



ANALYSE MULTIDIMENSIONNELLE DES PRECIPITATIONS ANNUELLES DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED MINA (ALGERIE)

MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS OF ANNUAL PRECIPITATIONS IN MINA RIVER BASIN (ALGERIA)

GHERNAOUT R.¹, REMINI B.²

¹ Université Akli Mohand Oulhadj-Bouira, Bouira 10000, Algérie,

² Département des Sciences de l'Eau et Environnement, Faculté de Technologie,
Université Blida1, Blida 09000, Algérie

rghernaout27@yahoo.fr

RESUME

L'identification des régions dans le bassin versant de l'oued Mina, ayant des caractéristiques pluviométriques homogènes, représente l'objectif principal de cette étude. L'utilisation de l'analyse en composantes principales (ACP) permet de montrer que celle-ci peut être appliquée pour la régionalisation d'un territoire ayant une forte variation de caractéristiques physiographique et pluviométrique. Les résultats ont permis d'identifier trois régions principales et de déterminer les stations pluviométriques représentatives du bassin versant (et des sous bassins) de l'Oued Mina. La critique des données pluviométriques par la méthode du cumul des résidus n'a permis de détecter aucune valeur anormale au seuil standard de 95%. La méthode de double cumul (double masse) a été également employée afin de vérifier l'homogénéité des séries des postes pluviométriques. Les résultats ont montrés que les pluies cumulées de toutes les stations sont bien liés ($R^2 > 0.990$) à la pluie cumulée à la station représentative (Frenda; station 3) du bassin.

Mots clés : Analyse en composantes principales (ACP)- Bassin versant- Oued Mina- Pluviométrie- Régionalisation.

ABSTRACT

Identification of homogeneous regions in Mina river basin in terms of precipitation regime by the use of principal component analysis (PCA) represents the main objective of this study. The method has been shown to be a reliable regionalization tool even though it was applied to a territory showing rather complex physiography and high precipitation variation. The results have identified three main areas and representative rain gauges of wadi Mina basin (and sub basin). Critic of rainfall data by the accumulated residues method has detected no abnormal value at 95% standard threshold. Double weight method was also used to verify the homogeneity of rainfall stations series. The results showed that the accumulated rainfalls of all stations are highly correlated ($R^2 > 0.990$) to the accumulated rainfall at the representative rain gauge (Frenda; station 3) of the basin.

Keywords: Principal component analysis (PCA)- Watershed- Mina River- Precipitation, Regionalization.

INTRODUCTION

La pluviométrie présente un intérêt majeur comme signature au-delà de son apport pour la définition du climat. Sa régionalisation s'avère très utile dans de nombreuses applications où il est nécessaire de minimiser la variabilité spatiale du paramètre analysé (Champeaux et Tamburini, 1996). La régionalisation s'est développée afin d'étudier, décrire et communiquer les informations spatiales. Les régions homogènes des phénomènes hydrologiques sont conçues pour servir de forum en vue d'encourager le développement d'une approche harmonisée des problématiques des cours d'eau à large échelle, ainsi qu'en vue d'une application judicieuse de cette approche à la gestion et à la planification. L'identification des sous régions climatiques correspondantes à des régions climatiques particulières est un point essentiel dans la compréhension du climat d'une région donnée (Salama, 2011). Il s'agit en général de déterminer certains procédés qui permettent de synthétiser le mieux possible l'information pluviométrique telle qu'elle est connue par la collecte de données au niveau ponctuel. Il faut pour cela avoir une bonne connaissance des champs pluviométriques en s'appuyant sur des méthodes fiables d'interpolation afin de mieux cerner les paramètres explicatifs de la variabilité spatiale, de la spatialisation de la réponse à la variabilité temporelle, etc (Discroix *et al.*, 2001). L'objectif d'une régionalisation (ou zonage) climatique est donc

d'obtenir un découpage d'un territoire en zones homogènes, à l'intérieur desquelles le comportement climatique est similaire aux paramètres étudiés (Medjrab & Henia, 2005). Les facteurs zonaux et azonaux de la pluviométrie ont fait l'objet d'un grand nombre de recherches, incluses le plus souvent les variables altitude, exposition, site, éloignement de la mer, forme de versants, pente générale, etc (Discroix et al., 2001). Plusieurs méthodes de régionalisation existent, aussi bien quantitatives que qualitatives. Ces méthodes sont basées essentiellement sur l'Analyse en Composantes Principales (ACP), les corrélations et/ou des méthodes de classification. Ce travail pose la problématique de mettre en évidence les premiers caractères du régime de la distribution géographique des précipitations dans le bassin versant de l'oued Mina, l'un des premiers bassins versants de l'Algérie en se basant sur les méthodes de classification notamment sur l'analyse en composantes principales en essayant toutefois d'interpréter le régime de la distribution géographique des pluies pour les régions homogènes mises en évidence.

REGION D'ETUDE

La recherche est concentrée dans le bassin versant de l'Oued Mina situé au nord-ouest de l'Algérie à environ 300km d'Alger entre 0° 20' et 1° 10' E et entre 34° 40' et 35° 40' N (figure 1). Le bassin versant de l'Oued Mina (figure 2.a) draine au niveau de barrage de Sidi M'Hamed Ben Aouda, une superficie de 4900 km². L'Oued Mina est parmi les principaux affluents de l'Oued Cheliff. Il parcourt une distance de 90km environ entre les barrages de Bakhada et de Sidi M'Hamed Benaouda avec une orientation SE-NO (Touaibia et Achite, 2003 ; Ghernaout et Remini, 2017). Son relief est très accidenté et est qualifié d'assez fort. La partie amont du bassin culmine à 1339 m d'altitude. La partie aval montre un relief plus vallonné avec des pentes souvent supérieures à 3 %. L'exutoire du bassin versant est à une altitude de 145 m (figure 2.b). La température moyenne annuelle est de 18 °C. Les débits moyens annuels au niveau des stations hydrométriques d'Oued El-Abtal et Sidi AEK Djilali sont de l'ordre de 2.1 m³/s et 0.13 m³/s respectivement. Ces résultats sont les moyennes des données collectées au niveau des stations hydrométriques dans la période 1977/78 à 2001/02 (Ghernaout, 2014 ; Ghernaout et Remini, 2014). Le climat de la région est de type semi-aride méditerranéen avec une précipitation moyenne annuelle de 271 mm marquée par une irrégularité aussi bien saisonnière qu'interannuelle. Le régime hydrologique des cours d'eau dépend essentiellement du régime pluviométrique (Meddi, 1996) ; il se caractérise par une grande variabilité spatio-temporelle. En outre, l'analyse de la répartition

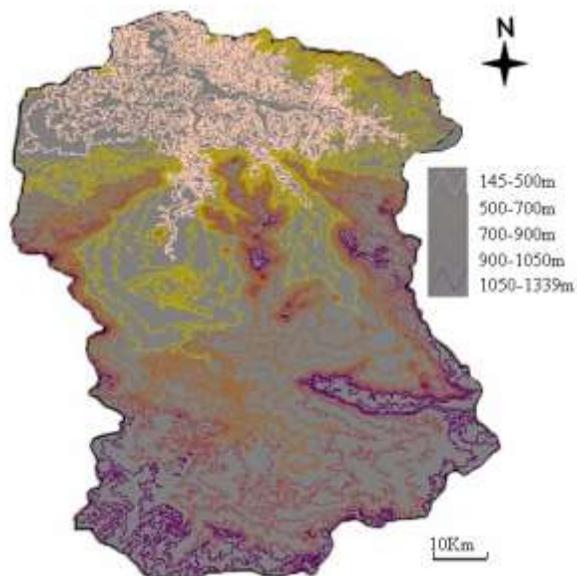


Figure 2.b : Carte d'altimétrie (Ghernaout et Remini, 2014)

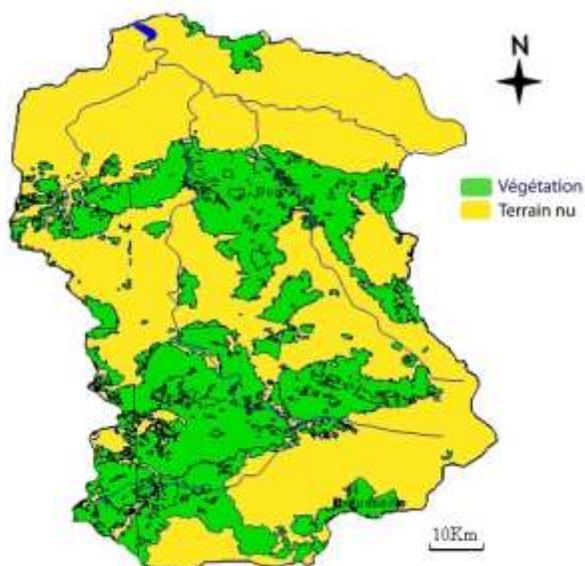


Figure 2.c : carte de couverture végétale (ANRH, 2010 ; Ghernaout et Remini, 2014)

Tableau 1 : Caractéristiques du bassin versant de l’Oued Mina au droit du barrage de SMBA

Caractéristiques	Paramètres	Unité	Symbole	Valeur
Morphologie du bassin	Superficie	Km ²	A	4900
	Périmètre	Km	P _r	315
	Indice de compacité	-	Kc	1.26
	Longueur du rectangle équivalent	Km	L _{re}	114.83
	Largeur du rectangle équivalent	Km	l _{re}	42.67
Relief	Altitude maximale	m	H _{max}	1339
	Altitude minimale	m	H _{min}	145
	Altitude moyenne	m	H _{moy}	755
	Indice de pente globale	m/Km	I _g	7.21
	Pente moyenne	%	I _m	0.65
Réseau hydrographique	Longueur du talweg principal	Km	L _p	135
	Densité de drainage	Km/Km ²	D _d	4.48
	Temps de concentration	h	T _c	24.41

DONNEES ET METHODOLOGIE

Données

Douze stations pluviométriques, pour lesquelles 19 années d’enregistrement (de 1982/83 à 2000/01) de précipitations totales annuelles sont disponibles, ont été retenues pour cette étude. La sélection des postes pluviométriques analysés repose sur des critères de qualité des données et de longueur des séries pluviométriques collectées par l’agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) d’Alger. Afin d’obtenir des séries pluviométriques homogènes, le comblement de lacunes s’est avéré indispensable. Ainsi l’homogénéisation des pluies mensuelles a été faite par la méthode des rapports. Cette méthode utilise le rapport entre la somme des précipitations pendant une période homogène de la station à ajuster et la somme des précipitations pour la période correspondante à la station de comparaison. Les précipitations annuelles des stations pluviométriques du bassin versant de l’Oued Mina représentées dans la figure 2 sont montrées dans le tableau 2.

La méthode de régression linéaire peut être aussi utilisée pour le comblement des lacunes d’observation à l’échelle annuelle par rapport à une station de référence proche de la station à corriger. Le facteur qui lie cette régression est le coefficient de corrélation.

Tableau 2 : Précipitations annuelles des stations pluviométriques (mm)

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Moy
station													
82/83	252	148	279	198	489	105	188	224	229	112	400	236	238
83/84	238	277	298	207	185	67	155	251	181	176	463	219	226
84/85	218	267	319	218	249	139	120	185	198	275	363	304	238
85/86	290	333	450	331	243	157	236	181	170	328	359	460	295
86/87	281	456	418	327	273	195	326	257	226	303	314	419	316
87/88	286	257	318	246	207	186	206	227	214	290	372	246	255
88/89	347	336	350	302	369	182	301	203	205	418	357	175	295
89/90	199	227	243	272	276	143	232	193	168	245	259	224	223
90/91	237	215	248	205	317	82	279	256	249	261	602	341	274
91/92	306	321	351	303	348	156	242	232	190	332	383	286	288
92/93	301	314	237	232	219	195	156	179	169	199	261	159	218
93/94	175	232	269	237	230	119	200	157	199	250	339	186	216
94/95	259	310	353	201	342	202	309	268	185	253	371	301	280
95/96	573	584	661	501	518	398	401	462	402	676	535	409	510
96/97	301	219	335	247	308	168	198	186	140	338	249	236	244
97/98	403	345	451	383	385	175	293	292	238	395	317	290	331
98/99	251	244	286	200	209	141	164	203	201	313	202	162	215
99/00	232	223	250	195	199	58	201	206	195	265	307	279	218
00/01	317	308	360	248	272	143	223	273	256	325	304	285	276
													Moy 271

Méthodologie (ACP)

L'Analyse en Composante Principale est une technique d'analyse des données particulièrement bien adaptée à l'étude des régimes pluviométriques. Elle permet de visualiser l'information contenue dans un tableau de données quantitatives et de concentrer l'information dans un nombre réduit de nouvelles variables (revenir à un espace de dimension réduite en déformant le moins possible la réalité). Il s'agit donc d'obtenir le résumé le plus pertinent possible des données initiales. C'est la matrice des variances - covariance (ou celle des corrélations) qui va permettre de réaliser ce résumé pertinent, parce qu'on analyse essentiellement la dispersion des données considérées. De cette matrice, on va extraire, par un procédé mathématique adéquat, les facteurs (composantes principales) que l'on recherche. Ils vont permettre de réaliser et interpréter les graphiques désirés dans cet espace de petite dimension (le nombre de facteurs retenus), en déformant le moins possible la configuration globale des individus selon l'ensemble des variables initiales (ainsi remplacées par les facteurs). Cette méthode, nécessitant cependant des calculs un peu plus long, est appliquée sur des données des précipitations annuelles dont nous avons à notre disposition, en

formant grâce au logiciel «Hydrolab» une matrice initiale rectangulaire avec en ligne les valeurs des précipitations annuelles de douze (12) stations et en colonne les dix-neuf (19) années d'observations. Les étapes de l'analyse en composantes principales sont :

- Création de la matrice des données brutes;
- Calcul des paramètres statistiques;
- Transformation des données brute en données centrées réduites;
- Détermination de la matrice de corrélation des données centrées réduites;
- Détermination des valeurs propres, des pourcentages des variances expliquées;
- Détermination des vecteurs propres;
- Détermination des composantes principales (facteurs) cp;
- Détermination de la matrice de corrélation (facteurs – variables);
- Etude des liaisons entre les axes et les variables.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux 3, 4, 5, 6 et 7. Tout logiciel fournit la moyenne, l'écart-type, le coefficient de variation, le minimum et le maximum de chaque variable. Il s'agit donc, pour l'instant, d'études univariées (tableau 3). Notons au passage l'homogénéité presque des douze variables considérées : pratiquement même ordre de grandeur pour les moyennes, les écarts-types, les coefficients de variation, les minima et les maxima. Le tableau 4 est la matrice des corrélations. Elle donne les coefficients de corrélation linéaire des variables prises deux à deux. C'est une succession d'analyses bivariées, constituant un premier pas vers l'analyse multivariée. Remarquons que toutes les corrélations linéaires sont positives. Ce qui signifie que toutes les variables varient, en moyenne, dans le même sens, certaines étant fortes ($0.70 \leq r < 0.90$), d'autres moyennes ($0.40 \leq r < 0.70$), d'autres enfin plutôt faibles ($0.20 \leq r < 0.4$). Le tableau 5 contient les résultats des valeurs propres et des variances expliquées. Chaque ligne de ce tableau correspond à une variable virtuelle (voilà les facteurs ou composantes principales) dont la colonne (valeur propre) fournit la variance. En fait, chaque valeur propre représente la variance du facteur correspondant. La colonne (% variance expliquée) correspond au pourcentage de variance de chaque ligne par rapport au total. La colonne (% variance cumulée) représente le cumul de ces pourcentages. Le nuage de points en dimension 12 est toujours le même et sa dispersion ne change pas. Il s'agit

d'un simple changement de base dans un espace vectoriel. C'est la répartition de cette dispersion, selon les nouvelles variables que sont les facteurs ou composantes principales, qui se trouve modifiée.

Tableau 3 : Statistiques élémentaires des observations actives

Station	Moyenne (mm)	Ecart-type (mm)	CV	Max (mm)	Min (mm)
1	278.68	87.19	0.30	573	175
2	295.58	96.96	0.33	584	148
3	340.84	101.46	0.30	661	237
4	265.95	78.31	0.29	501	195
5	296.74	94.05	0.32	518	185
6	158.47	72.08	0.45	398	58
7	233.16	70.24	0.30	401	120
8	233.42	66.80	0.29	462	157
9	211.32	54.92	0.26	402	140
10	302.84	115.56	0.38	676	112
11	355.63	97.04	0.27	602	202
12	274.58	85.96	0.31	460	159

Tableau 4 : Matrice des coefficients de corrélation

Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1.00											
2	0.79	1.00										
3	0.86	0.87	1.00									
4	0.85	0.85	0.90	1.00								
5	0.64	0.36	0.56	0.55	1.00							
6	0.83	0.83	0.81	0.79	0.54	1.00						
7	0.67	0.72	0.71	0.73	0.63	0.66	1.00					
8	0.81	0.73	0.78	0.68	0.63	0.68	0.72	1.00				
9	0.74	0.65	0.70	0.64	0.62	0.63	0.63	0.89	1.00			
10	0.86	0.78	0.85	0.85	0.47	0.80	0.69	0.69	0.69	1.00		
11	0.27	0.24	0.30	0.22	0.41	0.13	0.40	0.55	0.57	0.21	1.00	
12	0.36	0.56	0.66	0.53	0.26	0.34	0.55	0.48	0.42	0.40	0.43	1.00

Tableau 5 : Valeurs propres et variances expliquées

CP	Valeur propre	% variance expliquée	% variance cumulée
1	8.001	66.678	66.678
2	1.317	10.973	77.651
3	0.907	7.560	85.211
4	0.531	4.423	89.635
5	0.319	2.655	92.290
6	0.263	2.192	94.481
7	0.230	1.918	96.400
8	0.154	1.287	97.686
9	0.130	1.082	98.768
10	0.060	0.501	99.269
11	0.057	0.477	99.746
12	0.032	0.263	100.00

Les valeurs des composantes principales (facteurs) obtenues par projection des observations sont montrées dans le tableau 6. Les trois (03) premiers facteurs restituent à eux seuls la quasi-totalité de la dispersion du nuage (85.21%), ce qui permet de négliger les neufs (09) autres.

Tableau 6 : Projection des observations (calcul des facteurs ‘CP’)

Année CP	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP 9	CP10	CP11	CP12
82/83	-0.53	1.69	-1.79	1.73	1.73	-1.31	0.34	-0.13	-0.87	-0.05	0.31	0.88
83/84	-0.71	1.00	0.31	-1.80	0.13	0.40	0.91	-2.58	0.34	-1.18	-1.19	-0.03
84/85	-0.56	0.12	0.63	-0.70	1.78	0.12	0.72	1.50	-0.38	-1.35	0.42	-1.44
85/86	0.24	-0.34	2.59	0.99	1.38	1.02	0.32	0.17	0.11	0.40	0.09	1.36
86/87	0.69	-0.40	1.95	0.64	-1.21	-1.68	0.11	-0.43	-1.27	-0.46	0.76	-0.06
87/88	-0.21	-0.12	0.01	-1.15	-0.13	0.18	0.54	0.83	0.50	1.74	-1.06	1.64
88/89	0.35	-0.65	-1.19	0.68	-1.43	2.01	-0.04	-0.15	-0.12	-1.20	1.66	0.76
89/90	-0.64	-0.56	-0.19	0.93	-0.91	-0.17	-0.37	0.34	-1.14	1.18	-2.02	-1.87
90/91	-0.11	2.86	0.27	-0.24	-1.05	1.00	-0.49	0.73	0.32	1.23	0.72	-0.45
91/92	0.18	0.02	0.01	0.65	0.16	0.94	0.42	-0.72	-0.09	-0.37	0.25	-1.80
92/93	-0.68	-1.26	-0.69	-0.83	-0.18	-0.52	2.15	-0.59	-0.56	1.79	1.71	-0.20
93/94	-0.80	-0.09	-0.20	-0.30	-0.74	0.78	-0.14	1.08	-1.97	-1.08	-1.10	1.32
94/95	0.11	0.43	0.08	1.05	-1.60	-1.53	1.20	0.38	2.14	-1.03	-0.68	0.35
95/96	3.53	0.15	-0.72	-1.04	0.38	-0.07	0.32	0.76	-0.14	0.02	-0.44	-0.47
96/97	-0.41	-1.12	-0.39	1.05	0.80	0.81	0.02	0.39	2.06	0.23	-0.42	-0.45
97/98	0.92	-0.57	-0.42	0.75	0.56	0.29	-1.33	-1.98	-0.25	0.63	-0.74	0.47
98/99	-0.72	-1.24	-0.74	-1.04	0.07	-0.71	-1.18	0.77	0.45	-0.88	-0.08	0.13
99/00	-0.78	0.21	0.55	-0.50	-0.18	-0.23	-1.98	-0.21	0.59	0.46	1.04	-0.59
00/01	0.14	-0.12	-0.08	-0.88	0.44	-1.32	-1.52	-0.14	0.29	-0.08	0.76	0.45

Le premier facteur (CP1) représente plus de 66.68% de la variance totale et à partir de la quatrième, la part expliquée devient très faible (moins de 5%). Les graphiques de la figure 3 montrent que ce dernier s’ajuste bien à la loi Normale et à la loi de Gumbel. L’analyse globale des graphiques de projection des observations (Figure 4) met en évidence le caractère aléatoire (alternance) des

périodes excédentaire et déficitaire. Elle met aussi en exergue l'année exceptionnelle (1995/1996) qui a connu une pluviométrie moyenne annuelle (510mm) beaucoup plus importante que la pluviométrie moyenne interannuelle (271mm) dans la période 1982/1983-2000/2001. Le résultat fondamental concernant les variables est le tableau 7 des corrélations variables - facteurs. Il s'agit des coefficients de corrélation linéaire entre les variables et les facteurs. Ce sont des corrélations qui vont permettre de donner un sens aux facteurs (de les interpréter).

Les trois premières colonnes de ce tableau permettent, tout d'abord, de réaliser les graphiques de projection des variables (figures 5). Mais, ces trois colonnes permettent également de donner une signification aux facteurs, donc aux axes des graphiques. On notera que les neuf dernières colonnes ne seront pas utilisées puisqu'on ne retient que trois dimensions pour interpréter l'analyse. Les graphiques en dimensions 2 présentés ci-dessous résument parfaitement la configuration réelle des données qui se trouvent en dimension 12. L'objectif (résumé pertinent des données en petite dimension) est donc atteint.

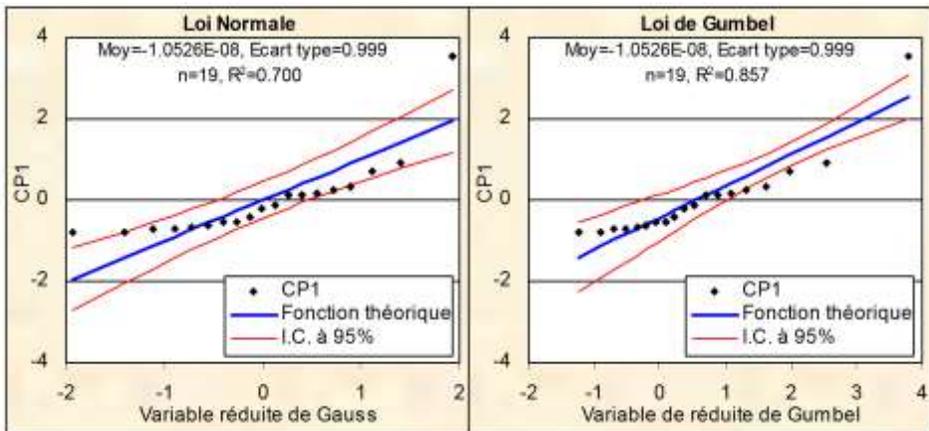


Figure 3 : Ajustement du vecteur CP1 à la loi Normale et à la loi de Gumbel

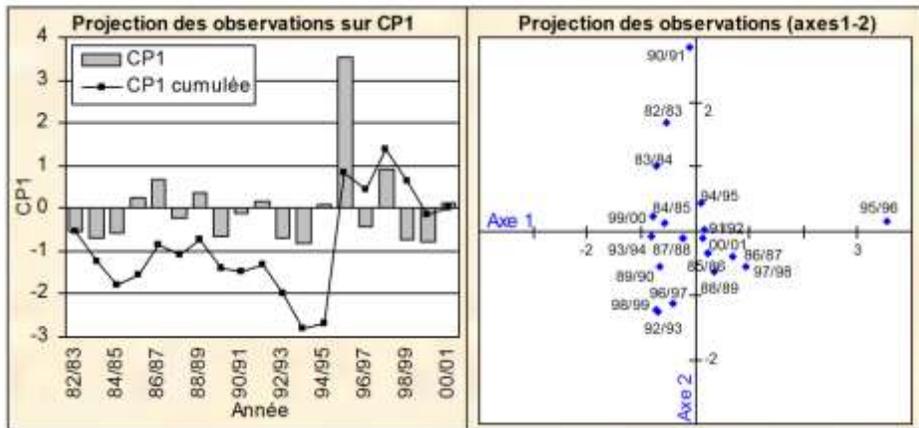


Figure 4 : Projection des observations (données fictives)

Tableau 7 : Matrice de corrélation (variables actives – facteurs)

Stat	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12
1	0.92	-0.17	-0.21	-0.07	0.13	0.07	0.01	-0.14	0.12	0.11	0.12	0.04
2	0.88	-0.24	0.23	-0.15	-0.14	-0.08	0.15	-0.11	-0.10	-0.10	0.11	-0.05
3	0.94	-0.13	0.17	0.03	0.18	0.00	0.01	-0.04	0.05	-0.13	-0.07	0.10
4	0.90	-0.24	0.09	0.09	0.07	0.18	-0.03	-0.10	-0.21	0.08	-0.09	-0.03
5	0.68	0.27	-0.46	0.47	0.14	-0.04	0.04	0.01	-0.03	-0.06	0.04	-0.04
6	0.85	-0.33	-0.12	-0.02	-0.04	-0.09	0.29	0.21	0.03	0.06	-0.05	0.01
7	0.84	0.10	0.06	0.28	-0.44	-0.01	-0.10	-0.02	0.03	0.02	0.00	0.05
8	0.89	0.24	-0.13	-0.20	-0.02	-0.22	-0.06	-0.13	0.12	0.01	-0.11	-0.07
9	0.84	0.29	-0.20	-0.27	0.05	-0.15	-0.18	0.13	-0.17	0.01	0.04	0.05
10	0.88	-0.27	-0.03	-0.11	-0.02	0.26	-0.19	0.16	0.10	-0.05	0.01	-0.06
11	0.44	0.82	0.04	-0.17	-0.04	0.25	0.19	0.00	0.01	0.00	-0.01	0.01
12	0.60	0.27	0.70	0.19	0.16	-0.11	-0.04	0.08	0.04	0.06	0.04	-0.03

Ainsi, on voit que le premier facteur est corrélé positivement, et assez fortement, avec chacune des douze (12) variables initiales (tableau 7). Le premier facteur (CP1), avec un apport maximum d'information, représente le comportement de la pluie moyenne sur l'ensemble du bassin : plus la pluie moyenne annuelle est plus grande par rapport à la pluie moyenne interannuelle 271mm (période 1982/1983-2001/2002), plus l'année en question a un score élevé sur l'axe1; réciproquement, plus la pluie moyenne annuelle est plus faible par rapport à la pluie moyenne interannuelle, plus le score annuel est négatif.

Par contre, le second facteur avec une part de variance de 10.97%, souligne une opposition Est-Ouest. Toutefois, cette opposition ne revêt pas un caractère déterminant dans le régime pluviométrique du bassin versant de l'Oued Mina. En effet, les stations corrélées négativement, et assez faiblement se situent dans la partie Est du bassin (stations 1, 2, 3, 4, 6 et 10) ; par contre, les stations corrélées positivement (stations 7, 8, 9, 11 et 12) se retrouvent dans la région Ouest, à l'exception de la station de Ain Kermis (station 5) qui est située à l'extrême Sud-Est du bassin. Ce facteur (CP2), bien qu'il souligne une opposition Est-Ouest ne peut être considéré comme représentatif dans la mesure où les coefficients de corrélations ne sont pas représentatifs. L'analyse de la corrélation montre une régionalisation des précipitations au niveau du bassin. Au vu de la figure 5, les stations pluviométriques s'organisent en 03 trois groupes :

- Le premier groupe composé des stations 1, 2, 3, 4, 6, et 10 se situe dans la partie Est du bassin versant de l'Oued Mina avec une pluviométrie moyenne de 274mm. la position de la station 6 peut être expliquée par sa position géographique et sa couverture par une chaîne montagneuse d'une altitude allant de 1050 à 1339m
- Le deuxième groupe composé des stations 5, 7, 8, 9 et 12 se situe dans la partie Ouest du bassin versant avec une pluviométrie moyenne de 250mm. la position de la station 5 peut être expliquée par son altitude qui est de l'ordre de 1162m.
- Le troisième groupe est constitué d'une seule station 11 présentant une pluviométrie moyenne de 356mm et se trouve dans la partie Nord-Ouest en dehors du bassin versant de l'Oued Mina. La position de cette station peut être expliquée par sa position géographique, à savoir la proximité de la mer par rapport à elle, son altitude qui est de l'ordre de 825m et l'absence de couverture par des chaînes montagneuses.

L'analyse des projections des variables sur l'axe1 (CP1) permet de déterminer les stations pluviométriques représentatives du bassin versant de l'Oued Mina, et même des sous bassins. En effet, la station pluviométrique de Frenda (station 3) est considérée comme station représentative du bassin versant au droit du barrage de SMBA et du sous bassin contrôlé par la station hydrométrique de Oued El-Abtal (meilleur coefficient de corrélation $r=0.94$). D'autre part, la station pluviométrique de Sidi AEK Djilali (station 8) est considérée comme station représentative du sous bassin contrôlé par la station hydrométrique de Sidi AEK Djilali ($r=0.89$).

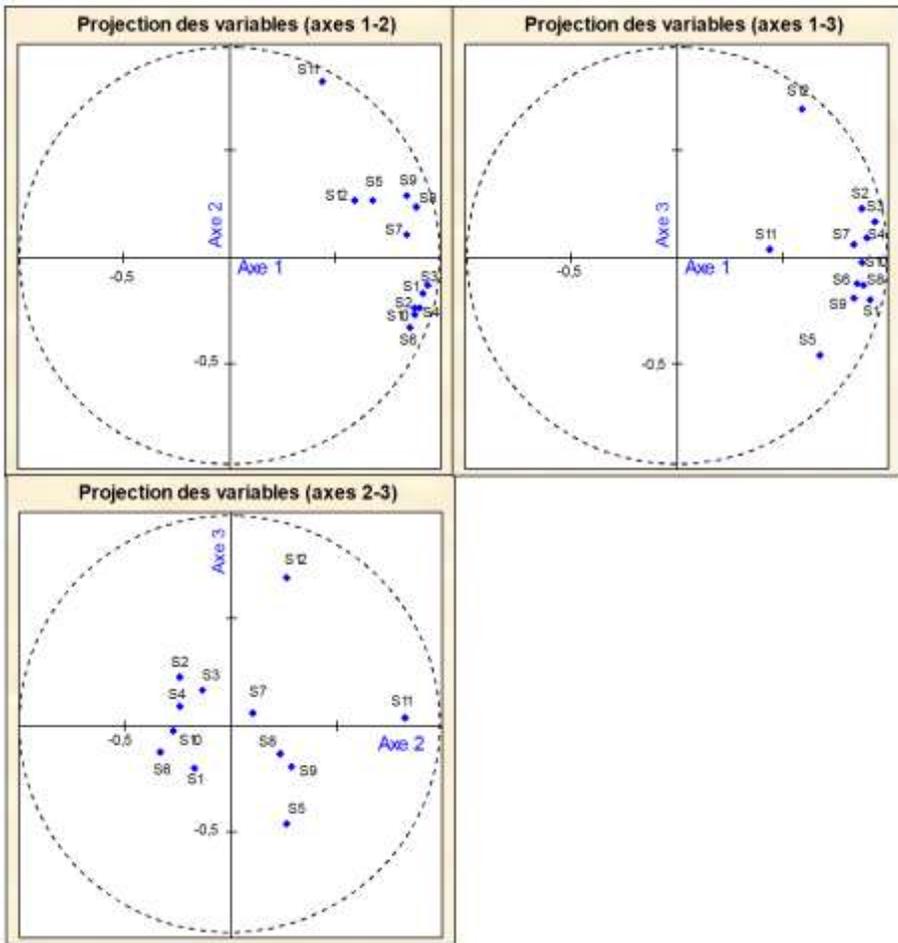


Figure 5 : Projection des variables sur les axes 1-2, 1-3 et 2-3

CRITIQUES DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES

Afin de pouvoir utiliser la série de données pour l'analyse de la tendance pluviométrique, il est nécessaire de connaître en premier lieu s'il y a eu des dysfonctionnements des pluviomètres, et en second lieu, de s'assurer que les séries mesurées aux postes sont homogènes d'un point de vue statistique. La critique des données pluviométriques par la méthode du cumul des résidus permet de détecter les erreurs accidentelles et systématiques et de voir l'hétérogénéité graphiquement. Cette méthode beaucoup plus puissante que la

méthode de double masse, nécessitant cependant des calculs un peu plus longs, est appliquée aux valeurs annuelles de l'ensemble des stations pluviométriques, grâce toujours au logiciel «HydroLab». Les résultats de test de détection des anomalies pour les stations de Sidi M'hamed Ben Aouda (station 9), Sidi AEK Djilali (station 8), Kef Mehboula (station 2) et Ain El-Hadid (station 4) sont montrés dans la figure 6. La station pluviométrique de Frenda (station 3 représentative du bassin versant de l'Oued Mina au droit du barrage de SMBA) est la variable de référence réputée sans erreurs. D'après les résultats obtenus, aucune valeur ne paraît anormale au seuil standard de 95%. Les courbes du cumul des résidus sont circonscrites par l'ellipse ayant 95% de chance de contenir ces cumuls.

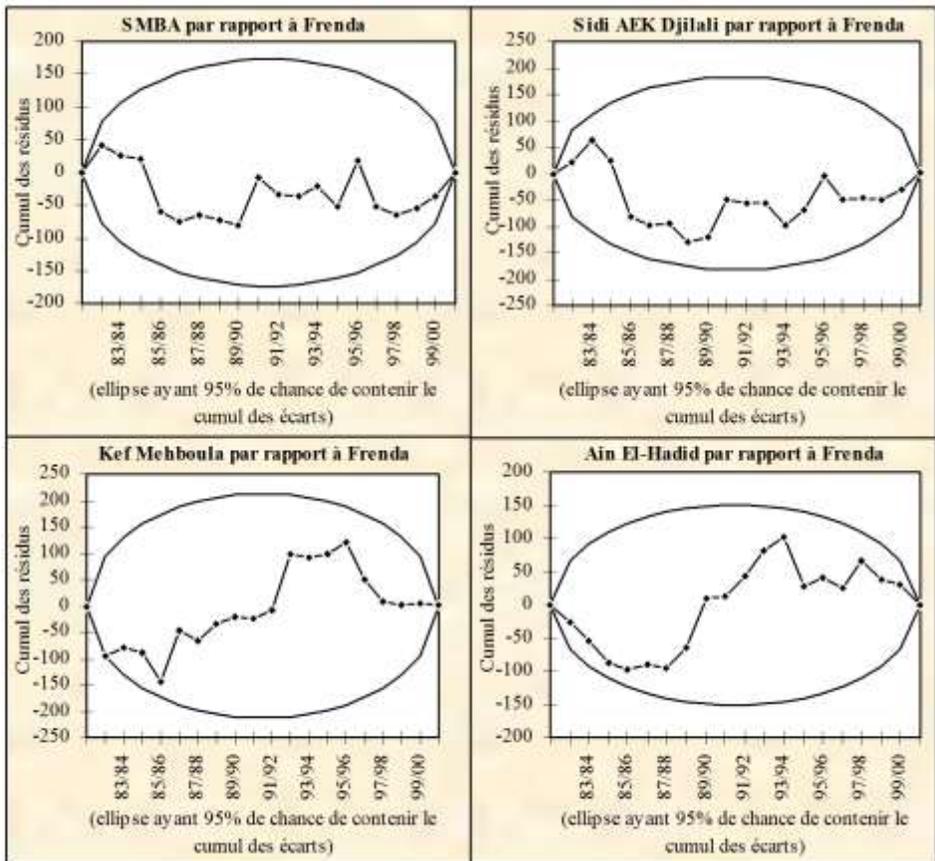


Figure 6 : Détection d'anomalies par analyse des résidus de la régression

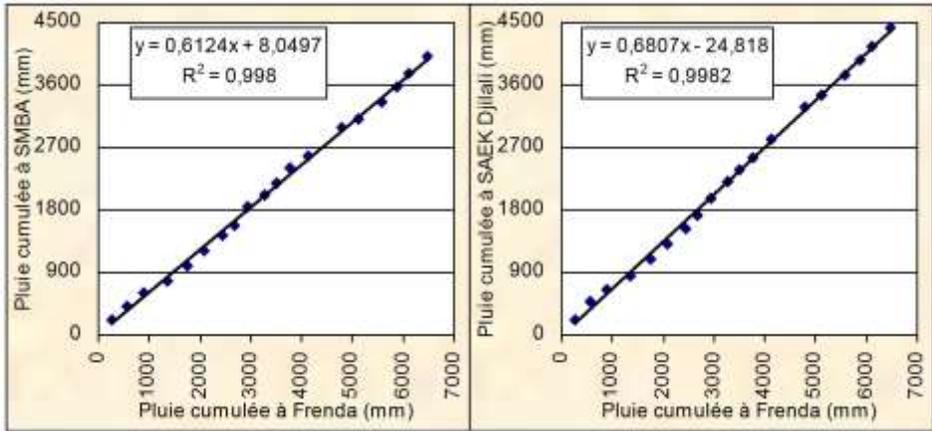


Figure 7 : Graphiques de double cumul entre les stations de SMBA (station 9), Sidi AEK Djilali (station 8) et la station de Frenda (station 3)

La méthode de double cumul (double masse) a été également employée afin de vérifier l’homogénéité des séries des postes pluviométriques. Seuls les graphiques de double cumul entre les stations de SMBA (station 9) et Sidi AEK Djilali (station 8) par rapport la station de Frenda (station 3) sont montrés dans la figure 7. Les résultats pour les autres stations sont résumés dans le tableau 8. Elles montrent que les pluies cumulées de toutes les stations sont bien liés ($R^2 > 0.990$) à la pluie cumulée à la station de Frenda.

Tableau 8 : Résumé des résultats de la méthode de double cumul ($y=ax+b$)

N° Station	a	b	R ²	N° Station	a	b	R ²
1	0.8534	-110.13	0.9985	7	0.7143	-129.73	0.9965
2	0.8912	-85.53	0.9988	8	0.6807	-24.818	0.9982
3	1.0000	0.0000	1.0000	9	0.6124	8.0497	0.998
4	0.8009	-65.644	0.9988	10	0.9288	-317.47	0.9985
5	0.8688	64.149	0.9962	11	1.037	257.2	0.992
6	0.4986	-149.79	0.9967	12	0.7925	156.78	0.9952

L’ensemble des résultats obtenus et des analyses faites confirment l’homogénéité des données des postes pluviométriques.

CONCLUSION

La répartition spatio-temporelle de la précipitation annuelle dans le bassin versant de l'oued Mina situé dans le nord-ouest de l'Algérie a été établie au moyen de l'analyse en composantes principales. L'analyse de la corrélation a montré une régionalisation des précipitations au niveau du bassin. Trois principaux groupes apparaissent pour les stations pluviométriques :

Le premier groupe est composé de 6 stations (1, 2, 3, 4, 6, et 10) et est situé dans la partie Est du bassin versant de l'Oued Mina avec une pluviométrie moyenne de 274mm. Le deuxième groupe est composé de cinq stations (5, 7, 8, 9 et 12) et est situé dans la partie Ouest du bassin versant avec une pluviométrie moyenne de 250mm. Le troisième groupe est constitué d'une seule station 11 présentant une pluviométrie moyenne de 356mm et se trouve dans la partie Nord-Ouest en dehors du bassin versant de l'Oued Mina. L'analyse des projections des variables sur l'axe1 (CP1) a permis de considérer la station de Frenda (station 3) comme station pluviométrique représentative du bassin versant de l'Oued Mina au droit du barrage de SMBA et du sous bassin contrôlé par la station hydrométrique de Oued El-Abtal, et la station et de Sidi AEK Djilali (station 8) comme station représentative du sous bassin contrôlé par la station hydrométrique de Sidi AEK Djilali. La critique des données pluviométriques par la méthode du cumul des résidus n'a permis de détecter aucune valeur anormale au seuil standard de 95%. Les courbes du cumul des résidus sont circonscrites par l'ellipse ayant 95% de chance de contenir ces cumuls. L'homogénéité des séries des postes pluviométriques a été également vérifiée par l'emploi de la méthode de double cumul (double masse). Les résultats ont montré que les pluies cumulées de toutes les stations sont bien liés ($R^2 > 0.990$) à la pluie cumulée à la station de Frenda (station 3) ; station représentative du bassin. Enfin, il est intéressant de noter qu'un intérêt économique peut être rattaché à la connaissance de régions homogènes, car elle peut notamment permettre de définir une rationalisation d'un réseau de mesures dans une région suréquipée. D'autre part, la connaissance de régions homogènes aide à programmer l'ajout de stations de mesure dans des régions sous-équipées. La connaissance de régions homogènes peut aussi aider à établir le comportement de bassins non jaugés se trouvant à l'intérieur d'une région homogène donnée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A.N.R.H. (2010). Annuaire (données pluviométriques et hydrométriques) et cartes hydrologiques du bassin versant de l'Oued Mina. MRE, Alger.
- CHAMPEAUX J.L., TAMBURINI A. (1996). Zonage climatique de la France à partir des séries de précipitations (1971-1990) du réseau climatologique de l'État. La Météorologie, série 8, n° 14, pp.4-44.
- DESCROIX L., NOUVELOT J.F., ESTRADA J., LEBEL T. (2001). Complémentarités et convergences de méthodes de régionalisation des précipitations : application à une région endoréique du Nord-Mexique. Revue des Sciences de l'Eau, Vol. 14, n°3, pp. 281-305.
- GHARNAOUT R. (2014). Impact du transport solide en suspension sur l'envasement du barrage de Sidi M'hamed Ben Aouda, Thèse de Doctorat, Université de Blida, Algérie, 222p.
- GHARNAOUT R., REMINI B. (2014). Impact of suspended sediment load on the silting of SMBA reservoir (Algeria), Environmental Earth Sciences, Vol.72, Issue 3, pp.915-929.
- GHARNAOUT R., REMINI B. (2017). Analyse du transport solide en suspension dans le bassin versant de l'oued Mina (NO Algérie), La Houille Blanche, n°3, pp.47-63.
- MEDDI M, (1996). Etude de l'écoulement moyen annuel dans le nord de l'Algérie. Proposition de formules d'estimation du débit moyen annuel. Revue Algérie Equipement, n°8, pp.5-8.
- MEDJERA A., HENIA L. (2005). Régionalisation des pluies annuelles dans l'Algérie nord-occidentale, Revue Géographique de l'Est [En ligne], Vol. 45, n° 2, URL : <http://rge.revues.org/501>.
- SALAMA H. (2011). Régionalisation pluviométrique du bassin Tensift (Maroc). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 9, pp.111-119
- TOUAIBIA B., ACHITE M. (2003). Contribution à la cartographie de l'érosion spécifique du bassin versant de l'Oued Mina en zone semi-aride de l'Algérie septentrionale, Journal des Sciences Hydrologiques, Vol.48, n°2, pp.235-242.