

Variabilité et similitudes spatio-temporelles de la pluviométrie de 33 stations météorologiques situées au nord de la latitude 30° N au Maroc

Abdelaziz MOKRIM*

(Reçu le 08/08/1994 ; Accepté le 16/11/1994)

تباين و تشابه التساقطات المطرية

خصت دراسة التساقطات المطرية معطيات 33 محطة أرصاد جوية متواجدة شمال خط العرض 30 درجة بالمغرب. التحليل بواسطة المركبات الأساسية استعمل مصفوفات الارتباط. عدد المركبات الأساسية ذات دلالة يتراوح بين 6 و 18 مركبة حسب مبدأ الدلالة المتبع. مجموع نسبة المغايرة المرتبطة بالمركبات الأساسية الثلاث الأولى يتراوح بين 59 % في شهر شتنبر و 76 % في شهري فبراير و أبريل. الإلتناء الجغرافي لمحطات الأرصاد الجوية يظهر كعنصر توزيع هذه المحطات داخل مجال المركبات الأساسية الثلاث. يمكن تصنيف هذه المحطات إلى أربع مجموعات : مجموعة المغرب الشرقي، مجموعة وسط الأطلس الكبير، مجموعة غرب الأطلس الكبير و المجموعة الأطلنطية. على امتداد شهور السنة يظهر أن هذا التصنيف غير كقيم، فداخل مجموعة الأطلنطيك يبرز تباين واضح بين محطات جانبي خط العرض 32 درجة.

الكلمات المفتاحية : التساقطات المطرية - التباين - التشابه - الديناميكية المناخية - المغرب الشمالي.

Variabilité et similitudes spatio-temporelles de la pluviométrie de 33 stations météorologiques situées au nord de la latitude 30° N au Maroc

L'analyse des hauteurs pluviométriques a porté sur les données de 33 stations météorologiques localisées au nord de l'axe latitudinale 30° N au Maroc. L'analyse en composantes principales a été parfaite sur les matrices de corrélations. Le nombre de composantes principales interprétables varie entre 6 et 18 en fonction des mois et de la notion d'interprétabilité. Le cumul de la variance associée aux trois premières composantes principales oscille entre 59 % au mois de septembre et 76 % aux mois de février et avril. L'appartenance géographique des stations apparaît comme un facteur de leur dispersion dans le champ des trois premières composantes principales. Quatre groupes s'identifient: stations de l'oriental, stations du Haut Atlas central, stations du Haut Atlas occidental et stations Atlantiques. Au fil des mois, ce regroupement est non imperméable, et dans le groupe des stations Atlantiques une nette différence se note entre les stations sises des deux côtés de la latitude 32° N.

Mots clés : Précipitations - Variabilité - Similitude - Dynamique climatique - Maroc du Nord

Spacio-temporal variability and similarity of the rainfall records of 33 meteorological stations localised north of the 30° N latitudinal axis in Morocco

The analysis of the rainfall records concerned 33 stations localised north of 30° N latitudinal axis in Morocco. The eigenvectors have been computed from the matrix of correlation data. The first 6 to 18 principal components appear to contain meteorological information significantly above noise. The first three eigenvectors account for 59 % in september to 76 % in february and april of the total variance of the monthly rainfall. The analysis based on these three major eigenvectors shows the existence of four regional groups. Group1: stations of the north-east of Morocco. Group2: stations of the central High Atlas. Group3: stations of the western High Atlas. Group4: Atlantic stations with a difference between stations localised in the north and the south of the 32° N latitude axis.

Keys words : Rainfall records - Variability - Similarity - Climatological dynamics - North Morocco

* Département de Foresterie, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, B.P. 6202-Instituts, 10 101 Rabat, Maroc

INTRODUCTION

Au Maroc, les précipitations se caractérisent par une grande variabilité spatio-temporelle. De ces précipitations est tributaire la production agricole, l'approvisionnement des barrages en eau et la réalimentation des nappes souterraines. Depuis son indépendance, le Maroc essaie de faire du secteur agricole la locomotive du développement socio-économique.

Malheureusement, les politiques agricoles n'ont pas intégré le climat, facteur prépondérant de par la position géographique du Maroc (bordé au nord et à l'ouest par deux étendues maritimes et au sud et sud-est par un domaine arido-saharien), sa grande diversité régionale, ses ressources naturelles limitées et ses écosystèmes naturels à équilibres très fragiles. Cette négligence, qui a été durement ressentie durant les dernières épisodes sèches, s'était répercutée sur la nature des études climatiques qui se sont surtout cristallisées sur l'aspect analytique et statique.

La climatologie dynamique, qui permet de percevoir, de mieux connaître les mécanismes à l'origine de la variabilité spatio-temporelle du climat et de définir des régions climatiques homogènes, présente l'inconvénient d'être exigeante en temps et en moyens humains et matériels. Pour pallier à cette difficulté, certains auteurs (Delannoy & Lecompte, 1975 ; 1980), en utilisant des mesures ponctuelles (grandeur quotidiennes, hebdomadaires, mensuelles), ont tenté d'approcher la dynamique climatique. De même, le recours aux analyses numériques et multivariées pour les zonations climatiques est de plus en plus constaté (Gregory, 1975; Dyer, 1982; Wigley *et al.*, 1984; Goossens, 1985; Guiot, 1986 ; Maheras, 1987).

Dans cette étude, l'analyse des hauteurs pluviométriques portera sur les enregistrements de 33 stations météorologiques localisées dans différentes régions du Maroc au nord de l'axe latitudinale 30° N.

Dans une première étape seront présentées des données sur la variabilité des précipitations dans l'espace et dans le temps (année, saison et mois). L'analyse de la similitude entre les stations, qui constitue un passage obligé pour la définition des régions climatiques homogènes, fera l'objet de la deuxième étape. Le recours à l'analyse en composantes principales vise à ordonner ces

stations dans un espace plus réduit. Dans cet espace, limité au champ des trois premières composantes principales, sera analysée l'évolution de la similitude entre les stations au fil des mois.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

La localisation géographique des stations étudiées est donnée dans la Figure 1.

Les coordonnées de position (altitude, latitude, longitude), le classement des stations dans le climagramme d'Emberger (1952) sont consignés dans le tableau 1.

Tableau 1. Coordonnées et étage bioclimatique des stations météorologiques étudiées (d'après Sauvage, 1963)

Station	Alt*	Long*	Lat*	Etage bioclimatique Variante	
Agadir	32	9 24'	30 23'	A/SA	chaude
Ahansal	1640	-	-	SH	froide
Ainkbira	1450	3 00'	33 59'	SA	froide
Aknoul	1210	3 52'	34 35'	SA	fraîche
Amizmiz	980	8 14'	31 13'	SH	tempérée
Arbala	1680	5 38'	32 29'	SH	froide
Aoulouz	-	8 11'	30 40'	SA	froide
Azilal	1430	6 34'	31 58'	SA	fraîche
BabTaza	880	5 12'	35 03'	H	fraîche
Berkane	145	2 20'	34 56'	SA	tempérée
Berkine	1300	4 15'	33 32'	SA	froide**
Chaouen	630	5 19'	35 10'	SH	tempérée
Elaïoun	605	2 30'	34 35'	A	tempérée
Fes	416	5 00'	34 02'	SA	tempérée
Guercif	360	3 21'	34 14'	A	tempérée
Idni	1700	8 17'	30 55'	SH	froide
Ijoukak	1400	8 09'	31 01'	SA	froide
Imilchil	2200	5 44'	32 09'	SA	froide
Maghraoua	1260	4 03'	33 56'	SH	froide**
Marrakech	470	8 00'	31 40'	A	tempérée
Ouarzazate	1135	6 54'	30 56'	Sah	fraîche
Quizerte	1000	6 21'	32 09'	SH	fraîche
Ouirgane	1047	8 07'	31 09'	-	fraîche
Oujda	458	1 55'	34 39'	A/SA	tempérée
Rabat	65	6 53'	34 00'	SH	chaude
Safi	15	9 15'	32 18'	SA	chaude
Tahala	600	4 25'	34 02'	SH	fraîche
Talatnos	1260	8 08'	31 03'	SA	froide
Tanger	75	5 49'	35 36'	SH	chaude
Tetouan	5	5 22'	35 34'	SH	chaude
Taza	505	4 01'	34 13'	SA	tempérée
Tillouguit	1300	6 13'	32 02'	-	-
Toufllit	1465	7 26'	31 28'	SH	froide

*Alt: Altitude ; Long : Longitude; Lat : Latitude

A : Aride ; SA : Semi Aride ; SH : Subhumide ; Sah : Saharien

** : Peyre (1976) replace les deux stations dans la variante fraîche

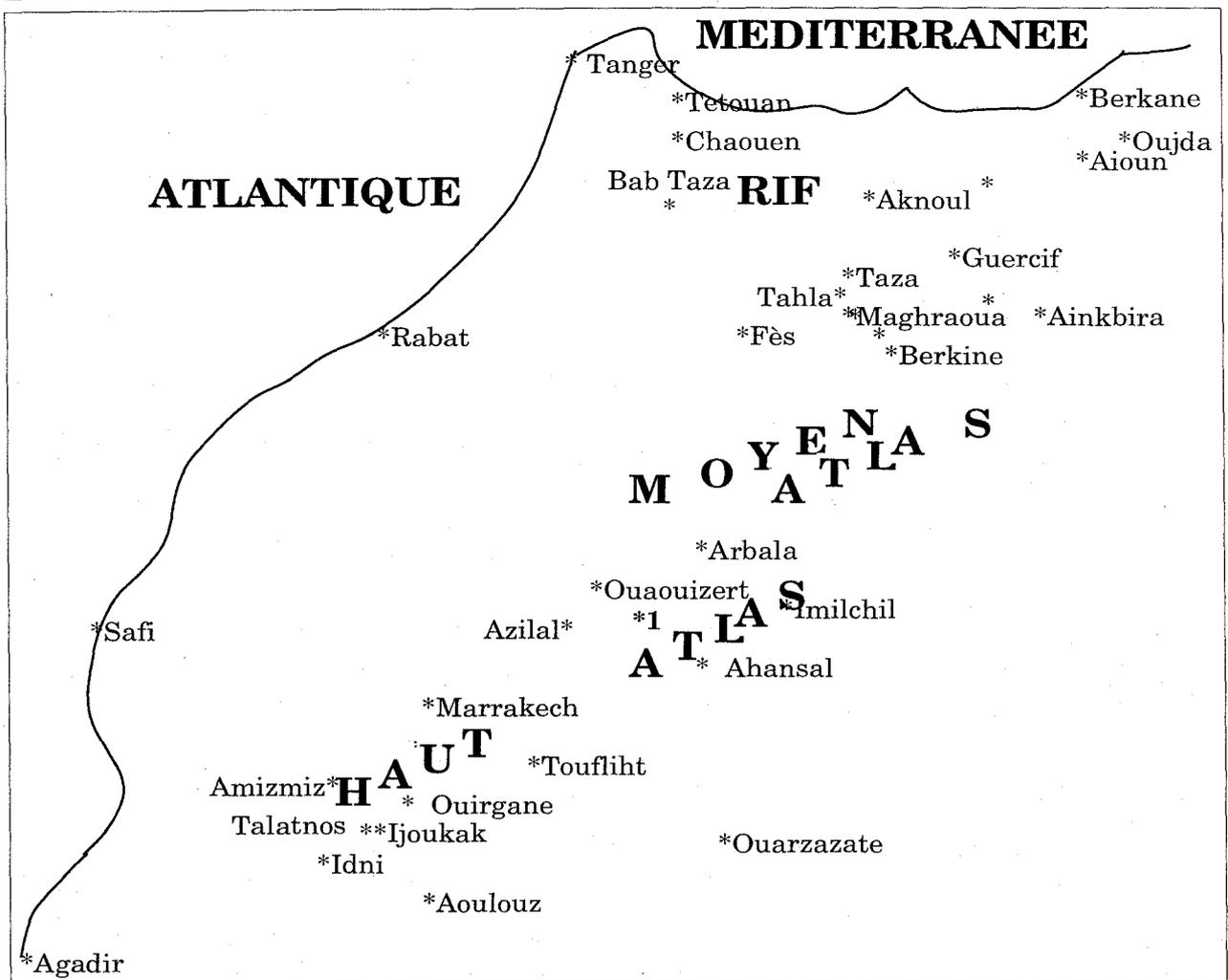


Figure 1. Carte de la partie Nord du Maroc

* : localisation des stations météorologiques considérées

1 : station de Tillouguit

Le choix des stations a été partiellement guidé par leur proximité de certains sites de pin d'Alep naturel (Mokrim, 1989) et par la longueur des séries climatiques disponibles. Un minimum de trente années d'observations est requis.

Les données ont été recueillies auprès de la direction de la météorologie nationale du Maroc, de la station de recherches forestières, des services forestiers régionaux et du document de Decorte (1981). Les traitements statistiques ont été effectués au moyen du logiciel SAS (1984).

L'année considérée est l'exercice hydrologique qui couvre les mois de septembre à août. Les données manquantes, se limitant à des observations singulières, ont été estimées par la méthode de Mc Donalds (1957).

La période d'étude retenue va de 1945 à 1980. Toutes les séries climatiques ne couvrent pas entièrement cette période commune. Pour pallier à cette difficulté et celle posée par le manque de séquences d'observations limitées pour certaines stations, on a, pour chaque paire de variables, calculé les matrices de corrélations linéaires sur les années communes dans la période 1945-1980 (Goossens 1985 ; Guiot 1986).

L'analyse en composantes principales, réalisée à partir des matrices de corrélations, a été parfaite en considérant les stations comme variables et les années d'observations comme individus. Pour chaque mois la matrice de corrélation (33,33) est calculée. Les valeurs et vecteurs propres de chaque matrice sont extraits.

Généralement, la réalisation d'une analyse en composante principale exige que le nombre d'observations soit nettement élevé par rapport au nombre de variables. Dans notre situation, ces deux nombres ne sont pas très différents. Cependant, les premiers vecteurs propres (les seuls qui nous intéressent) ne sont que très peu affectés par le rang de la matrice (Legendre & Legendre, 1984).

La détermination du nombre de composantes principales interprétables en termes écologiques est d'une grande importance. Selon Legendre & Legendre (1984), un premier test est fourni par une règle empirique selon laquelle on ne peut interpréter que les composantes principales correspondant à des valeurs propres supérieures à la moyenne de l'ensemble des valeurs propres.

Dans le cas particulier de données centrées réduites, alors que la matrice de dispersion devient une matrice de corrélation (notre situation), la moyenne des valeurs propres est égale à 1 et on ne pourrait interpréter les composantes dont les valeurs propres sont inférieures ou égales à 1. Une autre méthode présentée par Guiot (1981) se base sur un fait simple: si m variables sont rigoureusement indépendantes, leur matrice de corrélation est une matrice diagonale unitaire. Le déterminant de cette matrice vaut 1. Comme chaque valeur propre mesure le carré de la moyenne des distances des points d'observations dans la direction de la CP correspondante, le produit de ces distances moyennes donne le volume moyen de l'hyperparallélogramme occupé par les données. Le principe de base de cette méthode est de trouver un sous-espace de dimension q ($q < m$) dans lequel ce volume doit être proche de 1 puisque les variables sont standardisées.

Pratiquement, on considère les sous-espaces respectifs (CP1), (CP1, CP2), (CP1, CP2, CP3) etc. et on calcule le volume occupé dans chacun de ceux-ci. Les valeurs propres étant rangées par ordre décroissant, le volume croît puis décroît à partir du moment où la valeur propre prise en considération est inférieure à 1. Ce volume, qui à un moment donné sera proche de 1, est équivalent au volume d'un hypercarré unitaire, ce qui signifie que q variables indépendantes contiennent autant d'informations que les m variables intercorrélées. Les composantes principales interprétables sont celles dont le produit cumulé des valeurs propres correspondantes reste supérieur ou égal à 1.

Pour mettre en évidence d'éventuels gradients pluviométriques et distinguer les espaces à pluviométrie homogène, certains auteurs (Dyer, 1982; Goossens, 1985 et Guiot, 1986) préconisent de visualiser chaque composante principale en portant sur des cartes IGN les courbes représentant les poids des vecteurs propres.

Dans la présente étude, la faiblesse du réseau climatique considéré associée au grand rôle joué par l'orographie et les conditions locales sur la pluviométrie ainsi que la difficulté de tester la stabilité temporelle des composantes principales (limitations de la longueur des observations), nous ont poussé à se limiter à la projection des stations étudiées dans le champ des trois premières composantes principales.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

1. Précipitations annuelles

La moyenne annuelle (toutes stations confondues) est de 510 mm avec un coefficient de variation entre les stations de 50 %. Cette moyenne fluctue entre 1400 mm/an à Bab Taza et 130 mm/an à Ouarzazate.

La moyenne des coefficients de variation associés à la pluviométrie annuelle par station est de 34 % et varie entre 22 % à Fès et 50 % à Idni. La valeur de ces coefficients de variation ne semble pas suivre la grandeur de la hauteur pluviométrique et semble peu dépendre de la région géographique. Ainsi, des stations aussi éloignées que Tanger, Rabat, Tahla, Fès et Toufliht ont des coefficients de variations qui ne diffèrent que de 2 à 3 %.

2. Précipitations saisonnières

La moyenne des précipitations saisonnières calculée pour l'ensemble des stations est de 211 mm pour l'hiver, 161 mm pour le printemps, 118 mm pour l'automne et 20 mm pour l'été. La variabilité spatiale relative est de 63 %, 48 %, 45 % et 53 % respectivement pour les quatre saisons.

Le rapport de la pluviométrie hivernale moyenne entre Bab Taza et Ouarzazate est de 20 fois. La contribution de l'hiver dans la pluviométrie annuelle est en moyenne de 40 % avec un maximum de 54 % à Agadir et un minimum de 25 % à Guercif. Le printemps représente en moyenne 32 % dans le total annuel (46 % à Guercif et 16 % à Idni) alors que l'automne intervient pour une moyenne de 24 % (le minimum est de 18 % à Maghraoua et le maximum de 44 % à Ouarzazate).

Le maximum de pluie estivale est noté à Imilchil avec 48 mm soit 16.5 % du total annuel. Dans les autres stations, la pluie d'été représente 2 à 10 % du total annuel.

Le régime saisonnier qui donne pour chaque station l'ordre de contribution de la pluie saisonnière dans le total annuel est de type:

- AHPE (Automne-Hiver-Printemps-Été) pour la station de Ouarzazate.
- PHAE (Printemps-Hiver-Automne-Été) pour les stations de l'oriental (Oujda, Berkane, Berkine, Guercif, Ain-Kbira) et certaines stations du Haut Atlas (Amizmiz, Ouirgane, Imilchil, et Ahansal).
- HAPE (Hiver-Automne-Printemps-Été) pour les trois stations sises le plus au sud du pays (Agadir, Aoulouz et Idni).
- HPAE (Hiver-Printemps-Automne-Été) pour les stations du littoral atlantique, du Rif, du Moyen Atlas ainsi que pour Fès, Marrakech, Talatnos, Ijoukak et Toufliht.

La différence entre les stations sur la base du régime saisonnier est certainement due pour une grande partie à une variation spatio-temporelle de la circulation atmosphérique générale. La variabilité temporelle de la pluviométrie saisonnière est très élevée. La moyenne des coefficients de variation saisonniers est de 64 % pour l'automne, 54 % pour l'hiver, 59 % pour le printemps et 112 % pour l'été.

À l'échelle locale et régionale, l'impact de certains facteurs sur les masses d'air atmosphériques peut amplifier ou tamponner la variation spatio-temporelle liée à la circulation atmosphérique générale. Ainsi par exemple, la répercussion des bilans radiatifs sur la température d'une région donnée dépend entre autres de la couverture nuageuse au dessus de cette région. *L'effet serre* a moins de conditions pour se produire au printemps qu'en hiver. Durant le printemps, le contraste thermique nocturne-diurne est plus accentué dans les zones à couverture végétale très réduite (cas des régions de l'oriental et de Marrakech).

Par conséquent, pendant la nuit, ces régions se comportent comme un pôle froid. De ce fait, des masses d'air des régions avoisinantes y sont drainées. Elles auront un taux d'humidité plus élevé si elles proviennent de régions forestières. Mais, reste à savoir si le taux d'humidité et la chute des températures nocturnes atteignent le niveau nécessaire pour la production de pluies. Pendant la journée, il reste également à savoir si la baisse de

température qui accompagne l'ascension de ces masses d'air (suite à leur réchauffement par la base) atteint le seuil de la condensation. Seule l'analyse de la succession des situations météorologiques et l'observation de la dynamique nuageuse locale autoriseront des réponses objectives (Peyre, 1979; 1983; 1987).

3. Pluviométrie mensuelle

La pluviométrie mensuelle fluctue entre 72 mm au mois de décembre et 3 mm au mois de juillet. La variabilité spatiale de ces précipitations oscille entre 80 % pour le mois de juillet et 44 % pour octobre.

Le nombre de composantes principales dont la valeur propre est supérieure à 1 varie selon les mois entre 6 et 8. Le cumul du pourcentage de variance associée aux 6 ou 8 premières composantes principales est en moyenne de 88,5 %. Si on considère la valeur du produit cumulé des valeurs propres, on constate qu'il faut retenir entre 14 et 18 CP (Tableau 2).

La différence entre les résultats des deux tests dérivent à notre avis de la différence dans la notion de l'interprétabilité des CP. Legendre & Legendre (1984) axent la notion d'interprétabilité sur l'aspect écologique.

Par contre, Guiot (1981) part de considérations purement statistiques où l'objectif poursuivi est essentiellement de débarrasser la masse d'informations contenue dans les variables initiales du bruit de fond (erreurs d'observation, erreurs d'approximation dans le calcul, imprécisions de toutes sortes).

Dans le tableau 2, sont consignées les valeurs propres et le pourcentage de variance associée à chaque composante principale.

Indépendamment du mois, les poids du vecteur propre associé à la première composante principale (CP1) sont tous positifs à l'exception de celui de la station de Ouarzazate au mois d'avril.

La première composante principale serait donc une composante de taille. En examinant la projection des stations par rapport à cette composante principale et compte tenu de la variabilité relative des précipitations mensuelles de chaque station, la CP1 pourrait représenter la stabilité dans le temps de la source qui détermine la grandeur pluviométrique au niveau des stations.

Tableau 2. Valeurs propres, variance associée à chaque composante principale et nombre de composantes principales interprétables

Mois		PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	VP	PVP
Sep	Vp	11.0	4.7	3.7	3.2	2.5	2.0	1.5	1.2	8	18
	v %	33	14	11	10	8	6	5	4		
	C %	33	48	59	69	76	83	87	91		
Oct	Vp	16.3	4.4	2.9	2.0	1.4	1.2	1.0	0.9	6	15
	v %	49	14	9	6	4	4	3	3		
	C %	49	63	72	78	82	86	89	92		
Nov	Vp	17.5	4.6	2.4	1.8	1.3	1.1	1.0	0.9	6	15
	v %	53	14	7	6	4	3	3	3		
	C %	53	67	74	80	84	87	90	93		
Dec	Vp	17.0	3.9	2.8	2.0	1.5	1.3	1.1	0.8	7	14
	v %	51	12	9	6	5	4	3	2		
	C %	51	63	72	78	83	86	90	92		
Jan	Vp	16.6	4.2	3.5	2.1	1.4	1.3	1.0	0.8	6	15
	v %	50	13	11	6	4	4	3	2		
	C %	50	63	74	80	84	88	91	94		
Fev	Vp	18.5	3.3	3.2	2.1	1.2	1.1	0.8	0.7	6	14
	v %	56	10	10	6	4	3	2	2		
	C %	56	66	76	82	86	89	92	94		
Mar	Vp	16.0	5.0	3.1	2.1	1.7	1.3	1.1	0.8	7	16
	v %	48	15	10	6	5	4	3	2		
	C %	48	64	73	80	85	89	92	95		
Avr	Vp	18.2	4.6	2.2	1.8	1.6	1.2	0.9	0.8	6	14
	v %	55	14	7	5	5	3	3	2		
	C %	55	69	76	81	86	90	93	95		
Mai	Vp	17.6	4.0	2.2	1.9	1.7	1.1	1.0	0.9	6	15
	v %	53	12	7	6	5	3	3	2		
	C %	53	65	72	78	83	87	90	92		
Jui	Vp	13.8	3.9	2.6	2.3	2.0	1.8	1.5	1.4	8	18
	v %	42	12	8	7	6	5	4	4		
	C %	42	54	61	69	75	80	85	89		

Vp : Valeur propre

v % : pourcentage de la variance associée à la PC_i

PC_i : Composante principale d'ordre i

C % : Cumul de v %

PV : ordre de la PC_i où la valeur propre devient < 1

PVP : ordre de la PC_i où le produit des valeurs propres devient inférieur à 1

Le pourcentage moyen de la variance associée à la CP1 est de 49 % avec des extremums de 33 % pour le mois de septembre et 55 % pour le mois d'avril.

La différence entre les mois s'attribue à la non uniformité de la situation météorologique générale au fil des mois, ainsi qu'à la différence de l'impact des conditions locales sur la pluviométrie mensuelle. Cette hétérogénéité se répercute statistiquement par un ordre élevé du nombre de composantes principales interprétables ou contenant l'essentiel de l'information initiale débarrassée du bruit de fond.

Le cumul de la variance associée aux trois premières composantes principales oscille entre 59 % (en septembre) et 76 % pour les mois de février et avril. Les projections des stations étudiées dans le champ de ces trois premières composantes principales laissent apparaître un regroupement des stations suivant la région géographique.

La figure 2 représente la projection des stations durant le mois de janvier.

Les stations du Nord-Est Marocain, Aïoun, Oujda, Berkane, Berkine, Ainkbira et Guercif sont très voisines pendant les mois de septembre, décembre, janvier, mars et avril. Maghraoua se rattache à ce groupe en septembre et en décembre. En octobre, Berkine présente plus de similitudes avec la position de Aknoul et Maghraoua. En novembre, Aïoun et Berkane sont dans la même position que Aknoul-Maghraoua. Par contre, Berkine, Guercif et Oujda se rapprochent d'Imilchil et Amizmiz. En juin, le groupe des stations du Maroc Oriental est rejoint par Taza et Fès.

L'ouverture du Nord-Est Marocain sur le domaine arido-saharien au sud-est et sa privation de l'humidité véhiculée par les perturbations océanique seraient à la base de la similarité entre les stations du Maroc oriental. La chaîne Rifaine et le domaine orographique du Moyen Atlas font écran et vident de leur humidité les masses d'air qui arriveraient de l'ouest. Les perturbations qui peuvent arriver par le nord affectent la bordure septentrionale du Rif (Berkane) et peuvent longer la bordure orientale (Aknoul). Ces masses d'air, à moins d'être trop chargées en humidité et grâce à l'"*effet Four*" (Peyre, 1976) s'élèvent et traversent la région sans y déverser une partie de l'eau transportée.

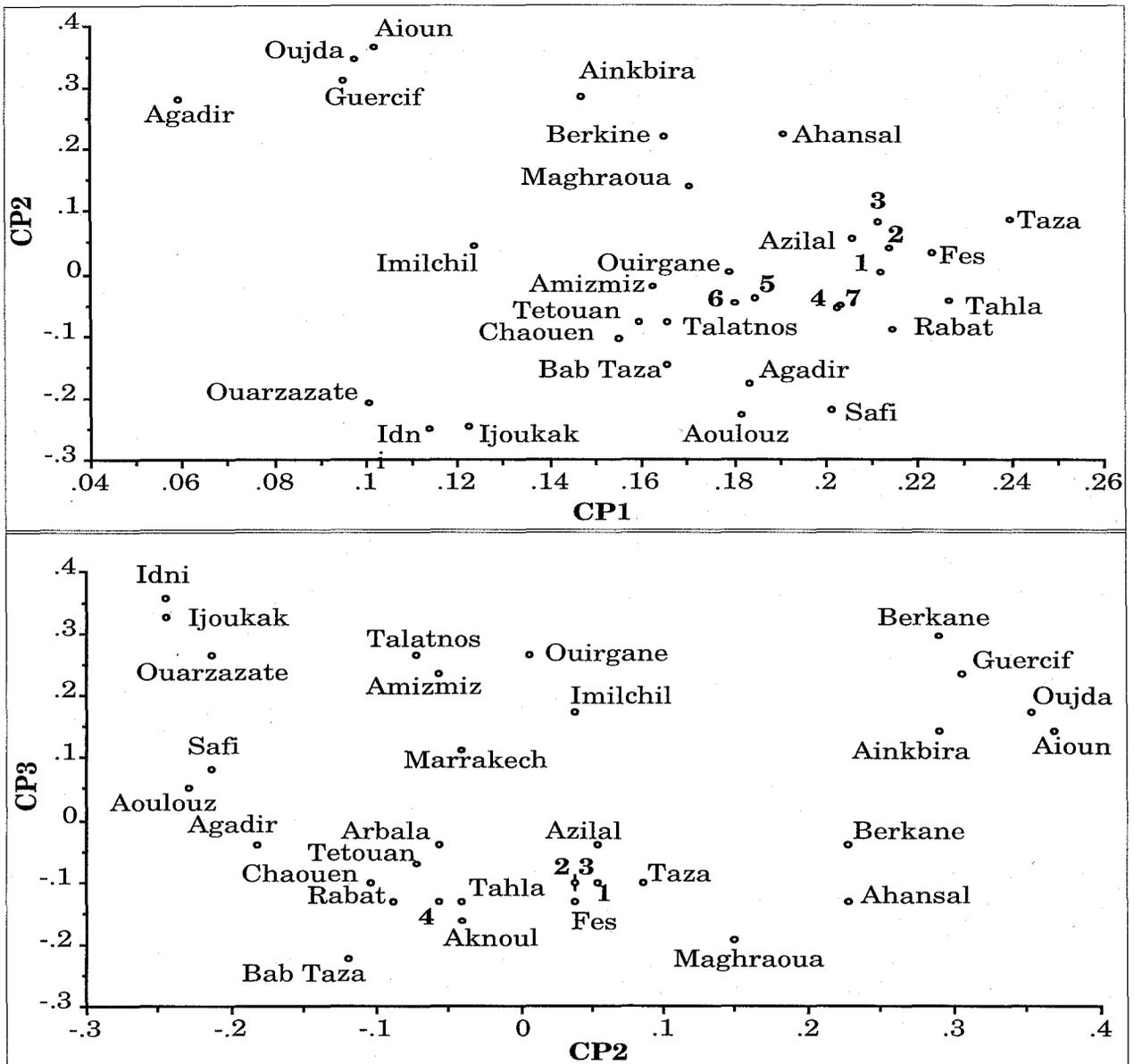


Figure 2. Projection des stations dans les plans des trois premières composantes principales CP1, CP2, CP3

1: Toufliht ; 2: Tillouguit ; 3: Ouaouizert ; 4: Tanger ; 5: Aknoul ; 6: Marrakech ; 7: Arbala

Aux stations d'Ijoukak et Idni, très voisines de septembre à mars, s'associent Aoulouz et Ouarzazate respectivement de septembre à décembre et de septembre à janvier. La station de Talatnos relève du groupe précité durant l'automne et le mois de février.

En décembre-janvier s'identifie un sous-groupe constitué des stations de Marrakech, Amizmiz, Ouirgane et Talatnos. En février, les stations de Safi, Aoulouz et Agadir sont très fortement corrélées. Durant le mois de mars, un premier groupe est constitué par les stations de Ouirgane,

Talatnos et Ouarzazate et un deuxième groupe est formé par les stations de Marrakech, Aoulouz et Agadir. En avril, Idni se rapproche beaucoup plus de Agadir et Aoulouz, alors que Marrakech, Amizmiz, Talatnos, Ouarzazate et Imilchil se regroupent séparément.

Les stations de Ouaouizert, Azilal et Toufliht restent groupées durant l'hiver, l'automne et au mois de mars. Arbala se joint au groupe durant l'automne et durant le mois de mars. Tillouguit et Ahansal s'associent au même groupe en octobre et en février ainsi qu'en janvier pour la première

station. En avril, la station de Ouaouizert se place dans le même groupe que Marrakech, Amizmiz, ... et Imilchil; alors que Toufliht s'intercale entre Azilal et Ijoukak.

Pour les stations du Haut Atlas, plusieurs possibilités peuvent être évoquées:

- Toutes les stations sont affectées par les mêmes perturbations. Les différences observées sont le résultat de la différence de l'impact des conditions orographiques locales.
- La même hypothèse, mais à la différence de la nature du terrain parcouru, affecte différemment les paramètres physiques des différentes parties de la même perturbation.
- Les stations sont affectées par des masses d'air différentes.
- Combinaison des hypothèses sus mentionnées.

Les perturbations océaniques, qui arrivent par le nord-ouest, pour qu'elles produisent un effet différent entre Amizmiz et Ouirgane d'un côté et Toufliht de l'autre côté, il faut soit que leur extrémité sud ne dépasse pas l'axe de Toufliht, soit que leur altitude dépasse celle de Ouirgane (1047 m).

Le fait que Ouaouizert, située à 1000 m d'altitude, soit corrélée avec Toufliht, nous permet de supposer que soit les deux parties de la perturbation sont à des altitudes différentes (effet du terrain parcouru), soit que la pluviométrie de Toufliht, d'Azilal et de Ouaouizert est apportée par les mêmes masses d'air. Cette dernière possibilité suppose une dérivation des masses d'air suivant une direction du nord-ouest vers le sud-ouest.

Les stations atlantiques ou largement exposées aux influences atlantiques et sises au nord de l'axe latitudinale 32° N présentent des similitudes au fil de la majorité des mois. Ainsi, les stations de Bab Taza, Chaouen, Tetouan, Tanger et Rabat restent très rapprochées durant les mois de septembre jusqu'en avril, à l'exception de Chaouen pendant le mois de février. La station de Tahla relève du même groupe sauf en septembre et, à la limite, en octobre et mars. Aknoul se trouve de décembre à mars dans la même situation du groupe. Il en est de même pour la station de Fès en décembre, février et mars et pour la station de Maghraoua durant février-mars.

Les stations de Fès, Tahla, Taza et Aknoul constituent, en septembre, un groupe auquel se joint Maghraoua en mars. En décembre, les quatre

premières stations se mélangent au groupe de Tanger-Tetouan. Au mois de février, ce sont les cinq stations précitées qui s'associent au groupe de Tanger-Tetouan.

CONCLUSION

Les stations météorologiques étudiées se répartissent grossièrement dans le champ des trois premières composantes principales en quatre groupes. L'identification du groupe des stations du Maroc Oriental, du groupe des stations atlantiques, du groupe des stations du Haut Atlas central et du groupe des stations du Haut Atlas occidental montre que le facteur géographique n'est pas indifférent à ce regroupement. Ce regroupement sommaire et lâche ne peut masquer la grande variabilité de la dispersion des stations d'un mois à l'autre.

Les affinités entre les stations météorologiques étudiées sont observées dans un champ d'inertie de 59 à 76 %. Autrement dit, entre 24 % au mois de février et 41 % de la variance totale au mois de septembre ont été ignorés. Il est certain que l'utilisation d'un maximum de stations, l'existence d'observations directes sur la dynamique climatique au niveau des stations étudiées et la considération d'un nombre de vecteurs propres à la hauteur du nombre de composantes principales interprétables (6 à 18) auraient permis d'aboutir à un découpage plus fin, de définir des régions climatiques homogènes et de s'avancer sur l'évolution de la situation météorologique au niveau des stations.

Par ailleurs, l'approche indirecte de la dynamique climatique serait plus objective si l'intervalle entre les observations était plus réduit (semaine, jour, heure,...) car, sans doute, l'évolution de la situation météorologique, en tout point de l'espace, est mieux perceptible à l'échelle du quotidien ou même de l'heure qu'à l'échelle du mois.

RÉFÉRENCES CITÉES

- DeCorte C. (1981) Étude climatologique du Maroc. Mémoire UCL. Louvain-la-Neuve, Belgique.
- Delannoy H. & Lecompte M. (1975) Méthodes d'étude des régimes thermiques en liaison avec les situations météorologiques dans le Moyen Atlas (Maroc). *Bull. Asso. Géog. Française* 422-423 : 84-94

- Delannoy H. & Lecompte M. (1980) Utilisation de l'analyse factorielle des correspondances pour l'étude des précipitations quotidiennes un exemple au Maroc. *Méditerranée* 4 : 29-36
- Dyer T.G.J. (1982) On the intra-annual variation in rainfall over the sub-continent of southern Africa. *Journal of climatology* 2 : 47-64
- Emberger L. (1952) Sur le quotient pluviométrique. *C.R. Ac. Sc. CCXXXIV* : 2508-2510
- Goossens C. (1985) Principal component analysis of Mediterranean rainfall. *Journal of climatology* 5 : 379-388
- Gregory S. (1975) On determination of regional patterns of recent climatic fluctuations. *Weather* 30 (9) : 276-288
- Guiot J. (1981) Analyse mathématique des données géophysiques: application à la dendrochronologie. Thèse de doctorat ès-sciences U.C.L. Louvain-la-Neuve 178p.
- Guiot J. (1986) Sur la détermination de régions climatiques quasi-homogènes. *Revue de Statistiques Appliquées* XXXIV (2) : 15-34
- Legendre L. & Legendre P. (1984) Écologie numérique. I et II. 2^e édition. Masson. Presses de l'Université du Québec. Canada.
- Maheras P. (1981) La variabilité des précipitations dans la mer Égée. *Arch. Met. Geoph. biokl.* B 29 : 157-166
- McDonald J.E. (1957) A note on the precision of estimation of missing precipitation data. *Trans. Amer. geophys. Union* 38 : 657-661
- Mokrim A (1989) Contribution à l'étude dendrochronologique du Pin d'Alep (*Pinus Halepensis* Mil) naturel et de la variabilité pluviométrique au Maroc. Thèse de doctorat ès-sciences, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc
- Peyre C. (1976) Contribution à l'étude de la végétation du Moyen Atlas oriental: le versant sud du massif du Bouiblanc et sa bordure méridionale, élément de climatologie. *Bull. Inst. Sci. Rabat*, n° 1.
- Peyre C. (1979) Recherches sur l'étagement de la végétation dans le massif de Bouiblanc (Moyen Atlas oriental, Maroc). Thèse 3^e cycle Uni. Aix Marseille, France.
- Peyre C. (1983) Étagement de la végétation et gradients climatiques dans le système Atlasique Marocain, le bassin versant sud de l'Atlas au méridien du Tizi n Tichka. *Bull Fac Sci Marrakech* 2 : 87-139
- Peyre C. (1987) L'Ounein essai d'écologie sociale d'une vallée du Haut Atlas occidental. Rapport I & II. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.
- Sas User's Guide (1984) ETS/SAS. Sas institute Inc Cary Nc USA.
- Sauvage Ch. (1963) Étages bioclimatiques. Comité national de Géographie au Maroc, Atlas du Maroc. Notices explicatives + carte
- Wigley T.M.L., Louth J.M. & Jones P.D. (1984) Spatial patterns of precipitation in England and Wales and a revised homogenous England and Wales precipitations series. *Journal of Climatology* 4 : 1-25