS est une institution constitutionnelle consultative, chargée de donner son avis sur toute question dont il est saisi par le gouvernement, en relation avec les grandes options nationales, les orientations générales et les programmes et projets d'intérêt spécial concernant les secteurs de l'éducation, la formation et la recherche scientifique, ainsi que sur les objectifs et le fonctionnement des services publics chargés de ces domaines. Il contribue également à l'évaluation des politiques et programmes publics menés dans lesdits domaines, via l'instance nationale d'évaluation (INE).
- **Organes exécutifs**: Ce sont les départements ministériels, chargés de mettre en œuvre les politiques publiques de l'Etat marocain en matière de recherche scientifique et d'innovation. Il s'agit notamment du Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur de la Formation et de la Recherche Scientifique, du Ministère de l'Industrie, de l'Investissement, du Commerce et de l'Economie Verte et Numérique, et d'autres Ministères.

Il faut rappeler qu'un Secrétariat d'Etat à la recherche a été créé en 1998 et dissout en 2004. Il a accompli, durant sa courte existence une œuvre considérable. C'est pour la première fois que la recherche scientifique devait être traitée pour elle-même. En effet, les grandes institutions directrices ont été construites à l'époque, les outils d'une politique ont été mis en place, l'évaluation des capacités a été réalisée permettant ainsi de dessiner une stratégie dédiée exclusivement à la recherche scientifique.

5.1.2 LA COMPOSANTE ÉDUCATION ET RECHERCHE

Elle rassemble tout le système de l'enseignement supérieur, y compris les universités publiques et privées, les laboratoires de recherche universitaires, ainsi que les instituts de recherche publics et privés, tels que La Fondation Marocaine pour les Sciences avancées, l'Innovation et la Recherche (MaScir), l'Institut de Recherche en Energie Solaire et en Energie nouvelle (IRESEN), le CNESTEN, l'INRA, l'INRH, LPEE etc.

5.1.3 LA COMPOSANTE PRODUCTION

Au cœur du SNI, on trouve les grandes entreprises marocaines, les FMN, les PME, les startups innovantes qui exercent des activités de R&D et d'innovation, en tant qu'utilisateurs de l'innovation et producteurs de procédés, de biens ou services innovants.

5.1.4 LA COMPOSANTE DES CONDITIONS CADRE

Elles sont déterminées dans une large mesure par l'environnement juridique, économique et social du pays, favorable (ou non) au développement de la recherche et de l'innovation, en particulier les lois, les mesures incitatives, la mobilité du travail et l'entrepreneuriat.

5.1.5 LA COMPOSANTE DES STRUCTURES DE MISE EN RÉSEAU

Il s'agit des institutions pont (Djalfet, cité par Amdaoud, 2017), dédiées à renforcer l'interactivité entre les producteurs et les utilisateurs de la recherche et à jouer le rôle d'incubateur de projets innovants. C'est un environnement propice à l'Open Innovation et à l'innovation collaborative. Plusieurs formes de structures de mise en réseau existent, on en cite principalement:

¹⁴ Actuellement c'est la Direction de la Recherche Scientifique au Sein du Ministère de l'Enseignement (MENESRSFC) qui en assure le secrétariat

- **Les Clusters:** A la lumière de l'Initiative Maroc Innovation, Ce programme vise à structurer la démarche de mise en place des clusters et de mettre les conditions favorables à la stimulation de la création de ces derniers, le MIICEN a effectué en 2010 une étude pour la définition d'une politique publique marocaine de promotion des clusters, sur la base de quoi une série d'actions a été mise en œuvre. Le Maroc dispose actuellement de 13 clusters opérationnels, et un cluster en cours de création. (Voir Annexe 1)
- **Les cités d'innovation:** Est un programme qui a été lancé conjointement par le ministère de l'enseignement supérieur (MENESFRS) et le ministère de l'Industrie (MIICEN). Il a pour objectif de créer autour de l'université, une plateforme fédératrice de centres de R&D, d'entreprises, d'incubateurs, de pépinières d'entreprises innovantes et des services communs, en but de valoriser la recherche scientifique auprès des entreprises et de favoriser le transfert de technologie, dans une perspective de contribution au développement durable, sur le plan territorial. (Voir Annexe 2)
- **Les technopôles:** Ce sont des structures de mise en réseau entre des PME, des universités et des laboratoires de recherche. Ces trois entités s'allient autour de projets qui touchent le domaine de leur activité et souvent loin de leur cœur du métier. Les technopôles ou pôles de technologie prennent plusieurs formes, dont on peut citer notamment:
 - **Les centres d'innovation:** Se situant souvent à l'intérieur de campus universitaire, ils fournissent de petites unités de recherche ou d'expertise en faveur des Entreprises.
 - **Les parcs scientifiques:** C'est une Forme anglo-saxonne de partenariat Université-industrie et à proximité des campus, leur développement est lié aux firmes possédant un département de «recherche et développement» en croissance ou déjà renommé, associé avec les laboratoires universitaires et avec d'autres unités subordonnées. Ces unités se composent de bureaux, de laboratoires et d'ateliers.
 - **Les parcs technologiques:** comprennent une forte proportion de recherche appliquée, éventuellement (mais pas nécessairement) en liaison avec les universités. L'activité essentielle y est la production industrielle de haute technologie et les services aux entreprises. Les technopoles sont souvent l'objet d'une opération mixte, activités économiques d'un côté, habitat et équipements de l'autre. (Voir annexe 3)

5.1.6 LA COMPOSANTE INFRASTRUCTURE

Il s'agit de l'ensemble d'organisations et de structures à vocation financière, réglementaire, TIC etc, qui apportent l'appui opérationnel nécessaire au développement des activités de la recherche et de l'innovation, Elle est en l'occurrence répartie en quatre composantes, à savoir:

- a. Les structures et mécanismes dédiés au financement des programmes de recherche, de projets innovants lancés par les PME et ceux initiés par de nouvelles entreprises (startups), on en cite principalement le Centre Marocain d'innovation (dissout fin 2013), la caisse centrale de garantie (CCG);
- b. Les structures chargées de la protection des droits de propriété intellectuelle, tel l'OMPIC;
- c. Les structures d'appui, qui contribuent au développement des capacités technologiques. Elles englobent les structures mises en place directement par le gouvernement marocain, les organismes mis sous tutelle des administrations publiques, ou créées dans le cadre de partenariat public/privé. On y trouve à titre indicatif le réseau marocain d'incubation et d'essaimage (RMIE), les bases de données (IMIST, MARWAN) relevant du CNRST, les plateformes industrielles telles que les zones industrielles intégrées, les fablabs.

5.2 LE SCHÉMA ORGANISATIONNEL DU SNI DU MAROC

A l'issue des composantes précitées, le schéma suivant reprend les principaux acteurs institutionnels du SNI du Maroc:

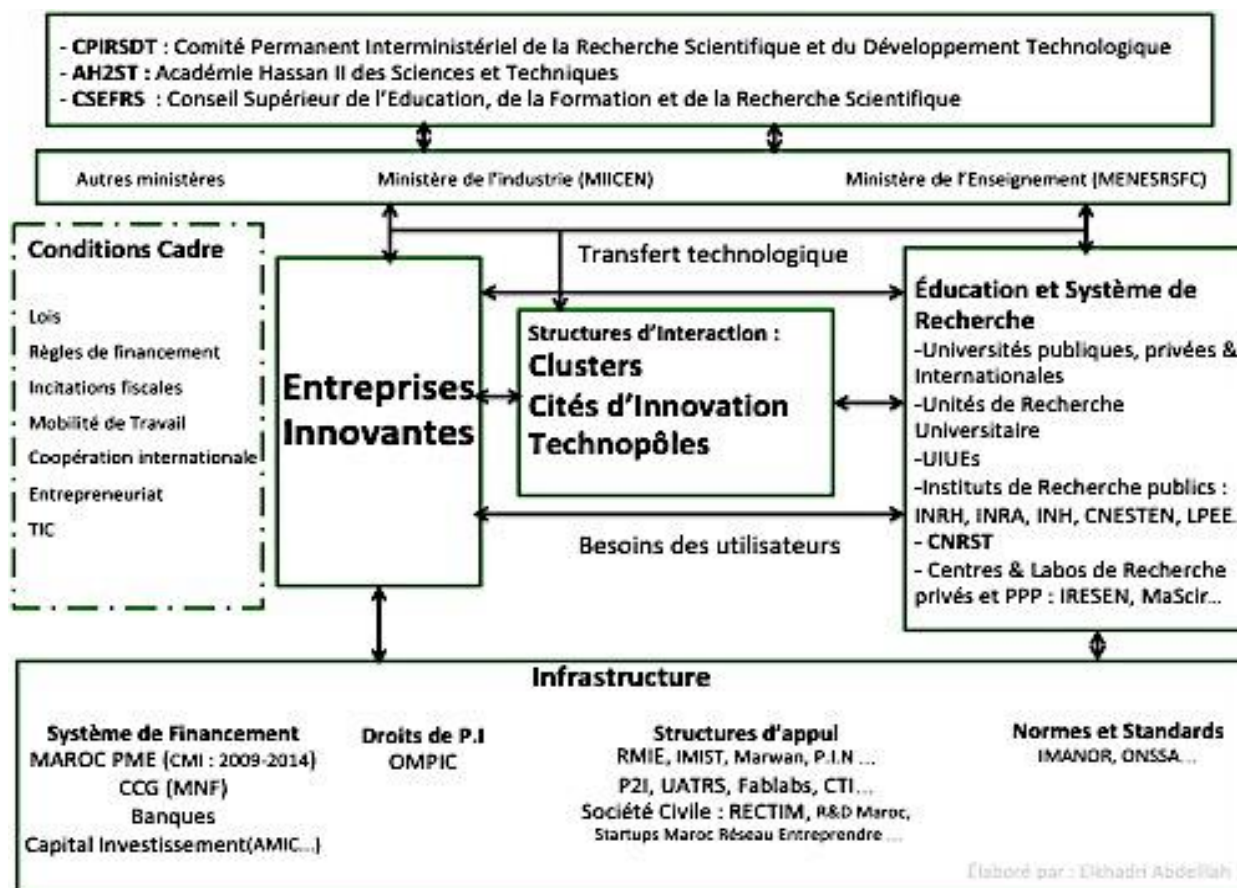


Fig. 1. Schéma du SNI du Maroc (Fig. adaptée du modèle de Groenewegen et Van Der Steen (2006) ¹⁵⁻¹⁶)

6 APERÇU SUR LE POSITIONNEMENT MONDIAL DU MAROC EN MATIÈRE DE L'INNOVATION

Évalué selon l'Indice Global d'Innovation (GII) de 2020, à l'échelle internationale, le système national d'innovation marocain se situe au 75^{ème} rang sur la liste de 131 économies évaluées selon l'Indice Global de l'Innovation (GII) publié en 2020¹⁷, alors qu'il occupe la 110^{ème} place en terme d'absorption de connaissance, comme l'illustre le tableau ci-dessous, retraçant l'évolution du classement du Maroc selon l'indice principal GII et quatre autres indicateurs, depuis 2013 jusqu'à 2020:

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Global Index Innovation	92	84	78	72	72	76	74	75
Inputs Innovation	90	88	78	75	79	84	83	85
Outputs Innovation	99	85	84	70	68	69	66	69
Knowledge Absorption	129	84	121	120	118	106	116	110
Innovation Linkage	117	123	124	118	115	106	114	117

Source: Rapports GII (OMPI et al.)

¹⁵ voir acronymes en annexe 4

¹⁶ J. Groenewegen and M. Van Der Steen, (2006) : "The Evolution of National Innovation Systems, Journal of economic issues, Vol. XL No.2, N.B : Groenewegen et V.D Steen ont inspiré leur modèle de celui conçu par O'Doherty and Arnold (2003).

¹⁷ Rapports GII : 2013-2020 : élaborés par l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI), en partenariat avec l'Université Cornell et l'Institut européen d'administration des affaires (INSEAD)

Alors qu'il a marqué un léger progrès en termes du GII, le Maroc a enregistré des performances mitigées quant aux sous-indices, notamment en termes des inputs et des outputs de l'innovation.

En effet, le sous-indice des intrants de l'innovation (Inputs Innovation) du Maroc (capital humain, infrastructures, institutions, ...) s'est passé de 90^{ème} en 2013 au 85^{ème} rang en 2020. Alors qu'il a considérablement amélioré son classement en termes des extrants d'innovation (outputs innovation) (technologie, production de connaissances, innovation et créativité...), passant de 99^{ème} rang au 69^{ème} rang.

Cependant, son classement en termes d'indicateur d'absorption de connaissance reste trop faible, situant le Maroc parmi les 20 derniers pays, ce qui amène à conclure que l'absorption technologique ne prennent pas encore de place dans le tissu industriel marocain. Il en va de même pour l'indicateur d'évaluation du réseautage en matière de l'innovation entre les parties prenantes « Innovation Linkage », dont le Maroc au tour du 117^{ème} rang, ce qui signifie que les acteurs de l'écosystème de l'innovation ne développent pas assez de relations entre eux pour être efficaces.

7 CONCLUSION

Les réformes juridiques et institutionnelles entreprises par le Maroc, pour la consolidation de son propre SNI, nous enseigne sur un effort considérable et une volonté politique prometteuse, dans le but de rendre la recherche scientifique et l'innovation un levier fondamental au service du développement durable du Maroc.

Pourtant, les retombées de ces réformes sur le processus d'apprentissage restent trop limitées. De nombreuses lacunes et barrières ont constitué un rempart solide contre toutes les tentatives, visant à consolider les capacités d'apprentissage et à déclencher une véritable dynamique innovatrice. On en cite à titre indicatif:

- Une faible gouvernance;
- Une atomisation d'acteurs dispersés et chantiers éparés;
- Un cloisonnement institutionnel au sein des acteurs publics, et aussi, par rapport au secteur privé;
- Un faible engagement des opérateurs du secteur privé;

Ces défaillances, structurelles qu'elles soient, confirment l'état pléthorique du Système National d'Innovation du Maroc. Ce qui amène à s'interroger sur les obstacles qui entravent sa maturation. Notre prochain travail portera sur l'un des principaux facteurs contraignants: les politiques de financement de la recherche et de l'innovation au Maroc.

REFERENCES

- [1] C. FREEMAN (1987); *Technology Policy and Economic Performance: Lesson from Japan*, London, Pinter.
- [2] P. LABERGE (1987); *Politiques scientifiques du Maghreb: l'implantation du système scientifique dans les sociétés maghrébines de 1830 à 1980*. Phd, Université de Montréal, Décembre 1987.
- [3] R. Nelson (1988); "Institutions Supporting Technical Change in the United States" in G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, L. Soete (eds.), *Technical Change and Economic Theory*. London and New York: Pinter Publisher (pp. 312-329).
- [4] B.A. LUNDVALL (1988); "Innovation as an Interactive Process: From User-producer Interaction to the National System of Innovation," in G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, L. Soete (eds.), *Technical Change and Economic Theory*. London and New York: Pinter Publisher (pp. 349-369).
- [5] C. FREEMAN, B.A. LUNDVALL, (1988); *Small Countries Facing the Technological Revolution*, London, Pinter.
- [6] R. NELSON (1992), "National Innovation Systems: A Retrospective on a Study, "Industrial and Corporate Change", Vol. 1, n. 2, pp. 347-374.
- [7] B.A. LUNDVALL (1992a,); *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter Publisher.
- [8] B.A. LUNDVALL (1992b); "User-producer Relationship, National Systems of Innovation and Internationalization," in B-Å Lundvall (ed.), *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter Publisher (pp. 45-67).
- [9] R. NELSON (1993); "National Innovation Systems: a Comparative Analysis," Oxford University Press. COSEF sous direction de Mr. Abdelaziz Meziane Belfkih (1999); « La charte nationale d'éducation-formation ». Octobre 1999.
- [10] R. AROCENA & J. SUTZ (2000a); *Looking at national systems of innovation from the south*. Ministère de la Prévision Economique et du Plan, (2000) «Le plan de développement économique et social 2000-2004, Vol1: les orientations et les perspectives globales de développement économique et social ».
- [11] J. BOUOYOUR (2003); « système national d'innovation du Maroc », *Critiques économiques*, Hiver 2003.
- [12] M. MEZOUAGHI, (2004); «Les enseignements des approches du système national d'innovation: les économies semi-industrialisées».

- [13] FL. BARTELS, VOSS H (2005); Determinants of national innovation systems. Paper presented at the 14th International Conference for the International Association of Management of Technology, Vienna, Austria.
- [14] J. GROENEWEGEN and M. VAN DER STEEN, (2006); "The Evolution of National Innovation Systems, JOURNAL OF ECONOMIC ISSUES, Vol. XL No. 2 (cité par D. Dimitrov; 2007: "Policy and Models for R&D Management in Support of Defence Industrial Transformation").
- [15] MENESFCRS, (2006); « Stratégie Nationale pour le développement de la recherche scientifique à l'horizon 2025 » Septembre 2006.
- [16] MENESFCRS (2006); Plan d'Action 2006-2010.
- [17] B. Oyelaran-Oyeyinka et P. G. Sampath, (2007); « Learning Through Inter-Organisational Interactions: Public Research Institutes in the Nigerian Biopharmaceutical System of Innovation » European Journal of Development Research 19 (1): 174-193.
- [18] M. Kleiche-Dray (2007); « la recherche scientifique au Maroc, rapport de synthèse. Metcalfe S. et Ramlogan R. (2008). Innovation systems and the competitive process in developing economies. The Quarterly Review of Economics and Finance. 48 (2): 433–446. OCDE (2008). Open innovation in global networks. Document de synthèse de l'OCDE. Novembre.
- [19] CUGUSI, B. (2008); « Le système national d'innovation au Maroc ». Centro Studi di Politica Internazionale. Document de travail, janvier 2008.
- [20] J. Fagerberg & M. Srholec (2008); National Innovation Systems, Capabilities and Economic Development.
- [21] MENESFCRS (2008); Programme d'Urgence 2009-2012.
- [22] A. DJEFLAT, (2009); « Construction des systèmes d'innovation en phase de décollage dans les pays Africains: essai d'analyse à partir des centres techniques industriels au Maghreb » Dakar: 5-8 Octobre 2009.
- [23] A. GHOUATI (2010); « L'enseignement supérieur au Maroc: de l'autonomie à l'indépendance ».
- [24] El Mouhoub M.; (2011), Mondialisation et délocalisation des entreprises, 3e éd., La Découverte, collection Repères, Paris.
- [25] M. Rahmouni et M. Yildizoglu, (2011); « Motivations et déterminants de l'innovation technologique: Un survol des théories modernes ».
- [26] P. Bartels, J. Cucherousset, K. Steger, P. Eklöv, L.J. Tranvik, H. Hillebrand (2012); « Reciprocal subsidies between freshwater and terrestrial ecosystems structure consumer resource dynamics ».
- [27] Académie Hassan II des Sciences et Techniques, (2012); « Développer la recherche scientifique et l'innovation pour gagner la bataille de la compétitivité: un état des lieux et des recommandations clés ».
- [28] A. DJEFLAT (2012); « Les efforts du Maroc dans l'économie fondée sur la connaissance », CMI Marseille, Rapport Septembre 2012.
- [29] Castellacci F. et Natera J. M. (2013); The dynamics of national innovation systems: A panel cointegration analysis of the coevolution between innovative capability and absorptive capacity. Research Policy.
- [30] S. HAMIDI & N. BENABDELJALIL, (2013); « National Innovation Systems: the Moroccan Case », 2nd International Conference on Leadership, Technology and Innovation Management, Avril 2013.
- [31] IRES, (2015); Rapport d'évaluation intitulé: Comment faire du Maroc un hub régional en matière de recherche scientifique et d'innovation ? - Juillet 2015.
- [32] Z. AIT BENHAMMOU (2015); « Politiques économiques au Maroc-plans sectoriels Maroc », Chiffres & Bilans du Plan Maroc Vert, Plan d'Emergence Industrielle, données et analyses.
- [33] R. Amine; (2016); "Les clusters au Maroc: vers l'émergence d'une nouvelle politique industrielle territoriale".
- [34] V. Casadella et D. Uzunidi; (2017); « National Innovation Systems of the South, Innovation and Economic Development Policies: A Multidimensional Approach », Dans Journal of Innovation Economics & Management 2017/2 (n° 23), pages 137 à 157.
- [35] S. Ben Slimane, M. Ramadan (2017); « le système national d'innovation dans les pays du Maghreb: entre failles structurelles et besoin de coordination et de gouvernance appropriées »; De Boeck Supérieur | « Innovations » 2017/2 n° 53.
- [36] M. Amdaoud, (2017); « Le Système National d'Innovation en Algérie : entre inertie institutionnelle et sous-apprentissage » Innovations 2017/2 (n° 53), pages 69 à 104. J. GAILLARD et H. BOUABID, (2017), la recherche scientifique au Maroc et son internationalisation, Editions universitaires européenne.
- [37] M. DIAMANE & S. KOUBAA, (2017) « Financement des entreprises innovantes au Maroc: Etat des lieux » OMPI « avec INSEAD & CORNEILL UNIVERSITY; Rapports au titre des années 2013 jusqu'à l'année 2020.

ANNEXE 1: LISTE DES CLUSTERS OPÉRATIONNELS AU MAROC JUSQU'À CE JOUR (AVEC LEUR DATE DE CRÉATION)

Clusters du Maroc	Etat	Activité	Etat & Positionnement territorial
Cluster Electronique Mécatronique, et Mécanique du Maroc (CE3M)	Constitué	Métaux, Electronique	Construit - Mohammedia Casablanca
Aerospace Moroccan Cluster	Constitué	Métaux, Electronique	Construit - Nouaceur Casablanca
Maroc Numeric Cluster (MNC)	Constitué	T.I.C	Construit - Casablanca
Cluster des Textiles Techniques Marocains (C2TM)	Constitué	Métaux, Electronique	Construit - Casablanca
Moroccan Denim Cluster (MDC)	Constitué	Métaux, Electronique	Construit - Casablanca
Cluster Industriel pour les Services Environnementaux (CISE)	Constitué	Environnement	Construit - Rabat
Cluster Solaire	Constitué	Environnement	Construit - Rabat
Cluster Efficacité énergétique des Matériaux de Construction (EMC)	Constitué	Environnement	Construit - Settat
Agadir Haliopôle (AHP)	Constitué	Agri & Agro-Industrie	Enraciné - Agadir
Marrakech Executivity Network for Advanced Research in Art's living (MENARA)	Constitué	Divers	Enraciné Marrakech
Agripole Innovation Meknès (AGRINOVA)	Constitué	Agri & Agro-Industrie	Enrciné - Meknès
Cluster Automobile	Encours	Métaux, Electronique	Construit - Tanger
Cluster Automobile	Encours	Métaux, Electronique	Construit - Casablanca
Cluster Textile de Maison	Constitué	Créatif et culturel	Enraciné - Casablanca
Cluter Design d'Intérieur	Constitué	Créatif et culturel	Enraciné Marrakech

Source: Rapports MIICEN et Documents R&D Maroc

ANNEXE 2: LISTE DES CITÉS D'INNOVATION

Ville	Université de rattachement	Date de création
Agadir	Ibn Zohr (Souss Massa)	Janvier 2020
Rabat	Université Mohammed V Agdal de Rabat,	
Marrakech	Université Cadi Ayyad de Marrakech,	En cours d'inauguration officielle
Casablanca	Université Hassan II Ain Chok de Casablanca	En cours X@
Fès	Université Med Ben Abdellah de Fès	Mars 2010
Settat	Université Hassan 1 ^{er}	Encours d'inauguration officielle
Kénitra	Université Ibn Tofail	Encours d'inauguration officielle

Sources: Sites des Universités marocaines

ANNEXE 3: LISTE DES TECHNOPOLES DU MAROC

Dénomination	Date de création	Emplacement	Secteur d'activité
Rabat Technopolis	2009	Rabat	TIC
Casablanca Technopark	2001	Casablanca	TIC
Technopole de Nouaceur	2011	Casablanca	Aéronautique
Parc Haliopolis	2009	Agadir	Industrie de transformation des produits de la mer
Agrotech Souss Massa Drâa (Agrotech SMD)	2006	Agadir	Agroalimentaire
Agro-technopôle de Berkane	2011	Berkane	Agroalimentaire
Agro-technopôle de Meknès	2014	Meknès	Agroalimentaire
Technopole d'Oujda	2011	Oujda	Biotechnologies
Océanopôle de Tan Tan	2010	Tan Tan	Ressources marines

Sources: Article « Pôles de compétitivité et développement territorial: Étude sur les technopôles au Maroc »

ANNEXE 4: ACRONYMES DES ACTEURS INSTITUTIONNELS DU SNI DU MAROC

- **ADD:** Agence de Développement du Digital
- **AH2ST:** Académie Hassan II des Sciences et Techniques
- **CNRST:** Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique
- **CPIRSDT:** Comité Permanent Interministériel de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique
- **CSEFRS:** Conseil Supérieur de l'Éducation, de la Formation et de la Recherche Scientifique
- **IMIST:** Institut Marocain d'Information Scientifique et Technique
- **IRESN:** Institut de Recherche en Énergie Solaire et Énergies Nouvelles
- **MARWAN:** Moroccan Academic and Research Wide Area Network
- **MENESRSFC:** Le ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement supérieur, de la Recherche scientifique et de la Formation des cadres
- **MIICEN:** Ministère de l'Industrie, de l'Investissement, du Commerce, et de l'Économie Numérique
- **MaScir:** La Fondation MASclR, Moroccan Foundation for Advanced Science, Innovation and Research
- **OMPIC:** Office Marocain de la Propriété Industrielle et Commerciale
- **P2I:** Plateformes Industrielles intégrées
- **P.I.N:** Point d'Information National
- **UATRS:** Unités d'Appui à la Recherche Technique (relevant du CNRST)
- **UIUE:** Unités d'Interface Université-Entreprise

منهجية تحليل مؤلفات موسيقى عربية : مقترح لمقاربة نظرية وتطبيقية

[Methodology of analyzing Arab music compositions : A proposal for a theoretical and practical approach]

Aziz Ouertani

Phd Musicology, The Higher Institute of Arts and Crafts, University of Gabes, Tunisia

Copyright © 2021 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 methodology is to combine Arab musical characteristics with various modern compositional techniques, and to study these works, we have relied on several references and studies concerned with musical analysis and Western musical theories, which can be used in Arab maqam music that includes various analytical methodological bases. Whereas, the proposed analytical study includes four analytical aspects represented mainly in the melodic aspect, the rhythm side, the performance aspect and the harmonic analysis, which are the basic elements for analyzing the melodic themes that make up each effect, considering the structural division. In addition to the possibility of adopting it also in improvisational musical works (rhythmic or free), this study also contains a section in which we deal with the constants and variables occurring in the musical effect, depending also on the analytical elements included in this proposal.

KEYWORDS: Analysis, Method, Rhythm, Melody, performance, Occidental Music, compositions.

ملخص: إنّ الهدف هذه المنهجية إلى الجمع بين الخصائص الموسيقية العربية ومختلف تقنيات التأليف الحديثة، ولدراسة هذه الأعمال اعتماداً على عدّة مراجع ودراسات تعنى بالتحليل الموسيقي والنظريات الموسيقية الغربية، والتي يمكن توظيفها في الموسيقى المقامية العربية التي تتضمن مختلف القواعد المنهجية التحليلية، وذلك حسب ما تتطلبه من طبيعة العمل المراد القيام به، حيث أنّ الدراسة تحليلية المقترحة تتضمن أربعة جوانب تحليلية متمثلة أساساً في الجانب اللحني والجانب الإيقاعي والجانب الخاص بالأداء والتحليل الهارموني، وهي العناصر الأساسية لتحليل المواضيع اللحنية المكوّنة لكل أثر باعتبار التقسيم البنيوي، إضافةً لإمكانية اعتمادها كذلك في الأعمال الموسيقية الارتجالية (موزونة أو حرة)، تحتوي هذه الدراسة كذلك على جزء نعالج من خلاله الثوابت والمتغيرات الحاصلة في الأثر الموسيقي بالاعتماد كذلك على العناصر التحليلية المدرجة في هذا المقترح.

كلمات دلالية: التحليل، المنهج، الإيقاع، اللحن، الأداء، موسيقى غربية، مؤلفات.

1. تقديم

تهدف هذه المنهجية في الجمع بين عدّة مناهج خاصة بالتحليل الموسيقي من خلال الكتابات والدراسات التي وردت في اختصاص الموسيقىولوجيا التحليلية، والتي تعددت فيها المحاولات لوضع طرق ووسائل تساعد الباحث والمحلل على فهم الأثر الموسيقي واستخراج مختلف خصائص التعبير والأداء من خلال دراسة مختلف الجوانب المكوّنة للأثر، نذكر منها الجانب اللحني والجانب الإيقاعي والجانب الخاص بالأداء (هو إشارة إلى مختلف العناصر المتصلة بالأداء) كما يمكن إدراج جانب متعلق بالتحليل الهارموني وهذا بالنسبة إلى المؤلفات الموسيقية العربية التي تتضمن طرق كتابة موسيقية غربية، إضافةً إلى إدماج جوانب أخرى تتعلق أساساً بعلاقة الكلمة بالكساء اللحني إذا تعلّق الأمر بتحليل مؤلفات غنائية عربية.

2. منهجية تحليل مؤلفات موسيقى عربية

تتضمن هذه المنهجية المراحل الأساسية المتبعة لدراسة الأثر الموسيقي العربي مع ضرورة الاعتماد على التسجيل السمعي للعمل ومحاولة تدوينه تدويناً دقيقاً في حالة تعذر الحصول على المذونة الأصلية :

1.2. التحليل السمعي النظري

وهي مرحلة تعنى بالاستماع والتحليل الفوري النظري للأثر، وتمثّل هذه المرحلة النقطة الأساسية والفعلية لبداية التحليل.

2.2. التقديم العام للأثر

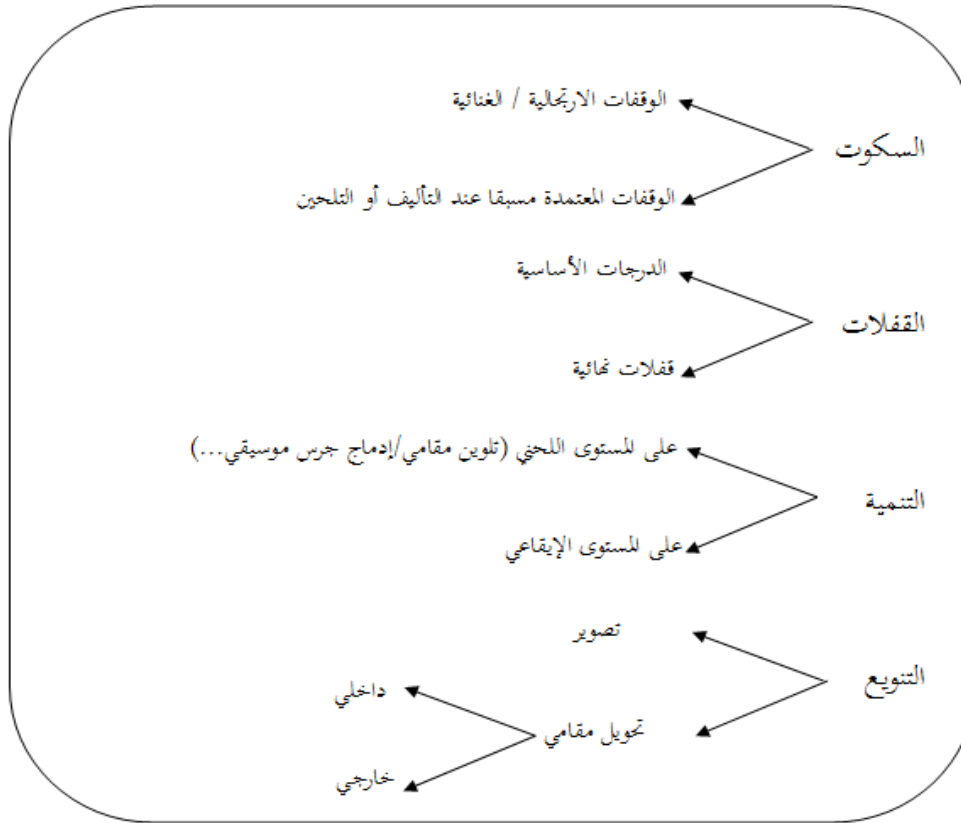
من خلال وضعه إطاره الزمني والجغرافي الذي أنتج فيه.

3.2. التحليل الهيكلي

إثر الاستماع للأثر الموسيقي بمختلف أنماطه تأتي مرحلة التقطيع، أي تجزئة العمل حسب المواضيع اللحنية الكبرى، الأجزاء الثانوية والأجزاء الثانوية الفرعية: مثال:

الموضوع اللحني A: A1/A2/A3/A3.1/A3.2/A4

يمكن أن يخضع التقطيع إلى عدة معايير يعتمدها المحلل كعناصر أساسية لتجزئة الأثر:



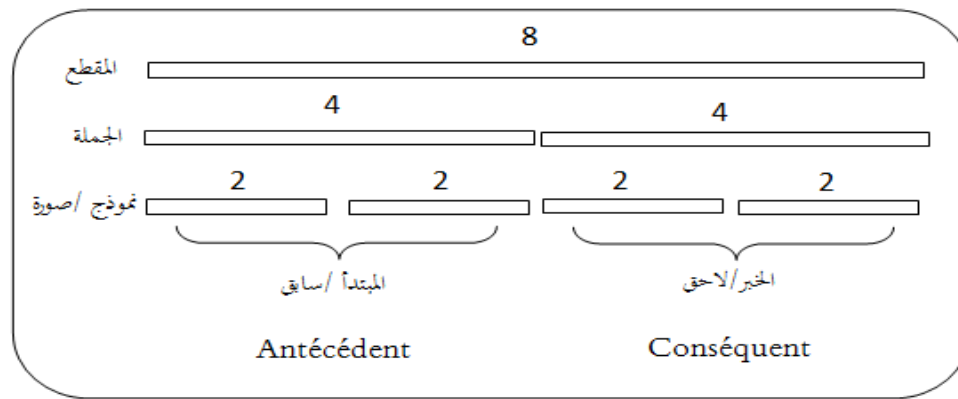
رسم بياني 1 : معايير تحديد الجملة الموسيقية

وضع جدول بياني عام للأثر يحوّل مختلف البيانات المتعلقة بالمواضيع اللحنية الكبرى والأجزاء اللحنية الثانوية والفرعية للأثر والفواصل اللحنية (إن وجدت) وذلك بصفة مسترسلة كما وردت في الأثر، مع تحديد مختلف العناصر المتعلقة بعدد المقاييس والإيقاع البنيوي للترقيم الموسيقي والسرعة الأداء والمدة حسب التسجيل. (بالاعتماد على التسجيل المصاحب)

4.2. التحليل النغمي

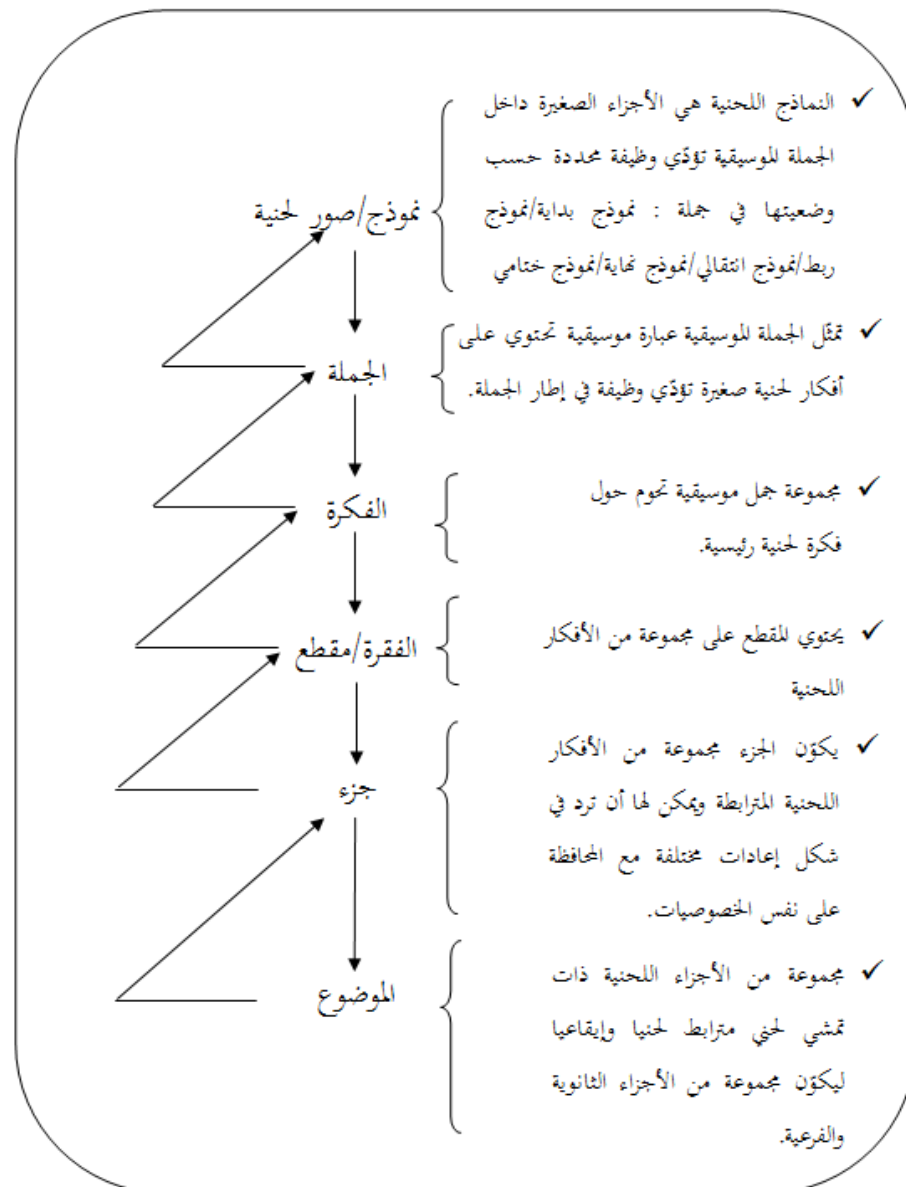
أي تحليل مختلف الجوانب اللحنية للأثر بالاعتماد على النقاط التالي:

- المقام الرئيسي
- اللهجة المقامية
- المنطقة المقامية
- المسافات اللحنية
- التجاذب بين الدرجات (حسب السياق النغمي وأهميتها في إظهار خصوصية المناخ المقامي)
- استخراج الجمل الأساسية للأجزاء الثانوية والفرعية للموضوع اللحني مع تحديد وظائفها الموسيقية حسب أهميتها في الأثر (الجمل التي تمثل وحدة مستقلة بذاتها) / يمكن لأي جملة موسيقية أن تتميز بمحورها النغمي حسب الوظيفة والمسار اللحني (جملة افتتاحية، جملة ختامية، جملة تحويلية، جملة معلقة، جملة تحاورية، جملة انتقالية). ترد الجملة اللحنية البسيطة حسب التخطيط الكلاسيكي في التأليف أو التلحين في بنية رباعية، تنقسم إلى جزئين مترابطين ومتكاملين ومتطابقين على المستوى الزمني:



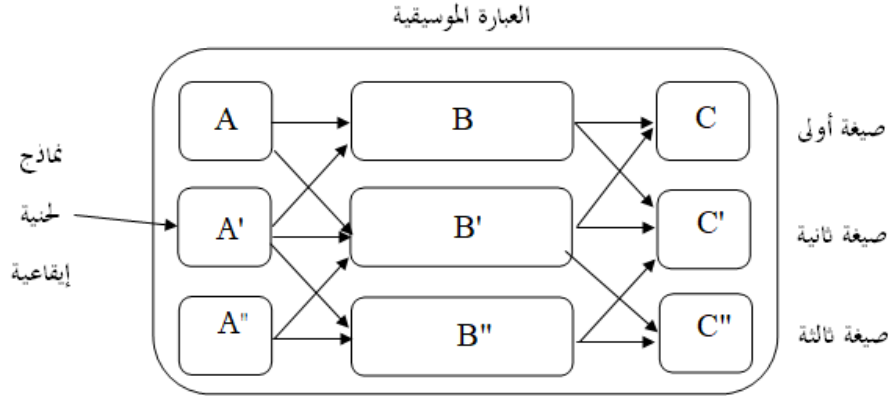
رسم بياني 2: بنية الجملة الموسيقية

- تحديد الأجزاء الكبرى وتجزئتها إلى صور أو نماذج لحنية إيقاعية بالاعتماد على هذا الترتيب الهرمي:



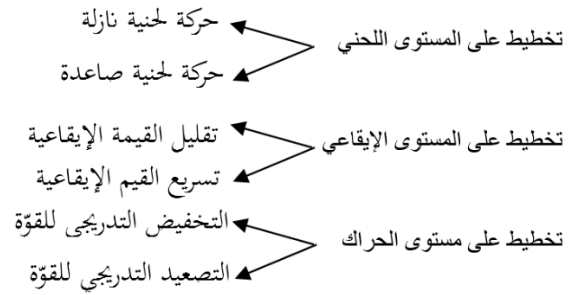
رسم بياني 3: تحديد الأجزاء الكبرى للأفكار الموسيقية

• التحليل الاستبدالي



رسم بياني 4 : تحديد النماذج اللحنية للجملة الموسيقية باعتماد التحليل الاستبدالي

- اختصار المسار اللحني
- المنحى التعبيري : هو إبراز حركة التوتر Tension والانفراج Détente لكل جملة موسيقية والتي تعرف بالحركات الصاعدة Arsitis والنازلة Thésis
- يمكن أن يعتمد المنحى التعبيري على :



- الانتقال بين الأفكار الموسيقية من خلال تغيير المناخ المقامي : (حسب التحليل السمعي)

5.2. التحليل الإيقاعي

- الوزن الأساسي
- الخلايا الإيقاعية
- أسلوب الكتابة الإيقاعية بين الخطوط اللحنية (إن وجدت): التعددية الإيقاعية، التطابق الإيقاعي

6.2. الأداء

- سرعة الأداء
- طريقة الأداء حسب نوعية الكتابة المعتمدة في العمل
- الأجراس الموسيقية المدرجة في العمل
- علاقة العازف بالآلة
- علاقة الأجراس الموسيقية بالأثر
- تقنيات الأداء

7.2. التحليل الهارموني (بالنسبة إلى الأعمال الموسيقية العربية التي تعتمد على الكتابة الأركستراالية)

- استخراج التوافقات في كامل الأثر
- ترقيم التوافقات
- تحديد القفلات الهارمونية
- استخراج الحركات بين الخطوط اللحنية المتوازية
- ← تُعتمد أقسام التحليل هذه في كل الأجزاء اللحنية الثانوية والفرعية

8.2. علاقة النصّ الشعري بالكساء اللّحني (بالنسبة إلى المؤلّفات الغنائية)

- الموضوع العام
- الهيكل الخارجي للنصّ الشعري
- لغة النصّ الشعري
- طبيعة النصّ الشعري (حواري أو أحادي)
- التقسيم اللفظي للنصّ
- تحديد خصوصيات اللغة واللهجة والايقاع الداخلي للنصّ (مواطن النبر)

9.2. استنتاجات

- تحديد الثوابت والمتغيّرات في كامل الأثر قصد استخراج خصوصيات تأليف العمل
- تحديد القالب النهائي ومقارنته بالقوالب الموسيقية العربية ومقارنتها لتحديد الإضافات على المستوى هيكلي للعمل.
- تحديد الهوية الموسيقية للأثر بالاعتماد على التصنيف التالي:

- الهوية الموسيقية العربية التراثية
- الهوية الموسيقية العربية المعاصرة
- الهوية الموسيقية العربية القومية

- استخراج المحدّات الأساسية والثانوية للهجة الموسيقية:

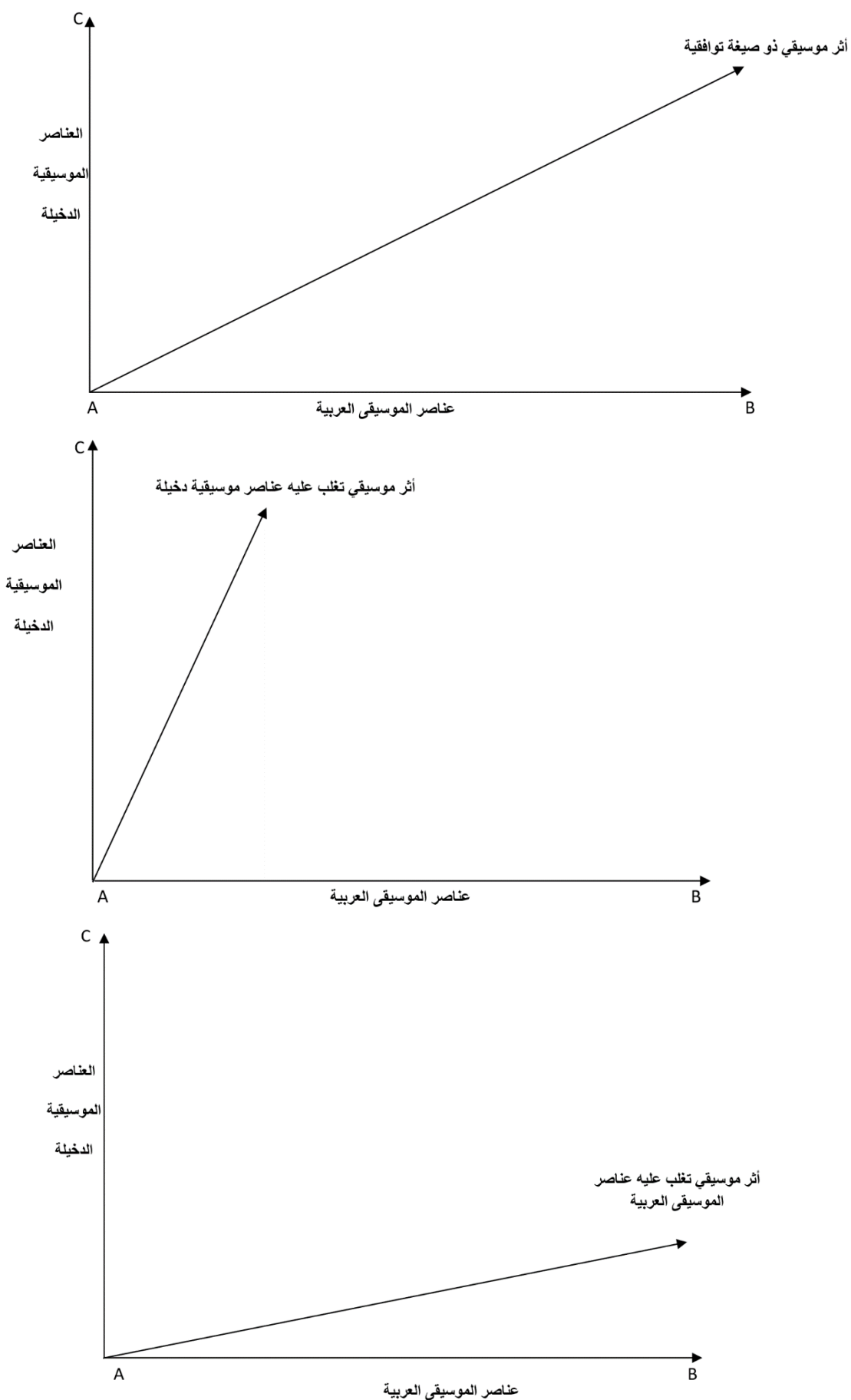
المحدّات الأساسية للهجة نجد تلك العناصر المتمثلة في :

- اللحن ومختلف العناصر المتصلة به لمعينة المقام أو الطبع : الصوت من خلال ربط الأصوات ببعضها يمكن تحديد معنى للهجة معيّنة، تنظيم الأصوات الموسيقية، أنواع المسافات الصوتية، التجاذب بين الأصوات الموسيقية (الطبوغرافية النغمية)، التكرار في التركيبات اللحنية (وظيفة النماذج اللحنية)، اللحن وطريقة أدائه (الأداء المونوفوني، الهيتيروفوني، البوليفوني ...)، الزخارف والتلوينات اللحنية.
- الإيقاع (بأنواعه: المصاحب الخارجي، الإيقاع البنوي الخاص بالترقيم الموسيقي، الإيقاع الداخلي الخاص باللحن، الزخرفة الإيقاعية)
- التقسيم الشعري (والذي يمكن له أن يتصل بالجانب الإيقاعي)

المحدّات الثانوية للهجة الموسيقية فهي تجمع بين المادّي واللامادّي والتي يمكن حصرها في ما يلي :

- الشكل أو القالب (الذي يمكن أن يحيلنا إلى الحديث عن إزدواجية في اللغة الموسيقية من خلال التمازج بين القالب المستورد والمضمون الموسيقي المحلي)
- الأجراس الموسيقية
- تركيبة الفرق الموسيقية
- تقنيات العزف
- التسوية الخاصّة بالآلة /أو الآلات.
- الإرتجال (الآلي والغنائي).
- الذائقة الموسيقية

يضع هذا الرسم البياني مختلف العناصر الموسيقية المستخرجة من الدراسة التحليلية والتي من خلالها يمكن تحديد العناصر الموسيقية العربية والعناصر الموسيقية الدخيلة وعلاقتها بالأثر الموسيقي، حيث يمثل المحور (A-B) العناصر الموسيقية العربية وفي المقابل فإنّ المحور (A-C) يمثل جُلّ العناصر الموسيقية الدخيلة، ويقدم العمل الموسيقي في شكل خطّ حسب العناصر الموسيقية التي يحتويها:



رسم بياني 5 : التوجهات الموسيقية للأثر حسب العناصر التقنية

10.2. تحليل الأعمال الآلية والغنائية المرتجلة

يمكن في هذا النمط من الأعمال الموسيقية إتباع نفس التمشي المنهجي لطريقة التحليل وذلك بالاعتماد على أهم النقاط التالية:

- تدوين العمل الموسيقي المرتجل من خلال التركيز على مختلف العناصر المتعلقة بالأداء
- تحديد المدة الزمنية للعمل

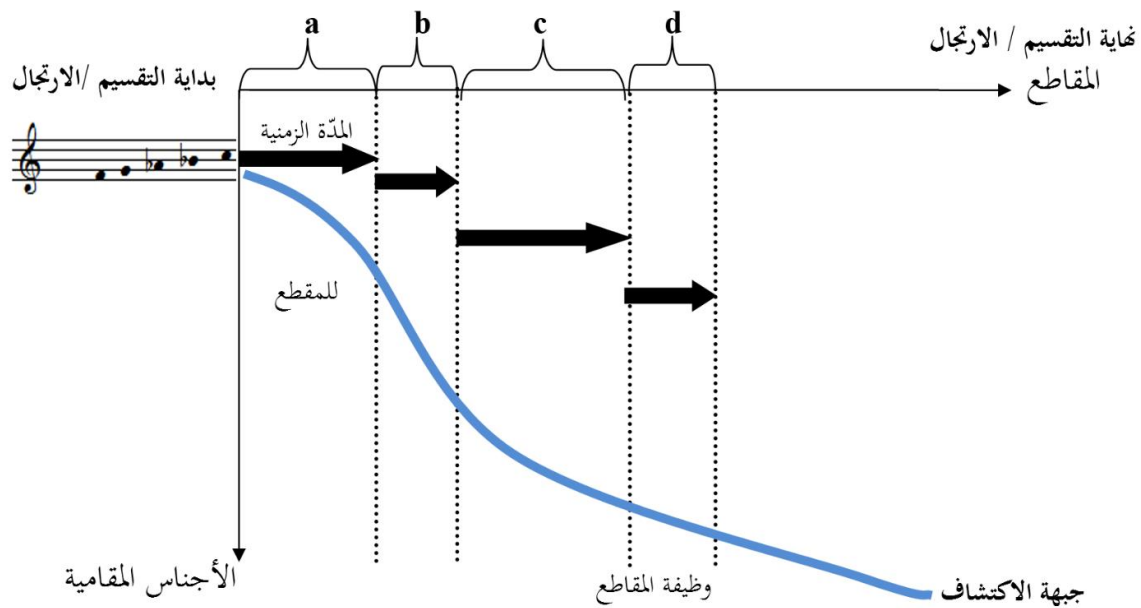
1.10.2. التحليل الهيكلي

استخراج المقاطع الموسيقية التي تكون فكرة لحنية مستقلة وتحديد وظائفها (العرض، تنمية اللحن، إعادة العرض)

2.10.2. التحليل النغمي

أي تحليل مختلف الجوانب اللحنية للأثر بالاعتماد على النقاط التالي:

- المقام الرئيسي
- المنطقة المقامية
- المسافات اللحنية
- التجاذب بين الدرجات حسب السياق النغمي وأهميتها في إظهار خصوصية المناخ المقامي
- استخراج الجمل الأساسية للمقاطع اللحنية مع تحديد وظائفها الموسيقية حسب أهميتها في المسار الارتجالي
- اختصار المسار اللحني
- المنحى التعبيري
- الانتقال بين الأفكار الموسيقية من خلال تغيير المناخ المقامي: (حسب التحليل السمعي / الرسم البياني للتلوينات المقامية)



يمكن هذا الرسم البياني من تحديد الخصائص التغمية للعمل من حيث مدى قدرة المؤدي على أداء الارتجال والتصرف في التلوينات المقامية.

3.10.2. التحليل الإيقاعي

- الوزن الأساسي (إن كان الارتجال موزوناً)
- استخراج أهم الخلايا الإيقاعية

4.10.2. الأداء

- سرعة الأداء (إن كان الارتجال موزوناً)
- طريقة الأداء
- تقنيات الأداء

3. مثال تطبيقي 1 : (متتالية للعود وأركستر من تأليف مارسال خليفة)

1.3. التحليل السمعي النظري

وضع العمل في إطاره الزمني والجغرافي وتقديم قراءة عامة للأثر ومؤلفه تأتي مرحلة الدراسة التحليلية بالاعتماد على مختلف الجوانب المقدمة في الدرس.

2.3. التحليل الهيكلي

حاولنا في البداية استخراج البنية العامة للأثر والتي تنقسم إلى مواضيع لحنية كبرى حسب الأفكار المحورية :

-المواضيع اللحنية: **F-E-D-C-B-A**، كل واحدة من هذه المواضيع اللحنية تنقسم إلى أجزاء لحنية مترابطة تتمحور حول مقترح لحن عام إلى جانب الأجزاء الفاصلة بين المواضيع اللحنية والتي جاءت في شكل تقسيم.

- الموضوع اللحني (A): A1/A2/A3
- الجزء الفاصل 1 : **T1**
- الموضوع اللحني (B): B1/B2/B3/B4
- الموضوع اللحني (C): C1/T2/C2/T3/C3
- الموضوع اللحني (D): D1/D2
- الجزء الفاصل 2 : **T4**
- الموضوع اللحني (E): E1
- الموضوع اللحني النهائي (F): F1/F2

←التمشي البنيوي للأثر:

A1،A2،A3،A2،A1/ **T1** الجزء الفاصل /B1،B2،B3،B4/C1، **T2**، C2، **T3**، C3/ D1،D2/**T4** الجزء الفاصل /E1/F1،F2.

3.3. جدول بياني العام للأثر

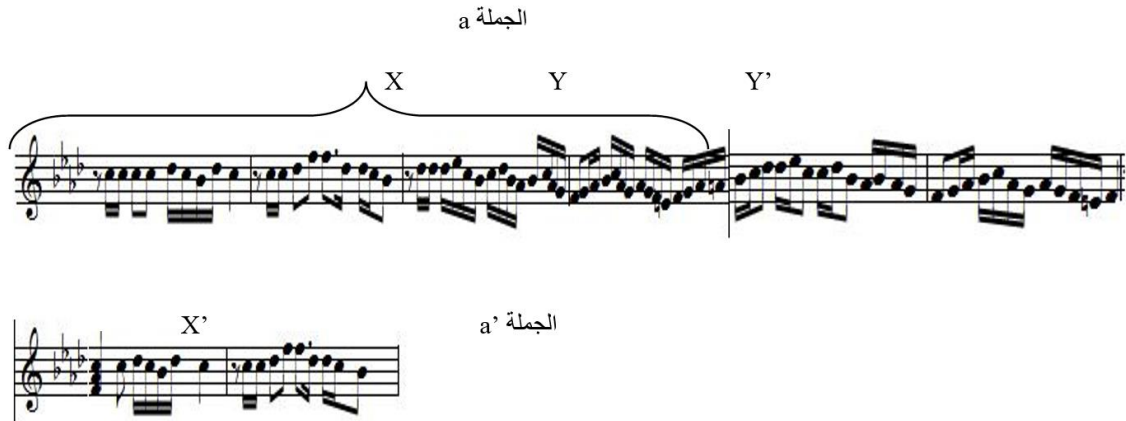
الأجزاء	الدليل الإيقاعي	المدة حسب التسجيل	عدد المقاييس	سرعة الأداء
A	A1	4/4	2 :30.041 1 :28.118	38 +23 ♩=76
	A2	4/4	0 :24.337 0 :22.239	8+8 ♩=96
	A3	3/8	1 :15.949	80 ♩=168
Cadenza T1 (جزء الفاصل T1) 0 :59.245 تقسيم عود				
B	B1	4/4	1 :53.031	40 ♩=100
	B2	4/4	1 :26.465	40 ♩=100
	B3	4/4	1 :59.849	48 ♩=100
	B4	2/4	1 :11.810	55 ♩=112
C	C1	3/2	1 :07.970	12 ♩=168
	Cadenza T2 0 :54.439 تقسيم عود			
	C2	3/4	1 :49.426	46 ♩=84
	Cadenza T3 0 :23.797 تقسيم عود			
D	C3	4/4	2 :52.173	32 ♩=84
	D1	6/8	1 :37.198	48 ♩=176
	D2	3/8	1 :37.280	88 ♩=176
	Cadenza T4 (جزء الفاصل T4) 0 :50.468 تقسيم عود			
E	E1	4/4	3 :10.684	102 ♩=132
F	F1	4/4	1 :55.774	67 ♩=132 ♩=144
	F2	3/4-4/4 مقياس	0 :30.197	17 ♩=160

4. مثال تطبيقي 2 : تحليل الجزء B1 من الموضوع اللحني B (متتالية للعود وأركستر من تأليف مارسال خليفة)

1.4. الجانب اللحني

- المقام الأساسي: نهاوند على درجة الجهاركاه على وزن 4/4
- المنطقة المقامية: من درجة الجهاركاه إلى جواب الجهاركاه
- المنطقة الصوتية بالنسبة للخط اللحني الأساسي للوترات: من درجة الراسيت إلى جواب درجة الزيركولاه.
- المنطقة الصوتية بالنسبة للخط اللحني الأساسي الخاص بآلة العود: من درجة البوسلك إلى الماهوران.
- المسافات الصوتية: الثنائية، الثلاثية، الرباعية، الخماسية، السباعية، الديوان.

الجميل الأساسية على مستوى اللحني المكونة للجزء B1، الجملة a و b يتكونان من نفس التركيبة البنيوية الرباعية والمتمثلة في أربعة مقاييس مع تنمية اللحن بالنسبة لنموذج النهاية لتأكيد على القفلة Y-Y'



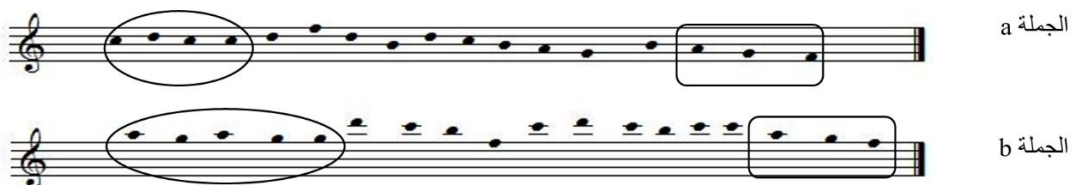
تمثل الجملة a الوحدة اللحنية الأساسية في الجزء B1 خاصة بآلة العود والتي يستعمل بها هذا الجزء بمصاحبة جزئية مع الأركسترا وتعاد في صيغ مختلفة بإضافة خط لحني مصاحب للحن الأساسي أو بتنمية الجملة الرئيسية بإدراج توافقات حسب الإمكانيات المتاحة لآلة العود X'.



تمثل الجملة b الرابط اللحني بين الاعدادات في الجملة a عند تنمية اللحن الأساسي والتي تؤدي من قبل الأركسترا.

← يبين اختصار المسار اللحني التمشي المقامي للجملة الأساسية a المكونة للجزء B1

إلى جانب اعتماد نفس الانتقالات بين الدرجات في الجملة a و b.



كما تم توظيف خط لحني تناقضي مصاحب للحن الأساسي الخاص بآلة العود :

2.4. الجانب الإيقاعي

الخلايا الإيقاعية المكونة للجمل الأساسية

التطابق الإيقاعي على بين الخطوط اللحنية

3.4. الأداء

أداء بأسلوب أركستريالي بسرعة أداء 100 = على وزن 4/4

يتسم الأداء بالضخامة والاتساع من خلال أداء خطوط لحنية مماثلة، مضاعفة اللحن بين الآلات الهوائية والوترية مع توظيف مواطن النبر، إلى جانب مصاحبة آلة العود بخط لحني موازي للخط الأساسي عند إعادة الجمل وذلك اعتماد نفس الحركة النازلة للدرجات الأساسية مع إدراج التوافقات المفككة لتنمية اللحن الرئيسي وهي من خاصيات مارسال خليفة في توظيف الزخرف عند إعادة.



4.4. التحليل الهارموني

القفلات الهارمونية الموظفة في هذا الجزء :

القفل المستعارة: Fm/C-C/G

إلى جانب توظيف تقنية الهرمنة من خلال اعتماد التطابق على مستوى النسيج الهارموني في أسلوب الكتابة بين الخطوط اللحنية

5. مثال تطبيقي 3: استنتاجات تحليل كونشيرتو للعود والأركستر من تأليف عطية شرارة

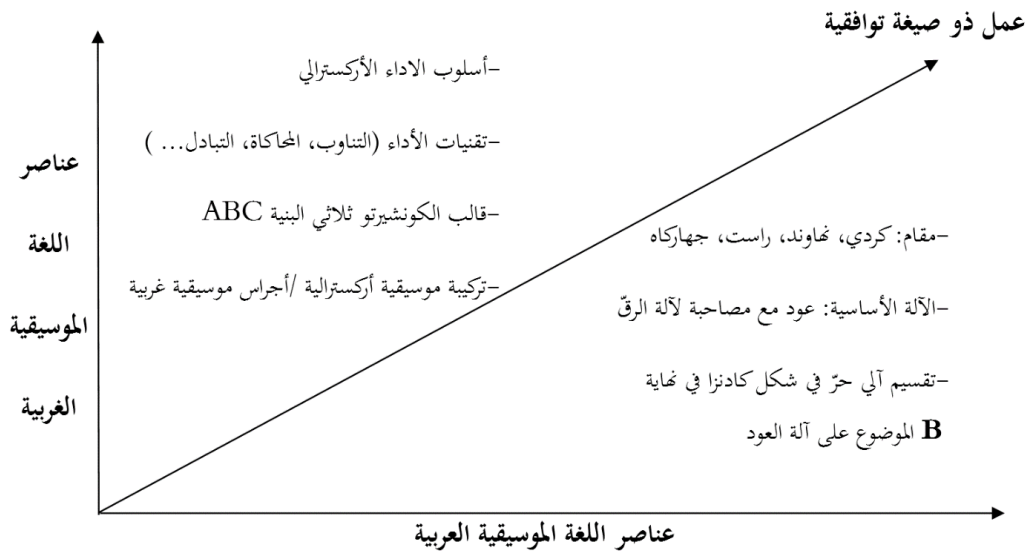
في نهاية الدراسة التحليلية للعمل الموسيقية يمكن استخراج مختلف العناصر الموسيقية التقنية التي من خلالها نحدد ماهية الأثر وعلاقته بإطارها الإبداعي ومن ذلك بتحديد مختلف العناصر الموسيقية التي أوردتها المؤلف في عمله وعلاقتها باللغة الموسيقية المستمدة منها والتي تساعدنا على تحديد اللهجة الموسيقية الأساسية للأثر ومدى اتصالها بالهوية الموسيقية العربية.

1.5. المحدّات الأساسية للّهجة الموسيقية

- المقام الرئيسي: كردي-نهادند-راست-جهاكاه
- الإيقاع: لا توجد دورة إيقاعية مصاحبة في كامل الأثر باستثناء توظيف آلة الرقّ في الأجزاء اللحنية B2/B3/B4.1
- الأداء: أسلوب أدائي يعتمد على قواعد الكتابة الأركستراية الغربية/خصوصيات الأداء البوليفوني: التبادل بين الأجراس الموسيقية-التناوب في الوظائف اللحنية-تنمية اللحن عن طريق الإعادة بأجراس مختلفة أو بتنمية إيقاعية أو هارمونية أو لحنية تناظرية-إدماج أجراس موسيقية أخرى.

2.5. المحدّات الثانوية للّهجة الموسيقية

- القالب: قالب كونسيرتو / ثلاثي البنية ABC Forme ternaire
- التركيبة الموسيقية: مجموعة أركستراية
- الأجراس الموسيقية: الآلات الهوائية الأركستراية/الآلات الوترية المجروزة/الآلات الإيقاعية الأركستراية (بما في ذلك الرقّ)
- الآلة الأساسية/الجرس الأساسي: العود (مع مصاحبة لآلة الرقّ في بعض الأجزاء اللحنية للموضوع اللحن B).



الجمع بين عناصر اللغة الموسيقية العربية والغربية

ازدواجية في اللّهجة الموسيقية

هوية موسيقية عربية معاصرة

(عمل موسيقي عربي معاصر يحتوي على مزيج بين الخصائص العربية وأنماط موسيقية أخرى مغايرة).

رسم بياني 6 : محدّات اللّهجة والهوية الموسيقية للعمل

6. مثال تطبيقي 4 : تحليل تقسيم آلة عود

1.6. معطيات عامة

- تدوين المداخل الارتجالية
- تقديم العمل وتحديد وظيفته وعلاقته بالأثر الموسيقي إن كان يندرج ضمن مؤلفة موسيقية.
- المدة الزمنية للأداء : 05:45
- المقام الرئيسي : راست سوزناك على درجة الجهاركاه
- المجال الصوتي :
- استخراج المقاطع اللحنية التي تمثل فكرة لحنية متكاملة

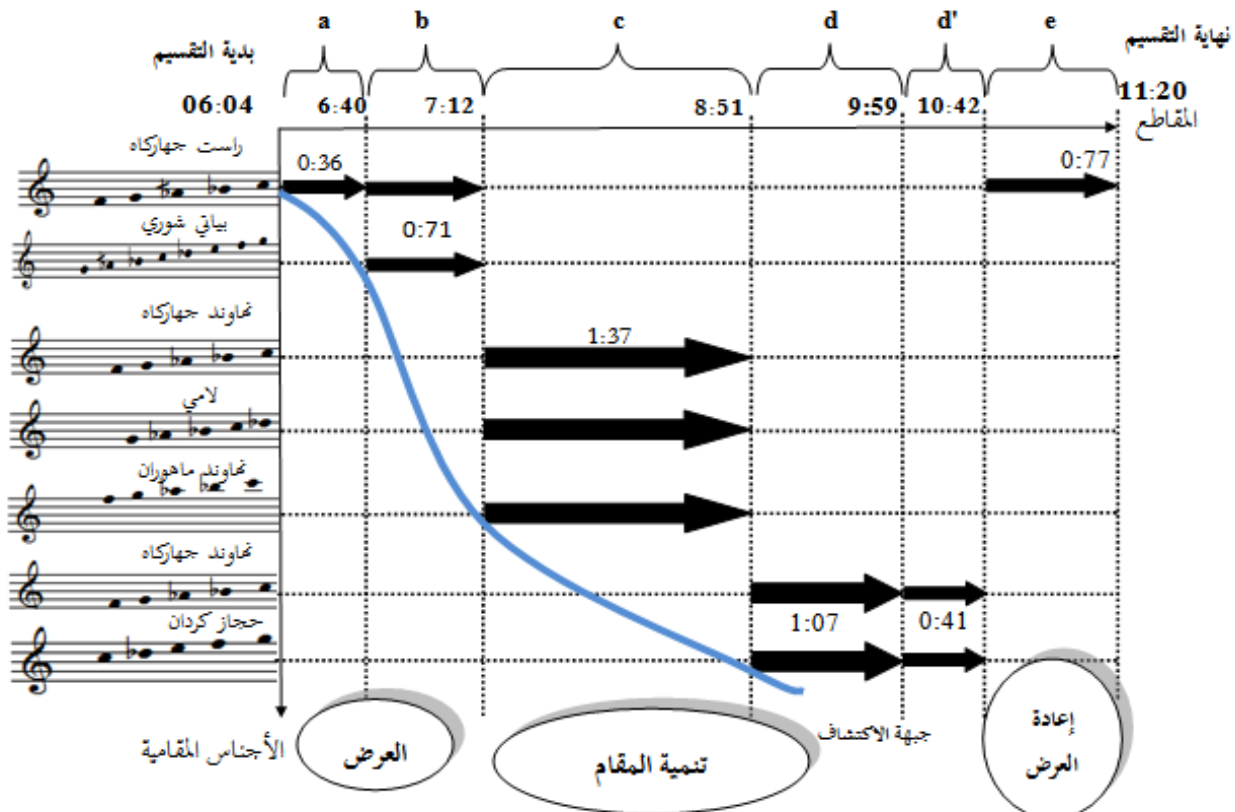


2.6. مقاطع التقسيم حسب الوظيفة اللحنية

المقاطع	الوظيفة اللحنية
المقطع a	العرض
المقطع b	
المقطع c	
المقطع d	تنمية المقام
المقطع d'	
المقطع e	إعادة العرض

3.6. جبهة الاكتشاف Front de découverte

يعطي هذا الرسم البياني نظرة عامة حول التلوينات المقامية الموضّفة في التقسيم، إلى جانب تحديد أهميتها مباشرة عند الأداء، وذلك باحتساب المدة الزمنية التي تستغرقها ومقارنتها بالتلوينات الأخرى. كما يبين هذا الرسم مدى قدرة العازف في إقحام مقامات يمكن لها أن تكون إما بتلوينات مباشرة (أي أنها تنتمي للإمكانيات النظرية المتاحة للمقام) أو أنها غير مباشرة (أي أنها لا تنتمي للعقود المقامية المعتاد استعمالها). تشير جبهة الاكتشاف أيضا عن مدى طول التقسيم أهميته النغمية، أي أنّ طول المنحى (الخط الأزرق) الوارد في الرسم يفسر الثراء النغمي للتقسيم، أي أنّ المستمع له فرصة أكبر لاستماع تلوينات مقامية إلى حد نهاية المداخل الارتجالية.



المراجع العربية

- أبو مراد (نداء)، مدخل إلى تحليل الارتجال العزفي في التقليد الموسيقي العالم المشرقي العربي، مجلة البحث الموسيقي، المجلد 4، عدد 1، الأردن، المجمع العربي للموسيقى، 2005، ص. 85-116.
- أبو مراد (نداء)، مركزية التقليد في عملية التجديد الموسيقي، النهضة العربية والموسيقى : خيار التجديد المتأصل، إشراف نداء أبو مراد، عمان، الأردن، المجمع العربي للموسيقى، 2003، http://www.4shared.com/file/138967780/86f0fd8b/Abou_Mrad-conf_tradition_renouvellement_-_livre_Nahda_-_version_finale_1.html.
- الأنصاري (مكرم)، الكتابة الموسيقية وحضورها في التحليل الموسيقي : جدلية المعنى والمبنى، مباحث في العلوم الموسيقية التونسية، المختبر الوطني للبحث في الثقافة والتكنولوجيات الحديثة والتنمية، ع. 3 و 4، تونس، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة تونس، 2010، ص. 141-146.
- بشة (سمير)، الهوية والأصالة في الموسيقى العربية، مراجعة وتقديم منير سعيداني، ط. 1، تونس، منشورات كرم الشريف، 2012، ص. 227.
- بشة (سمير)، أي معنى للهوية في الموسيقى التونسية في خضم التحولات الثقافية والتكنولوجية الرقمية، القاموس النقدي للهويات الثقافية واستراتيجيات التنمية بتونس، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي والتكنولوجيا، جامعة تونس، 2007، ص. 58-66.
- بن عمر (فريد)، العناصر المحددة لهوية الموسيقى التونسية المعاصرة من خلال أعمال "علي الرياحي" و "محمد الجموسي"، الخطاب الموسيقي وسؤال الهوية، صفاقس/تونس، المعهد العالي للموسيقى، وحدة البحث في تحليل الخطاب الموسيقي، 2013، ص. 275-292.
- بنصير (حلمي)، إشكاليات الهوية في الخطاب الموسيقي العربي الافتراضي، الخطاب الموسيقي وسؤال الهوية، صفاقس/تونس، المعهد العالي للموسيقى، وحدة البحث في تحليل الخطاب الموسيقي، 2013، ص. 115-132.
- بيستون (وولتر)، التوزيع الأوركستري : التحليل الأوركستري، ت. رامي درويش، الحياة الموسيقية، ع. 44، سوريا، وزارة الثقافة، 2007، ص. 160-172.
- التريكي (منير)، الخطاب الموسيقي مؤشراً على الهوية، الخطاب الموسيقي وسؤال الهوية، صفاقس/تونس، المعهد العالي للموسيقى، وحدة البحث في تحليل الخطاب الموسيقي، 2014، ص. 59-79.
- جبقي (عبد الرحمن)، القوالب الموسيقية في الوطن العربي: تاريخاً وتحليلاً، بيروت، دار الشرق العربي، 2008، ص.
- حسن (شهرزاد قاسم)، الموسيقى العربية الحديثة وإشكالية الهوية الثقافية، وثائق الملتقى الدولي حول التوجهات والرؤى المستقبلية للموسيقى العربية، مركز عمان للموسيقى التقليدية، وزارة الإعلام، 2004، ص. 73-81.
- الحلو (سليم)، الموسيقى النظرية، الط. 2، بيروت، منشورات دار مكتبة الحياة، 1972، ص. 226.
- الخوري (بولس)، التحول الثقافي "النهضة العربية والموسيقى خيار التجديد المتأصل"، مجلة البحث الموسيقي، المجمع العربي للموسيقى، عمان، الأردن، 2003، ص. 119-124.
- الخولي (سمحة)، الارتجال وتقاليدته في الموسيقى العربية، عالم الفكر، المجلد 6، ع. 1، الكويت، وزارة الإعلام، 1975، ص. 15-32.
- الخولي (سمحة)، القومية في موسيقى القرن العشرين، عالم المعرفة، عدد 162، الكويت، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، 1990، ص. 313.
- الرايس (حبيب)، النظريات الموسيقية الموسعة ط. 3، تونس، إصدارات الحبيب الرايس الموسيقية، 2010، ص. 283.
- الرشيد عبد القادر (يوسف)، الموسيقى العربية ومتطلبات العصر، عالم الفكر، المجلد 27، ع. 2، الكويت، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، 1998، ص. 201-238.
- الزواري (الأسعد)، المقامات الشرقية في الموسيقى التونسية المعاصرة، تونس، مركز النشر الجامعي، 2008، ص. 5.
- الزواري (الأسعد)، المقامات الشرقية في الموسيقى التونسية المعاصرة، تونس، مركز النشر الجامعي، 2008، ص. 342.
- الزواري (الأسعد)، المقامات الشرقية في الموسيقى التونسية المعاصرة، تونس، مركز النشر الجامعي، 2008، ص. 342.
- الزواري (الأسعد)، في ماهية الخطاب الموسيقي، الخطاب الموسيقي وسؤال الهوية، صفاقس/تونس، المعهد العالي للموسيقى، وحدة البحث في تحليل الخطاب الموسيقي، 2014، ص. 11-31.
- سمير (بشة)، إشكالية الاختلاف والانتلاف بين اللغة الموسيقية واللغة الكلامية في التحليل الموسيقي، مباحث في العلوم الموسيقية التونسية، تونس، المختبر الوطني للبحث في الثقافة والتكنولوجيات الحديثة والتنمية، جامعة تونس، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي والتكنولوجيا، ص. 37-42.
- شقرون (هيثم)، سؤال الهوية : لم يبعث من جديد؟، الخطاب الموسيقي وسؤال الهوية، صفاقس/تونس، المعهد العالي للموسيقى، وحدة البحث في تحليل الخطاب الموسيقي، 2013، ص. 13-22.
- الصقلي (مراد)، أبعاد الهوية في الخطاب الموسيقي، الخطاب الموسيقي وسؤال الهوية، صفاقس/تونس، المعهد العالي للموسيقى، وحدة البحث في تحليل الخطاب الموسيقي، 2013، ص. 339-344.
- الصقلي (مراد)، الموسيقى التونسية وتحديات القرن الجديد، تونس، بيت الحكمة، 2008، ص. 81.
- ظاظا (محمد عزيز شاكر)، علم الكونتربونت، الط. 1، سوريا، دار الحصاد للنشر والتوزيع، 1997، ص. 184.
- قاسم حسن (شهرزاد)، الموسيقى العربية الكلاسيكية ومكانتها في المجتمع العربي المعاصر، *Journal of Comparative Poetics*، حفريات الآداب : اقتفاء أثر القديم في الجديد، 2004، ص. 37-57، [URL:www.jstor.org/stable/4047431](http://www.jstor.org/stable/4047431).
- القرني (محمد)، تعدد الأصوات ووسائله التطبيقية، تقنيات الهارموني، تونس، مركز النشر الجامعي، 2012، ص. 310.
- قوجة (محمد)، منهجيات التحليل وإشكالية الدلالة والمعنى في الخطاب الموسيقي العربي، مباحث في العلوم الموسيقية التونسية، المختبر الوطني للبحث في الثقافة والتكنولوجيات الحديثة والتنمية، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة تونس، 2008، ص. 19-37.
- مباحث في العلوم الموسيقية التونسية: من أجل مقاربات تحليلية جديدة في الموسيقى والعلوم الموسيقية التونسية، تونس، المختبر الوطني للبحث في الثقافة والتكنولوجيا الحديثة والتنمية، الإشراف العلمي محمد زين العابدين، عدد ثنائي 3 و 4 ديسمبر 2010.
- نياطي، (عائدة)، التأليف الموسيقي الآلي في تونس بين الثابت والمتغير (النصف الثاني من القرن العشرين)، الخطاب الموسيقي وسؤال الهوية، صفاقس/تونس، المعهد العالي للموسيقى، وحدة البحث في تحليل الخطاب الموسيقي، 2013، ص. 259-274.
- الورتاني (عزيز)، الثابت والمتحول في التراث الموسيقي العربي، مجلة الحياة الثقافية، عدد 244، تونس، وزارة الثقافة، 2013، ص. 98-111.
- الورتاني (عزيز)، الموسيقى العربية: بين مفهوم الهوية واللهجة الموسيقية، مجلة الحياة الثقافية، عدد 249، تونس، وزارة الثقافة، 2014، ص. 99-109.

- الورتاني (عزيز)، قراءة في علاقة الموسيقى العربية المعاصرة بمفهوم التراث والحداثة، مجلة الموسيقى العربية، الأردن، المجمع العربي للموسيقى، 2013.
<http://www.arabmusicmagazine.com/index.php/2012-03-08-09-21-34/2013-09-03-07-10-48>
- الورتاني (عزيز)، منهج التحليل الموسيقي العربي وإشكالية ترجمة المصطلحات التقنية، مداخلة في إطار الندوة العلمية حول الترجمة في المعارف الموسيقولوجية، الجمعية التونسية للبحث في موسيقى والعلوم الموسيقية، مركز الموسيقى العربية والمتوسطية-النجمة الزهراء، 6 و 7 ماي 2014.

REFERENCES

- [1] ABOU MRAD (Nida), *Essai de modélisation du schéma d'improvisation concertante propre à la tradition musicale arabe du Proche-Orient*, Acte du colloque international "analyser l'improvisation", 13 février 2010.
URL: http://medias.ircam.fr/xa3b49b_essai-de-modelisation-du-schema-dimprovis.
- [2] ABOU MRAD (Nidaa), *Formes vocales et instrumentales de la tradition musicale savante issue de la renaissance de l'orient arabe*, in : Cahiers d'ethnomusicologie, (version numérique), N°14, 2004/ mise en ligne le 13 janvier 2012.
URL : <http://ethnomusicologie.Revues.org/464>.
- [3] ABROMONT (Claude), *Guide de la théorie de la musique*, Coll. Les indispensables de la musique, Paris, Ed. Henry LEMOINE, 2001, 608 p.
- [4] AUBERT (Laurent), « *Le goût musical, marqueur d'identité et d'altérité* », Cahiers d'ethnomusicologie, num. 20, 2007, pp. 29-38.
URL : <http://ethnomusicologie.revues.org/250>.
- [5] AYARI (Mondher) & MCADAMS (Stephen), *quelles catégories et quels filtres culturels sont à l'œuvre dans nos écoute ?* in: de la théorie à l'art de l'improvisation « analyse de performances et modélisation musicales », N°1, Coll. Culture et cognition musicales, Paris, Ed. DELATOUR France, 2005, pp. 185-236.
- [6] AYARI (Mondher), *l'écoute des musiques arabes improvisée* « essai de psychologie cognitive de l'audition », Paris, Harmattan, 2003, 300 p.
- [7] BEDUSCHI (Luciane) & MEEUS (Nicolà), *Analyse schenkérienne en Sorbonne*, 12 p.
URL: nicolas.meeus.free.fr/jsBach/CBTifugureBWV851b.
- [8] BENARDEAU (Thierry) et PINEAU (Marcel), *La musique «retenir l'essentiel»*, Coll. Repères pratiques, Paris, Nathan, 2013, 158 p.
- [9] BENT (Ian) & DRABKIN (William), *l'analyse musicale «Histoire et Méthode»*, Traduction : Annie Coeurdevey & Jean Tabouret, Coll. Musique mémoire, Ed. Main d'œuvre, 1998, 306 p.
- [10] BOUHDIBA (feriel), *Musique et identité : La tunisianité musicale à l'ère de la globalisation*, in : Le Dictionnaire International des Politiques de Développement Culturel, Ministère de l'enseignement supérieur, Université de Tunis, 2007, pp.153-168.
- [11] CHAILLEY (Jean-Jacques), *Traité historique d'analyse harmonique*, Paris, Alphonse Leduc, 1997, 156 p.
- [12] CHOUVEL (Jean-Marc), *Analyse musicale «Sémiologie et cognition des formes temporelles»*, Ed.l'Harmattan, CNRS, 2005, 322 p.
- [13] CHOUVEL (Jean-Marc), *Analyse musicale et temporalité*, Sep.2009, 17 p.
<http://jeanmarc.chouvel.3.free.fr/textes/AnalyseMusicaleetTemporalite.pdf>.
- [14] COEURDEREY (Annie), *Histoire du langage musical occidental*, Paris, PUF, 1993, 126 p.
- [15] COEURDEVEY (Annie), *L'analyse schenkerienne et ses frontières*, in: Revue de Musicologie, T. 79, N. 1, 1993, pp. 5-30. URL: <http://www.jstor.org/stable/947444>.
- [16] DALMAS-NOEL (Valentine) & PASSANI (Emile), *Traité d'analyse harmonique*, livre 125, Paris, Edition musicale transatlantique, 1972, 94 p.
- [17] DELALANDE (François), *Analyser la musique, pourquoi, comment ?*, Coll. Ina EXPERT, Paris, INA Edition, 2013, 248 p.
- [18] DESPORTES (Yvonne), *Précis d'analyse harmonique*, Paris, Edition Hengel et Cie, 40 p.
- [19] DURING (Jean), « Question de goût. L'enjeu de la modernité dans les arts et les musiques de l'Islam », Cahiers d'ethnomusicologie, num. 7, 1994, pp. 27-49.
- [20] FEKI (Sofianne), *Quelques réflexions sur l'analyse du maqâm*, in : de la théorie à l'art de l'improvisation « analyse de performances et modélisation musicales », N°1, Coll. Culture et cognition musicales, Paris, Ed. DELATOUR France, 2005, pp. 185-236.
- [21] FERNANDO (Nathalie), « *La construction paramétrique de l'identité musicale* », Cahiers d'ethnomusicologie, num. 20, 2007.
- [22] FETIS (François-Joseph), *Traité du contrepoint et de la fugue*, Paris, Ed. A lafont, 1825, 346 p.
- [23] GILLES (Beaudoin), *Éléments d'analyse et d'écriture musicale*, Canada, Les Presses de l'Université Laval, 2004, 177 p.
- [24] GOUTTENOIRE (Philippe) & GUYE (Jean-Philippe), *Vocabulaire pratique d'analyse musicale*, Coll. Musique/Pédagogie, Ed. Delatour, France, 2006, 125 p.
- [25] HAKIM (Neji) et DUFOURCET (Marie-Bernadette), *Guide pratique d'analyse musicale*, cours lexique illustré, Paris, Edition COMBRE, 1991, 216 p.
- [26] HODEIR (André), *Les formes de la musique*, coll. Que sais-je ?, Paris, Presses Universitaires de France, 1956, 128 P.
- [27] KREMER (J.F.), *Les formes symboliques de la musique*, Paris, KLINCSIECK, 1984, 130 p.

- [28] LAGRANGE (Frédéric), *Musique d'Égypte*, Paris, Actes sud, 1996, 174 p.
- [29] MARPURG (Friedrich Wilhelm), *Traité de la fugue et du contrepoint*, Vol.1.2, Berlin, Ed. Haude et Spener, 1756, 315 p.
- [30] MEEUS (Nicolà), *De la forme et de sa segmentation*, in: *Musurgia*, 1994, Vol.I, N°1, pp.7-29.
URL: www.jstor.com/stable/40590941.
- [31] MESNAGE (Marcel), *Technique de segmentation automatique en analyse musicale*, in: *Musurgia*, 1994, Vol.I, N°1, pp. 39-49. URL: www.jstor.com/stable/40590943.
- [32] NATTIEZ (Jean-Jacques), *Modèle linguistique et analyse des structures musicales*, *Revue de musique des universités Canadiennes*, N.1-2, 2003, pp. 10-61. URL: <http://id.erudit.org/iderudit/1014517ar>.
- [33] PREDA-SCHIMEK (Haiganus), *Regard sur la genèse des théories de la forme, entre classicisme et romantisme (1790-1845)*, in: *Musurgia*, 2003, Vol.10, N.2, pp. 63-76.
URL: www.jstor.org/stable/40591281.
- [34] ROUSSELOT (Mathias), *Etude sur l'improvisation musicale "Le témoin de l'instant"*, Paris, Ed. l'Harmattan, 2013, 162 p.
- [35] SABOURIN (Carmen), *Méthodologie schenkérienne et apprentissage de l'analyse musicale*, *Revue de musique des universités Canadiennes*, N.14, 1994, pp. 98-145.
URL: <http://id.erudit.org/iderudit/1014517ar>.
- [36] SADAI (Izhak), *DE L'ANALYSE POUR L'ANALYSE ET DU SENS DE L'INTUITION (quelques réflexions sur le paradigme d'une science de la musique)*, in : *Musurgia*, Vol. 2, N. 4, Épreuves d'Analyse Musicale - CAPES, Agrégation: L'analyse musicale peut-elle être scientifique? (1995), pp. 63-73.
URL: <http://www.jstor.org/stable/40591290>.
- [37] SAIED (Mohamed Nabil), *l'improvisation dans la musique arabe entre la création et le stéréotype*, Acte du colloque international "analyser l'improvisation", 13 février 2010.
URL: http://medias.ircam.fr/xd9ad8f_l'improvisation-dans-la-musique-arabe-entr.
- [38] SAKLI (Mourad), *Musique néo-traditionnelle arabe et contexte identitaire, le concept d'intonation musical*, in : *Le congrès des musiques dans le monde de l'islam*, Assilah, 2007.
URL : www.mcm.asso.fr/site02/music-w-islam/articles/Sakli-2007.pdf.
- [39] SCHENKER (Heinrich), *l'écriture libre*, Volume 1, Belgique, édition Margada, 1935, 158 p.
- [40] SIRON (Jacques), *Enchevêtrement de voies: au carrefour de la polyphonie et des musiques improvisées contemporaines*, in: *Cahiers d'ethnomusicologie*, N°6, 1993, pp.119-138.
- [41] SIRON (Jacques), *La partition intérieure, Jazz, musique improvisée*, Paris, Outre mesure, 1992, 765 p.
- [42] SPALDING (W.R.), *Manuel d'analyse musicale*, Paris, Trad. Firmin ROZ, Payot, 1950, 383 p.
- [43] STOÏNOVA (Ivanka), *Manuel d'analyse musicale, les formes classiques simple et complexe*, Minevra, Musique ouverte, 2002, 252 p.
- [44] TOUMA (Habib Hassan), *La musique arabe*, Paris, Buchet/Chastel, 1977, 165 p.
- [45] WIDOR (Charles-Marie), *Technique de l'orchestration moderne*, Ed. Henry LEMOINE, 1904, 276 p.

Analyse de l'occupation du sol et de l'impact des activités anthropiques sur le milieu naturel à Nassian (Côte d'Ivoire)

[Analysis of land use and the impact of anthropic activities on the natural environment in Nassian (Côte d'Ivoire)]

Kobenan Kadjo Raphaël¹ and N'Guessan Kouassi Fulgence²

¹Doctorant, Institut de Géographie Tropicale, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

²Maître-Assistant, Institut de Géographie Tropicale, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 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: Since the 1960s, Côte d'Ivoire has experienced a decline in forest areas in favor of humanized areas due to the establishment of cash and food crops. The Nassian sub-prefecture is not on the sidelines of this degradation. The objective of this research is to analyze the land use and the impact of anthropogenic activities on the natural environment in the Nassian sub-prefecture from 1998 and 2018. The methodology was based on a cartographic, analytical approach. based on the use of remote sensing and geographic information systems (GIS). Carrying out this study required the use of satellite and cartographic data and field surveys. The results indicate a transformation of natural spaces by human activities. Thus, the sub-prefecture initially made up of forests and savannahs deteriorated in favor of humanized areas (crops / fallow, habitats / bare soil) from 1998 to 2018. The analysis indicates that from 1998 to 2018, the transformation of the environment is changing at a rapid pace. There is a regression of natural spaces in favor of humanized spaces. Natural areas have gone from 64% to 37%. Humanized spaces have progressed at the expense of natural spaces. They went from 36% to 63% from 1998 to 2018. We are witnessing human pressure on the environment and degradation of the plant cover.

KEYWORDS: Nassian (Côte d'Ivoire), natural environment, human activities, impact, evolution.

RESUME: Depuis les années 1960, la Côte d'Ivoire connaît un recul des surfaces forestières au profit des espaces humanisés à cause de l'implantation des cultures de rente et vivrières. La sous-préfecture de Nassian n'est pas en marge de cette dégradation. L'objectif de cette recherche est d'analyser l'occupation du sol et l'impact des activités anthropiques sur le milieu naturel dans la sous-préfecture de Nassian de 1998 et 2018. La méthodologie s'est appuyée sur une approche cartographique, analytique basée sur l'utilisation de la télédétection et des systèmes d'information géographique (SIG). La réalisation de cette étude a nécessité le recours à des données satellitaires, cartographiques et des enquêtes de terrain. Les résultats indiquent une transformation des espaces naturels par les activités anthropiques. Ainsi, la sous-préfecture initialement constituée de forêts et de savanes s'est dégradée au profit des espaces humanisés (cultures/jachère, habitats/sols nus) de 1998 à 2018. L'analyse indique que de 1998 et 2018, la transformation du milieu évolue à un rythme rapide. Il y a une régression des espaces naturels au profit des espaces humanisés. Les espaces naturels sont passés de 64% à 37%. Les espaces humanisés ont progressé au dépend des espaces naturels. Ils sont passés de 36% à 63% de 1998 à 2018. On assiste à une pression humaine sur le milieu et une dégradation du couvert végétal.

MOTS-CLEFS: Nassian (Côte d'Ivoire), milieu naturel, activités anthropiques, impact, évolution.

1 INTRODUCTION

La modification du paysage constitue un phénomène majeur dans les pays tropicaux comme dans les autres pays du monde. Pour la production de biens et services nécessaires à sa vie, l'homme a toujours modifié la structure et le fonctionnement des paysages. De ce fait la question de l'utilisation du sol est devenue une préoccupation majeure en Côte d'Ivoire. Depuis plusieurs années, les

motivations sont nombreuses et les tentatives d'une étude intégrée du milieu naturel de forêt comme de savane se multiplient dans les régions tropicales [1], afin d'apporter de nouvelles informations sur l'occupation de l'espace.

Selon [2], l'étude des transformations subies par le milieu naturel permet de comprendre la dynamique spatio-temporelle des relations entre savane et agriculture, entre le paysan et l'herbe.

Assi, les travaux de [3] révèlent-ils que l'étude de la dynamique de l'occupation du sol s'avère de plus en plus indispensable, à la fois pour la connaissance d'un territoire et pour son aménagement. Elle aide à avoir une meilleure compréhension des différentes tendances dans les processus de transformation spatiale.

Ce présent travail s'inscrit dans le cadre d'une meilleure connaissance de l'espace de Nassian par l'analyse de l'occupation du sol et de la pression humaine sur le paysage. L'attention est portée sur le paysage naturel et son exploitation par l'homme compte tenu des transformations spatiales qui subviennent dans son évolution dans le temps.

En effet, les activités anthropiques dans les régions provoquent des modifications du milieu naturel. A Nassian, ces activités participent à la transformation du couvert végétal. Dès lors, quel est l'état de l'occupation du sol au sein de cette circonscription administrative? Il s'agit de cartographier l'occupation du sol de la sous-préfecture de Nassian et d'analyser de façon temporelle et statistique, la répartition et l'intensité de l'occupation du sol de 1998 à 2018 et l'impact des activités anthropiques sur le milieu naturel de la sous-préfecture de Nassian.

2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La Sous-préfecture de Nassian est située, dans la région du Bounkani (Nord-est de la Côte d'Ivoire), entre les latitudes 8° et 9° nord et de longitudes 3° et 4° ouest (Figure 1). Elle se compose de limites conventionnelles et de limites naturelles (dont le fleuve Comoé).

Au Nord, elle est limitée par le département Bouna, à proximité du Parc National de la Comoé. Au Nord-est par le département de Bondoukou, sur une distance de 95 kilomètres. Au Sud, par le département de Sandégué. A l'Ouest, par le fleuve Comoé et les Sous-préfectures de Sominassé et de Kakpin.

La végétation est constituée de savane arborée à *Panicum phragmitoides*, de forêts galeries et de forêts denses sèches [4]. Le climat est du type tropical subhumide aux caractéristiques assez semblables à celles du climat soudano-guinéen, défini par une pluviométrie moyenne annuelle de 1130 à 1160 mm, répartie sur une saison des pluies (avril-octobre) [4]. Il faut compter six mois de saison sèche (novembre à avril avec les mois de décembre, janvier et février rigoureusement secs). Le déficit hydrique cumulé est de 650 mm. Les températures moyennes annuelles varient de 26° à 27°C avec une amplitude thermique de 2 à 4°C. Son réseau hydrographique est en majorité constitué de marigots et de quelques affluents du fleuve Comoé. Il appartient à la région des « plateaux du nord », qui s'installe sur un substratum granitique d'altitude moyenne de 300 m [5].

Au niveau pédologique, trois types de sols sont à distinguer à Nassian [4]. Les sols sous reliques boisées des plateaux (sols ferrallitiques moyennement désaturés issus de granite et de schistes). Ensuite, les sols sous savane arborée (Sols ferrugineux tropicaux sur matériau ferrallitique). Enfin, les sols des galeries forestières (Sols hydromorphes de profondeur, sableux et argileux), localisés en bordure des marigots.

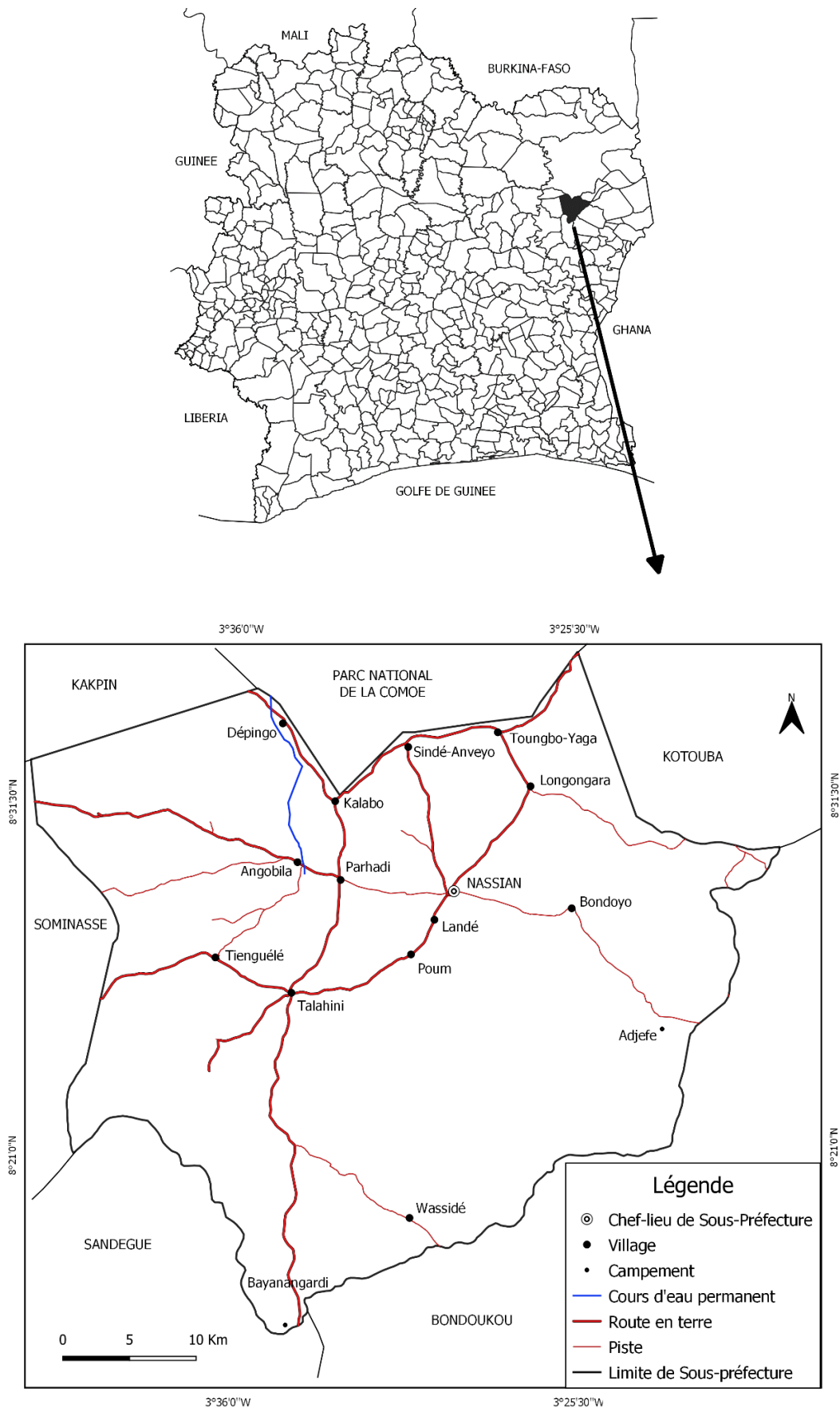


Fig. 1. *Présentation de l'espace d'étude*

3 MATERIEL ET METHODES

Trois séries de données ont été utilisées pour mettre en œuvre la présente étude. Il s'agit d'images satellitaires, de données cartographiques et de données de terrain. Les données cartographiques sont des représentations cartographiques du contenu de l'espace d'étude (routes, village, toponymie et limites administratives). Ces données proviennent de l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR) [6].

Les images satellitaires sont des images optiques acquises sur le site de l'USGS. Il s'agit des images Landsat TM de 1998 et Landsat OLI de 2018 de la scène 196-054 et 195-054, de projection UTM 30N/WGS 84 couvrant l'espace d'étude. Elles permettent de bien apprécier les évolutions des unités paysagères. Les données de terrain ont été collectées lors des missions de terrain. L'identification des unités paysagères (surfaces naturelles et surfaces de culture), les voiries et les habitats est réalisée au moyen d'un GPS (Global Positioning System) de type Garmin. Les prises de vues ont été faites par un appareil photo numérique.

Le traitement et l'analyse des images, après leurs acquisitions s'est faite comme suite: le prétraitement a consisté à faire une calibration des images avant l'analyse principale et l'extraction de l'information. Il s'agit des corrections géométriques, atmosphériques (nettoyer les effets atmosphériques) et radiométriques (conversion des luminances en réflectance) dans le but d'améliorer leur qualité. Ensuite, une composition colorée « images fausses couleurs » [7] pour mieux discriminer les types d'occupation du sol suivi du choix des parcelles d'entraînement basé sur les indices collectés par le GPS ont été faites. En outre, nous avons fait une classification supervisée à travers l'algorithme de « maximum de vraisemblance ». Cet algorithme permet une meilleure classification et est très utilisé par de nombreux auteurs pour réaliser les études d'occupation du sol [8]. Enfin, nous avons terminé en éliminant les pixels isolés par applications des filtres 3x3 pour homogénéiser les différentes classes.

A la suite de ces traitements, deux grands thèmes sont identifiés dans l'analyse de l'occupation du sol. Il s'agit des espaces naturels et des espaces humanisés suivie de l'identification des objets au sein de chaque grand thème. Au niveau des espaces naturels, trois niveaux de discrimination (forêts, savanes, plan d'eau) ont été obtenus. S'agissant des espaces occupés par l'homme, deux niveaux ont été ressortis (culture /jachère, habitat / sol nu). Au total, ce sont sept thèmes retenus dans l'analyse et la cartographie de l'occupation du sol. La combinaison de ces sept thèmes a permis de réaliser les cartes d'occupation du sol de 1998 et 2018.

D'autres analyses sont appliquées aux images issues de la classification. Ces analyses portent sur la matrice de confusion pour estimer la qualité de la classification mais, surtout pour vérifier la fiabilité de la méthode utilisée [9]. La matrice de confusion a permis de déterminer la précision globale (pourcentages des pixels correctement classés) et l'indice de Kappa. Le coefficient de Kappa s'étend de 0 à 1 et évalue dans la matrice de confusion l'accord entre résultats obtenus sur la carte et la vérité sur le terrain. L'indice Kappa (équation 1) est exprimé en termes de précision globale observée (équation 2) et de précision prévue (équation 3) [10].

$$\hat{k} = \frac{a-b}{1-b} \quad (1) \quad a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N_c} x_{ii} \quad (2) \quad b = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^{N_c} (x_{+i} \cdot x_{i+}) \quad (3)$$

N_c = Nombre de classes

N = Nombre total d'observations

x_{ii} = Nombre d'observations dans la colonne i ligne i (diagonale de la matrice)

x_{+i} = Total des observations dans la colonne i (total à droite dans la matrice)

x_{i+} = Total des observations dans la ligne i (total en bas de la matrice).

Ces opérations ont permis de détecter dans le temps et dans l'espace, les dynamiques spatiales opérées dans la zone d'étude entre 1985 et 2018.

4 RESULTATS

4.1 CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LA SOUS-PRÉFECTURE DE NASSIAN DE 1998 À 2018

4.1.1 ETAT DE L'OCCUPATION DU SOL EN 1998

En 1998, la superficie occupée par les formations végétales naturelles à Nassian est dominée par les surfaces forestières qui couvrent environ 21% de l'espace total (figure 1). Elle est plus importante que la savane qui avec 42 % de couverture, ne se rencontre que dans certains secteurs de la localité. Les espaces humanisés (cultures/jachère, habitats et sols nus) occupent 36 % de l'espace (tableau 1).

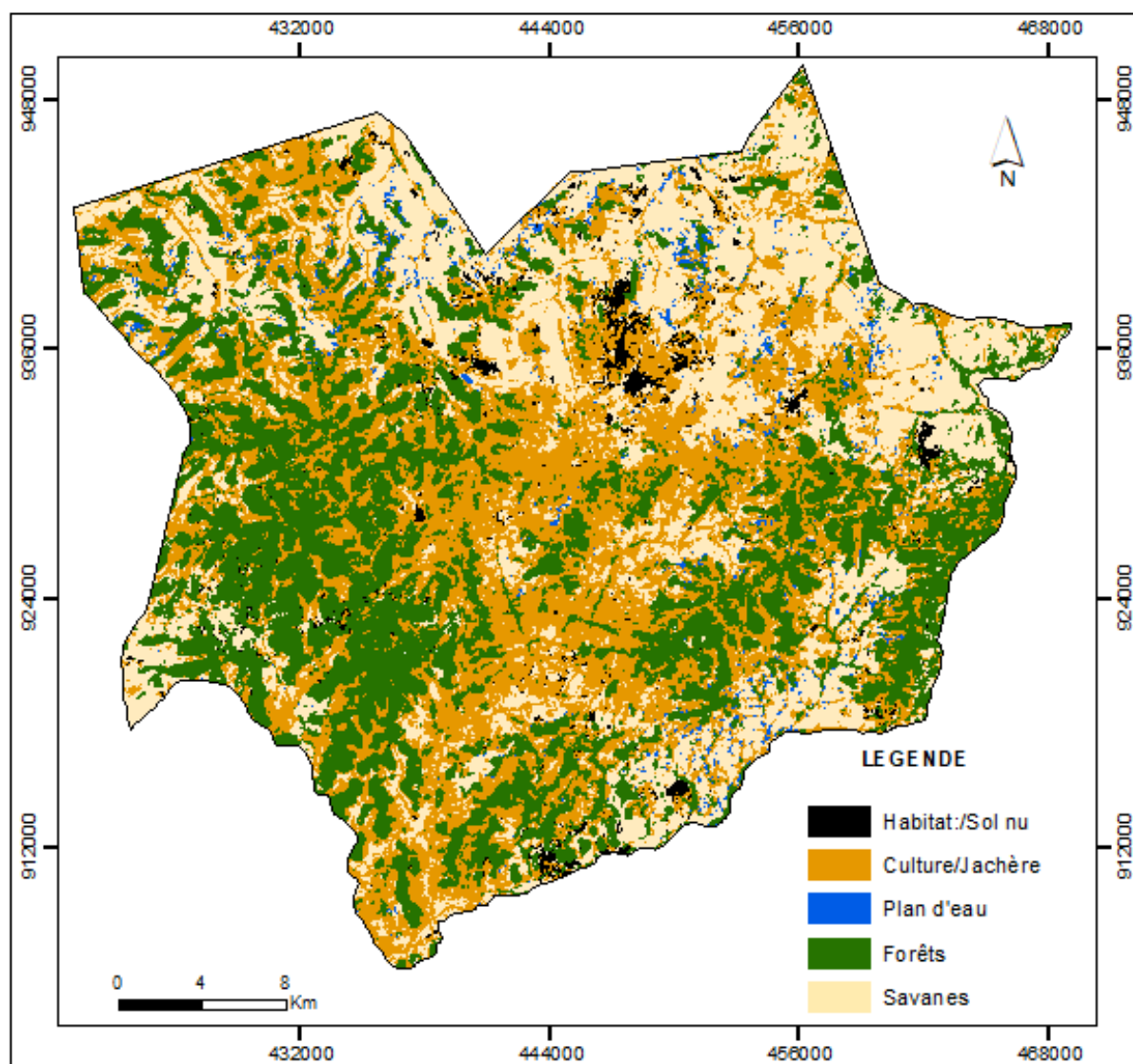


Fig. 2. Etat de l'occupation du sol en 1998 (USGS: image Landsat TM, 1998/ scène 196-054 et 195-054)

4.1.2 ETAT DE L'OCCUPATION DU SOL EN 2018

La situation a totalement changé en 2018 (Figure 3). En effet, on constate une régression des formations végétales naturelles au profit des surfaces humanisées. Les espaces humanisés occupent 63% de l'espace total dont 57% pour les cultures/jachères et 6% pour les habitats/sols nus. Cette situation s'explique par la reconquête de l'espace avec le développement des activités anthropiques qui ont doublé durant cette période. Les formations végétales naturelles se caractérisent par une forte régression des superficies, soit 37% de l'espace total avec 21% pour les forêts et 16% pour les savanes. Cette situation traduit la pauvreté des sols laissés en jachère d'une part et d'autre part de la destruction des formations végétales naturelles par une population qui s'accroît au fil des ans.

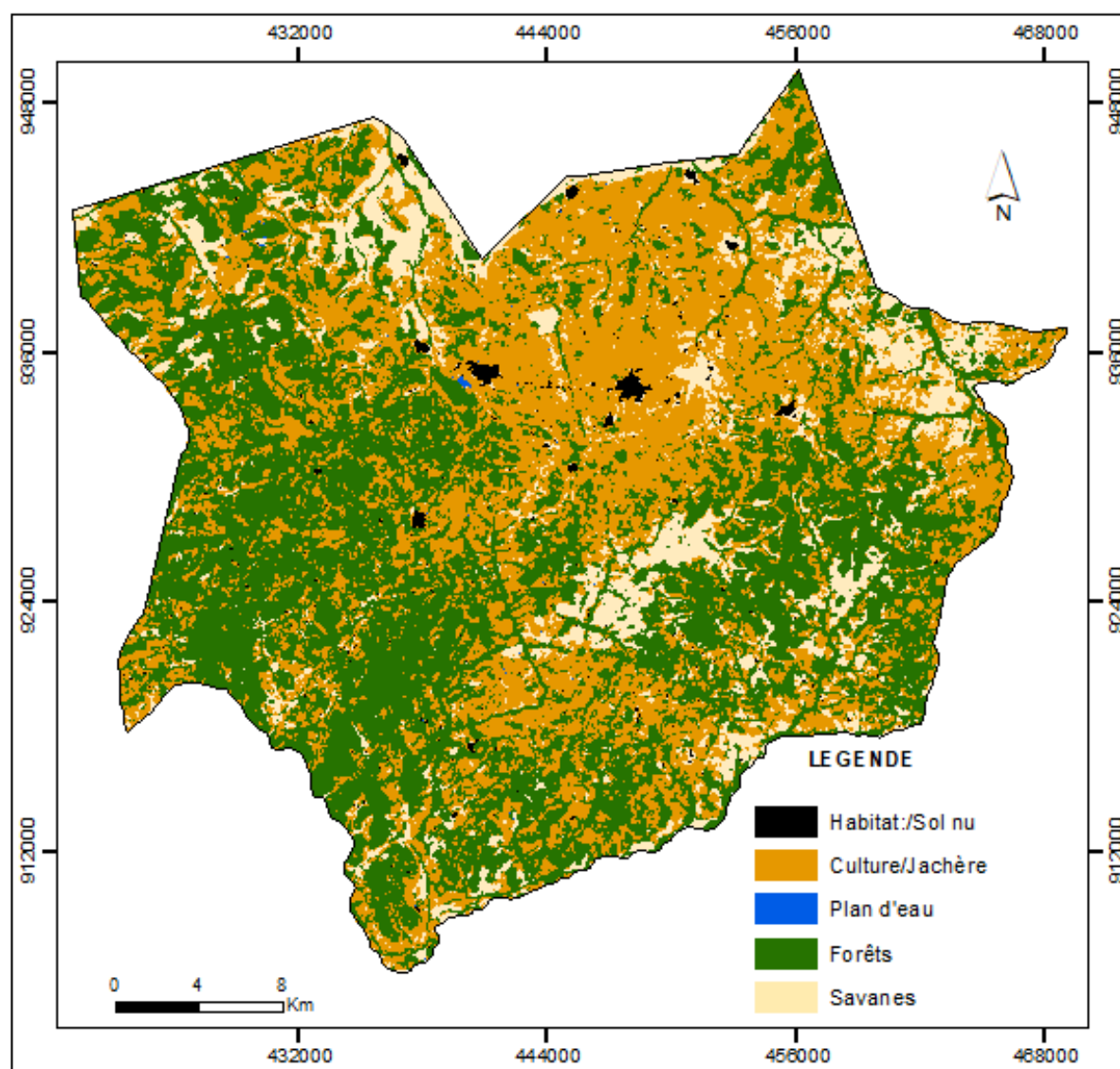


Fig. 3. Etat de l'occupation du sol en 2018

Source: USGS: image Landsat OLI, 1998/ scène 196-054 et 195-054

4.2 ANALYSE DE L'OCCUPATION DU SOL DE 1998 À 2018: UN REcul DES FORMATIONS VÉGÉTALES NATURELLES

Le tableau 1 présente les résultats issus de la classification supervisée. Il permet d'avoir une approche statistique de l'occupation du sol et met en évidence l'évolution de l'occupation du sol.

Tableau 1. Répartition des types d'occupation du sol en 1998 et 2018

Types d'occupation du sol	Superficie 1998		Superficie 2018	
	(Ha)	%	(Ha)	%
Forêts	58127	21	57542	21
Habitat/Sol nu	9706	3	18098	6
Culture/Jachère	92953	33	158368	57
Savanes	117048	42	45893	16
Plan d'eau	2737	1	670	-
Total	280571	100	280571	100

Source: nos enquêtes

L'analyse des cartes d'occupation du sol montre qu'en 1998 (Figure 3), la superficie occupée par les espaces naturels à Nassian sont estimée à 64% est dominée par les savanes (42 % de l'espace). Elles sont plus importantes que les surfaces forestières qui avec 21 % de couverture, ne se rencontre que dans certains secteurs de la localité et le plan estimé à 1%. Les espaces humanisés couvrent 36% de l'espace et sont constitués des cultures/jachère (33%) et des habitats/sols nus (3%). Les pratiques paysannes conduisent à la destruction non seulement du couvert végétal mais également à la destruction de la fertilité initiale des sols déjà fragiles, donc à la perte de leur potentiel productif. Les agriculteurs de Nassian, dans l'exercice des travaux agricoles exploitent les produits ligneux sous différentes formes. En effet, il y a moins de trente ans, l'exploitation du couvert végétal pour l'agriculture était encore négligeable. Mais avec l'accroissement de la population et surtout l'arrivée de l'anacarde comme un espoir pour les populations, ils se sont engagés dans l'exploitation abusive des ressources forestières dans le but de développer cette culture pour faire face à la pauvreté dont souffraient les populations.

4.3 L'IMPACT DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES DANS LA SOUS-PRÉFECTURE DE NASSIAN

4.3.1 PRESSION DÉMOGRAPHIQUE SUR LE MILIEU NATUREL

La pression humaine est très forte sur le milieu naturel à Nassian. En effet, pour répondre à l'accroissement démographique et pallier la pauvreté de la localité, les surfaces cultivées s'étendent. L'anthropisation du milieu naturel s'explique d'abord par la pression démographique que connaît la région de Nassian. Longtemps restée faiblement peuplée jusqu'en 1998, la région connaît une croissance rapide en raison des difficultés agro-climatiques au Burkina-Faso. Ainsi, une immigration, à dominante Lobi, s'est amplifiée vers le milieu des années 1980 dont une partie est restée dans cette région. Conséquence, de 1998 à 2014, la population est passée de 8 600 habitants à 44 528 habitants (selon l'Institut National de la Statistique). Cet accroissement de la population a entraîné une forte anthropisation de l'espace. Cette humanisation est matérialisée par des surfaces agricoles et des habitations (villages et campements).

Tableau 2. Superficies défrichées pour la culture d'anacarde à Nassian de 2013 à 2015

	Superficies défrichées pour la culture d'anacarde		
Années	Nombre de paysans	Formations végétales défrichées	Superficie (en ha)
2013	3202	Végétation exploitée (forêts savanes)	16113
2014	3952		21529
2015	4702		26945
Total 11856			64 587

Source: Nos enquêtes, DDA Nassian

L'examen du tableau 2, montre que sur la période de 2013 à 2015, les paysans ont défriché 64 587 hectares de formations végétales naturelles, pour la seule culture d'anacarde. Une projection sur l'ensemble des actifs agricoles de la sous-préfecture et suivant le rythme de croissance, donne une idée sur la vitesse d'exploitation des espaces naturels dans la localité. Il se crée alors une situation de dégradation des ressources naturelles.

4.3.2 IMPACT DES ACTIVITÉS AGRICOLES SUR LE MILIEU NATUREL

L'agriculture constitue la principale source de revenu des populations et occupe plus de 90% de la population active. De ce fait, l'agriculture est la première source de dégradation du paysage car les surfaces cultivées s'étendent et les formations végétales naturelles diminuent. A ce stade de l'analyse des faits spatiaux, on peut constater que le risque d'atteinte aux espaces naturels et à sa diversité écologique, voire à son intégrité est important. La visite de terrain a permis de constater ces faits à travers la destruction de la forêt (Photo1) pour les activités agricoles (Photo 2). Il y a une diminution des formations végétales naturelles au profit des activités agricoles, donc une saturation de l'espace. Car le défrichement pour la mise en culture des terres sollicite toute la couverture végétale (herbacée et ligneuse) et bien souvent la croissance des cultures est trop faible pour assurer la protection du sol contre l'érosion pluviale. Aussi, la pratique du labour nécessite en effet, la destruction presque totale des ligneux préexistants. Le tableau 2 résume les superficies emblavées de la culture d'anacarde sur trois ans de quelques agriculteurs encadrés dans la sous-préfecture de Nassian. L'analyse diachronique de l'occupation du sol, permet de faire une analyse multi-dates couplée aux données cartographiques, pour mettre en évidence l'évolution du couvert végétal entre 1998 et 2018 dans la sous-préfecture de Nassian. On observe une forte régression du couvert végétal au profit des activités agricoles.



Photo 1: Défrichage d'une parcelle pour un deuxième champ d'igname

Source: Cliché KOBENAN, Septembre 2018



Photo 2: Champ de palmier à huile

Source: Cliché KOBENAN, Septembre 2018

5 DISCUSSION

La cartographie réalisée à partir des données de plusieurs sources et de multi-dates a permis d'enrichir la connaissance sur les l'état de l'occupation du sol et de l'impact des activités anthropiques de la sous-préfecture de Nassian de 1998 à 2016.

Aussi, cette approche a déjà fait l'objet de plusieurs applications et dont les résultats ont permis la cartographie de l'évolution de divers types de paysages. En effet, [11] affirment qu'au Togo les forêts claires et sèches dégradées ont subi une dégradation importante. De 231 947 ha en 1986, elles sont passées à 73 959 ha en 2012. Il en est de même pour les mosaïques forêts-savanes. Cette étude a montré qu'il y a une régression des forêts claires et sèches dégradées et des mosaïques forêts-savanes (formations naturelles) au profit des formations anthropiques. Aussi, indiquent-ils que les classes agglomérations et sols nus, de même que champs et jachères passent respectivement de 1,8 % et 34,8 % en 1958 à 14,9 et 38,1 % en 2015.

Ref [13] soutient que la matrice des changements générée par le croisement des cartes d'occupation du sol de 1990 et de 2002, montre une évolution des différentes unités d'occupation du sol, dans le Bassin Versant Centre (BVC) du Ferlo. [12] soulignent que les formations forestières qui occupaient 13,2 % en 1958, sont passées à 0,3 % en 2015, soit une diminution de 97,4 %. Aussi, les savanes sont-elles passées de 113 690,9 ha à 85 380,9 ha, durant la période 1958-2015. Ce qui équivaut à une baisse de 24,9 %. Enfin, les travaux menés par [14] s'emploient à quantifier les différentes mutations spatiales (phénomènes de déforestation, de reforestation, de stabilité et autres dynamiques) opérées à l'échelle des forêts classées de Béki et de Bossématié dans l'Est ivoirien et les taux de déforestation annuels et globaux induits. Ainsi, pour la forêt classée de Béki, cette étude révèle des taux de déforestation globaux de 62,53% et de 3,33% annuel. Il souligne aussi qu'à Bossématié, les taux de déforestation sont respectivement d'environ 16% et 0,6%, des taux très faibles comparés à ceux de Béki et même du reste de la Côte d'Ivoire. Nos résultats sont aussi, conformes à ceux obtenus par [9], dans une étude sur les facteurs anthropiques et dynamique d'occupation des terres dans la même région. Leur étude a révélé que l'accroissement de la population et l'intensification des activités agricoles ont une forte pression sur l'espace naturel.

6 CONCLUSION

La présente étude s'est attelée à analyser l'état de l'occupation du sol au sein de la sous-préfecture de Nassian et l'impact des activités anthropiques sur le milieu naturel de 1998 à 2018. L'étude a permis d'abord de cartographier l'occupation du sol à Nassian, ensuite d'analyser de façon temporelle et statistique la répartition et l'intensité de l'occupation du sol de 1998 à 2018. L'état de l'occupation du sol est constitué par les espaces naturels et les espaces humanisés. Cette étude révèle que de 1998 et 2018, la transformation du milieu évolue à un rythme rapide. Les espaces naturels sont passés de 64% à 37%. Les espaces humanisés (culture/jachère et habitat/sol nu) ont évolué et se sont accrus au dépend des espaces naturels (forêts, savanes et plan d'eau). Ils sont passés de 36% à 63% de 1998 à 2018. Les activités anthropiques au sein de la sous-préfecture de Nassian ont un impact sur le milieu naturel. Elles provoquent des modifications du milieu naturel. A Nassian, ces activités participent à la transformation du couvert végétal. Il y a une pression humaine sur le milieu. La méthodologie utilisée, démontre le potentiel des images satellites comme source de données utile pour cartographier et gérer les territoires et la télédétection comme outil efficace à mettre à la disposition des gestionnaires des terroirs. Cette situation pourrait causer des problèmes environnementaux graves. C'est pourquoi il est important d'étudier l'évolution du milieu naturel pour un suivi efficace des changements environnementaux opérés au sein de cette circonscription administrative.

REFERENCES

- [1] N'GUESSAN Kouassi Fulgence, 2012: Spatialité agraire et logique de la nature: Analyse des interactions dans les savanes du centre-nord ivoirien. Exemple du finage de Tomono Samorosso, Thèse unique, IGT, Université FHB-Abidjan, 238p.
- [2] KOLI Bi Zuéli, 2009: Paysages et occupation du sol dans les savanes Subsoudanaises du centre Nord-Ouest ivoirien. Inventaires, analyses et cartographies intégrées dans les régions de Katiola, Mankono et Touba, Thèses de doctorat d'Etat, 2 Volumes, Université de Cocody, Abidjan, 630p. + Annexes cartographiques.
- [3] KOFFI Djagnikpo Kpedenou, TCHAA Boukpepsi, THIOU Tanzidani K. Tchamie, 2016: « Quantification des changements de l'occupation du sol dans la préfecture de yoto (sud-est Togo) à l'aide de l'imagerie satellitaire landsat ». In Revue des Sciences de l'Environnement, Laboratoire de Recherches Biogéographiques et d'Etudes Environnementales (Université de Lomé), pp.137-156. fhal-01409418f.
- [4] LEROUX H., (1969): Les sols de la région granitique de NASSIAN (Coté d'Ivoire): Etude particulière de leur matière organique, Thèse de doctorat, Université d'Abidjan, 156p.
- [5] AVENARD J. M., 1971: Aspect de la géomorphologie, in Le milieu naturel de Côte d'Ivoire, ORTROM, Paris, pp. 13-35.
- [6] Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR), 2015: Plan d'aménagement et de gestion du parc national de la Comoé, 110p.
- [7] O'Neill et al., 1996: Scale problems in reporting landscape pattern at the regional scale, in Landscape Ecology, vol 11. n° 3, pp. 169-180.
- [8] BONN F. et Rochon G., 1992: Précis de télédétection. Principes et méthodes, presse universitaire du Québec, AUPELF, 484p.
- [9] KONAN K. E, Kangah A. et Atta J. M., 2016: Facteurs anthropiques et dynamique d'occupation des terres dans le parc national de la Comoé, en Côte d'Ivoire, in Revue de Géographie de l'Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO N° 05, Vol. 2, pp 152-166.
- [10] CHALIFOUX S, Nastev M, Lamontagne c, Latifovic R, Fernandes R., 2006: Cartographie de l'occupation et de l'utilisation du sol par imagerie satellitaire Landsat en hydrogéologie, In Télédétection, 2006, Vol. 6, n° 1, p. 9-17.
- [11] ZAKARIYAO Koumoï, ABDOURAZAKOU Alassane, MINKILABE Djangbedja, Tcha Boukpepsi, Ama-Edi Kouya, 2013: « Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans le centre-Togo ». In AHOHO - Revue de Géographie du LARDYMES, Université de Lomé, 7 (10), pp.163-172.
- [12] KOFFI Djagnikpo Kpedenou, OUSMANE Drabo, POUNYALA OUOBA Awa, DAPOLA Constant E. Da, THIOU Tanzidani K. Tchamie, 2017: « Analyse de l'occupation du sol pour le suivi de l'évolution du paysage du territoire ouatchi au sud-est Togo entre 1958 et 2015 ». In CAHIERS DU CERLESHS, Presses de l'Université de Ouagadougou, XXXI (55), pp.203-228.

- [13] MAMADOU Adama Sarr, 2008: « Cartographie des changements de l'occupation du sol entre 1990 et 2002 dans le nord du Sénégal (Ferlo) à partir des images Landsat », In Cybergeog: European Journal of Geography [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 472, mis en ligne le 07 octobre 2009, consulté le 23 avril 2019. URL: <http://journals.openedition.org/cybergeog/22707>; DOI: 10.4000/cybergeog.22707.
- [14] ATTA Kouacou Jean-Marie, 2009: Contribution de la Télédétection et des SIG pour une approche modélisatrice de la déforestation en vue d'une gestion durable des forêts tropicales: cas des Forêts classées de Béki et de Bossématié dans l'Est de la Côte d'Ivoire. Thèse Unique, Université de Nantes, Nantes, 362 p.

Perception de la variabilité climatique par les producteurs céréaliers de l'extrême nord Bénin

[Perception of climate variability by cereal producers in the far north of Benin]

Ibrahima Kpekpassi¹, Abdoul Ramane Abdoulaye², and Bonaventure Eustache Bokonon-Ganta³

¹Ecole Doctorale « Sciences Agronomiques et Eau », Benin

²Laboratoire des Géosciences de l'Environnement et de Cartographie, Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Université de Parakou, Parakou, Benin

³Enseignant-chercheur, Laboratoire de Climatologie et Ethnoclimatologie Tropicales (Labo ClimET-UP), Université de Parakou, Benin

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Climate change is putting significant pressure on agricultural activities. This chapter aims to analyze the perceptions of climate variability by cereal producers in the far north of Benin. To achieve this objective, meteorological data (temperature, precipitation and relative humidity) from the period 1970 to 2018, socio-demographic data and agricultural data were used. Instat + and SPSS software enabled the analysis of the agro-climatic parameters of the season and the survey data on the local perception of the populations, respectively, in the form of tables and graphs. The results of the work reveal that the grain producers in the study environment perceive climate variability. Rising temperatures (94.86%), flooding (67.19%) and drought (58.6%). The analysis of climatic risks (precipitation, temperature and humidity) confirms the perception of these producers. Indeed between 1970 and 2018, the trends in precipitation and temperature are on the rise with increasing humidity.

KEYWORDS: perception, climate variability, cereal producer, North Benin.

RESUME: Les changements climatiques exercent des pressions importantes sur les activités agricoles. Le présent chapitre vise à analyser les perceptions de la variabilité climatique par les producteurs céréaliers de l'extrême Nord Bénin. Pour atteindre cet objectif les données météorologiques (température, précipitation et humidité relative) de la période 1970 à 2018, les données sociodémographiques et les données agricoles ont été utilisées. Les logiciels Instat+ et SPSS, ont permis d'analyser respectivement les paramètres agro climatiques de la saison et les données d'enquête sur la perception locale des populations sous forme de tableaux et de graphiques. Les résultats des travaux révèlent que les producteurs céréaliers du milieu d'étude perçoivent la variabilité climatique. L'élévation des températures (94,86 %), les inondations (67,19 %) et la sécheresse (58,6 %). L'analyse des risques climatiques (précipitation, température et humidité) confirme la perception de ces producteurs. En effet entre 1970 et 2018, les tendances des précipitations et de température sont à la hausse avec une humidité croissante.

MOTS-CLEFS: perception, variabilité climatique, producteur céréalier, Nord-Bénin.

1 INTRODUCTION

Au cours des dernières années, tous les pays de la planète connaissent une sérieuse menace dont les effets néfastes impactent fortement leurs développements, il s'agit des Changements Climatiques (CC) encore connus sous l'appellation du

réchauffement climatique global. Les impacts des CC sont probables d'être plus importantes pour les pays plus dépendants des activités du secteur primaire, principalement à cause de l'augmentation des incertitudes en productivité des secteurs primaires (A. Wreford, *et al.*, 2010, cité par A. A. Dolo *et al.*, 2019, p. 311). L'analyse des paramètres pluviométriques et thermiques fait remarquer que la pluviométrie est en baisse avec des variations sur les hauteurs annuelles et de la longueur des saisons. Ces irrégularités pluviométriques couplées avec une hausse de la température de plus de 1°C affectant négativement l'agriculture qui demeure tributaire des conditions météorologiques (Léa Guèguè OUOROU YERIMA *et al.*, 2020, p. 83). Cela engendre également des stress hydriques et inondations des champs de cultures qui ont pour conséquence le dérèglement du calendrier agricole traditionnel, l'adoption de nouvelles techniques culturales et autres (R. Ogouwale, 2020, p. 162).

Le Bénin à l'instar des pays ouest africains a subi une baisse notable de précipitations entre 1965 et 2015. Il est inéluctablement prouvé que la variabilité de la pluviométrie dans son aspect spatio-temporel, a des répercussions sur les rendements agricoles et de ce fait, sur les conditions socio-économiques du paysan. Les résultats de simulation montrent que la région ouest-centrafricaine pourrait voir la longueur de la saison agricole diminuer (I. J. Etéka *et al.*, 2016, pp. 125-127). La commune d'Athiémé est sujette à de fortes variabilités ou à des changements selon les échelles de temps dont les conséquences restent néfastes pour le développement durable (K. H. Koudjéga, 2016, p. 51). De même, la commune de Ouèssè au Bénin, connaît des risques climatiques majeurs sont la sécheresse, la poche de sécheresse, l'excès pluviométrique, les vents violents et les attaques de rongeurs (H. Chabi *et al.*, 2016, pp. 76-78). Les risques climatiques sont de véritables menaces au développement agricole dans les pays en développement.

Par ailleurs, il s'avère de plus en plus que des résultats de recherche ne peuvent devenir des instruments d'aide à la décision que mis en relation avec la perception paysanne (savoir de sens commun) de ces changements climatiques et, en fonction de celle-ci, les réponses ou les stratégies des (moyens mobilisés par acteurs pour atteindre un but) mises en œuvre pour en atténuer les effets (Y. Télesphore Brou *et al.*, 2005, p. 533). Le phénomène des changements climatiques est donc perçu non seulement par les scientifiques mais aussi par les populations. Les perceptions de ces population du phénomène sont le tarissement des points d'eau, l'insuffisance des ressources fourragères, la baisse des productions, la mortalité du cheptel, l'abondance des pluies, la transhumance des animaux, le retour prématuré des animaux des pâturages, le conflit entre agriculteurs et éleveurs et en fin l'augmentation du prix des aliments pour bétail (A. A. Dolo *et al.*, 2019, p. 320). Au Niger (commune de Filingé) le changement climatique est perçu par les paysans à travers la diminution de la pluviométrie et sa répartition inégale dans le temps, l'augmentation de la température, et des vents forts et sableux (H. Abdou *et al.*, 2020, p. 88). En outre, au Burkina Faso, les paysans perçoivent clairement les changements climatiques opérés au niveau des précipitations, de la température et du régime des vents. La baisse des précipitations, le dérèglement de la saison des pluies, l'irrégularité des pluies et la fréquence de poches de sécheresse relevées par les paysans constituent des manifestations scientifiquement acceptées de la crise climatique au Sahel (B. Diallo, 2010, p. 47).

2 PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

Localisé entre 2°00'16" et 3°36'21" de longitude Est et entre 10°55'00" et 12°00'6" de latitude Nord, le milieu d'étude regroupe les communes de Malanville, Kandi et Banikoara. Ces communes touchent deux zones agroécologiques du Bénin. Il s'agit pour la zone agroécologique 1-Malanville et la zone agroécologique 2-Kandi et Banikoara. Il s'étend sur une superficie totale de 11227,95 km² et est limitée au nord par la commune de Karimama et la République du Niger, à l'ouest par le département de l'Atacora et la République du Burkina-Faso, à l'est par la commune de Ségbana et la république du Nigéria et au sud par la commune de Gogounou. La figure 1 présente la situation géographique de la zone d'étude

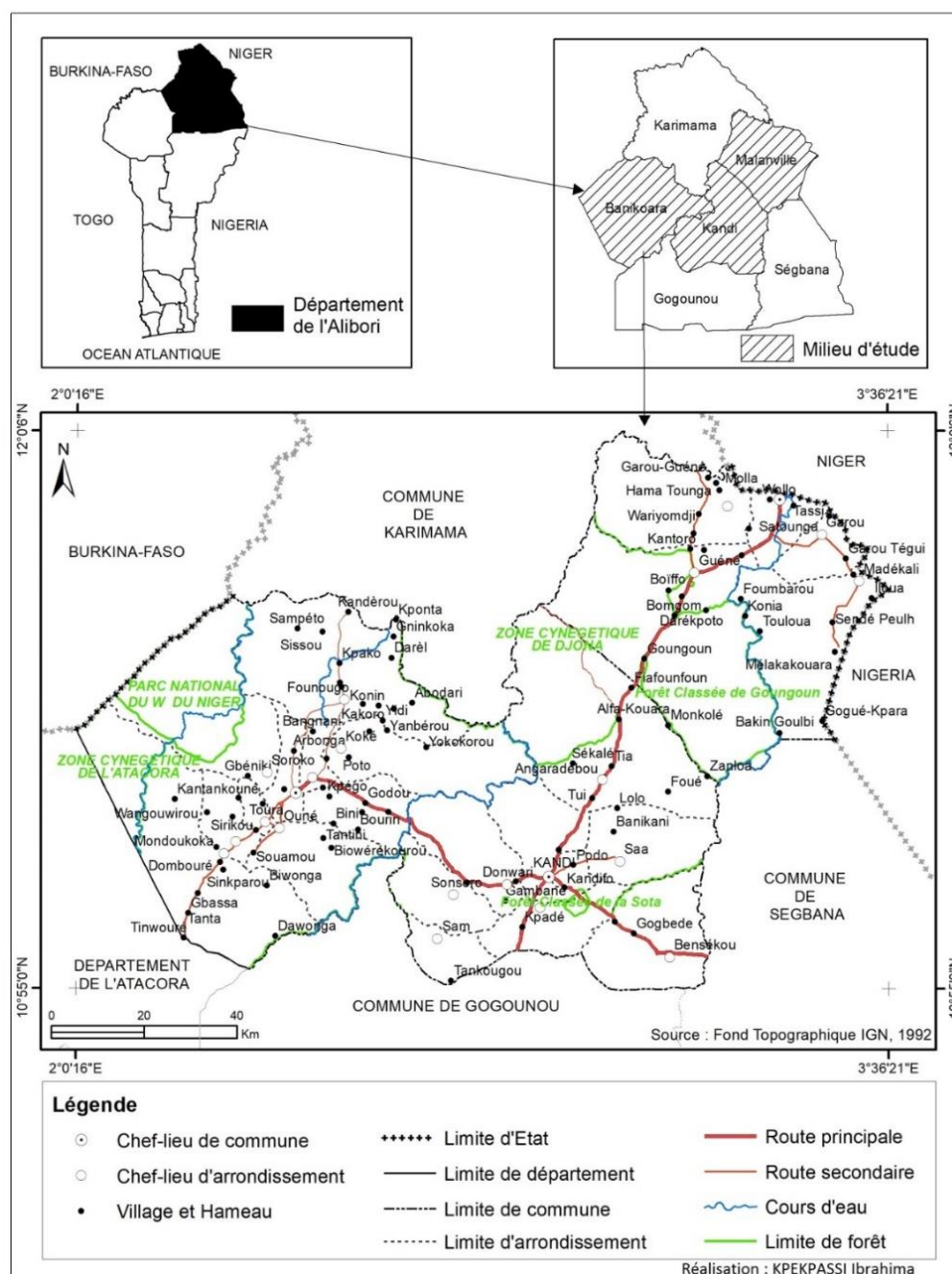


Fig. 1. Situation géographique du milieu d'étude

3 MATERIEL ET METHODES

3.1 MATÉRIEL

3.1.1 DONNÉES

- **Données météorologiques journalières:** elles sont constituées des hauteurs de pluie et températures (minimales et maximale) et de l'humidité relative. Elles sont issues de l'Agence Nationale de la Météorologie (Météo-Bénin) à Cotonou. Les données à l'échelle de la zone d'étude sont collectées à l'aide des stations pluviométriques à Malanville et à Banikoara, puis à l'aide d'une station de référence à Kandi sur la période de 1970 à 2018. Cette série implique celle de 1971- 2000 retenues par GIEC et OMM (2007), comme la nouvelle référence en matière d'étude climatologique.

- **Données sociodémographiques:** elles sont issues des résultats des recensements de 2002 et 2013 des communes de Malanville, Kandi et Banikoara disponibles dans les archives de l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE). Ces données ont permis d'avoir l'effectif de la population ainsi que les actifs agricoles du secteur d'étude. Les informations qualitatives issues des investigations socio-anthropologiques sont collectées pour la plupart auprès des groupes cibles. Ces informations se rapportent aux informations sur la variabilité et les changements climatiques ainsi que les stratégies d'adaptation développée par les communautés de ce milieu d'étude.
- **Données agricoles:** Les données agricoles utilisées dans le cadre de cette étude sont constituées essentiellement des statistiques agricoles (superficie, production, rendement et le solde vivrier) sur la période 1995 - 2018. Ces données sont issues du fichier du MAEP et de la Direction Départementale de l'Alibori.

3.1.2 OUTILS DE COLLECTES DES DONNÉES

Les outils utilisés pour la conduite de cette étude sont énumérés ci-dessous:

- **Fiches d'enquête:** pour les enquêtes auprès des céréaliers et des cadres locaux. Les questions centrales **abordées sur ces fiches** sont relatives à la perception de la variabilité climatique par les producteurs céréaliers notamment sur l'évolution de la pluviométrie, des températures et des événements extrêmes.
- **Des engins à deux roues** ont été utilisés pour faciliter le déplacement des enquêteurs sur le terrain;
- Un **GPS** (Global Positioning System) pour prendre les coordonnées des lieux d'enquête.
- **Instat+ v3.36** (Stern *et al.*, 2006) a servi pour les calculs statistiques de données météorologiques. **Instat+** est un logiciel d'analyse statistique de données agro climatologiques et un modèle de simulation agro météorologique. Il a permis de faire des analyses agro climatiques, notamment des analyses des facteurs clés de la saison agricole (date de début et de fin de la saison des pluies, longueur de la saison, et de la durée des séquences sèches).
- **SPSS** (Statistical Package for Social Sciences) version 13.0 a été utilisé pour le traitement des données d'enquête. C'est un logiciel spécialisé dans le traitement des données en vue d'analyses statistiques. Il lit les données, les traduit en format SPSS et exécute les opérations mathématiques et statistiques. Ce logiciel permet de présenter à la suite de l'analyse les résultats sous forme de tableaux et de graphiques.
- **Rclimindex** nous a permis de calculer certains indices climatiques.

3.2 MÉTHODES

3.2.1 RECHERCHE DOCUMENTAIRE

Cette étape a été faite dans des centres et institutions de recherche, des structures dont les activités sont en rapport avec les objectifs de ce chapitre. Les thèses, mémoires articles et rapports ont été consultés au Laboratoire de Climatologie et Ethnoclimatologie tropicale (Labo ClimET), au Laboratoire des Géosciences de l'Environnement et de Cartographie (LaGECa), au centre de documentation de la Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines (FLASH), aux Facultés des Sciences Agronomiques (FSA) des universités de Parakou et d'Abomey

-Calavi. Des documents ont été également consultés à l'Ecole Doctorale Pluridisciplinaire de l'université d'Abomey Calavi, à Ecole Doctorale « Sciences Agronomiques et de l'Eau », au Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche (MAEP), à l'Institut National de Recherches Agricoles au Bénin (INRAB), dans les Secteurs Communaux pour le Développement Agricole (SCDA) de Malanville, Kandi et Banikoara, à l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE), à l'Agence Nationale de la Météorologie (Météo Bénin). Les sites, liens et moteurs de recherche sur l'internet ayant trait au chapitre ont été consultés. La recherche documentaire a permis d'approfondir les connaissances sur les aspects clés de l'étude pour mieux appréhender les perceptions sur la variabilité climatique des producteurs agricoles. Ces différentes données ont été complétées par celles issues des investigations socio-anthropologiques.

3.2.2 ECHANTILLONNAGE

3.2.2.1 EFFECTIF DE L'ÉCHANTILLON

Les groupes cibles sont constitués des producteurs céréaliers, des cadres de la DDAEP, des Agences Territoriales pour le Développement de l'Agriculture (Pôle 2) des communes de Malanville, Kandi et Banikoara.

Les autres personnes ressources sont choisies en fonction de leur connaissance du domaine agricole et des relations climat-agriculture. Les informations recueillies ont permis d'apprécier les perceptions de la variabilité climatique des producteurs céréaliers. L'unité de sondage est le ménage agricole.

La taille de l'échantillon a été déterminée par la formule de SurveyMonkey (1999). Il a été défini à travers la formule:

Soit E la taille de l'échantillonnage :

$$E = \frac{\frac{Z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{Z^2 \times p(1-p)}{e^2 N}\right)}$$

Avec N: la taille de la population; e: la marge d'erreur et Z: le cote, p: le niveau de confiance

La taille de la population agricole est de 251270, le niveau de confiance est de 95 %, la marge d'erreur est de 5 %. Le tableau I présente le bilan de la répartition de l'échantillonnage.

Tableau 1. Répartition de l'échantillon dans le secteur d'étude

Localités	Types d'exploitant agricole	Nombre total de ménages	Cadres locaux	Taux de personnes enquêtées (%)
Banikoara	94	94	29	37,15
Kandi	100	100		39,52
Malanville	59	59		23,32
TOTAL	253	253	29	100

Source: Enquête de terrain, Février 2020.

L'application de la formule a permis d'obtenir un effectif de 253 individus qui ont été soumis aux questionnaires. A ces ménages agricoles viennent s'ajouter les cadres locaux constituées des agents des associations d'agriculteurs, des cadres des ATDR et de la DDAEP.

Tous les arrondissements de chaque commune ont été pris en compte. La figure 2 présente répartition des personnes enquêtées dans le milieu d'étude.

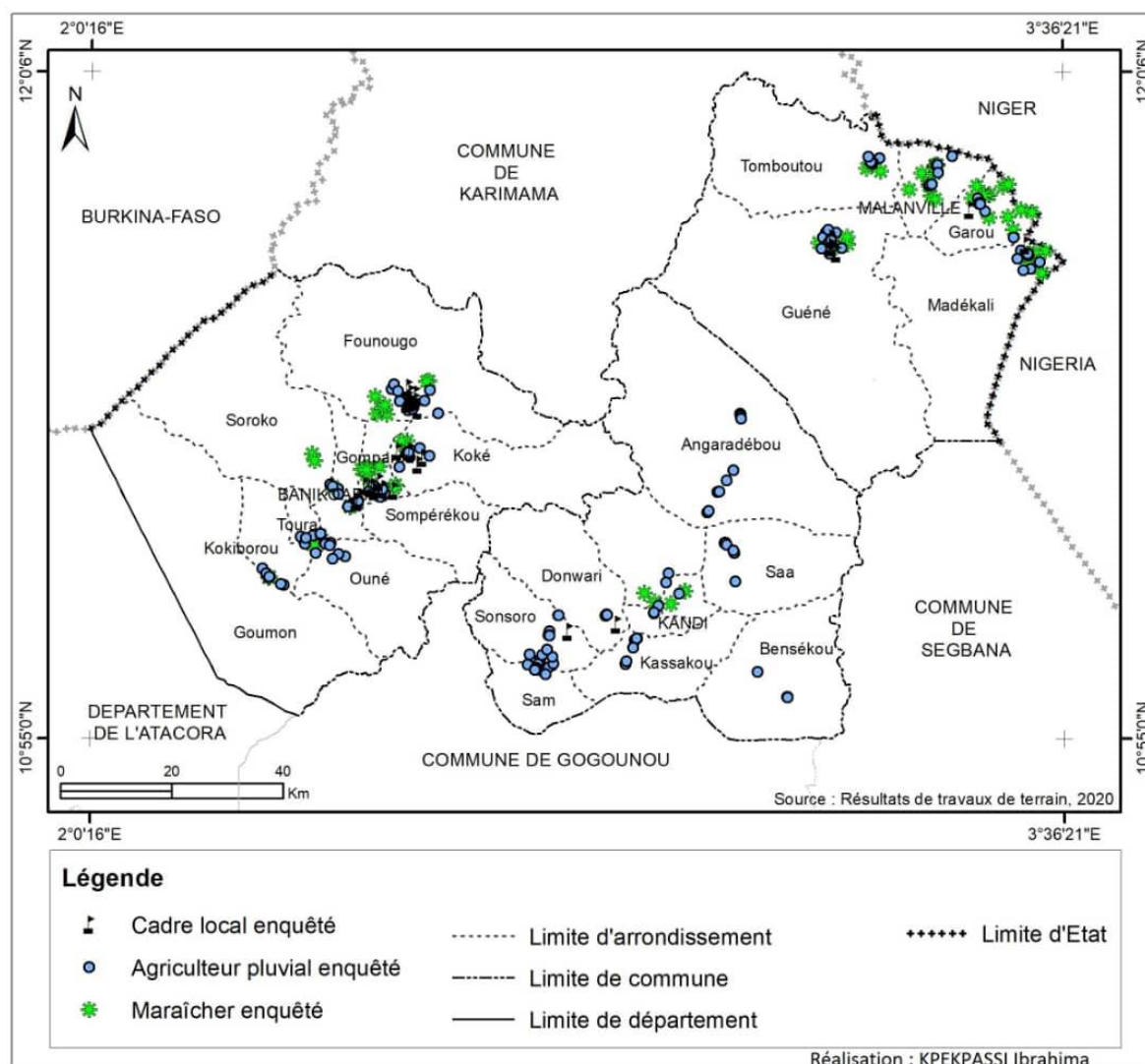


Fig. 2. Distribution des points d'enquête

De cette figure 2 on retient que les enquêtes ont été menées dans tous les arrondissements du milieu d'étude. La majorité des maraîchers enquêtés se trouvent dans la commune de Malanville.

3.2.2.2 CHOIX DE L'ÉCHANTILLON

La technique du choix raisonné a été utilisée pour l'identification des personnes interrogées. Dans chaque ménage, seul le chef ménage a été pris en compte. Les personnes choisies répondent à l'un des critères ci-après:

- Être un agriculteur céréalière dans l'une des communes d'étude pour être conforme au sujet d'étude;
- Avoir au moins 25 ans, avec une expérience d'au moins 5 ans dans le domaine agricole. A cet âge, l'individu aurait vécu certaines expériences et qu'il est en mesure de les relater;
- Avoir vécu régulièrement dans le milieu d'étude au cours des dix dernières années. Ce critère est retenu parce que pour parler aisément des réalités d'un milieu, il faut y avoir vécu pendant un certain nombre d'années;

Nb: Ces critères ne sont pas cumulatifs. Il faut juste remplir au moins un des critères.

3.2.3 TECHNIQUE DE COLLECTE DES DONNÉES

Plusieurs techniques de collecte des données ont été utilisées dans le cadre de cette étude. Les entretiens directs, ou semi-directs, les diagnostics participatifs (focus group) et l'observation directe sont les principales techniques utilisées.

Les entretiens individuels avec les techniciens des ATDA, DDAEP et les associations de producteurs ont aidé à appréhender l'influence de la variabilité climatique sur les cultures céréalières du milieu d'étude. Ces entretiens ont été réalisés à l'aide d'un questionnaire élaboré à leur intention.

Le diagnostic participatif (focus group) a permis de compléter et de confronter les informations recueillies à l'aide du questionnaire. Il a été réalisé dans chaque localité retenue afin de comprendre l'influence des changements climatiques et les différentes perceptions des populations de ces localités.

Les informations contenues dans les questionnaires ont été superposées et synthétisées. Les informations et données recueillies, à l'issue des échanges avec les populations, ont servi à analyser les différentes perceptions des producteurs. Les différentes informations qui ont été collectées à l'aide de ces outils et techniques ont été soumises aux traitements statistiques.

3.2.4 TRAITEMENT DES DONNÉES ET ANALYSE DES RÉSULTATS

Le traitement des données collectées et l'analyse des résultats constituent la dernière phase de l'approche méthodologique utilisée dans ce travail.

TRAITEMENT DES DONNÉES

Le traitement des données est fait par le dépouillement avec l'application mobile de collecte de données (KoBoToolBox). L'usage de cette application permet de dépouiller automatiquement les résultats d'enquête; la saisie et le traitement de textes; la réalisation de tableaux et de graphes et la réalisation des cartes, respectivement à partir des logiciels microsoft word et excel et du logiciel de cartographie ArcGIS 10.1. SPSS (Statistical Package for social sciences) est utilisé pour le traitement des données d'enquêtes.

C'est un logiciel spécialisé dans le traitement des données en vue d'analyse statistiques. Il lit les données, les traduit en format SPSS et exécute les opérations mathématiques et statistiques. Ce logiciel permet de présenter à la suite de l'analyse les résultats sous forme de tableaux et de graphiques.

Le tableur Excel a été utilisé pour agréger les données journalières en données mensuelles puis annuelles afin de les transformer en tableaux puis en graphiques. Il a été également utilisé pour calculer la moyenne des hauteurs de pluies, de températures et les statistiques agricoles suivant la formule:

$$X = \sum_{i=1}^n Xi / N \quad (P_1)$$

X = la moyenne arithmétique; N = l'effectif total des modalités et Xi = modalité du caractère étudié.

TEST DE DÉTECTION DE RUPTURE DE PETTITT

Le test de détection de rupture de Pettitt (1979) dont l'hypothèse nulle consiste en l'instabilité dans l'égalité des moyennes de deux séries issues de la série initiale (Lawson-Body, 2002) a été utilisé pour déterminer l'année de rupture dans l'évolution des différents indices cités au seuil de signification $\alpha = 5\%$. Le principe du test du Pettit est le suivant: Soit X_t , $t=1,2, \dots, n$ un élément de la série.

Soit $U_t = 2W_t - t(n+1)$ avec $W_t = \sum_{j=1}^t R_j$ ($j=1,2, \dots, t$); R_j étant le rang de l'élément X_t dans une série rangée par ordre croissant et U_t , l'indice du test. Pour les valeurs extrêmes UE des U_t , la valeur critique U_c au niveau de seuil α est donnée par la formule: $U_c = \text{Racine} [(n^3+n^2) (\log \alpha) / (-6)]$ avec $\alpha = 0,05$

Quand $|UE| > U_c$, la valeur t correspondante est l'estimation d'un point de changement brusque ou saut. La détection des moments probables de rupture dans les séries temporelles vise à vérifier la non stationnarité des séries pluviométriques et hydrométriques, et à valider l'hypothèse sur la baisse pluviométrique et hydrométrique, depuis la fin des années 70. Cette procédure de segmentation de Hubert (Hubert *et al.*, 1998), méthode statistique de U Buishand et procédure bayésienne de Lee et Heghinian. Cette analyse a été faite à partir du logiciel Khronostat 1.01.

4 RESULTATS

4.1 ANALYSE DE LA PERCEPTION DE LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE PAR LES PRODUCTEURS CÉRÉALIERS DE L'EXTRÊME NORD BÉNIN

Dans la zone d'étude les producteurs céréaliers sont unanimes sur le fait qu'il y a variabilité climatique. Mais ils perçoivent différemment les effets de cette variabilité climatiques.

4.1.1 PERCEPTION L'ÉLEVATION DE LA TEMPÉRATURE

La quasi-totalité des producteurs enquêtés attestent que la température devient de plus en plus élevée. La figure 3 présente la perception des producteurs sur l'élévation de la température.

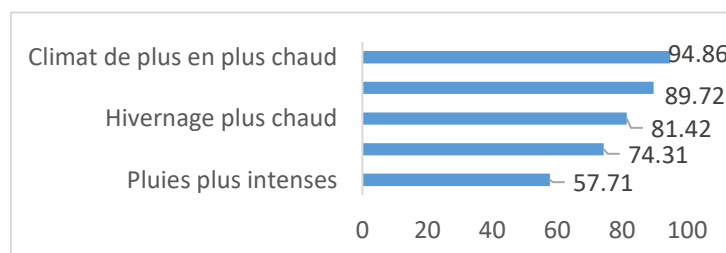


Fig. 3. Perception des agriculteurs pluviaux sur l'élévation de la température

Source: Enquêtes du terrain, 2020

D'après l'analyse des graphiques de la figure 3, presque tous les producteurs (94,86 %) ont affirmé qu'il fait de plus en plus chaud. De même la plupart (soit 89,72 %) pensent que les nuits sont de plus en plus chaudes. En outre ces producteurs affirment majoritairement que les hivernages et la saison froide sont de plus en plus chauds (soient 81,42 % et 74, 31 % respectivement). Cette élévation de température augmente l'évaporation des ressources en eau du sol; ce qui contribue à la baisse de fertilité des sols.

Par ailleurs, les investigations de terrain ont révélé que 57,71 % des producteurs céréaliers enquêtés attestent que les pluies sont de plus en plus intenses avec des vents violents. Cette situation engendre les inondations observées dans la zone d'étude. Mais elle est plus remarquable dans la commune de Malanville que les deux autres communes (Banikoara et Kandi) à cause de l'installation de la population dans les berges et la production agricoles dans les lits des cours d'eau.

4.1.2 PERCEPTION SUR LA VARIATION DES SAISONS

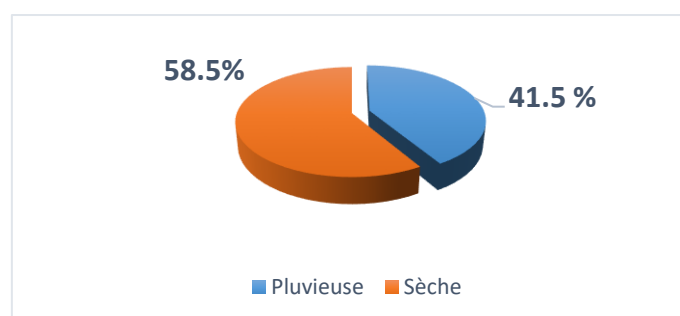


Fig. 4. Répartition des producteurs pluviaux selon le point de vue par rapport à la variabilité des saisons

Source: Données d'enquête, 2020.

De l'analyse de la figure 4, il ressort que plus de la moitié (58,6 %) de la population enquêtée affirment que les saisons sont de plus en sèches.

4.1.3 PERCEPTION SUR LA VARIABILITÉ DE LA PLUIE

Tableau 2. Répartition des producteurs selon leur point de vue par rapport à la variation des saisons

Communes	Les saisons sont-elles de plus en plus pluvieuse ou sèche? (Q9)		
	Pluvieuse	Sèche	Total
Banikoara	37	57	94
Kandi	65	35	100
Malanville	3	56	59
Total	105	148	253
Test Exact de Fisher; $p=0,000<0,01$			

Source: Données d'enquête, Février 2020.

Cependant le test Exact de Fisher réalisé entre cette variable et la variable « **commune** » des productions révèle que cette réponse est relative à chaque commune (test significatif; $p=0,000<0,01$).

La quasi-totalité des producteurs pluviaux (99,6 %) mentionnent que les pluies sont de plus en plus variables.

4.1.4 PERCEPTION DES PRODUCTEURS SUR LE NOMBRE DE SÉQUENCES SÈCHES

La perception des agriculteurs pluviaux de la zone d'étude en relation avec le nombre de séquences sèches et leur durée par ans est mentionnée sur le tableau III

Tableau 3. Nombre de séquences sèches et leur durée selon les producteurs pluviaux

Désignation	Durée moyenne des séquences sèches	
	Avant	Actuellement
Nombre de séquences sèches	29	41
Nombre de jours (jours)	18	27

Source: enquête de terrain, 2020

De l'analyse du tableau III on retient la durée des séquences sèches a augmenté dans l'ensemble du milieu d'étude. Elle est passée de 18 à 27 jours

4.1.5 PERCEPTION DES PRODUCTEURS SUR LES ÉVÈNEMENTS EXTRÊMES

Selon les producteurs pluviaux les événements extrêmes deviennent de plus en plus fréquents, c'est ce qui donne la lecture de la figure 5.

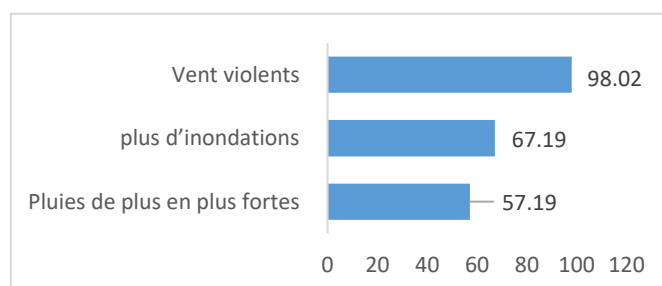


Fig. 5. Répartition des producteurs pluviaux par rapport aux questions relatives aux événements extrêmes

Source: Données d'enquête, 2020

L'analyse de la figure 5 fait ressortir que plus de la moitié, soit 57,19 %, des producteurs enquêtés affirment que l'intensité des pluies est de plus en plus forte; 67,19 % pensent qu'il y a de plus en plus d'inondations et les 98,02 % pensent que les vents sont de plus en plus violents.

L'analyse des perceptions des variabilités climatiques vécus par les agriculteurs céréaliers décline les risques climatiques suivants: élévations des températures, inondations, sécheresse.

4.1.6 PERCEPTION DES PRODUCTEURS SELON LES SIGNES ANNONCIATEURS DU DÉBUT OU DE LA FIN DE LA SAISON DES PLUIES

Les producteurs céréaliers de Malanville, Kandi et Banikoara constatent le début ou la fin de la saison des pluies par les indicateurs ci-après:

4.1.6.1 INDICATEUR DU DÉBUT DE LA SAISON DE PLUIES

Les agriculteurs reconnaissent le début de la saison pluvieuse par les événements suivants:

- Le vent devient sec;
- La nature commence à être verdoyante;
- Les premières pluies tombent;
- Les oiseaux biotitingou;
- La chaleur s'intensification;
- Les hirondelles reviennent;
- Le mois d'avril tire à sa fin;
- Après un mois de grande chaleur;
- Après la récolte des noix d'anacarde;
- Le vent frais commence à souffler;
- Le calotropice procera perd ses fleurs;
- Le néré fleurit;
- Le manguier donne des fruits;
- L'oiseau coucou chante
- Le tonnerre gronde;
- Les oiseaux migrants passent
- Certains arbres commencent par perdre leurs feuilles;
- Les bas-fonds sont inondés.

4.1.6.2 INDICATEUR DE LA FIN DE LA SAISON DE PLUIES

Les agriculteurs reconnaissent la fin de la saison des pluies par les signes ci-après:

- La sécheresse apparaît;
- La dégénérescence des arbres;
- Les pluies s'arrêtent définitivement;
- Les oiseaux migrants vont en direction du niger;
- Les feuilles des arbres s'assèchent;
- Les feuilles des arbres disparaissent progressivement
- Les nuages disparaissent;
- Les eaux de pluies s'infiltrent plus rapidement;
- Le vent souffle vers l'ouest ou vers le nord;
- La chaleur diminue d'intensité;
- Le vent devient violent;
- Les oiseaux migrants prennent départ;
- Apparition de l'harmattan et du brouillard;
- Les tourbillons apparaissent;
- L'arc en ciel apparaît;
- Les oiseaux sicobi et tianko disparaissent;
- Le départ des hirondelles;

- La campagne du coton débute
- Un arbre appelé folobênin (en mokolé) commence par donner de fruits
- Le soleil augmente d'intensité;
- Le baobab perd ses feuilles;
- Il pleut les nuit;
- Les bas-fonds commence à s'assécher;
- Même si les nuages se concentrent, il n'y a pas de pluie,
- Apparition des termites à ailes à la lumière la nuit
- Le mois d'octobre tire à sa fin
- Non régénérescence des végétaux
- L'ouverture des capsules de coton
- Vent très violent avec pluie
- Fourrage devient rare
- Les oiseaux pitinpkirou apparaissent;
- L'apparition des fourmis gousounontanhan.
- Saèbomkaho (oiseau qui n'aime pas l'eau) apparaît
- La fraîcheur devient de plus en plus intense.

4.2 ANALYSE DES RISQUES CLIMATIQUES AUXQUELS SONT EXPOSÉS LES AGRICULTEURS PLUVIAUX ET MARAÎCHERS CÉRÉALIERS DU MILIEU D'ÉTUDE

L'analyse des risques climatiques est basée sur l'étude des paramètres: précipitation, température et humidité.

4.2.1 PRÉCIPITATION

La figure 6 présente le régime pluviométrique du milieu d'étude.

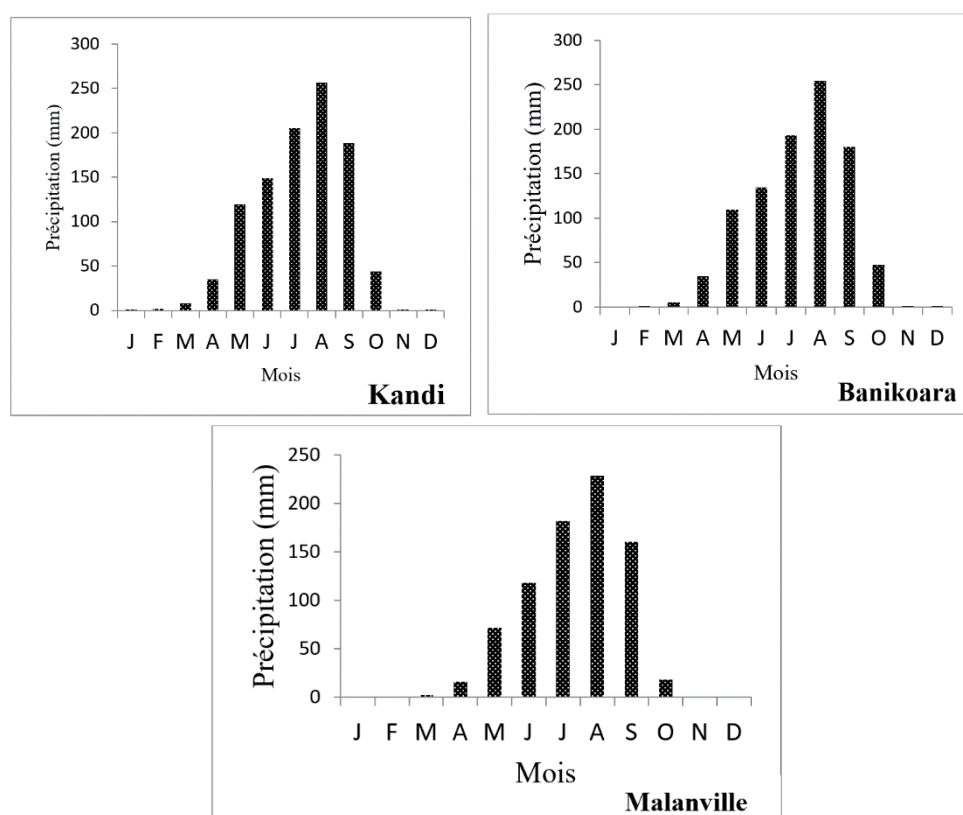


Fig. 6. Régime pluviométrique du milieu d'étude

Source: Agence Météo-Bénin, 2019

L'analyse de la figure 6 montre que dans toutes les stations le pic des précipitations est en août (en moyenne 200 mm). La saison des pluies débute en avril avec des faibles hauteurs de pluie (en moyenne 28,81 mm). La saison sèche est comprise entre le mois de novembre à mai. En générale, il y a 7 mois pluvieux et 5 mois secs. La moyenne annuelle est de 922,71 mm. Selon les enquêtés, la fréquence élevée des mois pluvieuses favorises la production des cultures à cycle long telles que l'igname, le manioc, mais aussi devient une contrainte pour les cultures comme le maïs et le sorgho, qui ne supportent pas assez d'humidité.

L'analyse tendancielle des cumuls annuels des précipitations dans le milieu d'étude révèle une hausse des cumuls annuels. La pente de la tendance des communes de Kandi, Banikoara et Malanville est respectivement de 1.91, 1.13 et 1.82 (figure 7).

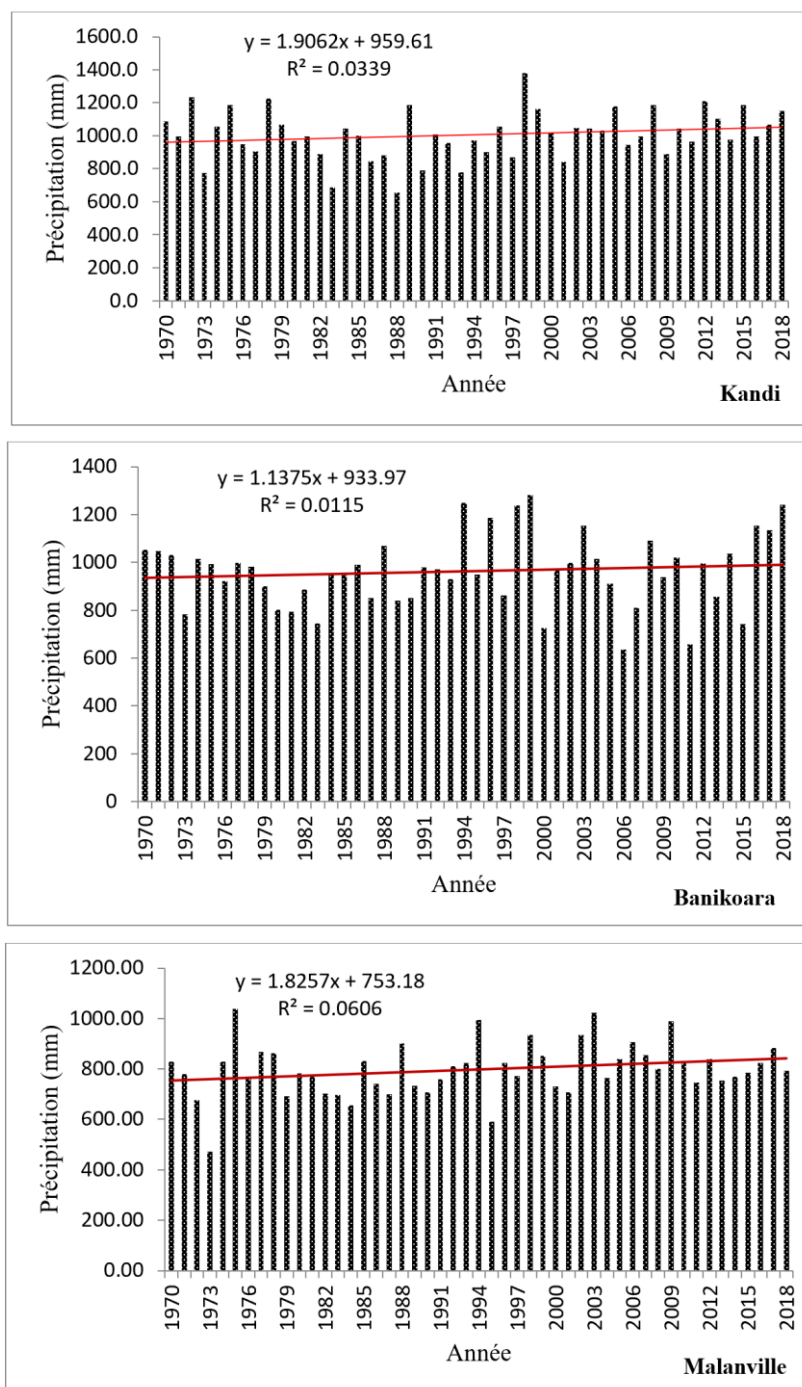


Fig. 7. Cumuls annuels des précipitations

Source: Agence Météo-Bénin, 2019

L'analyse de la figure 7 montre que la tendance pluviométrique est généralement à la hausse. Mais cette évolution est statistiquement insignifiante car elle n'a pas modifiée la pluviométrie sur la série de 1970 à 2018. Seule la pluviométrie de la commune de Kandi qui a connue de changement en 1998. Deux tests ont été effectués pour déterminer la rupture (Pettitt et Buishand). Selon ces deux tests, deux hypothèses sont émises. H_0 : les données sont homogènes; H_a : Il y a une date à partir de laquelle il y a un changement dans les données. Avec le test de Pettitt, il n'y a pas de rupture, étant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0.05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 . Mais par contre le test de Buishand montre une rupture dans la série temporelle avec une p-value (0.049) inférieur au niveau de signification $\alpha=0.05$ on doit alors retenir l'hypothèse alternative H_a . La figure 8 présente la rupture de la série temporelle.

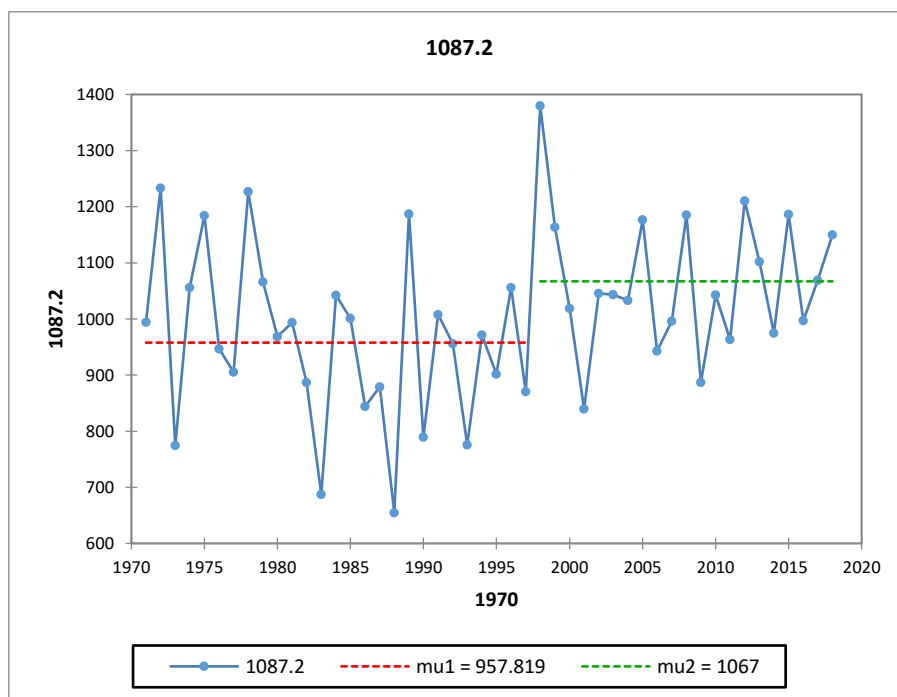


Fig. 8. Rupture de la série temporelle

Source: Agence Météo-Bénin, 2019

Deux périodes ont été identifiées, la période de 1970 à 1997 avec une moyenne pluviométrique de 962,43 mm et la période de 1998 à 2018 avec une moyenne de 1067,02 mm. La dernière période est la plus humide. Ce résultat vient confirmer la déclaration des producteurs des cultures céréalières selon laquelle les pluies sont de plus en plus abondantes.

La période de 1970 à 2018 est marquée par des années sèches et des années humides. La figure 9 présente la variabilité interannuelle de la pluviométrie des communes de Kandi, Banikoara et Malanville.

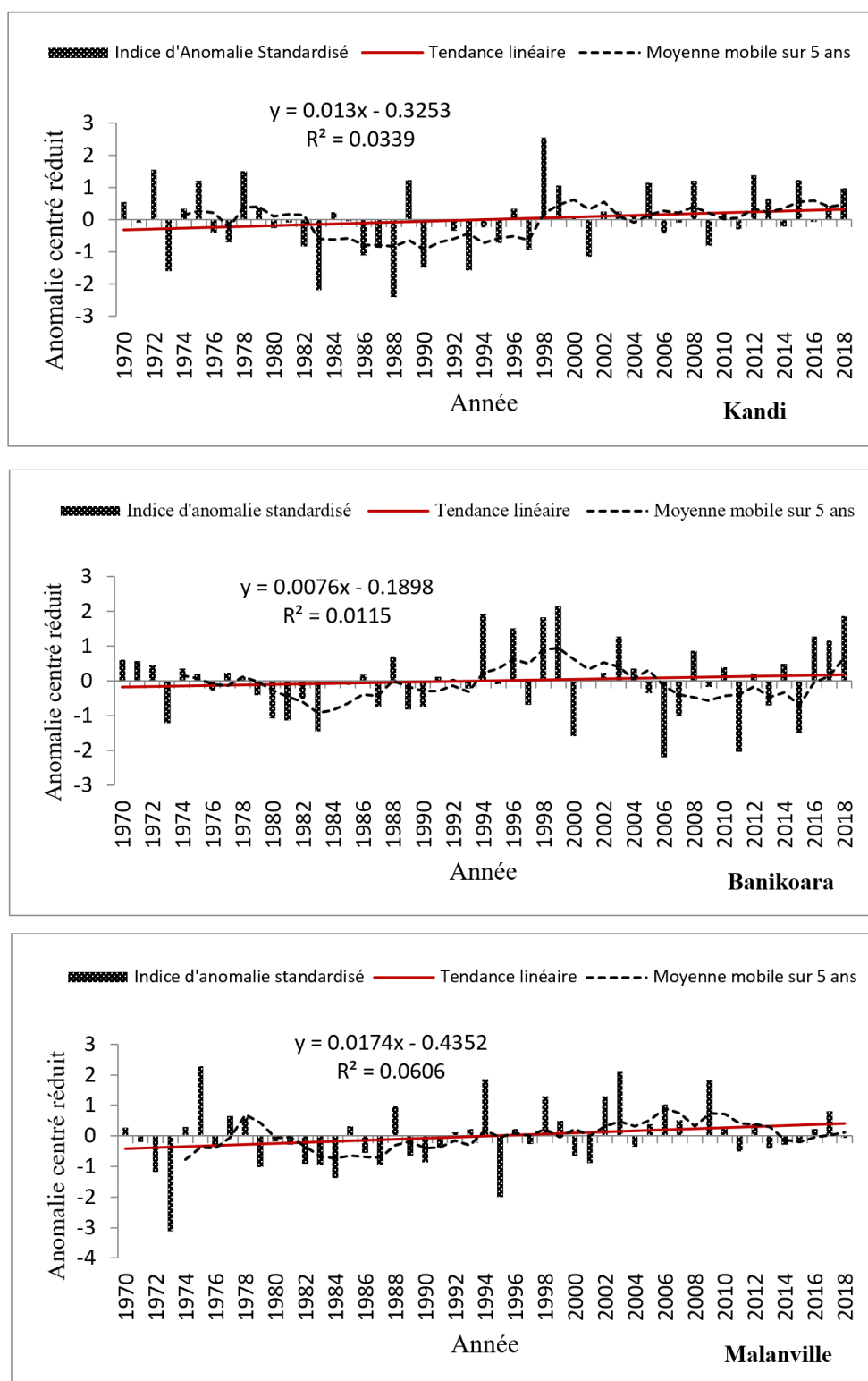


Fig. 9. Variabilité interannuelle de 1970 à 2018

Source: Agence Météo-Bénin, 2019

L'analyse de la figure 9 montre que la période de 1970 à 2018 est caractérisée par une alternance des années sèches et humides.

En effet, la commune de Kandi est marquée par une fréquence élevée des années excédentaires (51,02 %) et avec des degrés d'humidités variable d'une année à une autre et une baisse des séquences sèches (48,98 %).

4.2.2 TEMPÉRATURE

L'analyse des tendances de la température a été faite avec les données de la station synoptique de Kandi. La figure 10 présente la variabilité interannuelle de la température de la station de Kandi de 1970 à 2018.

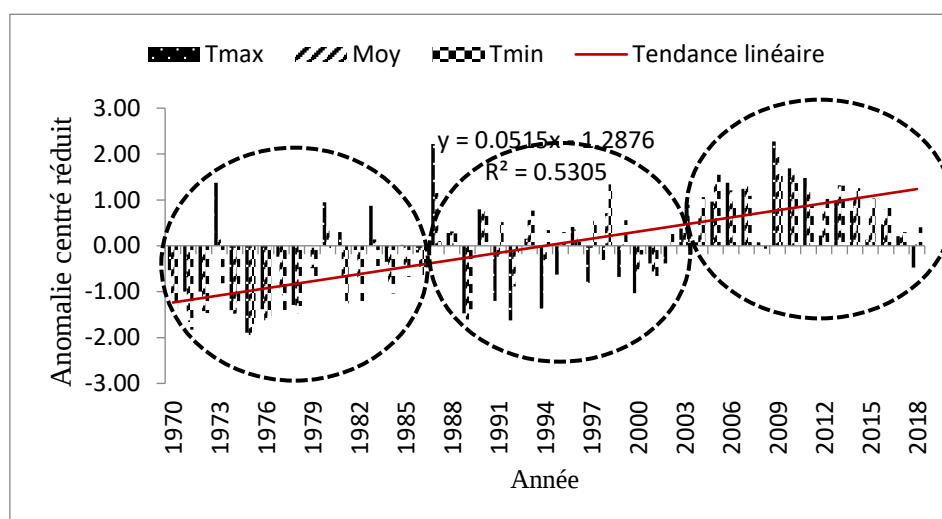


Fig. 10. Variabilité interannuelle des températures minimales, moyenne et maximales de 1970 – 2018

Source: Agence Météo-Bénin, 2019

L'analyse de la figure 10 montre une tendance à la hausse des minimales, moyennes et maximales. La tendance de la température moyenne est de 0.05 °C/ans. De l'analyse graphique, trois sous période ont été identifiées, la période de 1970 à 1986, de 1987 à 2003 et de 2004 à 2018 dont les moyennes sont respectivement de 27,72 °C, 28,13 °C et 28,59 °C. La période de 2004 à 2018 est donc la plus chaude. Cette situation est à la base de l'augmentation de l'évapotranspiration des espèces végétales; ce qui augmente les besoins en eau des plantes. Elle réduit aussi l'humidité du sol.

4.2.3 HUMIDITÉ

L'indice d'humidité NDMI (Normalized Difference Moisture Index) a permis de déterminer l'humidité du sol des années 1998, 2008 et 2018 (figures 11, 12 et 13).

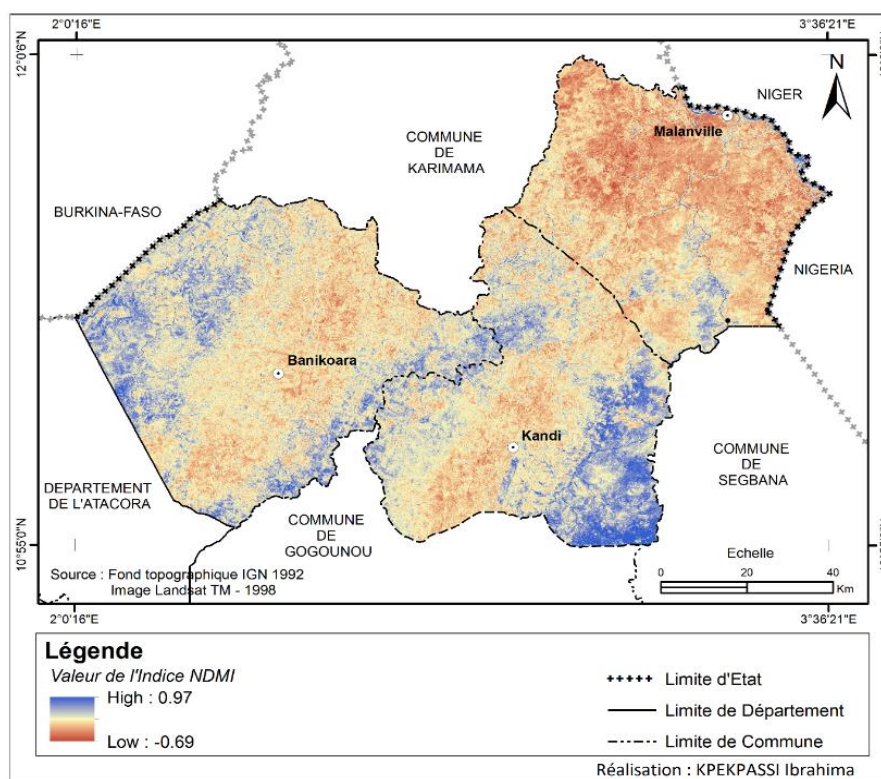


Fig. 11. Indice d'humidité du milieu d'étude en 1998

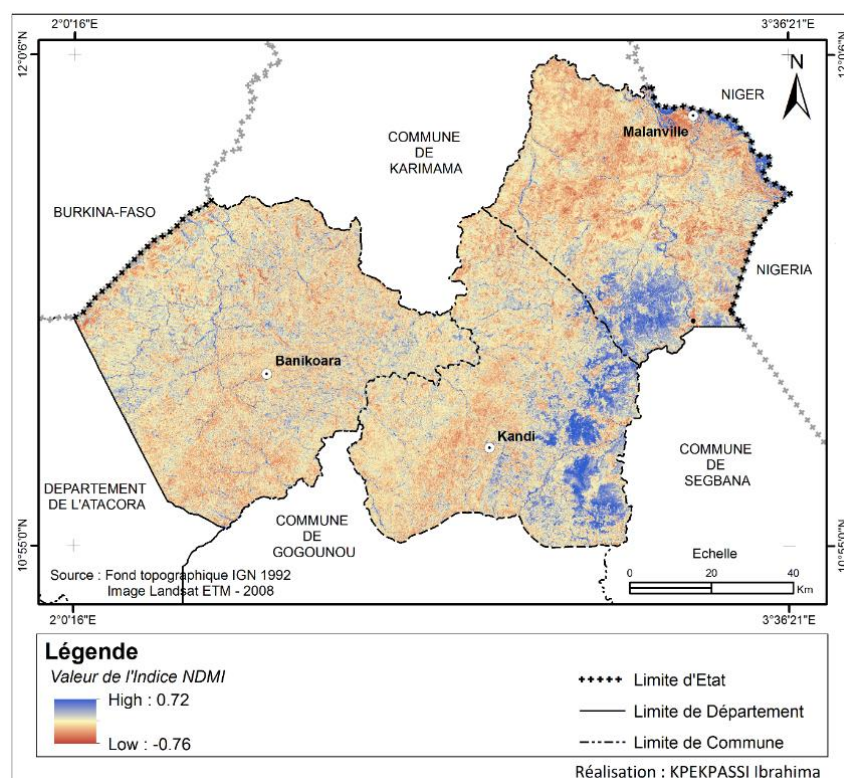


Fig. 12. Indice d'humidité du milieu d'étude en 2008

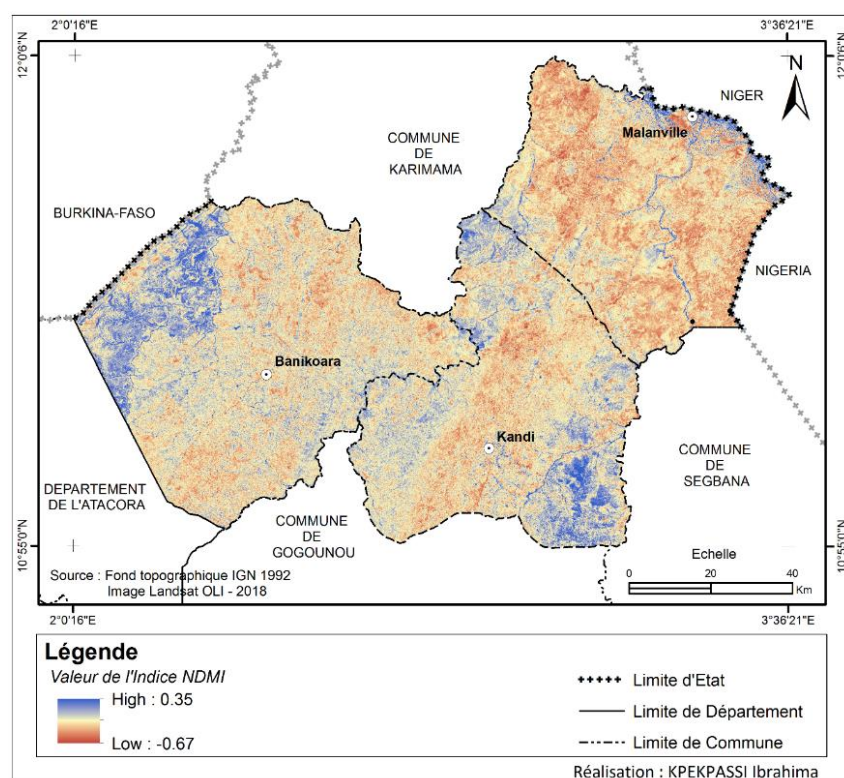


Fig. 13. Indice d'humidité du milieu d'étude en 2018

L'analyse des figures 11, 12 et 13 montrent une variation dans le temps et dans l'espace de l'humidité. En 1998, le sud-est, le nord et le nord-ouest sont les plus humides tandis qu'en 2008 seul le nord et l'est sont humide. L'année 2018 est marquée par retour à la normale. La commune de Malanville qui présente une situation de sécheresse sur toutes les trois années. La figure 14 présente l'évolution de l'humidité dans le secteur d'étude de 1998 à 2018.

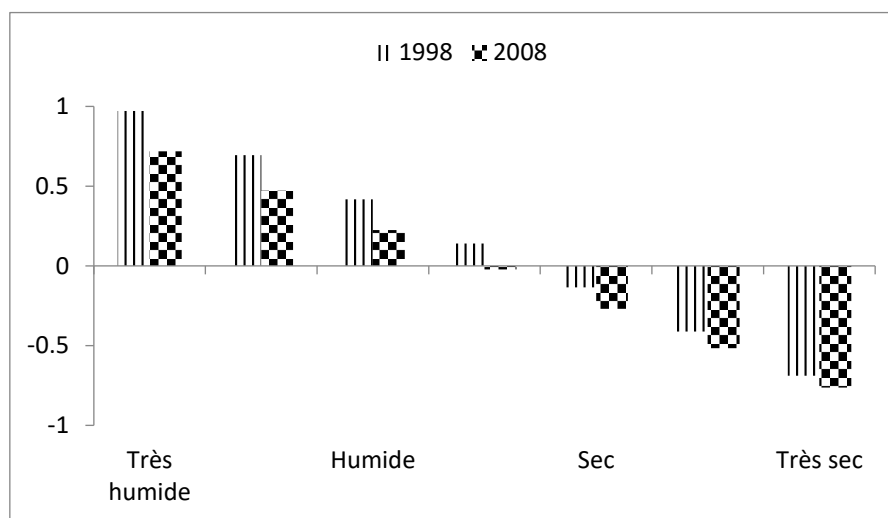


Fig. 14. Evolution de l'humidité du sol de 1998 à 2018

Source: Données d'enquête, 2020

D'après la figure 14, il est constaté que l'évolution de l'humidité est en baisse au fur et à mesure qu'on évolue dans le temps. L'humidité qui était de 0,97 en 1998 est passée à 0,35 en 2018. Par contre les endroits secs sont en croissance entre 1998 à 2008 (respectivement de -0,76 et -0,67). Cet état a été amélioré en 2018 car il est observé une diminution des espaces secs (-0,67). Ceci est dû aux conditions pluviométriques qui deviennent de plus en plus abondante dans la zone. En outre le secteur de Malanville, Kandi et Banikoara est favorable aux activités de maraîchage.

5 DISCUSSION

Les communautés de l'extrême nord du Bénin perçoivent la variabilité climatique. Près de 95 % des producteurs céréaliers interrogés affirment qu'il fait de plus en plus chaud. De même la plupart pensent que les nuits sont de plus en plus chaudes. En outre ces producteurs affirment majoritairement que les hivernages et la saison froide sont de plus en plus chauds. Cette élévation de température augmente l'évaporation des ressources en eau du sol; ce qui contribue à la baisse de fertilité des sols. Par ailleurs, les investigations de terrain ont révélé que près de 58 % des agriculteurs enquêtés attestent que les pluies sont de plus en plus intenses avec des vents violents. Cette situation engendre les inondations observées dans la zone d'étude. Ces convergent avec ceux de L. G. Djohy, B. Sounon Bouko (2020, p. 217) selon lesquels la hausse des températures (97 %), le début tardif de la saison pluvieuse (97 %), le prolongement de la saison sèche (96 %), la fin précoce de la saison pluvieuse (94 %), le raccourcissement de la durée de la saison pluvieuse (93 %) et la baisse pluviométrique (90 %) constituent les manifestations des paramètres climatiques les plus cités par les enquêtés de la commune de Tchaourou au Bénin. L'analyse des perceptions de la variabilité climatique vécue par les agriculteurs céréaliers décline les risques climatiques suivants: élévations des températures, inondations, sécheresse.

L'analyse des risques climatiques (précipitation, température et humidité) confirme la perception des producteurs pluviaux. En effet entre 1970 et 2018, les tendances des précipitations et de température sont à la hausse avec une humidité croissante. Ce résultat confirme celui de B. Diadiou *et al.*, (2013 p. 192-193), quand ils ont écrit que les populations locales perçoivent les changements dans l'évolution du climat avec une augmentation des températures et une variabilité des précipitations. Dans le même cadre, M. Boko *et al.*, (2012 p. 36), ont écrit que la Hausse des températures et la baisse des précipitations ont un impact négatif sur les rendements agricoles. Quant à A. Akindélé *et al.*, (2013: 49), ils ont trouvé que les excédents pluviométriques varient de 25 à 35 % par rapport à la moyenne et les déficits pluviométriques oscillent 35 et 45 %. Ces aléas climatiques entraînent la baisse de production et de rendements agricoles. Ce résultat conforte avec une étude sur la variabilité

climatique et production maraîchère dans la plaine inondable d'Ahomey-Gblon au Bénin, de S. C. Atidegla *et al.*, (2017, p. 2254) selon lequel les conséquences des perturbations climatiques sur le maraîchage se traduisent entre autres par les inondations, les sécheresses, la baisse des rendements agricoles et le bouleversement du calendrier agricole classique. Dans le même ordre d'idée, C. Lanokou *et al.*, (2016 p. 240), révèlent que la dépression Médiane du sud Béninest marquée ces dernières années par des variabilités pluviométriques qui mettent à mal le déroulement des activités champêtres. Dans le milieu d'étude la tendance pluviométrique est généralement à la hausse de 1998 à 2018 avec une moyenne pluviométrique de 1067,02 mm. Cette période est marquée par des années sèches et des années humides avec une tendance à la hausse dont la moyenne est de 0,05 °C/ans. Ce résultat est similaire à celui de B. Diallo (2010, p. x) dans son étude sur les perceptions endogènes, analyses agroclimatiques et stratégies d'adaptation aux variabilités et changements climatiques des populations dans trois zones climatiques du Burkina Faso qui révèle que la pluviométrie a une tendance globale à la baisse, bien que cette dernière décennie connaisse de plus en plus une alternance entre année humide et année sèche. Quant à la température, elle est en hausse avec des écarts de 0,74°, 1,05° et 1,24 °C respectivement à Bobo-Dioulasso, Ouagadougou et Dori.

6 CONCLUSION

L'étude portant sur la perception de la variabilité climatique par les producteurs céréaliers de l'extrême Nord Bénin a permis de comprendre que cette variabilité est une réalité pour les producteurs de cette localité qui la perçoivent. La variabilité climatique est perçue par les producteurs céréaliers à travers élévations des températures, les inondations et recrudescence des sécheresses. Les producteurs affirment majoritairement en outre que les hivernages et la saison froide sont de plus en plus chauds. Par ailleurs, l'analyse des risques climatiques (précipitation, température et humidité) confirme la perception de ces producteurs. En effet entre 1970 et 2018, les tendances des précipitations et de température sont à la hausse avec une humidité croissante. La tendance pluviométrique est généralement à la hausse de 1998 à 2018 avec une moyenne pluviométrique de 1067,02 mm. Cette période est marquée par des années sèches et des années humides avec une tendance à la hausse dont la moyenne est de 0,05 °C/ans.

REFERENCES

- [1] ABDOU Harouna, ADAMOU KARIMOU Ibrahim, KARIMOU HAROUNA Boureima et TAHIROU ZATAOU Moussa, 2020, « Perception du changement climatique des éleveurs et stratégies d'adaptation aux contraintes environnementales: cas de la commune de Filingué au Niger », Systèmes d'élevage et filières, Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 2020, 73 (2) 81-90 pp.
- [2] ATIDEGLA Séraphin Capo, KOUMASSI Hervé Dègla et HOUSSOU Elvire Sènan, 2017, « Variabilité climatique et production maraîchère dans la plaine inondable d'Ahomey-Gblon au Bénin », Int. J. Biol. Chem. Sci. 11 (5), 2254-2269 pp.
- [3] BOKO Michel, KOSMOWSKI Frédéric et VISSIN Expédit, 2012, Les Enjeux du Changement Climatique au Bénin. Edition Maria Zanth (Konrad-Adenauer-Striftung), 65p.
- [4] BROU TELESPHORE Yao, AKINDES Francis et BIGOT Sylvain, 2005, La variabilité climatique en Côte d'Ivoire: entre perceptions sociales et réponses agricoles, Institut de géographie tropicale (IGT), Université de Bouaké, Université des sciences et technologies de Lille, Cahiers Agricultures vol. 14, n° 6, 533-540 pp.
- [5] CHABI Hervé, CHABI Roméo, YABI Hervé, et OGOUWALE Euloge, 2016, « Mesures de gestion des risques climatiques dans les exploitations agricoles de la commune de Ouèssè au Bénin », Colloque en hommage au Professeur Fulgence AFOUDA: Risques et catastrophes climatiques: vulnérabilité et adaptation en Afrique de l'Ouest. Volume 2 du 27 au 30 septembre 2016. Université d'Abomey-Calavi (Bénin). Editeurs scientifiques: Vissin Expédit Ernest Amoussou et Houndénou Constant. Université d'Abomey-Calavi, 68-78 pp.
- [6] DIADHIOU B. et NIANG-FALL Y. A., 2013, « Changement climatique et variabilité climatique: quelle perception des populations locales ? réponse à partir de l'exemple de Joal et Palmarin », XXVIème colloque International de l'Association Internationale de Climatologie. Cotonou (Bénin). Climat Agriculture Ressources en eau d'hier à demain du 3 au 7 septembre 2013- Cotonou-Bénin. Editeurs scientifiques Boko M., Vissin E. W., Afouda F. Abomey-Calavi, 188-193 pp.
- [7] DIALLO Bintou, 2010, Perceptions endogènes, analyses agroclimatiques et stratégies d'adaptation aux variabilités et changements climatiques des populations dans trois zones climatiques du Burkina Faso, Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur en agrometeorologie, CENTRE REGIONAL AGRHYMET, 75 p.
- [8] DJOHY Gildas Louis, SOUNON BOUKO Bio, 2020 « Elevage intelligent face aux mutations climatiques dans la commune de Tchaourou au Bénin (Afrique de l'ouest) », XXXIIIème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Editeurs scientifiques: BONNARDOT Valérie & QUENOL Hervé Université Rennes 2, LETG-Rennes UMR 6554 CNRS 216-222 pp.

- [9] DOLO Aboubacar Ambacana, GARANGO Allaye, CISSE Djibrilla, TOURE Fatoumata, SIDIBE Aminata Samba, KEITA Moussa, KODIO Amaga et TIMBELY Dommo, 2019, « Perceptions des populations de la commune urbaine de Niono sur les effets néfastes des changements climatiques (CC) sur leurs activités, Région de Ségou, Mali », Afrique SCIENCE 15 (6), 310-321 pp.
- [10] ETEKA I. J., VISSIN Expédit, YABI Ibouřima et AKPO Marius., 2016, « Influence de la variabilité pluviométrique sur la production du mař dans les départements de Zou et des Collines au Bénin. Colloque en hommage au Professeur Fulgence AFOUDA: Risques et catastrophes climatiques: vulnérabilité et adaptation en Afrique de l'Ouest », Vol 2. Université d'Abomey-Calavi (Bénin). Editeurs scientifiques: Vissin Expédit, Ernest Amoussou & Houndénou Constant. Université d'Abomey-Calavi, 114-128 pp.
- [11] KOUDJEGA Kouété Hervé, 2016, Risques hydro-climatiques et vulnérabilité des activités agricoles dans la commune d'Athiémé. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies. Ecole Doctorale Pluridisciplinaire "espaces, cultures et développement". Université d'Abomey-Calavi. 64 p.
- [12] LANOKOU Chétou, YABI Ibouřima, OGOUWALE Euloge et AFFOUDA Fulgence, 2016, « Variabilité pluviométrique et adaptation du calendrier agricole dans la Dépression Médiane au Sud-Bénin (Afrique de l'Ouest) ». Colloque en hommage au Professeur Fulgence AFOUDA: Risques et catastrophes climatiques: vulnérabilité et adaptation en Afrique de l'Ouest. Volume 2 du 27 au 30 septembre 2016. Université d'Abomey-Calavi (Bénin). Editeurs scientifiques: Vissin Expédit, Ernest Amoussou & Houndénou Constant. Université d'Abomey-Calavi, 230-241 pp.
- [13] OGOUWALE Romaric, 2020, « Déterminants hydroclimatiques et production vivrière dans la Commune de Djidja au Bénin », Afrique SCIENCE 17 (1), 152-165 pp.
- [14] OUDA Fulgence, 2020, « Variabilité climatique et production agricole dans la zone agro-écologique III au Nord du Bénin », Afrique SCIENCE 16 (2), 76-85 pp.

Les fondements théoriques de la compétitivité portuaire: Vers une vision globale d'analyse

[The theoretical foundations of port competitiveness: Towards a global vision of analysis]

Naouar Anisser

Enseignante chercheur, Centre de recherche « Gouvernance Territoriale et Développement Durable », Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales, Université Abdelmalek Essâadi, Tanger, Morocco

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This research proposes to contribute to the study of port competitiveness. Given the lack of unanimity of previous studies, we will try to overcome some shortcomings that we have detected in studies dealing with the subject of port competitiveness and propose a theoretical framework to describe this concept under three foundations theoretical: port competition, competitive advantage and relativity.

KEYWORDS: port competitiveness, port competition, competitive advantage, relativity, theoretical framework.

RESUME: La présente recherche propose de contribuer à l'étude de la compétitivité portuaire. Face à l'absence d'unanimité des études antérieures, nous allons essayer de pallier à quelques lacunes que nous avons détectées au niveau des études ayant traité le sujet de la compétitivité portuaire et de proposer un cadre théorique permettant de décrire ce concept sous trois fondements théoriques: concurrence portuaire, avantage concurrentiel et relativité.

MOTS-CLEFS: compétitivité portuaire, concurrence portuaire, avantage concurrentiel, relativité, cadre théorique.

1 INTRODUCTION

La compétitivité est une préoccupation centrale à la fois dans les pays avancés et les pays en développement dans une économie mondiale plus ouverte et intégrée. Elle est associée à beaucoup de facteurs: productivité des facteurs, taux de salaire, taux d'intérêt, taux de change, coûts unitaires en travail et en capital, avantage comparatif, avantage concurrentiel etc. Cependant, Rarement a-t-on observé une telle unanimité de la part des autorités publiques et des chefs d'entreprises dans la poursuite d'un objectif aussi flou que la compétitivité. Aussi bien dans sa définition que dans son analyse, le concept de la compétitivité est sujet à des interprétations divergentes et même contradictoires¹. En réaction, les économistes ont généralement choisi soit de rejeter ce concept comme étant inadapté à l'analyse économique soit de le circonscrire à une signification plus limitée, par exemple la productivité. À notre connaissance, aucune méthodologie ne permet d'analyser de manière cohérente l'ensemble des déterminants communément associés à la compétitivité².

En effet et en dépit de son importance reconnue, la notion de compétitivité est encore mal comprise, et une discussion de ses fondements demeure de grande importance. Alors que de nombreuses discussions sur la compétitivité restent concentrées sur les aspects macroéconomiques, politiques, juridiques et sociales qui sous-tendent à une économie prospère, les progrès dans ces domaines est nécessaire mais pas suffisant. La productivité dépend en définitive de la capacité microéconomique de l'économie, enracinée dans la

¹ Voir Krugman (1994) et le débat qui s'est ensuivi dans la revue *Foreign Affairs*. Voir Buckley *et al.*, (1992) et Markusen (1992) pour des revues générales des définitions économiques du concept de la compétitivité.

² Les méthodologies d'analyse de la rentabilité financière de Horton (1983), dont cette étude s'est fortement inspirée, et les méthodologies de comparaison de coûts proposées par Cogneau (1992), Brewster (1989) et Mathis *et al.*, (1988), semblables en plusieurs points à la nôtre, atteignent partiellement cet objectif.

sophistication des entreprises (locales et filiales de multinationales), la qualité de l'environnement des affaires nationales, et les externalités découlant de la présence de *Clusters* d'industries connexes et de support.

Face à ce concept mal dimensionné il nous apparaît donc pertinent de comprendre le concept de la compétitivité et tout particulièrement la compétitivité portuaire, d'en questionner ses principales caractéristiques, et ses fondements théoriques. Le point de départ de notre réflexion s'articule autour de la question suivante:

Pourquoi un port peut être plus compétitif au niveau international et dépasse d'autres ports situés dans une même région ?

L'article propose un cadre conceptuel tout en expliquant et justifiant les fondements théoriques et en se basant sur les avantages des modèles des travaux ultérieurs et évitant leurs inconvénients. Nous sommes conscients que le développement réussi d'un modèle conceptuel devrait bien lier la revue de la littérature à l'analyse des données afin d'illustrer chaque concept comme une variable avec un lien logique à la recherche qui peut formuler plusieurs questions de recherche.

2 CARACTÉRISTIQUES DE LA COMPÉTITIVITÉ PORTUAIRE

Dans toute activité de recherche dans le domaine de l'économie, la principale question consiste à déterminer l'allocation des ressources de façon à assurer le bien-être social, notamment le plein emploi et un niveau de vie élevé. Les chercheurs cherchent à savoir quel secteur est le mieux à même de contribuer à la croissance économique nationale et fondent souvent leur analyse sur le concept de la compétitivité. L'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) définit la compétitivité comme étant la « *capacité d'entreprises, d'industries, de régions, de nations et d'ensembles supranationaux à générer, tout en étant et en restant exposés à la concurrence internationale, des niveaux de revenu et d'emploi des facteurs relativement élevés* » (Hatzichronologou, 1996).

Alors que la Commission européenne utilise la définition suivante: « *une augmentation régulière du niveau de vie dans un pays ou une région et un niveau de chômage involontaire aussi faible que possible* » (Commission européenne, 2009).

Sur la base d'un examen des études publiées dans ce domaine. Plusieurs auteurs soulignent que la théorie économique ne fixe aucune définition de la compétitivité (cf. Sharples, 1990; Ahearn *et al.*, 1990). R. Reich, en examinant le livre de Porter 1990, a fait valoir: « *La compétitivité nationale est l'un de ces termes rares du discours public d'avoir passé directement de l'obscurité à l'absurde sans intervalle de cohérence* » (Reich, 1990). P. KRUGMAN était encore plus pessimiste: « *Les préoccupations concernant la compétitivité sont, comme une question empirique, presque toujours sans fondement... L'obsession de la compétitivité³ n'est pas seulement faux mais dangereux... Penser en termes de compétitivité conduit à de mauvaises politiques économiques* » (Krugman, 1996a, p.5).

Une partie du problème vient de l'utilisation du terme à différents niveaux d'agrégation économique. Ainsi, dans la littérature économique, la notion de compétitivité a été utilisée à deux extrémités du spectre, appliqué à l'entreprise individuelle (le niveau micro-économique), et à l'économie nationale (niveau macro-économique).

Au niveau de l'entreprise individuelle, la compétitivité réside dans la capacité des entreprises à produire de manière cohérente et rentable des produits qui répondent aux exigences d'un marché ouvert en termes de prix, qualité, design, etc. Toute entreprise doit répondre à ces exigences si elle veut rester en activité, et la plus compétitive entreprise par rapport à ses rivaux c'est celle qui a la plus grande capacité à gagner des parts de marché. Inversement, les entreprises non compétitives trouveront leurs parts du marché en baisse, et, finalement, toute entreprise qui n'est pas compétitive - si elle est assurée par un soutien ou de protection « artificiel » - se retire de l'activité.

Par comparaison, au niveau macro-économique de l'Etat-nation, la notion de compétitivité est beaucoup plus mal définie et plus fortement contestée. Malgré le fait que l'amélioration de la compétitivité d'un pays est souvent présentée comme un objectif central de la politique économique, les arguments ont manqué ce que cela précisément signifie et s'il est encore judicieux de parler de la compétitivité à un niveau macro-économique. L'absence d'une définition communément acceptée est en soi une source d'opposition à la notion de compétitivité macro-économique. Essentiellement l'argument est qu'il est dangereux de fonder la politique économique autour d'un tel concept qui admet de diverses interprétations et compréhensions.

³ Paul Krugman, 1994 competitiveness : A Dangerous Obsession : « Le point de vue que les nations s'affrontent comme les grandes entreprises est devenue omniprésente au sein des élites occidentales, dont beaucoup sont dans l'administration Clinton. En pratique, cependant, la doctrine de la «compétitivité» est absolument fautive. Grandes nations du monde ne sont pas, à un degré important dans la compétition économique avec l'autre. Leurs principaux problèmes économiques ne peuvent être attribués à "perdre" sur les marchés mondiaux. Ceci est particulièrement vrai dans le cas des Etats-Unis. Pourtant, les théoriciens de Clinton de la compétitivité, de Laura D. Andrea Tyson à Robert Reich à Ira Magaziner, avancent des arguments apparemment sophistiqués, dont la plupart sont prises en charge par l'arithmétique et négligent la recherche bâclée. La compétitivité est une idée séduisante, promettant de réponses faciles à des problèmes complexes. Mais le résultat de cette obsession est mal réparti les ressources, les frictions commerciales et les politiques économiques nationales mauvaises ».

Par conséquent, la compétitivité est une mesure relative. Il s'agit d'une notion générale et l'on ne s'accorde pas sur la façon de la définir et de la mesurer précisément. C'est un concept insaisissable et pas particulièrement bien compris. Dans les faits, il existe une pléthore de définitions, chaque étude adoptant souvent sa propre définition et une méthode de mesure spécifique.

Dans cette article, nous adoptons une définition qui est à la fois simple, riche et opérationnelle: la capacité d'une unité de production (firme, industrie nationale, port, etc.) à accaparer, de manière rentable et durable, une part de marché importante⁴, autrement dit, la capacité de faire face à la concurrence et de l'affronter avec succès. Définie ainsi, on peut comprendre que la compétitivité est, et doit être, une préoccupation majeure tant pour les autorités publiques que pour les chefs d'entreprises et les économistes.

Plus profondément, une entreprise serait donc compétitive si elle est capable de vendre des produits et des services répondant aux exigences de la demande (en termes de prix, de qualité et de quantité), tout en dégagant des bénéfices lui permettant de se développer. Et aussi bien pour les ports que pour d'autres types d'entreprises ou d'activités, la concurrence peut s'exercer sur les marchés intérieurs (dans quel cas on compare les entreprises ou les secteurs d'un même pays) ou internationaux (comparaisons se font entre pays).

La compétitivité d'une entreprise ou d'un territoire est mesurée par la constatation d'un avantage résultant d'une différence existante entre l'offre faite par un opérateur et celle (s) faite (s) par ses compétiteurs. La comparaison doit être appréciée non seulement de façon objective mais également à travers le prisme -plus subjectif- de la perception effective opérée par les clients concernés comme par ses compétiteurs (entreprises ou territoires).

La compétitivité hors-prix consiste à faire valoir des avantages concurrentiels décisifs, autres que le prix de vente, pour l'acheteur et le consommateur potentiel. Elle repose sur la capacité d'innovation et l'amélioration constante de la productivité et de la qualité. Cette forme de compétitivité engendre généralement une augmentation des biens (ou services) de l'entreprise, mais encourage les consommateurs désirant d'une meilleure qualité et qui cherchent « monter en gamme », à acheter ses produits.

En général, le taux de marge est plus élevé pour les produits les plus coûteux.

L'innovation nécessite des coûts de recherche et la protection de la propriété intellectuelle. Cette compétitivité par l'innovation peut concerner aussi un bassin économique, en concurrence par rapport à d'autres, d'où les politiques visant à constituer ou renforcer des pôles de compétitivité⁵.

Ainsi, le mot « compétitivité » est souvent employé mais confondu avec beaucoup d'autres concepts auxquels on lui rattache, à tort, un contenu identique. C'est ainsi que l'on parlera d'un port compétitif pour dire qu'il est performant ou rentable ou productif. Ces mots, quoique proches dans leur contenu, n'ont pas pourtant la même signification. Ces confusions, fréquentes, sont révélatrices d'un manque de compréhension des facteurs explicatifs de la réussite d'un port.

Pour R. WHITLEY et D. HESSAN, être toujours compétitif, c'est se consacrer à ce que l'on fait de mieux, trouver comment faire partie des meilleurs. Il appartient aux dirigeants de découvrir quels sont exactement les produits ou les services qui ont le plus de valeur pour les clients et ceux qu'ils peuvent leur fournir aussi bien ou mieux que les meilleures entreprises du monde. Cette connaissance est susceptible de tout révolutionner dans un port. Elle peut être le point de départ d'un redressement et d'une croissance accélérée.

Dans ce contexte concurrentiel latent ou déclaré, les ports devraient tenir le même raisonnement pour attirer les deux principaux clients: les chargeurs et les armateurs. La compétitivité du port suppose une organisation capable d'avoir une vision de veille (Jakobiak, 1998) sur toutes les composantes de l'environnement économique et politique immédiat et lointain. Cette vision n'est possible que si cette organisation a une autonomie réelle qui lui permet de s'armer d'outils stratégiques et d'instruments tactiques. La compétitivité nécessite une stratégie de marketing conforme aux spécificités des ports (CNUCED, 1992; Palmer, 1998). Cette stratégie marketing permettra aux autorités portuaires de savoir sur quels critères se fondent les usagers pour choisir leur port. Il est à noter qu'il est difficile de quantifier tous les aspects de la compétitivité portuaire. Seule une modélisation permettrait d'éclairer le problème pour les décideurs. La CNUCED a proposé un modèle simplifié qui permet *«de comparer la compétitivité d'un port par rapport à un autre pour une activité déterminée, pour un chargement ou une catégorie de marchandises spécifiques transportées par un ou plusieurs navires déterminés à destination ou en provenance d'un lieu précis»* (CNUCED, 1992).

Ce modèle se présente de la manière suivante:

⁴ Cette définition s'apparente aux définitions micro-économiques (fondées sur le commerce) de Markusen (1992, p.10), de Hazledine (1993, p.2) et de Keesing and Lall (1992, p.176).

⁵ Jean Bouinot, les pôles de la compétitivité « le recours aux modèles de Clusters », sur Cybergeog : European Journal of Geography, 9 mars 2007 « *Un pôle de compétitivité est une région, généralement urbanisée, où s'accumulent des savoir-faire dans un domaine technique, qui peuvent procurer un avantage concurrentiel au niveau planétaire une fois atteinte une masse critique. La prospérité ainsi apportée tend à se propager aux autres activités locales, notamment de service et de sous-traitance* ».

$$C_{a,i,j} = \frac{(R_{m1}C_{m1} + R_{m2}C_{m2} + R_{t1}C_1 + R_{t2}C_2)_j}{(R_{m1}C_1 + R_{m2}C_{m2} + R_{t1}C_1 + R_{t2}C_2)_i} - 1$$

- Ca.i.j.:** La Compétitivité portuaire pour une marchandise «a» utilisant le port «i» comparé au port «j»
- Cm1:** Le Coût monétaire pour le navire par tonne ou EVP (Équivalent Vingt Pieds) de marchandises manutentionnées (tous les frais liés au navire au port)
- Cm2:** Le Coût pour les marchandises par tonne ou EVP (tous les frais liés à la marchandise)
- Ctl:** Le Coût de l'immobilisation du navire par tonne ou EVP de marchandises manutentionnées
- Ct2:** Le Coût du facteur temps pour les marchandises par tonne ou EVP
- Rm1:** Le Coût du facteur risque pour les navires
- Rm2:** Le Coût du facteur risque pour les marchandises
- Rtl:** Les Risques d'immobilisation du navire
- Rt2:** Les Risques d'immobilisation des marchandises

Si **C** est positif, cela veut dire que pour la marchandise **a** le port **i** est plus compétitif que le port **j**. Si **C** est négatif, cela signifie que le port **i** est moins compétitif que le port **j**. C'est la variation de la valeur de **C** qui constitue l'indicateur pour les actions à mener sur le plan marketing afin de renforcer ou dynamiser la compétitivité du port **i** par rapport au port **j**. Ce modèle peut servir comme instrument de communication vis-à-vis des clients réels et potentiels du port **i** pour leur montrer combien ils peuvent économiser et comment ils peuvent résoudre leurs problèmes en utilisant le port **i**, et pour quelles raisons.

La compétitivité du port réside également dans sa stratégie commerciale et son développement: toutes les activités de la zone portuaire sont totalement interdépendantes. L'initiative individuelle qui n'est pas suivie par une adhésion totale de tous les intervenants du port est vouée à l'échec. Certes chaque intervenant joue son rôle dans le cadre d'une concurrence saine, mais un travail d'équipe harmonieux est indispensable. La promotion des activités portuaires va de pair avec un climat concurrentiel entre les diverses unités portuaires (agents maritimes, commissionnaires, manutentionnaires, transitaires,...). Les intervenants dans l'offre des services portuaires doivent tenir compte du fait que leur survie est intimement liée à la compétitivité du port dans sa globalité. En effet, le port est constitué de plusieurs intervenants qui ont objectivement les mêmes clients (armateurs et chargeurs), même si chacun est animé par des intérêts particuliers (Samii, 2000). Ces intervenants font partie d'une communauté portuaire⁶ conçue comme une association formelle de toutes les organisations et de toutes les personnes intervenant dans le transfert de marchandises par la zone portuaire. Cette dernière comprend le port et son hinterland au sens large.

Ainsi, le succès du port ne dépend pas seulement de l'importance ou de la qualité de ses installations techniques ou administratives. Il est aussi gouverné par des facteurs extérieurs: le système de tarification des transports routiers, la politique nationale et internationale du transport, la concurrence des autres ports pour la desserte de l'hinterland, ainsi que de la qualité de l'infrastructure de liaison avec cet hinterland. Les ports doivent prêter attention à ce qui se passe au-delà de leur zone d'activité et surveiller des paramètres extérieurs significatifs (HAEZENDONCK E., NOTTEBOOM, T., 2012).

A cet effet, face à ce concept flou de la compétitivité, il nous apparaît qu'il est pertinent d'en questionner également de ses fondements, afin de mieux dimensionner le cadre conceptuel de l'analyse de la compétitivité portuaire.

3 LES FONDEMENTS DE LA COMPÉTITIVITÉ PORTUAIRE

Revenons à la définition au-dessus des économistes de l'OCDE qui ont défini la compétitivité comme « *l'intensité avec laquelle un pays peut, dans le cadre d'un marché libre et organisé, produire des biens et des services capables d'affronter les marchés internationaux tout en maintenant et améliorant le niveau de vie de ses habitants sur une longue période* »⁷.

Cette définition est essentielle, même si elle est macroéconomique, car elle contient certains termes qui seront le point de départ de notre compréhension de la compétitivité portuaire. Cette dernière met en relation trois mots essentiels: la concurrence, la relativité et l'avantage concurrentiel (Figure 1).

⁶ La communauté portuaire est composée, en général, de la direction portuaire (représente souvent les intérêts de l'État et du public) et de l'ensemble des activités et des usagers du port.

⁷ Stéphane GARELLI, « *Competitiveness of Nations: the fundamentals* », The World Competitiveness Yearbook 2000, p.47.

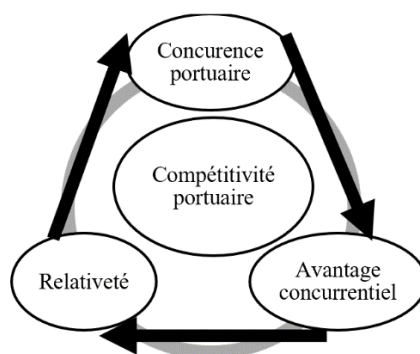


Fig. 1. Les fondements de la compétitivité portuaire

Source: L'auteur

3.1 LA COMPÉTITIVITÉ ET L'INTENSITÉ CONCURRENTIELLE

Avant d'analyser le phénomène de la relation entre la concurrence du port et la compétitivité, les inégalités dans les caractéristiques du port doivent être distinguées. La définition suivante peut être adoptée - le port est un centre logistique et industriel qui joue un rôle actif dans le système de trafic mondial marqué par des activités fonctionnellement définies qui sont directement ou indirectement incluses dans les flux de marchandises et d'informations- dans ce sens, la concurrence nécessite la compétitivité, ce qui signifie que, dans les conditions dans lesquelles la concurrence existe sur le marché, il faut être compétitif⁸. Tout d'abord, la compétitivité portuaire suppose un préalable indispensable: l'existence d'une économie de marché organisée où les concurrents viennent librement offrir leurs services. La concurrence, la capacité d'entreprendre et la liberté des prix sont trois conditions nécessaires pour que puisse naître la compétition portuaire et donc la compétitivité portuaire. C'est bien parce que la compétition règne entre les ports que l'on peut parler de la compétitivité portuaire, (voir la figure ci-dessous), l'un ne va pas sans l'autre. Ainsi, Dans le cas de la compétitivité du port, une question importante s'impose c'est de savoir quel (s) port (s) est compétitif envers quel (s) port (s).

La figure ci-dessous montre la relation des conditions de la concurrence et la compétitivité des ports, qui sont liées par les exigences d'amélioration, le renforcement et la stimulation de renforcement et d'amélioration de la qualité de service du port ainsi que le positionnement sur le marché.

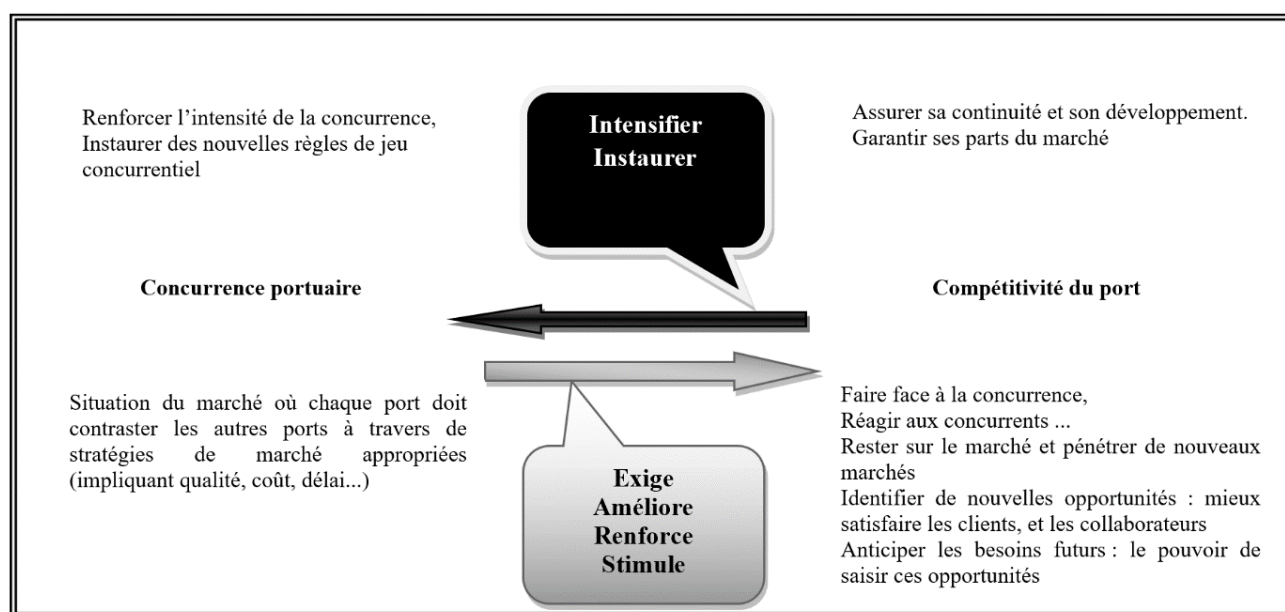


Fig. 2. La relation Concurrence- compétitivité des ports

Source : L'auteur

⁸ E. Musso: Ports: competition and competitiveness, Course in Advanced Port Economics, Antwerp, 2005.

L'intensification de la concurrence dans les marchés portuaires est l'un des effets majeurs de l'ouverture actuelle de ces marchés. Un marché n'est pas attractif s'il est déjà investi par un grand nombre de concurrents puissants et agressifs⁹. Les marchés des services portuaires sont en effet très concurrentiels. Les entreprises opérant dans l'industrie portuaire sont les plus exposés. Ces conditions de forte concurrence conduisent les ports à entreprendre des guerres de prix et des surenchères publicitaires diminuant considérablement les marges des produits¹⁰.

En effet, les concurrents luttent au sein du secteur pour accroître ou simplement maintenir leur position.

Et comme nous l'avons déjà mentionné, Il existe entre les ports des rapports de forces plus ou moins intenses, en fonction du caractère stratégique du secteur, de l'attrait du marché, de ses perspectives de développement, de l'existence de barrières à l'entrée et à la sortie, du nombre, de la taille et de la diversité des compétiteurs, de l'importance des frais fixes, de la possibilité de réaliser des économies d'échelle, du caractère banal ou périssable des produits (ou services). L'intensification de la concurrence implique également l'optimisation de la distribution des produits et services des secteurs d'activité portuaire, leur disponibilité et leur accessibilité facile par les clients sont indispensables pour faire face à la forte concurrence.

Ainsi, l'intensité concurrentielle se justifie par deux indicateurs:

- **La Concentration**

Sur un segment donné, une forte concentration des parts de marché (ou les lignes maritimes) entre quelques ports concurrents (oligopole) voire un acteur dominant (monopole, duopole) surtout dans le marché de transport de conteneurs, représente une pression considérable sur un port s'il ne fait pas partie de ce cercle, il doit inévitablement se positionner autour du référentiel tarifaire imposé par le leader, que ce soit pour justifier une valeur supérieure ou proposer une alternative économique à la clientèle. Une faible concentration, c'est-à-dire une répartition plutôt équitable des parts de marché entre les acteurs, témoigne d'une compétition encore ouverte et il lui donne plus de marge – si l'on ose dire – pour déterminer un positionnement spécifique et original.

- **Atomicité**

Le nombre des ports concurrents sur un segment est également un paramètre important, à ne pas confondre, mais au contraire à croiser, avec l'indicateur précédent. En effet, il existe des segments avec un grand nombre de concurrents (forte atomicité) mais une grande disparité dans les parts de marché (forte concentration); de même, certaines niches peuvent être occupées par un faible nombre de concurrents (faible atomicité), mais sans leader marqué (faible concentration). Selon les 4 combinaisons possibles, voici l'intensité typique de la pression concurrentielle sur les prix:

Tableau 1. *L'intensité typique de la pression concurrentielle sur le prix dans le secteur portuaire*

Concentration, Atomicité	Parts des marchés réparties	Domination des leaders
Peu de ports	Pression Latente (niche sans leader à la merci d'un prédateur agressif)	Pression Extrême (situation monopolistique ou duopolistique)
Beaucoup de ports	Pression faible (marchés très ouvert)	Pression forte (quelques leaders, une myriade de petits poissons)

Source: l'auteur

Donc comme: le paysage précédemment décrit, le port doit déterminer son statut concurrentiel soit :

- **Un port « leader » ?**

Si tel est le cas, le port occupe évidemment une position enviable (et désirée, donc vigilance) car elle lui fait l'arbitre du marché. Ainsi, en général, le port *leader* est-il considéré comme le « *Price maker* », c'est-à-dire celui qui sert de référence à tous les autres ports concurrents pour la fixation des prix: s'il baisse ses prix, les autres ports ne tarderont pas à le faire, contraints et forcés, car les clients percevront le signal à l'échelle du marché tout entier.

Le port *leader* jouit cependant d'un privilège encore plus décisif, du moins si son leadership est solide et assumé: en qualité d'offre de référence, manifestation supérieure à la concurrence, adoptée par un grand nombre de clients par hypothèse satisfaits, il bénéficie

⁹ Philip KOTLER et Bernard DUBOIS, p. 392 « Marketing Management », Editeur : Publi. Union ; Édition : 10e (23 avril 2001).

¹⁰ *Ibidem*.

d'un effet « premium », justifiant un écart de prix pouvant atteindre +20%, parfois davantage. Ici, la notoriété et l'image du port jouent un rôle clé dans la valorisation de l'offre *leader*, en particulier un hub à conteneurs. Dans le meilleur des cas, l'avantage va jusqu'à conférer au port qui le détient, une position dominante d'un marché. Ce leadership lui procure une forte efficacité et une rentabilité, selon le principe du « *winner takes all* » (le gagnant rafle tout).

Dans le cadre de l'élaboration de sa stratégie, afin d'optimiser son présent et de préparer son avenir, un port doit chercher à exploiter au mieux ses avantages concurrentiels, et à développer des avantages concurrentiels durables permettant une différenciation durable avec ses concurrents. Depuis quelques années, certains stratégies ont montré que les ports qui présentent des avantages concurrentiels sont plutôt ceux qui ont adopté des stratégies claires et bien déterminées à moyen et long terme.

- **Un port « *Challenger* » ?**

Sur les autres marches du podium, l'ambition de détrôner le leader tient généralement lieu de stratégie. Le port cherche donc à affronter son ou ses devancier (s), soit à armes égales sur le terrain, soit en maniant l'artillerie tarifaire, que ce soit de façon agressive, plus tactique ou par des attaques sur le flanc. Plus subtil encore: le port définit une nouvelle segmentation du marché, voire une niche, sur laquelle il se différencie de l'acteur dominant et apparaît même comme ayant une plus forte part de marché, devenant ainsi *leader*.

- **Un port « *Outsider* » ?**

Si un port figure dans le gros du peloton, l'enjeu est de sortir de la banalité, par la différenciation de son offre et/ou par un positionnement tarifaire agressif qui lui distinguent face aux clients. Ainsi se définit un port *outsider*, qui cherche même parfois à « acheter des parts de marché » de façon extrêmement volontariste, dans une pure logique de retour sur investissement et de valorisation de ses actifs. Cette option doit être envisagée avec prudence, car elle s'avère souvent coûteuse en rentabilité: il lui faut être prêt à tenir cette stratégie durant de longs mois avant qu'il ne produise des effets substantiels, et compter avec la réaction de ports concurrents qui viendraient s'aligner sur ses prix alors que la situation serait à terme intenable pour lui.

Par conséquent, en appliquant les cinq forces¹¹ de l'avantage concurrentiel de M. Porter dans le contexte de la cooccurrence portuaire, on peut facilement expliquer l'influence de l'intensité concurrentielle. Le poids de ces cinq forces permet de déterminer la capacité présente des ports pour dégager un profit. Si toutes les forces sont élevées, le profit possible sera limité. A l'inverse, si les forces sont faibles, il est théoriquement possible de dégager un profit important. Le point essentiel consiste donc à hiérarchiser¹² ces forces de manière à déterminer quels sont les facteurs clés de succès dans l'industrie portuaire, c'est-à-dire les éléments stratégiques qu'il convient de maîtriser pour obtenir un avantage concurrentiel (cf. figure 3).

¹¹ Porter, M.E. How Competitive Forces Shape Strategy, Harvard business Review, March/April 1979.

¹² Johnson G., Whittington R., Scholes K., Fréry F., *Stratégique*, 9e édition, Pearson, 2011.

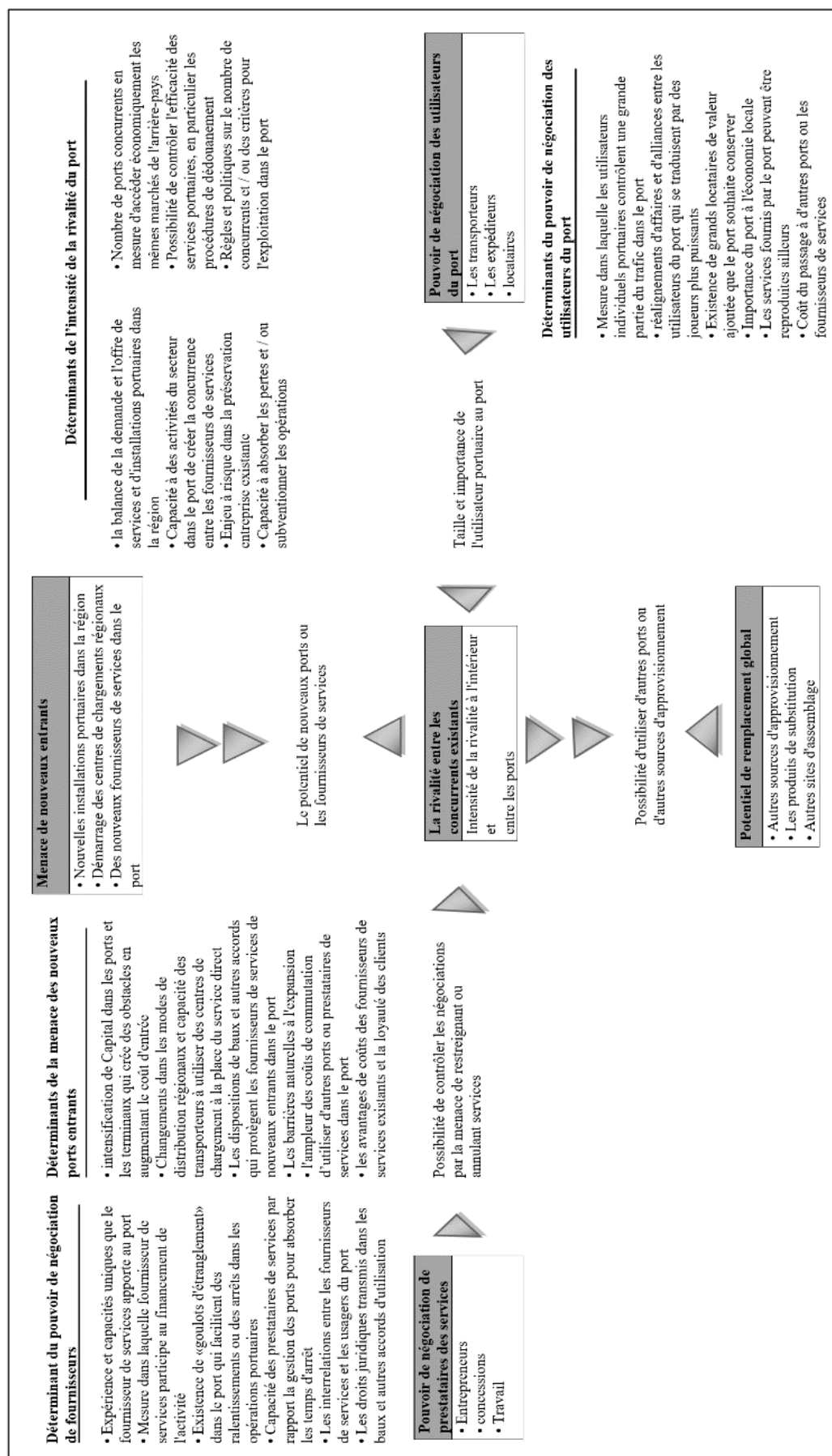


Fig. 3. Les cinq forces façonnant paysage concurrentiel portuaire

Source: l'auteur en se basant sur les 5 forces concurrentielles de Porter.

3.2 LA COMPÉTITIVITÉ PORTUAIRE ET L'AVANTAGE CONCURRENTIEL

Nous passons du constat qu'un port est compétitif s'il dispose, à un moment donné, d'un ou plusieurs avantages sur ses concurrents. Le mot « avantage » signifie que le port est en avance sur ses concurrents en disposant à leur égard et momentanément d'un avantage concurrentiel c'est à dire tout ce qui lui permet de devancer ses concurrents. Il est en cela différent du facteur clé de succès (FCS)¹³ qui est commun à tous les ports présents sur le marché. Cet avantage concurrentiel (ou compétitif) est dit durable lorsque son possesseur est en mesure de conserver durablement l'avantage compétitif; ses concurrents sont alors tentés de l'imiter, ou d'établir un nouvel avantage compétitif rendant dépassé celui qui l'emportait à un moment donné. Cet avantage peut créer une rente de situation¹⁴ qui résulte normalement d'une compétence distinctive ou (cœur de compétences)¹⁵.

Par conséquent, dans le cadre de l'élaboration de sa stratégie, afin d'optimiser son présent et de préparer son avenir, un port doit chercher à exploiter au mieux ses avantages compétitifs, et à développer des avantages compétitifs durables permettant une différenciation durable avec ses concurrents.

A cet effet, la position concurrentielle d'un port à conteneurs est déterminée par son offre compétitive à l'hôte de chargeurs et les compagnies maritimes pour les routes commerciales, des régions géographiques et autre port auquel le port de conteneurs est connecté. Cependant, à la dimension plus large, la compétitivité du port est déterminée par la gamme d'avantages concurrentiels qui sont acquis et / ou créés par le port au fil du temps. La consolidation de la liste des facteurs provenant de divers points de vue mis en évidence par notre revue de la littérature, ont montré qu'un port est susceptible d'être plus compétitif si il:

- Bénéficie de la proximité des principaux centres de production et de consommation, et les grandes voies commerciales du trafic;
- Possède un excellent accès maritimes et l'arrière-pays et offre une connectivité supérieure aux marchés;
- Est en mesure de réduire les coûts portuaires pour les utilisateurs grâce à une plus grande productivité;
- Est capable de persuader et d'enraciner les transporteurs et les expéditeurs en fonction de leur cargaison;
- Est capable de persuader et d'enraciner les transporteurs et les expéditeurs par rapport à leurs acheminements de fret en ajoutant de la valeur ajoutée aux activités commerciales de ces entités;
- Est capable d'augmenter la capacité dans le temps pour répondre à la demande et possède suffisamment d'espace pour répondre au développement futur;
- Permet aux utilisateurs de concurrencer efficacement les autres modes de transport;
- Est en mesure de faire face aux défis posés par l'environnement économique et la nouvelle logistique;
- Est en mesure de capitaliser sur les effets complémentaires et le renforcement du cluster portuaire;
- A une plus grande implication du secteur privé;
- Est perçue comme source clé de l'économie locale; et
- Bénéficie d'une longue tradition de soutien des principaux *Stakeholders*.

La liste des facteurs indiqués ci-dessus révèlent la complexité et des difficultés rencontrées dans la définition de la compétitivité. Autre complication est engagée si le large éventail et la diversité des acteurs de l'industrie avec leurs différents objectifs, les moyens et

¹³ Un facteur clé de succès (ou FCS) est un élément essentiel à prendre en compte pour s'attaquer à un marché. Chaque entreprise fait face à plusieurs FCS qu'il est nécessaire de maîtriser au risque de ne pas être compétitif. En revanche, leur maîtrise ne garantit pas le succès, qui dépend de l'acquisition d'un ou de plusieurs avantages concurrentiels.

¹⁴ Une rente de situation est un surplus de rentabilité (parfois appelé surprofit) qu'obtient une entreprise ayant un avantage compétitif. Cet avantage peut venir :

- d'une plus grande efficacité technique : coûts moindres, produits et services plus attractifs (différenciation),
- ou d'une meilleure situation sur le marché : (position de monopole ou de leader en part de marché, marque plus connue ou mieux perçue, accès privilégié à certaines ressources ou débouchés, etc). On peut parler dans ce cas de concurrence imparfaite. Dans le cas de monopole, on parle de « rente de monopole ».
- ou de politiques propices au corporatisme ou au protectionnisme, créant des « barrières à l'entrée » artificielles pour les concurrents potentiels.

¹⁵ C.K. Prahalad et Gary Hamel « le cœur de compétence est un domaine d'expertise qui résulte de l'harmonisation de technologies et d'activités professionnelles complexes ». (1990), Harvard Business Review. Selon Leonard-Barton, « un cœur de compétence doit permettre de distinguer une entreprise d'un point de vue stratégique ». Par contre Galunic et Rodan (1998) considèrent que « un cœur de compétence ne permet pas seulement de différencier une entreprise d'une autre, mais également à l'intérieur d'une même entreprise de distinguer une compétence d'une autre. Au d'autres termes, un cœur de compétence guide une entreprise à réorganiser ses compétences selon la demande de son environnement ». Gallon, Stillman, et Coates (1995) précisèrent que « le cœur de compétence ne se résume pas à la somme des caractéristiques individuelles mais résulte de « l'agrégat de capacités, dans lequel une synergie est créée et qui a valeur durable et un large champ d'application » ». Cette synergie doit être défendue face aux concurrents potentiels et comme dans le cas des moteurs, ne pas être spécifique à produit ou marché unique. Ainsi d'après cette définition un cœur de compétence est une construction harmonisée intentionnelle.

les impacts possibles sont inclus dans l'analyse (ANISSER, N., 2015) ¹⁶. Par conséquent, une spécifique signification, perception, interprétation, mesure et implication de ces facteurs sont liés à être différents pour les différentes parties impliquées dans l'activité portuaire. En outre, l'offre compétitive devra dépendre de ce qui est présenté par la communauté portuaire plutôt que simplement de l'opérateur du terminal à conteneurs.

3.3 LA COMPÉTITIVITÉ PORTUAIRE ET LA RELATIVITÉ:

Le concept de la compétitivité n'est pas statique. C'est un concept relatif dont la perception change avec le niveau d'analyse menée. Il est évident qu'un port n'est compétitif qu'au regard des autres ports. Il en résulte qu'il n'existe pas de compétitivité totale. Pour bien le comprendre, il suffit d'imaginer une situation de monopole absolue, dans un tel cadre, un port ne peut pas se rendre compte s'il est compétitif ou non dans la mesure où il n'a pas de compétiteurs. Cette remarque sous-entend que l'appréciation de la compétitivité nécessite une démarche de comparaison. On est compétitif parce qu'il existe d'autres ports avec lesquels il est possible de s'étalonner. C'est en se comparant aux autres ports de la même activité, à travers la concurrence, que l'on perçoit l'importance relative de l'avance acquise ou du retard pris.

Nonobstant, la recherche d'un avantage concurrentiel durable par un port constitue la clé de voûte de la stratégie, et nécessitant à construire une position forte et de réussir à la protéger, notamment en ayant recours à un certain nombre de barrières¹⁷. Plus récemment, le courant des ressources a renversé la logique du raisonnement en insistant sur la nécessité pour le port à s'appuyer sur ses ressources et compétences¹⁸. L'objectif est alors d'analyser les ressources du port afin d'en tirer le meilleur profit, d'investir dans des ressources complémentaires et de chercher à en protéger l'accès. Dans un cas comme dans l'autre, la tâche est rendue difficile par les ports concurrents. Dès lors que le port sera perçu comme ayant du succès, ses concurrents vont chercher à l'imiter. S'ils y parviennent, le port perdra son avantage concurrentiel, d'où vient la relativité de cet avantage concurrentiel. Pour éviter ce risque, certains ports essayent de bâtir leur avantage sur des ressources non imitables, ou plus sûrement sur des combinaisons de ressources difficiles à imiter comme l'utilisation des technologies et des moyens de NTIC.

A titre d'exemple, la politique de prix adoptée par un port reflète nécessairement son positionnement compétitif. Elle s'inscrit donc plus dans la relativité que dans une logique immuable, en raison de l'influence des concurrents, qui changent, évoluent et se repositionnent. Inversement, qu'elles soient réactives, préventives ou agressives, les propres orientations tarifaires du port ont un impact sur les concurrents et sur le marché. C'est pour cette raison qu'une veille permanente des prix de ses adversaires est incontournable s'il veut, non seulement rester placé, mais surtout consolider ou renforcer ses parts de marché.

Bien souvent, il ne s'agit pas d'analyser une ressource mais un ensemble de ressources. L'avantage concurrentiel de l'entreprise repose alors sur la capacité de ses managers à choisir avec créativité et/ou avec rapidité les combinaisons appropriées de ressources qui permettent de créer une valeur ajoutée pour les clients.

Cependant, tout avantage concurrentiel durable n'est jamais définitivement acquis, et il peut être menacé notamment par des tarissements de ressources, des ruptures technologiques, des chocs économiques et politiques, des bouleversements dans les habitudes de consommation, et des changements de dispositions juridiques, souvent destinées à rétablir la concurrence (lois *anti-trusts*).

A cet effet, la compétitivité n'est pas simplement le fait de se positionner sur le marché. Il ne s'agit pas automatiquement d'un phénomène instantané. Cela exige et prend du temps c'est-à-dire un investissement en capital tangible (actifs matériel et financier) et intangible (capacités et savoirs). Et l'avantage concurrentiel dont dispose un port, et qui est le propre de la compétitivité, est momentané et inscrit dans le temps. Un avantage n'est jamais définitivement acquis pour la seule raison que la concurrence est là pour rendre précaire l'avantage concurrentiel. Dans une économie de liberté, la connaissance se diffuse rapidement et l'avantage concurrentiel n'est acquis qu'à l'espace d'un moment¹⁹, même s'il est relayé par une stratégie de recherche et développement ou d'innovation qui pourrait maintenir l'avantage en question. Ceci implique que l'analyse de la compétitivité portuaire doit reposer sur une vision de long terme et ne saurait se limiter à l'analyse à un moment donné, donc la compétitivité portuaire est un avantage momentané, inscrit dans le temps.

¹⁶ ANISSER, N. Contribution à l'analyse de la compétitivité du port à conteneurs : Cas du port Tanger Med», thèse de doctorat en gestion soutenue le 15/10/2015.

¹⁷ Demsetz H., "Barriers to Entry", American Economic Review, vol. 72, n° 1, 1982, p. 47-57.

¹⁸ Barney J., "Firm Resources and Sustained Competitive Advantage", Journal of Management, vol. 17, n° 1, 1991, p. 99-120.

¹⁹ Indicateurs et facteurs de compétitivité des services rendus à l'industrie, réalisée par Michel TERNISIEN, associé, et Anne-Françoise DIGUET, consultante, du cabinet Price Water house Coopers. Les Éditions de l'Industrie, Paris 2001 Collection Études.

4 CONCLUSION

LA COMPÉTITIVITÉ PORTUAIRE NE PEUT ÊTRE ANALYSÉE QUE DANS LE CADRE D'UNE VISION GLOBALE

Un port est souvent compétitif sur un ou plusieurs aspects. C'est le cas d'un port qui recherche la productivité en organisant mieux ses forces de travail. Mais un cluster portuaire est un corps complexe et il n'est pas évident qu'il soit compétitif sur tous les aspects de son organisation.

Dans ce cas, il dispose d'avantages compétitifs partiels. De ce fait, sur le plan de la méthodologie, l'appréciation portée sur la compétitivité du port ne peut être que le fruit d'une démarche globale, prenant en compte tous les aspects de la vie du port.

En guise de conclusion, on comprend que la notion de la compétitivité portuaire doit englober un certain nombre d'autres caractéristiques.

LA COMPÉTITIVITÉ PORTUAIRE N'EST PAS EXCLUSIVEMENT FINANCIÈRE

Dans l'esprit de beaucoup, la compétitivité est confondue avec sa traduction financière. Les uns parlent de productivité, de rentabilité, de rendement, assimilant ces mots à la compétitivité. Il y a ici confusion entre la cause et l'effet. La rentabilité, la productivité, le rendement sont la conséquence de la compétitivité et non son origine. Pourquoi un port est-il productif ? Cela tient-il à l'assiduité de ceux qui y travaillent ? A la capacité de ce port à s'organiser mieux que tout autre ?

En revanche, une absence de la dimension financière condamne la compétitivité tout entière. Si la compétitivité portuaire ne peut se restreindre à l'espace financier, un port qui n'est pas rentable, ou dont la productivité est faible, ne peut pas être un port compétitif car sa pérennité n'est pas assurée. La rentabilité, au sens où cette notion concerne la rétribution des apporteurs de fonds, est le concept clé par lequel nous jugerons la traduction financière d'une compétitivité portuaire, est une condition nécessaire de la compétitivité.

LA COMPÉTITIVITÉ PORTUAIRE DOIT INCLURE UNE DIMENSION SOCIALE

Dans la définition que nous avons donnée au début de cet article, le mot compétitivité ne peut se dissocier de la redistribution qui sera faite de ses conséquences. Un port est compétitif s'il est en mesure d'en redistribuer ses bienfaits en faveur de ceux qui en sont les contributeurs. Au même titre qu'il existe une dimension financière de la compétitivité, il existe une dimension sociale qui se mesurera par une amélioration du niveau de vie. Ainsi il est évident que la compétitivité portuaire renvoie à la notion de performance sociale, ce qui est en accord avec la notion de développement durable.

LA COMPÉTITIVITÉ PORTUAIRE EXPRIME UNE POTENTIALITÉ

La rentabilité portuaire se mesure, alors que la compétitivité portuaire s'apprécie. Cette différence provient du fait que la compétitivité exprime une « capacité » ou si l'on préfère une potentialité. Ceci explique qu'il peut exister un décalage entre la compétitivité portuaire et la performance financière. La performance financière est la sanction de l'immédiat. La compétitivité est l'espérance d'un certain futur. Cette distinction nous permettra de comprendre pourquoi certains ports peuvent être en apparence compétitifs (comme le port de Shanghai) mais ne peuvent pas réaliser la rentabilité immédiate. Il peut exister des situations où il n'y a pas de concomitance entre compétitivité et rentabilité.

LA COMPÉTITIVITÉ PORTUAIRE N'EST DONC PAS RÉDUCTIBLE À LA SEULE PERFORMANCE PORTUAIRE

Être compétitif, c'est être performant. On ne pourrait imaginer le contraire. Mais la performance n'est qu'une facette de la compétitivité portuaire. La performance renferme deux dimensions: faire mieux, faire autrement. Il est nécessaire de distinguer ces deux dimensions.

- Faire mieux que les autres: C'est la dimension la plus visible de la compétitivité d'un port. Dans cette acception, on est performant, donc compétitif parce qu'on évolue plus vite, par ce qu'on donne un service plus performant, à un coût plus faible, dans un délai moins court, et avec une plus grande qualité que ses concurrents. C'est une logique du quantitatif.
- Faire autrement que les autres: Mais être compétitif n'est pas que cela. La compétitivité portuaire, et c'est toute la richesse du mot, signifie qu'un port sait faire autrement comparé aux autres ports. Cette dimension est importante car elle montre l'autre face de la compétitivité portuaire. Faire autrement, renvoie à l'innovation, c'est-à-dire à la capacité du port à concevoir des services qu'il est seul à pouvoir développer ou maîtriser. Nous sommes là dans une logique du qualitatif.

REFERENCES

- [1] AYFANDOPOULOU, G., GAGASTI, E., MYROVALI, G., (2012), Strengthening the competitiveness of local and regional production clusters through efficient interfaces to ports and intermodal solution exploitation in the Mediterranean basin, in: *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 48 (2012) 2664-2678.
- [2] BARNEY J., "Firm Resources and Sustained Competitive Advantage", *Journal of Management*, vol. 17, n° 1, 1991, p. 99-120.
- [3] CHERAGHI, H., KHALIGH, A. A., NADERRI, A., 2012, Gaining Competitive Advantage through Marketing Strategies in Container Terminal: A Case Study on Shahid Rajaee Port in Iran, in *International Business Research*, Vol. 5, No. 2; February 2012.
- [4] CINI, V. ve NATER, N., 2009. "Porter's Diamond Model of Osijek-Baranja County Industry", *Interdisciplinary Management Research*, 5, ss.761-769. Competitors. Free Press, New York.
- [5] CRUZ, M., FERRIERA, J., AZEVEDO, S., (2013), Key factors of seaport competitiveness based on the stakeholder perspective: An Analytic Hierarchy Process (AHP) model, IN *Maritime Economics & Logistics* (2013) 15, 416-443. doi: 10.1057/mel.2013.14.
- [6] DEMSETZ, H., "Barriers to Entry", *American Economic Review*, vol. 72, n° 1, 1982, p. 47-57.
- [7] MUSSO, E.: Ports: competition and competitiveness, Course in Advanced Port Economics, Antwerp, 2005.
- [8] HAEZENDONCK E., 2011, *Essays on strategy analysis for seaports*, Garant, Leuven, 240p.
- [9] HAEZENDONCK E., NOTTEBOOM, T., 2012, the competitive advantage of seaports, M. Huybrechts, H. Meersman, E. Van de Voorde. E. Van Hooydonk. A., Verbeke et W. Winkelmans (Eds.) *Port competitiveness: An Economics and Legal Analysis of the Factors Determining the competitiveness of seaports*, Antwerp, De Boeck Ltd, 155 pages.
- [10] BOUINOT, J., les pôles de la compétitivité « le recours aux modèles de Clusters », sur Cybergeog: *European Journal of Geography*, 9 mars 2007.
- [11] JOHNSON, G., WHITTINNGTON, R., SCHOLES, K., FRERY, F., *Stratégie*, 9e édition, Pearson, 2011.
- [12] KRUGMAN, P., (1991), "Geography and trade", Leuven University Press, Leuven.
- [13] KRUGMAN, P., 1992, *Geography and trade*, The MIT Press.
- [14] PORTER, M.E., (2004), *La concurrence selon Porter*, Paris: Village Mondial, 480 p.
- [15] PORTER, M.E. How Competitive Forces Shape Strategy, *Harvard business Review*, March/April 1979.
- [16] KOTLER, P. et DUBOIS, B., p. 392 « Marketing Management », Editeur: Publi. Union; Édition: 10e (23 avril 2001).
- [17] SAMII, A.-K., (2000), *Stratégies logistiques*, Dunod, Paris, 319 p.
- [18] GARELLI, S., « Competitiveness of Nations: the fundamentals », *The World Competitiveness Yearbook 2000*, p.47.

