

CONTRIBUTION DE L'ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES A LA RÉGIONALISATION DES PLUIES DU BASSIN VERSANT DU N'ZI, CENTRE DE LA CÔTE D'IVOIRE

**Aimé KOUDOU^{1*}, Kassi Alexis KOUAME²,
Kadio Hilaire NIAMKE¹, Koffi Fernand KOUAME²,
Mahaman Bachir SALEY² et Miessan Germain ADJA³**

¹ *Département des Sciences de l'Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) de Daloa, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire*

² *Département des Sciences et Techniques de l'Eau et du Génie de l'Environnement, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

³ *Département des Sciences et Technologies-Section Sciences de la Vie et de la Terre, Ecole Normale Supérieure d'Abidjan (ENS), 08 BP 10 Abidjan 08, Côte d'Ivoire*

* Correspondance, e-mail : kdaime@yahoo.fr

RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude est d'identifier les zones pluviométriques homogènes du bassin versant du N'zi (Centre de la Côte d'Ivoire) par l'entremise de l'Analyse en Composantes Principales (ACP). Celle-ci a été appliquée à la moyenne mensuelle et annuelle des précipitations de 11 stations pluviométriques du bassin sur une période de 50 ans (1951-2000). Il ressort de l'analyse que l'ACP des hauteurs pluviométriques mensuelles regroupe les stations météorologiques du bassin pour la mise en évidence de régions pluviométriques homogènes. Elle atteste de l'existence de deux régimes climatiques. Le régime pluviométrique d'allure unimodale (Tafiré, Niakaramandougou, Dabakala, Katiola, Bouaké) avec de fortes pluies d'Avril à Octobre, et d'autre part, le régime pluviométrique bimodal (Tiébissou, M'Bahiakro, Bocanda, Dimbokro, Bongouanou, Tiassalé) avec plus de pluies entre Mars et Juin. L'ACP des hauteurs pluviométriques annuelles confirme la variabilité climatique interannuelle et le découpage pluviométrique déjà mis en évidence sur le bassin. La période avant 1970 est considérée comme période humide alors que celle de 1970 à 2000 est caractérisée de période sèche.

Cette capacité de l'ACP à entreprendre des prévisions saisonnières est surtout d'intérêt pour les agriculteurs et pour les gestionnaires des ressources hydrauliques.

Mots-clés : *Analyse en Composantes Principales, zonage, pluviométrie, bassin versant du N'zi, Côte d'Ivoire.*

ABSTRACT

Contribution of principal component analysis to the regionalization of rainfall of N'zi watershed at the centre of Côte d'Ivoire

The objective of this study is to identify homogeneous rainfall zones of the N'zi watershed at the centre of Côte d'Ivoire through the Principal Component Analysis (PCA). The PCA has been applied to the monthly and annual average rainfall of 11 stations in the watershed over a period of 50 years (1951-2000). It appears from the analysis that the PCA monthly rainfall gathers the meteorological stations of the watershed for the detection of homogeneous rainfall regions. It attests to the existence of two climate patterns. The unimodal rainfall regime (Tafire, Niakaramandougou, Dabakala, Katiola, Bouaké) with heavy rainfalls from April to October, and on the other hand, the bimodal rainfall regime (Tiébissou, M'bahiakro, Bocanda, Dimbokro, Bongouanou, Tiassalé) with more rainfalls between March and June. The PCA annual rainfall confirms interannual climate variability and rainfall structure already identified in the watershed. The period before 1970 is considered wet period while that of 1970-2000 is characterized by dry period. This ability of the PCA to undertake seasonal forecasts is mainly of interest to farmers and managers of water resources.

Keywords : *Principal Component Analysis, zoning, rainfall, N'zi watershed, Côte d'Ivoire.*

I - INTRODUCTION

L'économie de la Côte d'Ivoire, à l'image de celle des autres pays de l'Afrique, est largement tributaire de l'agriculture pluviale. Or, les productions agricoles (cultures et bétail) sont en grande partie fortement dépendantes des précipitations se concentrant sur les quelques mois de l'année qui constituent les saisons des pluies. En conséquence, les fluctuations inter-annuelles des cumuls saisonniers de précipitations représentent l'aléa climatique principal pour les états africains.

Pour mieux saisir la variabilité climatique, la Côte d'Ivoire s'est dotée de stations météorologiques depuis 1921. L'une des faiblesses de ce réseau de mesure demeure la faible densité des stations. Sur l'ensemble de ses 322 462 km², la Côte d'Ivoire ne dispose que de 109 stations, soit une densité de un poste pour 2968 km². Par ailleurs depuis 2000, la situation des stations de mesures opérationnelles s'est malheureusement aggravée davantage et aujourd'hui, très peu de stations sont exploitables. Cette situation pose un problème pour l'analyse des données climatiques à des échelles spatiales fines vu que l'une des caractéristiques principales du climat tropical est sa très forte variabilité spatiale, surtout en ce qui concerne le paramètre pluviométrique. Le bassin versant du N'zi est un territoire de la Côte d'Ivoire sur lequel l'étude de la pluviométrie se trouve souvent confrontée au problème de l'insuffisance des données, due à des réseaux de stations de mesures peu denses et plus lâches, et à de nombreuses lacunes dans les séries historiques. Aujourd'hui, la question de la qualité de la future saison des pluies demeure au cœur des préoccupations des cultivateurs, éleveurs et communautés rurales du bassin étant entendu que les saisons agricoles sont calquées sur le rythme pluviométrique moyen. Il est fondamental d'identifier des saisons cohérentes, au sein desquelles les anomalies pluviométriques revêtent des caractéristiques homogènes.

La présente étude entend apporter quelques éléments de réponses à cette problématique. Elle a pour objectif d'entreprendre une régionalisation (ou zonage) pluviométrique du bassin versant du N'zi. Il s'agit d'obtenir un découpage du territoire en zones homogènes, à l'intérieur desquelles le comportement des précipitations est similaire. La recherche de structures spatio-temporelles permettant de décrire les faits marquants de la pluviométrie, dans le temps (ruptures de stationnarité, cycles plus ou moins réguliers ou simple variabilité interannuelle) comme dans l'espace (région homogène quant à l'histoire de sa pluviométrie), s'effectue fréquemment par utilisation d'analyses multivariées [1, 2]. La méthode de l'ACP, appliquée à la moyenne mensuelle et annuelle des précipitations de 1951 à 2000 de onze stations pluviométriques du bassin versant du N'zi, devrait contribuer à délimiter spatialement les régions pluviométriques homogènes et de définir les limites des saisons des pluies.

II - PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le bassin versant du N'zi, dont le cours d'eau qui porte le nom est le premier affluent important de rive gauche du Bandama, couvre une superficie de 35 500 km² et s'étend entre les 3°49' et 5°22' de longitude ouest et les 6°00' et 9°26' de latitude nord.

Sur ce territoire, l'agriculture demeure la principale activité et source de revenu de la population. De par sa situation géographique, il est à cheval sur des régions administratives (Gbêkê, Hambol, N'zi, Béliér, etc.) assez importantes de par leur taille par rapport à la superficie nationale et de par la réputation des villes (Bouaké, Yamoussoukro, Dimbokro, etc.) qui les composent. Le bassin versant du N'zi est par ailleurs dominé dans l'ensemble par un relief assez monotone [3], dont l'altitude varie de 400 m environ au Nord à moins de 100 m au Sud, et traversé d'Est en Ouest par la chaîne Baoulé au Centre en dessous du 8^{ème} parallèle. C'est le lieu où réside un contraste entre un paysage de savane au Nord qui occupe plus de la moitié du bassin et, un paysage forestier au Sud. En raison de son orientation, le bassin versant du N'zi recouvre des zones différentes sur le plan climatique, caractérisées par un réseau de onze stations pluviométriques réparties de façon homogène sur le bassin (*Figure 1*).

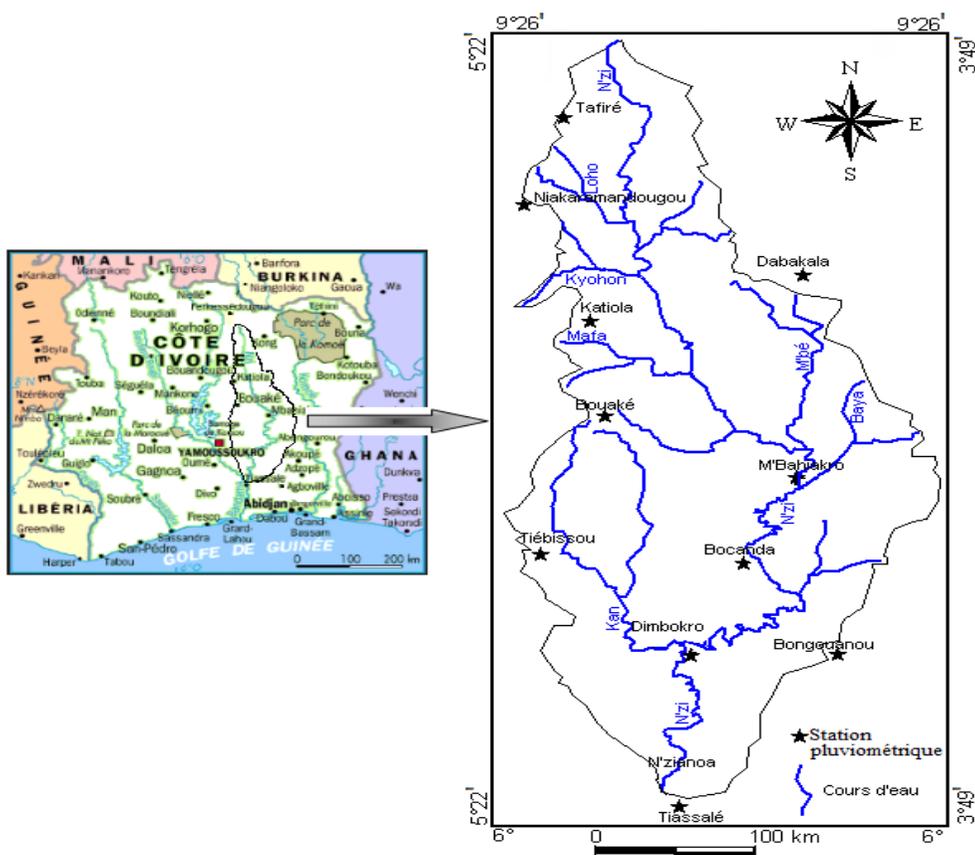


Figure 1 : Localisation du bassin versant du N'zi et des stations pluviométriques

III - MATÉRIEL ET MÉTHODES

III-1. Données

Les informations pluviométriques utilisées proviennent de la Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM), principal gestionnaire du réseau et des données climatiques en Côte d'Ivoire. Elles ont été enregistrées sur un ensemble de onze stations pluviométriques réparties sur l'ensemble du bassin versant du N'zi. Le **Tableau 1** montre à la même échelle de temps les périodes d'observation de la pluviométrie et de la durée des données des stations du bassin versant du N'zi. Cette dernière varie de 46 à 79 ans, avec celles de Dimbokro et de Tiassalé qui sont les plus longues. La période optimale d'observation commune (1951-2000) est retenue pour l'étude, car les onze stations sélectionnées y présentent des séries pluviométriques concordantes et sans lacunes.

Tableau 1 : *Caractéristiques des stations pluviométriques du bassin versant du N'zi*

Station pluviométrique	Longitude	Latitude	Période d'observation	Durée
Tafiré	5°7'44''	9°4'4''	1951-2000	50
Niakaramandougou	5°15'43''	8°41'24''	1951-2000	50
Dabakala	4°24'32''	8°21'46''	1923-2000	78
Katiola	5°6'39''	8°9'36''	1950-2000	51
Bouaké	5°2'24''	7°41'6''	1932-2000	69
M'bahiakro	4°27'43''	7°28'22''	1945-2000	56
Tiébissou	5°12'32''	7°9'54''	1951-2000	50
Bocanda	4°29'20''	7°3'32''	1951-2000	50
Dimbokro	4°41'34''	6°39'14''	1922-2000	79
Bongouanou	4°11'9''	6°39'14''	1948-2000	53
Tiassalé	4°50'6''	5°53'13''	1922-2000	79

Les **Tableaux 2** et **3** présentent la caractérisation statistique descriptive des données pluviométriques mensuelles et annuelles de 1951 à 2000 des stations pluviométriques du bassin versant du N'zi. La dispersion des données des séries pluviométriques moyennes mensuelles est largement supérieure à 25 % alors que celle des séries pluviométriques moyennes annuelles est assez faible, environnant 25 %. La série de données pluviométriques moyennes mensuelles est hétérogène alors que celle des données pluviométriques moyennes annuelles est homogène.

Tableau 2 : *Caractéristiques statistiques de la pluviométrie moyenne mensuelle (1951-2000) du bassin versant du N'zi*

	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	Min/Max	Cv (%)
Tafiré	7,77	198,86	92,49	68,04	0,04	74
Niakara	17,61	200,95	96,27	62,72	0,09	65
Dabakala	10,64	152,25	88,07	51,90	0,07	59
Katiola	10,27	186,74	91,80	57,44	0,05	63
Bouaké	12,40	171,34	92,85	54,38	0,07	59
M'Bahiakro	11,17	170,96	90,43	54,61	0,07	60
Tiébissou	36,79	157,23	91,49	31,65	0,23	34
Bocanda	12,46	180,54	95,92	55,25	0,07	58
Dimbokro	11,79	184,74	94,64	54,74	0,06	58
Bongouanou	9,51	209,91	99,94	61,66	0,04	62
Tiassalé	16,50	201,43	101,27	54,95	0,08	54

Tableau 3 : *Caractéristiques statistiques de la pluviométrie moyenne annuelle (1951-2000) du bassin versant du N'zi*

	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	Min/Max	Cv (%)
Tafiré	664,6	1816,2	1095,60	248,82	0,36	23
Niakara	563,9	2087	1154,82	264,09	0,27	23
Dabakala	331,4	1742,2	1056,82	277,57	0,19	26
Katiola	628,3	1889,8	1101,55	265,45	0,33	24
Bouaké	726,7	1673	1114,24	201,37	0,43	18
M'Bahiakro	653,3	1784,9	1084,88	240,59	0,37	22
Tiébissou	668,9	2653,4	1096,17	293,01	0,25	27
Bocanda	815,9	1949,2	1150,66	230,48	0,42	20
Dimbokro	815,9	1949,2	1135,71	203,14	0,42	18
Bongouanou	650,8	1737,1	1199,29	258,52	0,37	22
Tiassalé	339,9	1792,9	1214,35	290,57	0,19	24

III-2. Méthode de zonage climatique du bassin versant du N'zi

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une méthode statistique d'analyse des données multivariées. Elle facilite l'analyse conjointe d'un grand nombre de données, en tenant compte de leur caractère multidimensionnel, particulièrement dans le cas d'étude de la variabilité spatio-temporelle de paramètres climatiques [4].

L'ACP permet en effet, à partir d'une matrice de données (m variables correspondant aux éléments analysés et n observations ou individus), d'extraire le maximum d'information sous forme de représentations graphiques, permettant leur interprétation, telle que la mise en évidence de relations entre les variables et/ou l'opposition entre les individus. Dans le cadre de cette étude, la méthode a été appliquée dans un premier temps sur douze individus (les précipitations moyennes mensuelles interannuelles de 1951-2000) et sur onze variables (les stations pluviométriques du bassin versant du N'zi). Dans un second temps, elle a été appliquée sur cinquante individus (50 années de mesures de 1951 à 2000) et sur les 11 variables précédemment identifiées. Le traitement est réalisé grâce au logiciel STATISTICA 6.1. La description précise de cette méthode est exposée par [5].

IV - RÉSULTATS

IV-1. ACP des hauteurs pluviométriques moyennes mensuelles

La reconstitution finale de la distribution des hauteurs pluviométriques moyennes mensuelles a permis de définir les facteurs responsables de cette distribution. Aussi, a-t-elle permis de faire ressortir les affinités entre les différentes stations pluviométriques et de déduire la répartition des pluies au cours de l'année. Les trois premiers axes expriment 98,61 % de la variance totale, avec 75,92 % pour le premier facteur, 19,58 % pour le deuxième facteur et 3,11 % pour le troisième facteur. L'analyse se limite aux deux premiers facteurs dont les valeurs propres, supérieures à l'unité, expliquent plus de 95 % de la variance initiale. La simplification des douze variables initiales en deux nouvelles variables appelées composantes principales, n'aboutit qu'à une perte de moins de 5 % de l'information contenue dans la totalité des données. Le **Tableau 4** exprime les valeurs propres de la matrice des coefficients de corrélation, le pourcentage de variance expliquée ainsi que celui de la variance cumulée par chacun des axes.

Tableau 4 : Valeur propre, pourcentage et cumul

Axe	Valeur propre	% total variance	Cumul valeur propre	Cumul %
I	8,35	75,92	8,35	75,92
II	2,15	19,58	10,50	95,50
III	0,34	3,11	10,84	98,61

L'analyse de la matrice de corrélation entre les variables (stations) (**Tableau 5**) montre qu'à l'exception de la station de Tiébissou qui n'est corrélée à aucune autre station caractérisant le bassin versant du N'zi, il existe de nombreuses relations systématiquement significatives entre les stations. Il existe une relation positive et significative entre les dix autres stations du bassin versant du N'zi (coefficient de corrélation supérieur ou égal à 0,7). Ceci traduirait une certaine redondance de l'information « précipitation » à l'échelle mensuelle dans le bassin.

Tableau 5 : *Matrice de corrélation entre les stations du bassin versant du N'zi*

	Tafire	Niakara	Dabakala	Katiola	Bouake	M'bahiakro	Tiebissou	Bocanda	Dimbokro	Bongouanou	Tiassale
Tafire	1,000										
Niakara	0,985	1,000									
Dabakala	0,883	0,911	1,000								
Katiola	0,932	0,946	0,942	1,000							
Bouake	0,881	0,898	0,950	0,981	1,000						
M'bahiakro	0,690	0,707	0,866	0,879	0,940	1,000					
Tiebissou	-0,338	-0,288	-0,092	-0,032	0,055	0,279	1,000				
Bocanda	0,613	0,619	0,812	0,808	0,892	0,979	0,343	1,000			
Dimbokro	0,578	0,578	0,788	0,777	0,866	0,969	0,361	0,998	1,000		
Bongouanou	0,566	0,559	0,774	0,763	0,851	0,964	0,369	0,983	0,989	1,000	
Tiassale	0,362	0,347	0,594	0,598	0,704	0,879	0,508	0,942	0,958	0,953	1,000

L'analyse du plan factoriel F1-F2 (**Figure 2**) montre que le facteur 1 (75,92 % de la variance des données), manifeste un comportement d'ensemble, car toutes les stations s'organisent sur le côté négatif de l'axe. La position commune des stations sur un même demi-plan traduit un effet de taille. Ce comportement d'ensemble dans le même sens explique la forte corrélation existant entre la plupart des stations et pourrait traduire un comportement analogue de celles-ci. Le facteur F2 (19,58 % de la variance des données) oppose les stations du Haut N'zi (Tafiré, Niakara, Dabakala, Bouaké) à celles du Bas N'zi (M'Bahiakro, Tiébissou, Bocanda, Dimbokro, Bongouanou, Tiassalé) du bassin versant du N'zi. C'est un axe de régionalisation (ou zonage) climatique qui permet d'obtenir un découpage du bassin versant en deux zones homogènes à l'intérieur desquelles le comportement climatique est similaire. L'axe 2 traduirait les grandes régions pluviométriques (le régime tropical de transition et le régime équatorial de transition) du bassin versant du N'zi.

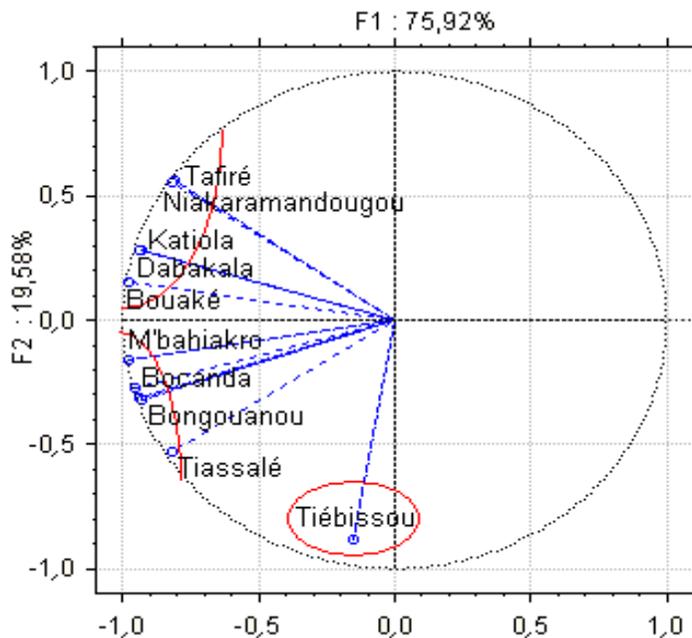


Figure 2 : Projection des variables (stations) sur le plan factoriel F1-F2

La projection des unités statistiques (u.s), représentée par les hauteurs pluviométriques moyennes mensuelles, dans le plan factoriel F1-F2 (**Figure 3**), a mis en évidence les régimes pluviométriques saisonniers caractéristiques du bassin. L'examen de ce plan factoriel révèle les traits climatiques caractéristiques du Haut N'zi et du Bas N'zi. Dans le Haut N'zi, la distribution de la pluviométrie moyenne mensuelle favorise deux regroupements (en rouge) de part et d'autre de l'axe factoriel 1. Les deux regroupements concernent les deux périodes (sèche et humide) qui affectent le Haut N'zi. La période sèche caractérise les mois à valeurs positives. La période humide caractérise les mois à valeurs négatives. L'axe F1 est lié à la répartition des pluies au cours de l'année dans le Haut N'zi. La période sèche (Novembre, Décembre, Janvier, Février et Mars) enregistre de faible pluviométrie. Les quatre premiers mois marquent la grande saison sèche. Les pluviométries les plus basses sont observées en Décembre et Janvier. Le mois de Mars est caractérisé par une légère augmentation de la hauteur d'eau précipitée. Il sert de transition entre la grande saison sèche et la grande saison des pluies. Cette dernière correspond à la période humide. Elle est caractérisée par les mois d'Avril, Mai, Juin, Juillet, Août, Septembre et Octobre. Il s'agit en effet, de la grande saison des pluies dans le Haut N'zi. Les hauteurs maximales de pluies sont atteintes au mois de Septembre.

Ainsi, le Haut N'zi est caractérisé par deux types de saisons : une saison sèche de Novembre à Mars et une saison pluvieuse d'Avril à Octobre. Dans le Bas N'zi, la répartition saisonnière (en bleu) est caractérisée par deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses. La grande saison sèche identifiée correspond à celle évoquée dans le Haut N'zi. Le facteur F2 intervient de façon complémentaire en subdivisant les mois présentant des valeurs négatives de l'axe factoriel F1 en trois nouveaux groupes :

- les mois d'Avril, Mai et Juin (valeurs négatives de l'axe factoriel F2) décrivent la grande saison des pluies au cours de laquelle les hauteurs de pluie les plus importantes sont enregistrées en Juin ;
- les mois de Juillet et Août (valeurs positives de l'axe factoriel F2) marquent une baisse des précipitations. Ces mois représentent la petite saison sèche ;
- les mois de Septembre et Octobre enregistrent une augmentation sensible des hauteurs d'eau précipitée. Cette période de l'année correspond à la petite saison des pluies (deuxième saison pluvieuse) dans le Bas N'zi.

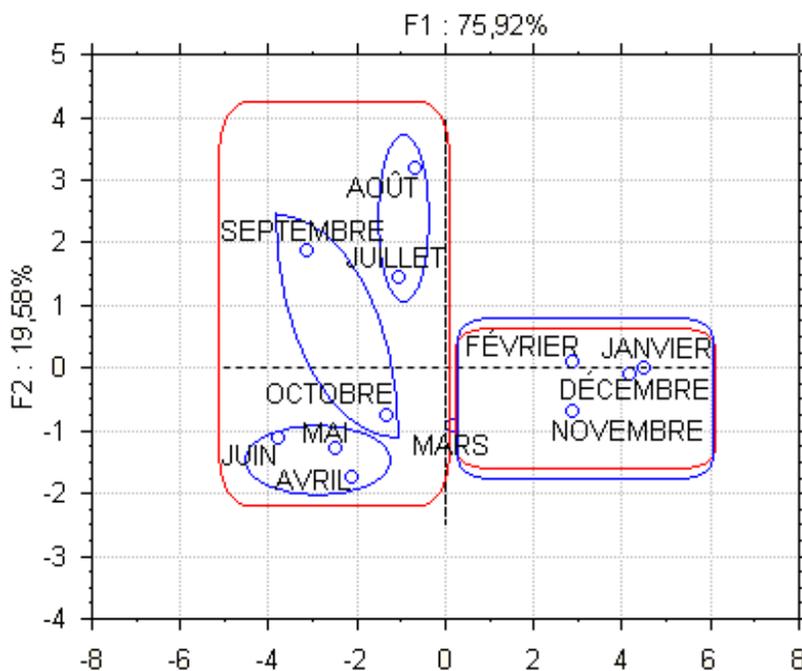


Figure 3 : Projection des unités statistiques (mois) sur le plan factoriel F1-F2

IV-2. ACP des hauteurs pluviométriques moyennes annuelles

L'analyse des plans factoriels F1-F2 et F1-F3 (**Figure 4**) met en évidence deux groupes de stations selon la hauteur d'eau précipitée :

- le groupe représenté uniquement par la station de Tiébissou ;
- et, le groupe moins homogène constitué des dix autres stations.

Les facteurs F2 et F3 repartissent le groupe moins homogène en deux sous-groupes : les stations situées dans le Haut N'zi et celles situées dans le Bas N'zi. Cependant, la station de Tafiré s'individualise par rapport à sa région climatique (celle du Haut N'zi). Le facteur F1 repartit toutes les stations sur le côté négatif de l'axe. F1 est lié à la répartition des stations du bassin versant du N'zi ayant un comportement analogue.

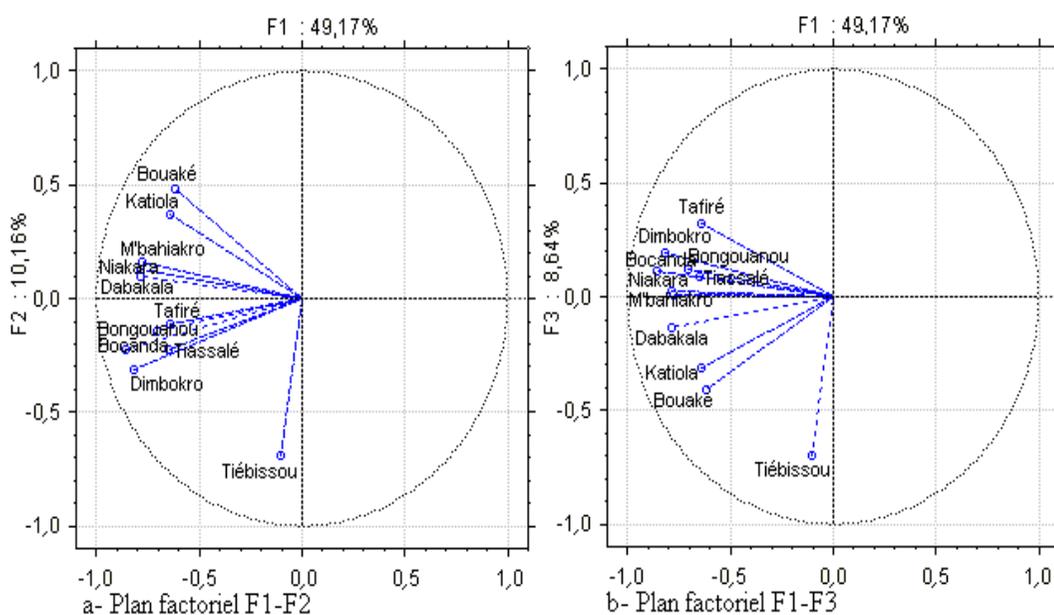


Figure 4 : Représentation des variables (stations) sur les plans factoriels F1-F2 et F1-F3

L'analyse du plan des unités statistiques, grâce au plan factoriel F1-F2 (**Figure 5**), met en évidence la co-variation des années pluviométriques avec le facteur 1 qui correspond à la variabilité interannuelle. Globalement, les années sèches sont les plus positives et les années humides les plus négatives. Ainsi, la période avant 1970 est considérée comme période humide alors que celle de 1970 à 2000, est caractérisée de période sèche.

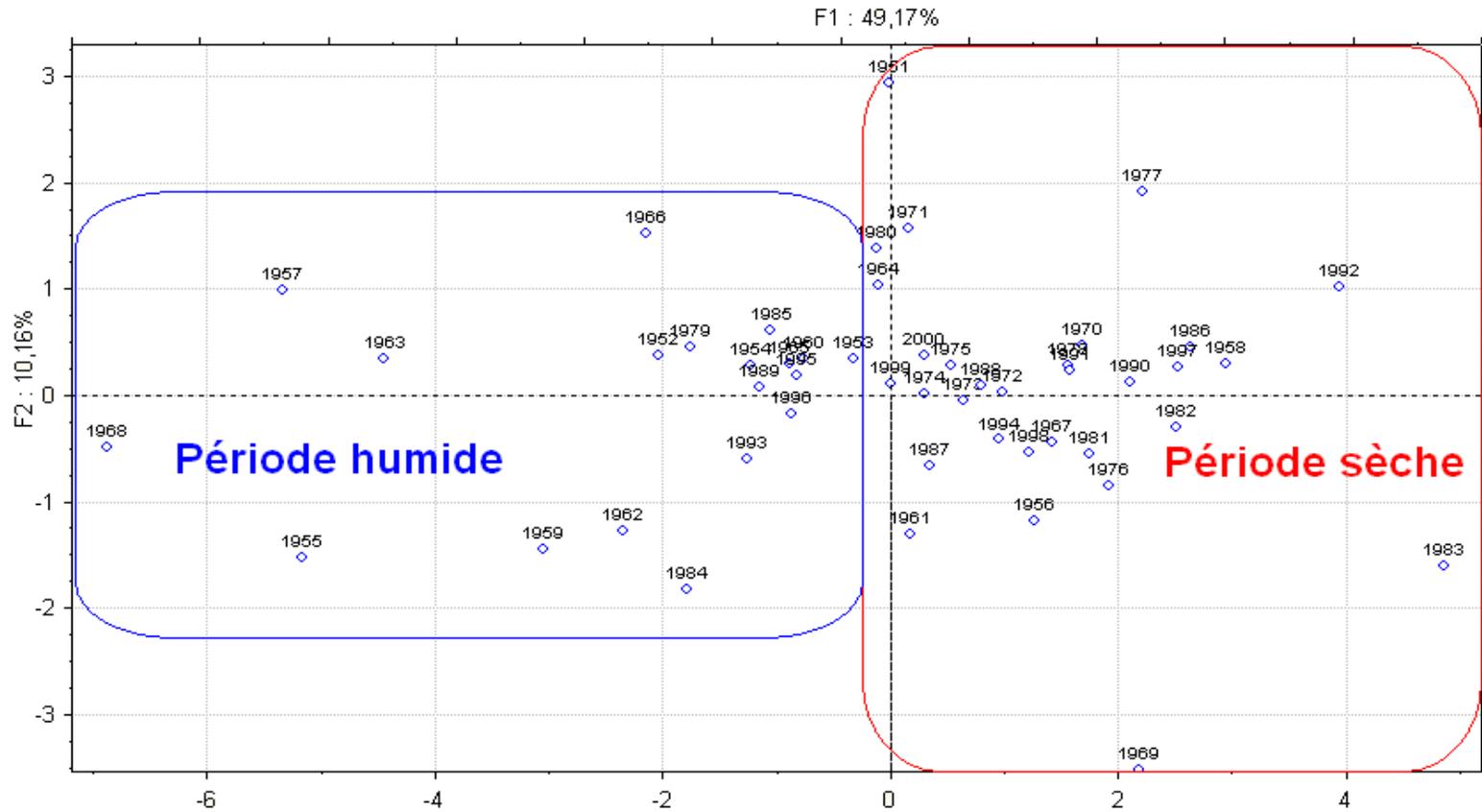


Figure 5 : Représentation des unités statistiques (années) sur le plan factoriel F1-F2

V - DISCUSSION

L'ACP des hauteurs pluviométriques moyennes mensuelles des stations du bassin versant du N'zi a établi un zonage climatique entre les stations situées dans le Haut N'zi et celles situées dans le Bas N'zi. L'aptitude de l'ACP à entreprendre la régionalisation a aussi été mise en évidence en d'autres lieux [6-9]. La distribution spatiale des précipitations est due à la situation et à l'environnement topographique, et à la proximité par rapport à l'océan [10]. L'ACP des hauteurs pluviométriques moyennes annuelles a difficilement regroupé les stations ayant un comportement analogue. En effet, l'individualisation de la station de Tafiré par rapport à sa région climatique, en est la preuve. S'agit-il, dans ce cas, d'un problème de données ou de microclimat ? L'argument en faveur du problème de données pourrait être accepté. À cet effet, depuis la mesure jusqu'au traitement de l'information pluviométrique, des erreurs peuvent intervenir (erreurs liées aux instruments, à l'observateur, etc.) [11]. L'individualisation de la station de Tiébissou par rapport aux autres stations du bassin versant du N'zi, ne peut être imputée qu'à un microclimat. En Côte d'Ivoire, la distribution spatiale des pluies annuelles se fait principalement suivant un gradient Est-Ouest. Les précipitations évoluent progressivement des secteurs faiblement arrosés du Nord-Est, aux ambiances plus humides des milieux montagneux de l'Ouest. Cette influence positive des accidents de reliefs, s'observe également dans le Centre du pays autour des stations de Dimbokro, de Bocanda et de M'Bahiakro, marquées par une topographie de cuvette localisée à l'Ouest des chaînes de collines Baoulé.

En effet, la pluviométrie est élevée à Tiébissou à cause des Chaînes de collines Baoulé [12]. Par ailleurs, cette méthode définit de façon moins stricte les limites de chacun des groupes de stations. En effet, les limites sont définies d'une façon empirique et le regroupement de certaines stations s'avère éventuellement possible. L'ACP n'est donc pas probant pour détacher à la fois les stations, les années et les variables étudiées [12]. Aucune règle ne justifie le nombre d'axes factoriels à retenir pour l'interprétation de l'ACP. Cependant, l'analyse est pertinente si un petit nombre d'axes expliquent une part importante de l'inertie ("variance" du nuage ou "dispersion"). Le critère proposé, de ne retenir que les valeurs propres supérieures à un dans le cas d'une analyse sur données centrées-réduites [13], a été appliqué dans cette étude. Par ailleurs en pratique, il est difficile d'interpréter plus de trois axes, parfois quatre. Donc concrètement, l'analyse mérite d'être poursuivie si avec trois ou quatre axes, une part importante de l'inertie initiale est conservée [13]. La variance totale donne une information sur la structure des éléments analysés.

Elle est de 95 % pour les deux premiers axes des hauteurs pluviométriques moyennes mensuelles. Une telle valeur démontre que le groupe de stations analysées est bien structuré. Les relations observées entre les variables analysées (précipitations moyennes mensuelles) ont un sens [14]. Cependant, la variance totale est de 67,97 % pour les trois premiers axes de l'ACP sur les hauteurs pluviométriques moyennes annuelles. Ce pourcentage est inférieur à 75 % de l'inertie totale des contributions des facteurs F₁, F₂ et F₃ jugées importantes [15]. Les facteurs F₁, F₂ et F₃ ne pourraient donc pas permettre d'interpréter de façon fiable, les variables dans le cas de l'ACP des hauteurs pluviométriques moyennes annuelles. Cependant, d'après les observations faites, cette ACP confirme la co-variation et le découpage pluviométrique du bassin versant [16, 17] et partant, celui de la Côte d'Ivoire [18-20]. Cette observation est en accord avec celles faites par [4, 21-23], en Afrique de l'Ouest. En fait, les quelques années humides (1956, 1958, 1967) identifiées en période sèche (ou les années sèches rencontrées en période humide) ne représentent pas, d'un point de vue statistique, un retour vers des conditions climatiques plus favorables (ou plus défavorables) de façon persistante.

Ainsi, la principale limite de l'ACP est son étape subjective lors de la phase d'interprétation des axes (composantes principales). La subjectivité peut cependant être réduite en confrontant les résultats d'interprétation de plusieurs chercheurs et en convergeant vers une interprétation commune. Le régime climatique n'a pas connu de modification sur l'ensemble du bassin malgré le déficit pluviométrique ressenti pendant plus de cinq décennies. En effet, cette répartition du climat du bassin versant du N'zi correspond à celle observée lors des études antérieures [3, 24, 25]. En effet, les phénomènes locaux n'influencent pas ou du moins interviennent peu dans la répartition des climats [26]. Les arguments en faveur de la différenciation des régimes climatiques du bassin versant du N'zi résultent du déplacement du FIT (Front Inter Tropical).

VI - CONCLUSION

Dans cette étude, la définition de région homogène en termes de comportement pluviométrique a été mise en évidence. L'ACP des hauteurs pluviométriques mensuelles regroupe les stations météorologiques du bassin pour la mise en évidence de régions pluviométriques homogènes. Elle atteste de l'existence de deux régimes climatiques. Le régime pluviométrique d'allure unimodale (Tafiré, Niakaramandougou, Dabakala, Katiola, Bouaké) avec de fortes pluies d'Avril à Octobre, et d'autre part, le régime pluviométrique bimodal (Tiébissou, M'Bahiakro, Bocanda, Dimbokro, Bongouanou, Tiassalé) avec plus de pluies entre Mars et Juin.

La connaissance de la répartition saisonnière et plus précisément de la longueur de la saison sèche pourrait servir comme données de base à de nombreuses applications à l'agriculture (mise en évidence du stress hydrique, choix des cultures), à la lutte contre les incendies, à la gestion des réservoirs des barrages, etc. L'ACP des hauteurs pluviométriques annuelles confirme la variabilité climatique interannuelle et le découpage pluviométrique déjà mis en évidence sur le bassin versant du N'zi. La période avant 1970 est considérée comme période humide alors que celle de 1970 à 2000 est caractérisée de période sèche. La prévision saisonnière dans le bassin versant du N'zi, plus scientifique et robuste, n'est donc pas remise en cause. L'ACP est particulièrement utile pour la délimitation spatiale de régions pluviométriques homogènes et pour la définition des limites des saisons (pluvieuse et sèche). Elle permet la description synthétique et rapide d'un phénomène naturel (la pluviométrie) ayant une certaine représentation dans l'espace et dans le temps. Les premiers résultats ainsi obtenus ouvrent cependant des perspectives très encourageantes, tant sur le plan scientifique (caractérisation fine, origine dynamique et évolution des phénomènes), que sur le plan opérationnel (amélioration de la gestion des eaux, anticipation des phénomènes). Pour relever les performances du réseau de mesure, il est indispensable de mettre en place des « points de contrôle » pour une meilleure évaluation des ressources en eau de surface.

RÉFÉRENCES

- [1] - Y. RICHARD, P. CAMBERLIN, G. BELTRANDO, « Recherche de structures spatio-temporelles en climatologie: l'exemple de la variabilité pluviométrique en Afrique orientale ». L'espace géographique, N° 27 (1998) 31-40.
- [2] - G. BELTRANDO, « La climatologie: une science géographique ». L'information géographique, Vol. 64, N°3 (2000) 241-261.
- [3] - J. M. AVENARD, M. ELDIN, G. GIRARD, J. SIRCOULON, P. TOUCHEBOEUF, J. L. GUILLAUMET, E. ADJANOHOUN, A. PERRAUD, « Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire ». Mém. ORSTOM, N°50 (1971) 391 p.
- [4] - B. S. ARDOIN, « Variabilité hydroclimatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne ». Thèse de Doctorat, Université Montpellier II, (2004) 437 p.
- [5] - J. LEBART, J. P. FENELON, « Statistiques et informatiques appliquées ». Ed. DUNOD, (1979).

- [6] - B. A. MEDJERA, L. HENIA, « Régionalisation des pluies annuelles dans l'Algérie nord-occidentale ». *Rev. Géo. de l'Est*, vol. 45/2, (2005) 1-13.
- [7] - G. LACOMBE, « Compréhension des stratégies d'adaptation à la variabilité des pluies en riziculture inondée par la modélisation : cas du bassin versant de la Lam Dom Yaï, région Nord-est de la Thaïlande ». Mémoire de DEA, Sciences de l'Eau dans l'Environnement continental, Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Université Montpellier II, (2003) 102 p.
- [8] - J. D. MALOBA MAKANGA, « Variabilité pluviométrique de la petite saison sèche au Gabon ». XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège (2015) 555-560.
- [9] - V. DJOUFACK-MANETSA, « Etude multi-échelles des précipitations et du couvert végétal au Cameroun : analyses spatiales, tendances temporelles, facteurs climatiques et anthropiques de variabilité du NDVI. Thèse de Doctorat, Sciences de la Terre, Université de Bourgogne, Université de Yaoundé, (2011) 303 p.
- [10] - Z. EL MORJANI, « Conception d'un système d'information à référence spatiale pour la gestion environnementale ; application à la sélection de sites potentiels de stockage de déchets ménagers et industriels en région semi-aride (Souss, Maroc) ». Thèse de Doctorat, Université de Genève, Terre et Environnement, Vol. 42, (2002) 300 p.
- [11] - B. CHUZEVILLE, « Hydrologie tropicale et appliquée en Afrique subsaharienne ». Collection Maîtrise de l'eau, (1990) 269 p.
- [12] - Y. T. BROU, « Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire ». Mémoire de synthèse des activités scientifiques présenté en vue de l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches, Université des Sciences et Techniques de Lille, France, (2005) 212 p.
- [13] - M. RAFFESTIN, « Pratiquer une analyse en composantes principales ». Notes de cours. http://web.univ-pau.fr/stat-U/IMG/pdf/cours_ACP.pdf, (2005).
- [14] - V. DURAND, « Recherche de relations entre la structure des aquifères de socle et leur fonctionnement hydrogéologique à partir du signal hydrologique. Traitement de deux échelles différentes de bassins versants ». DEA Hydrologie, Hydrogéologie, Géostatistique et Géochimie Filière Hydrologie et Hydrogéologie Quantitatives, Univ. Pierre et Marie Curie, Univ. Paris-Sud, Ecole des Mines de Paris & Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, (2001) 50 p.
- [15] - B. DIBI, « Cartographie des sites potentiels d'implantation des points d'eau dans le département d'Aboisso (Sud-Est de la Côte d'Ivoire) : Apport du SIG et de l'analyse multicritère ». Thèse unique de Doctorat, Université de Cocody, (2008) 165 p.

- [16] - B. T. A. GOULA, I. SAVANE, B. KONAN, V. FADIKA, G. B. KOUADIO, « Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins de N'zo et N'zi en Côte d'Ivoire (Afrique Tropicale Humide) ». VertigO, Rev. Sci. Env., Vol.7, N°1 (2006) 1-12.
- [17] - A. M. KOUASSI, « Caractérisation d'une modification éventuelle de la relation pluie-débit et ses impacts sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire ». Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, (2007) 210 p.
- [18] - I. SAVANE, K. M. COULIBALY, P. GIOAN, « Variabilité climatique et ressources en eaux souterraines dans la région semi-montagneuse de Man ». Séch., Vol. 12, N°4 (2001) 231-237.
- [19] - M. B. SALEY, « Système d'Informations Hydrogéologiques à Référence Spatiale, discontinuités pseudo-image et cartographies Thématiques des ressources en eau de la région semi montagneuse de Man (Ouest de la Côte d'Ivoire) ». Thèse de doctorat unique, Université de Cocody, (2003) 211 p.
- [20] - A. B. YAO, B. T. A. GOULA, Z. A. KOUADIO, K. E. KOUAKOU, A. KANE, S. SAMBOU, « Analyse de la variabilité climatique et quantification des ressources en eau en zone tropicale humide : cas du bassin versant de la Lobo au centre-ouest de la Côte d'Ivoire ». Rev. Ivoir. Sci. Technol., 19 (2012) 136 – 157.
- [21] - J. E. PATUREL, E. SERVAT, M. O. DELATTRE, « Analyse des séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique ». J. Sci. Hydrol., Vol. 43, N°3, (1998) 937-945.
- [22] - E. SERVAT, J. E. PATUREL, B. KOUAME, M. TRAVAGLIO, M. OUEDRAOGO, J. F. BOYER, H. LUBES-NIEL, J. M. FRITSCH, J. M. MASSON, B. MARIEU, « Identification, caractérisation et conséquences d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'Ouest et Centrale ». IAHS Publ., N°252 (1998) 323-337.
- [23] - M. OUEDRAOGO, « Contribution à l'étude de l'impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest. Analyse des conséquences d'une sécheresse persistante: normes hydrologiques et modélisation régionale ». Thèse de l'Université de Montpellier II, France, (2001) 257 p.
- [24] - ASECNA, « Le climat de la Côte d'Ivoire ». Service météorologique, Abidjan, (1979) 74p.
- [25] - S. BAHIRE, « Monographie sur le N'zi ». (1986) 184 p.
- [26] - G. B. KOUADIO, « La caractérisation de la variabilité climatique et de la sécheresse des ressources en eau de la Côte d'Ivoire : cas du bassin versant du N'zi ». Mém DEA, Univ. Abobo Adjamé. Abidjan, (2004) 71 p.