



SECHERESSE METEOROLOGIQUE AU BASSIN HYDRAULIQUE OUM ER RBIA DURANT LES DERNIERES DECENNIES

**JOUILIL I.¹, BITAR K.¹, SALAMA H.¹, AMRAOUI²,
MOKSSIT A.³, TAHIRI M.¹**

¹ Faculté des Sciences I Aïn Chock, Laboratoire Interface Matériaux et Environnement, Département de Chimie, Université Hassan II-Casablanca, BP.5366 Maarif, 20100, Maroc

m.tahiri@uh2c.ac.ma

² Faculté des Sciences I Aïn Chock, Laboratoire Géosciences Appliquées à l'Ingénierie de l'Aménagement, Université Hassan II-Casablanca, BP.5366 Maarif, 20100.

³ Direction de la Météorologie Nationale DMN, Casablanca

RESUME

Le Maroc a souvent connu par le passé des périodes de sécheresses sévères, bien prononcées sur les quatre bassins hydrauliques du pays (Oum Erbia, Sebou, Moulouya, Souss Massa).

A l'échelle du Bassin hydraulique Oum Erbia La situation pluviométrique a été caractérisée par un déficit généralisé ayant intéressé l'ensemble du bassin. Ce déficit a atteint dans certaines stations climatiques 50%, cette baisse, due aux effets conjugués de la sécheresse et de la surexploitation.

Les séries de données reconstituées par les indices de sécheresse les plus souvent utilisés au Maroc pour la surveillance et la prévision à savoir : l'écart par rapport aux précipitations, l'indice de l'écart à la moyenne, le rapport à la normale des précipitations et l'indice standardisé de précipitations (SPI). Ces indices nous ont permis de montrer que le bassin hydraulique Oum Erbia a connu des épisodes secs 1980-81 à 1985-86, de 1991-92 à 1994-95 et de 2000-2001 à 2002-2003 durant les vingt dernières années, l'examen des années de sécheresse fait ressortir une fréquence plus élevée et une extension spatiale plus importante des sécheresse qui sont désormais plus longues, plus fréquentes et elles se succèdent. Le bassin hydraulique a connu une augmentation de sa température moyenne d'environ 1°C, renseignant sur le phénomène global de réchauffement.

Mots clés : sécheresse, réchauffement planétaire, précipitation, température, bassin hydraulique, Oum Erbia, changement climatique, Maroc

ABSTRACT

Morocco has often been known for the past periods of severe drought. The situation is critical for the four watersheds in the country (especially for the most important hydric basins: Oum Erbia, Sebou, Moulouya, Souss Massa).

In the case of Oum Erbia hydraulic basin, the rainfall situation was characterized by a global deficit, due to the combined effects of drought and overuse. The gap reached in some resorts 50%.

The data series reconstructed by drought indices most commonly used in Morocco for the monitoring and prediction are:

- The deviation from the precipitation index,
- The deviation from the average, compared to the normal standardized precipitation index and precipitation (SPI).

These indices allowed us to show that the hydraulic basin OUM ERBIA experienced dry spells from 1980-81 to 1985-86, from 1991-92 to 1994-95 and from 2000 - 2001 to 2002-2003 in the last twenty years.

A review of drought years revealed a higher frequency and spatial extent of the largest drought are at the moment longer, more frequent and they succeed. The hydraulic basin has experienced an increase in average temperature by about 1°C, providing information on the phenomenon of global warming.

Key words: Drought, Global warming, precipitation, temperature, hydraulic basin, Oum Erbia, Climate Changes, Morocco

INTRODUCTION

Les questions de changement et de variabilité climatiques préoccupent depuis quelques temps les scientifiques et les décideurs politiques en raison de leurs conséquences immédiates et durables sur l'environnement. Les conclusions d'analyses faites sur l'évolution du climat par *l'Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPPC, 2001 et 2007) ont prouvé une modification de l'équilibre énergétique du système « Terre-océan-Atmosphère-Biosphère».

Sur le plan météorologique, le Maroc se situe au niveau de la zone de subsidence subtropicale. Son climat est régulé par la conjugaison de deux centres d'action principaux : l'anticyclone des Açores et la dépression Saharienne. (Agoussine, 2003). Cette situation entre deux ceintures climatiques tempérée au nord et tropical au sud, et entre l'anticyclone des Açores à l'ouest et la dépression saharienne au sud-est, entraîne une grande variabilité spatio-temporelle du climat : précipitations variant de plus de 2 mètres par an sur les reliefs au nord du pays, à moins de 25 mm sur les plaines désertiques du sud;

épisodes de sécheresse périodiques et fréquents (Ministère de l'Aménagement du Territoire de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement 2010). De ce fait, Sur le plan hydrologique la grande complexité des problèmes hydriques du Maroc est expliquée par sa situation géographique et la configuration de son relief. Le Maroc vit actuellement l'épisode sec le plus long de son histoire contemporaine (DMN, 1995). L'occurrence d'épisodes secs plus ou moins longs est une caractéristique dominante du régime des ressources en eau du pays, comme ce fut le cas durant les années 1944-1945, 1982-1983, 1994-1995, 1998-2000 et 2006-2007 et les successions d'années sèches 1980-1985, 1991-1995 et 1998-2001 (Bouaicha, 2010). Sur la base de 1000 ans de données, on peut déduire que le phénomène de sécheresse est structurel pour le climat marocain; des cycles de sécheresses de différentes durées (1, 2, 3, 4 et 5 ans) ont été régulièrement observés. Ainsi il a été conclu que les sécheresses annuelles se présentent une fois tous les 10 ans; les sécheresses de longue durée de 5 ans ont par contre une période de retour de 360 ans (Agoumi, 2006).

La sécheresse, notion toute relative, se manifeste de plusieurs façons : sécheresse météorologique, sécheresse hydrologique, sécheresse agronomique et sécheresse édaphique, liée aux conditions pédologiques, classification adoptée par White et O'Meagher (White, 1995). « Il y a autant de définitions de sécheresse qu'il y a d'utilisations d'eau » (Heathcote, 1973). Ces types de sécheresse peuvent ne pas se manifester simultanément, mais la sécheresse météorologique reste l'élément moteur des autres. Elle se caractérise par une réduction ou une mauvaise répartition, voir une absence des pluies dans une région donnée pendant une période de temps (Bootsma et al., 1996). La sécheresse météorologique est un phénomène climatique plutôt qu'un aléa proprement dit, mais on la confond souvent avec d'autres conditions climatiques auxquelles elle s'apparente, notamment l'aridité. Elle ne devient dangereuse que lorsqu'elle se transforme en sécheresse agricole ou hydrologique, qui dépend d'autres facteurs dont le seul manque de précipitations (Nations Unis SIPC, 2011).

Le présent travail adopte les indices révélateurs du degré d'intensité de la sécheresse comme approche méthodologique afin de caractériser la sécheresse météorologique au Bassin hydraulique d'OUM ER RBIA, Nous nous sommes intéressés à l'évolution des précipitations (P), des températures (T) et ce à partir de données relevées par l'agence de bassin hydraulique d'OUM ER RBIA dans différents stations climatiques.

APPROCHE ADOPTÉE

Analyse de la sécheresse en employant les indices de sécheresse météorologique

Les indices de sécheresse et les outils les plus souvent utilisés au Maroc pour la surveillance et la prévision sont les suivants :

Indice de l'écart à la moyenne (Em)

C'est l'indice le plus utilisé pour estimer le déficit pluviométrique à l'échelle de l'année. L'écart à la médiane est le plus utilisé par les agrométéorologues. Bien évidemment, quand l'échantillon de données est dissymétrique, la différence entre la moyenne et la médiane est grande. L'écart à la moyenne est la différence entre la hauteur de précipitation annuelle (P_i) et la hauteur moyenne annuelle de précipitation (P_m).

$$E_m = P_i - P_m \quad (1)$$

L'écart est positif pour l'année humide, et négative pour les années sèches. On parle d'année déficitaire quand la pluie est inférieure à la moyenne et d'année excédentaire quand la moyenne est dépassée. Cet indice permet de visualiser et de déterminer le nombre d'années déficitaires et leur succession.

Rapport à la normale des précipitations (RN)

Cet indice est exprimé mathématiquement en pourcentage comme suit :

$$RN(\%) = (P_i/P_m) \times 100 \quad (2)$$

P_i est la précipitation de l'année i et P_m est la précipitation moyenne pour la même période de temps étudiée.

Ce rapport permet une estimation ponctuelle des précipitations par rapport à la normale : Une année est classifiée comme sèche si la pluviométrie se situe au dessous de la normale ; c'est-à-dire lorsque le RN est inférieur à 100 % (Rognon, 1997).

Indice de déficit pluviométrique (Indice de l'écart à la normale (En))

Pour situer une pluviométrie dans une longue série de relevés pluviométriques, on utilise l'écart proportionnel à la moyenne. Elle s'exprime par la formule suivante :

$$IDP(\%) = (P_i - P_m) / P_m \times 100 \quad (3)$$

Où :

IDP : Indice de déficit pluviométrique (en pourcentage).

P_i : précipitation annuelle (en mm).

P_m : précipitation moyenne (en mm).

Cet indice nommé aussi Ecart à la normale, permet de visualiser et de déterminer le nombre des années déficitaires et leur succession.

Une année est qualifiée d'humide si cet indice est positif de sèche lorsqu'il est négatif.

Le cumul des indices d'années successives permet de dégager les grandes tendances en faisant abstraction des faibles fluctuations d'une année à l'autre. Quand la somme des écarts croît, il s'agit d'une tendance humide. La tendance est de type « sèche » dans le cas contraire.

Méthode des écarts types

Cet indice se base sur la comparaison de la pluviométrie actuelle au nombre d'écart type comme indiqué dans le tableau 1 (Mckee et al., 1993).

Tableau 1 : Sévérité de la sécheresse selon la méthode de nombre d'écart type

Classes	Limites de sévérité
Extrêmement sèche	$P_i < P_m - 2$
Sévèrement sèche	$P_m - 2 < P_i < P_m -$
Modérément sèche	$P_m - < P_i < L_i$
Normal	$L_i < P_i < L_s$
Modérément humide	$L_s < P_i < P_m +$
Sévèrement humide	$P_m + < P_i < P_m + 2$
Extrêmement humide	$P_i > P_m + 2$

Où :

P_m : Pluviométrie moyenne

P_i : Pluviométrie de l'année i

: Écart type

Li : Limite inférieure de l'intervalle de confiance

Ls : Limite supérieure de l'intervalle de confiance

Cette méthode a été employée à l'échelle annuelle vu que cette distribution suit une loi normale (la condition de normalité est vérifiée par le test de normalité de Shapiro Wilk».

Pour un niveau de confiance (1 –) de 95 % on calcule les bornes inférieures et supérieures. la formulation de l'intervalle de confiance autour d'une moyenne observée \bar{X} avec un écart type observé sur un échantillon de taille n est calculé comme suit :

$$Ic = [\bar{X} - t * (/n1/2); \bar{X} + t * (/n1/2)] \quad (4)$$

\bar{X} : moyenne estimée

T : Valeur de la loi Normale

/n1/2: Erreur type

: Ecart type de l'échantillon

N : Taille de l'échantillon.

on considère la borne de confiance inférieure comme seuil de sécheresse, autrement dit une année est qualifiée comme climatiquement sèche s'elle enregistre une quantité de précipitations inférieure à la borne de confiance inférieure, et normale si la quantité de précipitations enregistrée est comprise entre la limite inférieure et supérieure alors qu'une période est dite humide si la pluie enregistré dépasse la limite supérieure.

Indice de Précipitations standardisé : IPS

L'Organisation météorologique mondiale (OMM) a adopté l'Indice de précipitations normalisé (SPI) en 2009 comme instrument mondial pour mesurer les sécheresses météorologiques, aux termes de la « Déclaration de Lincoln sur les indices de sécheresse ». L'OMM en promeut l'utilisation par les services nationaux météorologiques et hydrologiques en association avec d'autres indices utilisés dans chaque région et l'instrument sera soumis à l'approbation du Congrès météorologique mondial lors de sa seizième session en juin 2011.

L'Indice de précipitations normalisé (McKee et al., 1993 ; 1995) est un indice simple, puissant et souple à la fois basé sur des données pluviométriques et il permet tout aussi bien de vérifier les périodes/cycles humides que les périodes/cycles secs. Le SPI compare les précipitations sur une certaine période – en principe 1 à 24 mois – à la moyenne à long terme de précipitations observée sur le même site (Guttman, 1994; Edwards et McKee, 1997).

Toutefois, il faut au moins des relevés pluviométriques mensuels étalés sur 20 à 30 ans (de préférence, sur 50 à 60 ans) pour calculer le SPI (Guttman, 1994). Compte tenu du manque de séries de données pour bon nombre de sites et sachant que beaucoup de régions sujettes à la sécheresse n'ont pas suffisamment de stations pluviométriques, il faudra peut-être appliquer des techniques d'interpolation pour combler les lacunes temporelles ou géographiques.

La formule mathématique de SPI est la suivante :

$$SPI = (p_i - p_m) / \quad (5)$$

P_i : Précipitation de l'année i

P_m : Précipitation moyenne

σ : Déviation standard ou écart type

DONNEES

Données pluviométriques

La pluviométrie moyenne annuelle sur le bassin de l'Oum Er Rbia est de 550 mm, elle varie entre 1100 mm sur le Moyen Atlas et 300 mm dans la zone aval du fleuve. Il neige en moyenne 20 jours/an au dessus de 800m. La température varie entre 10 et 50°C, l'évaporation : 1600 mm par an en moyenne sur la cote et 2000 mm à l'intérieur du pays avec un maximum mensuel de 300 mm en juillet et août. (Ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et d'environnement). Les données pluviométriques qui ont été collectées proviennent de l'agence de bassin hydraulique Oum Er Rbia. Le tableau 2 montre les coordonnées des stations retenues.

Tableau 2: Identification des postes pluviométriques

Station	Coordonnées Lambert en grades		
	X	Y	Z
TADLA	438642	165310	519
BENI MELLAL	409165	193045	537
OUAOUIRINTH	344700	369900	370
AIT TAMLILT	357600	93700	1860
TARHAT	476400	267500	1036
Dechra OUED	452550	231600	595
AIT SEGMINE	361400	128000	1025

Données de températures et d'évaporation:

Les données de températures et des évapotranspirations collectées proviennent de l'agence de bassin hydraulique Oum Er Rbia. Le tableau 3 montre les coordonnées des stations retenues.

Tableau 3: Identification des postes climatologiques

Station	Coordonnées lambert en grades		
	X	Y	Z
TADLA	438642	165310	519
BENI MELLAL	409165	193045	537
TARHAT	476220	266940	873
BARRAGE AL MASSIRA	289600	211725	270
BARRAGE SIDI DRISS	338950	192625	338

RÉSULTATS ET ANALYSE

Évolution des précipitations

Les caractéristiques principales des séries de données pluviométriques des stations étudiées sont récapitulées dans le tableau 4.

Tableau 4 : caractéristiques statistiques des données pluviométriques annuelles

Stations	Tadla	Beni mellal	Ouaouirnth	Tarhat	Ait tamlilt	Dechra oued	Ait segmine
Période	1975-2007	1975-2009	1975-2009	1975-2009	1975-2009	1975-2009	1975-2009
Moyenne (mm)	301,67	425,2	256,0	554,4	456,4	476,5	490,4
Médiane (mm)	306,75	432,70	253,00	540,45	454,50	461,10	467,05
Minimum (mm)	158,43	188,90	134,60	290,00	203,20	3,40	269,10
Maximum (mm)	533,30	752,70	424,10	1117,10	872,20	994,50	1092,40
Ecart type (mm)	86,975	125,323	68,747	184,447	152,742	208,856	157,198
coefficient de variation (%)	28,831	29,477	26,854	33,268	33,464	43,831	32,053
Coefficient d'asymétrie	0,451	0,544	0,333	0,817	0,748	0,087	1,770
Etendue (mm)	374,87	563,80	289,50	827,10	669,00	991,10	823,30

L'analyse des caractéristiques de ces séries pluviométriques montre qu'elles sont relativement dissymétriques. On note une différence significative entre

paramètres de position (moyenne, médiane). L'écart entre le minimum et le maximum est très important. Le coefficient de variation annuelle pour les séries de précipitations se caractérise par une forte fluctuation. Il permet d'apprécier le degré de variabilité dans une série et la dispersion des valeurs par rapport à la moyenne. En se fondant sur les données observées au niveau des différentes stations, on peut remarquer les irrégularités des précipitations et leurs tendances à la baisse à l'intérieur du bassin versant étudié (figure 1).

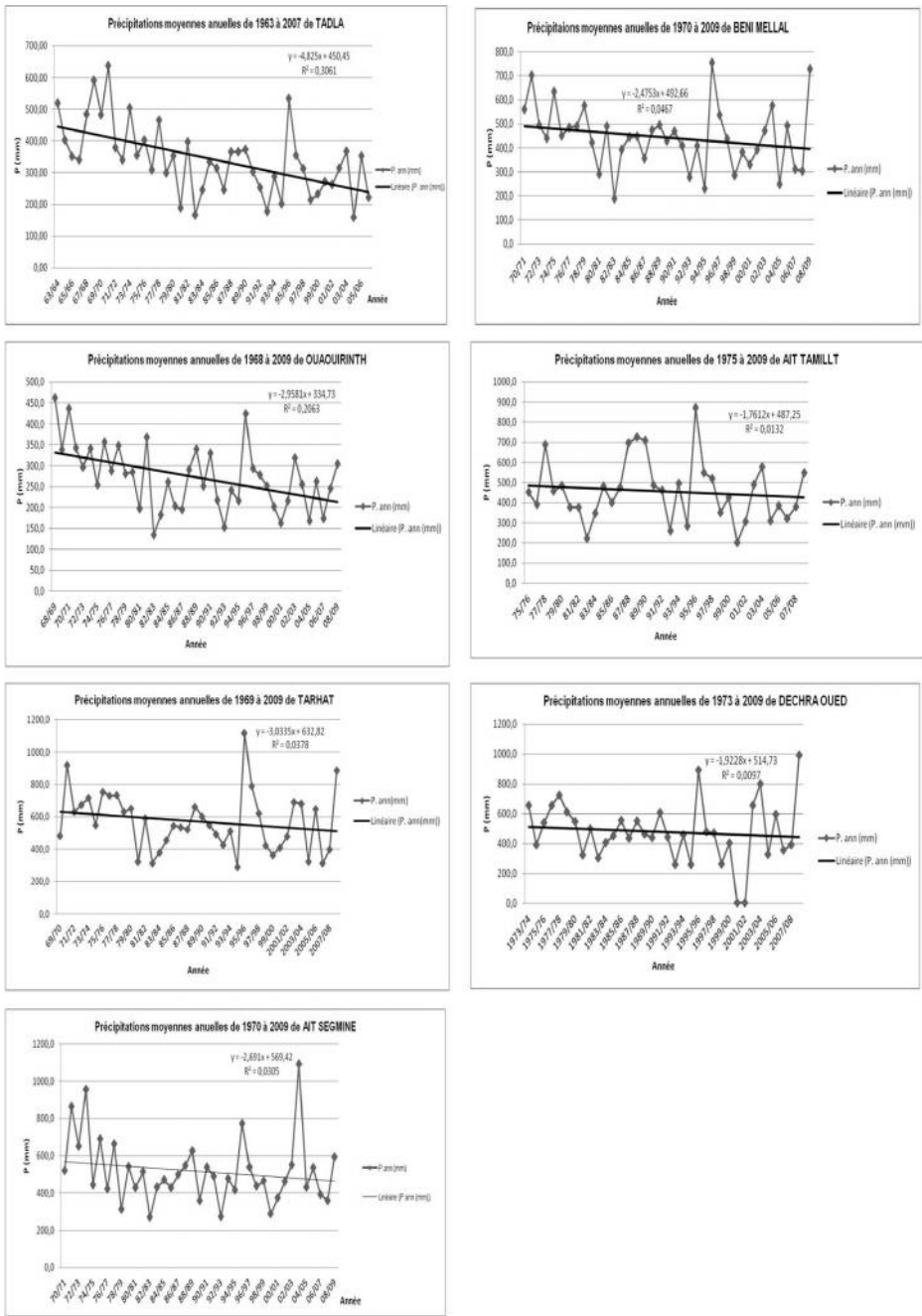


Figure 1 : Évolution des précipitations annuelles dans les sept stations climatiques au cours de différentes périodes

*Sécheresse météorologique au Bassin hydraulique Oum Er Rbia
durant les dernières décennies*

Les grandes tendances sont dégagées à partir du cumul des Ecart des précipitations (figure 2) en faisant abstraction des faibles fluctuations d'années successives sur toute la période étudiée.

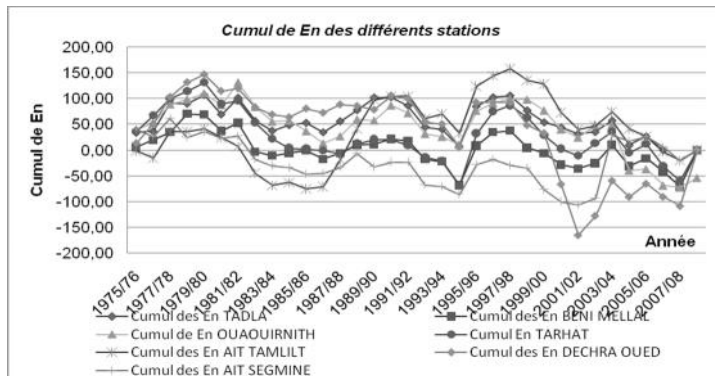


Figure 2 : Évolution de l'écart cumulé des précipitations par rapport à la normale dans les sept stations.

En calculant les indices de pluviosité au niveau des stations et en traçant le graphique de cumul nous remarquons :

- qu'il apparaît des périodes à tendance sèche et des périodes à tendance humide. Ces séquences apparaissent dans la même période au niveau des différentes stations ;
- que Les épisodes de sécheresse de 1980-81 à 1985-86, de 1991-92 à 1994-95 et de 2000-2001 à 2002-2003 généralisées sur tout le bassin, selon une intensité allant de modérée à forte.

Évolution des Températures.

Les caractéristiques principales des séries de données de températures des stations étudiées sont récapitulées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Caractéristiques statistiques des températures moyennes annuelles pour la période 1985-2009

Stations	Beni mellal	Tadla	Tarhat	Bge al massira	Bge sidi driss
Période	1985-2007	1985-2007	1985-2007	1985-2005	1985-2007
Moyenne (mm)	21,388	19,050	18,461	22,714	19,229
Médiane (mm)	21,299	18,860	18,181	22,064	19,115
Minimum (mm)	17,613	18,056	17,517	20,203	17,218
Maximum (mm)	25,575	23,211	23,211	33,650	23,240
Écart type (mm)	1,858	0,966	1,202	3,159	1,436
coefficient de variation (%)	8,686	5,070	6,512	13,907	7,468
Coefficient d'assymétrie (%)	3,496	3,127	3,161	2,481	1,075
Etendue (mm)	7,962	5,155	5,494	13,477	6,022

L'étude de séries thermales montre une dissymétrie et une différence significative entre paramètres de position (moyenne, médiane). L'écart entre le minimum et le maximum est très important. Le coefficient de variation annuelle pour les séries de températures moyennes se caractérise par une forte fluctuation il est de l'ordre de 5% à TADLA et de 13,9% à BGE AL MASSIRA ce qui permet d'apprécier le degré de variabilité et la dispersion des valeurs par rapport à la moyenne. En se fondant sur les données observées au niveau des différentes stations du bassin hydraulique, on peut remarquer une augmentation de sa température moyenne d'environ 1°C, renseignant sur le phénomène global de réchauffement (tableau 5).

L'analyse des températures enregistrées à différentes stations climatiques du bassin OUM ERBIA depuis 1985 (figure 3) indique une augmentation significative du point de vue thermique où des records absolus de température ont été battus ces dernières décennies. Cette tendance est conforme au réchauffement global planétaire enregistré durant les cinquante dernières années avec l'accélération de ce processus durant la période 1993-2005 qui figure au palmarès des épisodes les plus chauds (GIEC, 2007).

*Sécheresse météorologique au Bassin hydraulique Oum Er Rbia
durant les dernières décennies*

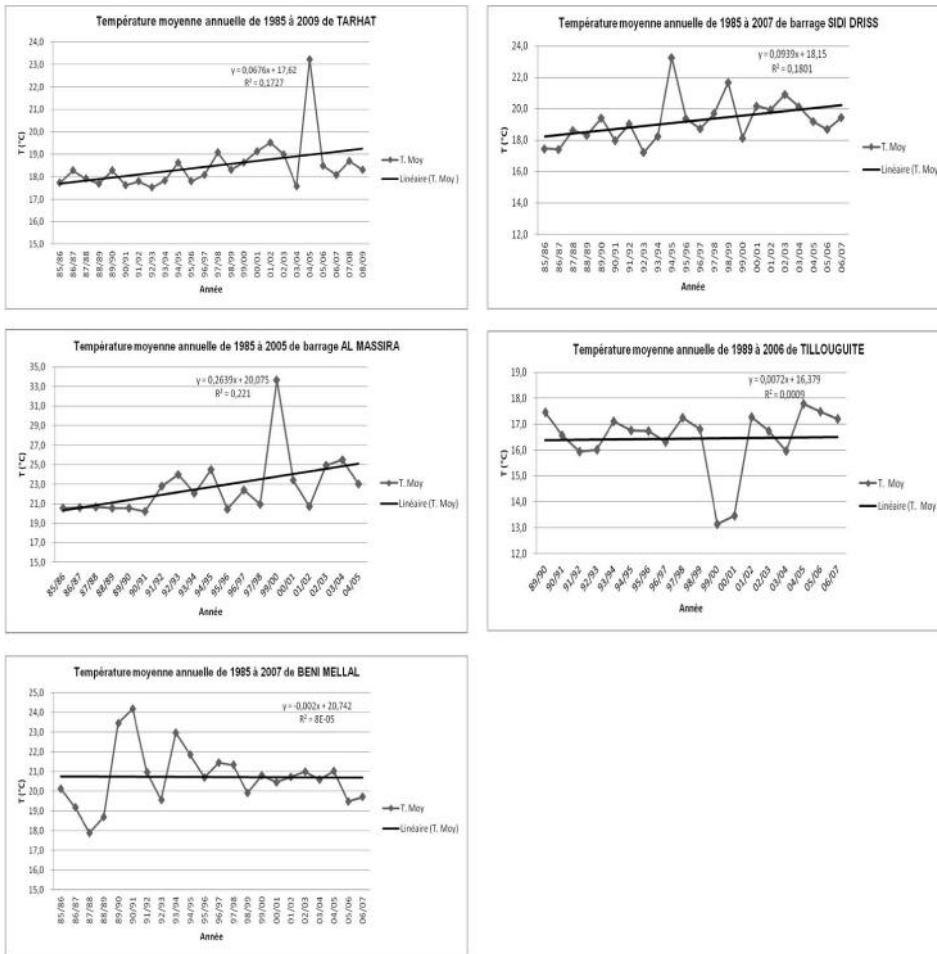


Figure 3 : Évolution des Températures moyennes annuelles dans cinq climatiques stations au cours de la période 1985-2007.

Evolution d'évapotranspiration

L'analyse des évaporations des deux stations Tarhat et Ait segmine a montré une tendance à la hausse au cours de la période 1985-2008 (figure 4), vu que l'évaporation est fortement liée à la température de l'air.

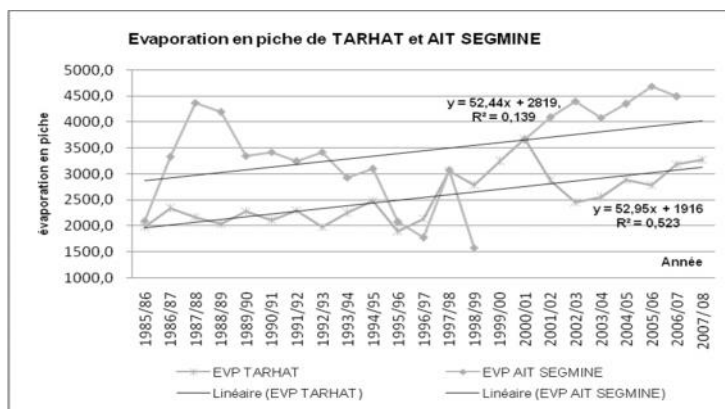


Figure 4 : Évolution d'évaporation annuelle en piche dans deux stations du bassin versant Oum Er Rbia au cours de la période 1985-2007.

Les dernières décennies ont connu une température plus élevée en moyenne annuelle, une évaporation plus fortes et donc des besoins en eau plus importants. Parallèlement les apports pluviométriques ont chuté : d'où une situation critique du secteur eau dans le bassin versant Oum Erbia.

Caractérisation de la sécheresse météorologique :

Détermination des seuils de sécheresse (Méthode des écarts types)

Les seuils qui indiquent la sécheresse climatique annuelle dans le bassin versant d'OUM ERBIA sont estimés en appliquant la méthode d'intervalle de confiance à notre base de données (Tableau 6).

Tableau 6 : Seuils de sécheresse correspondants aux différents indices au cours de la période 1975-2009.

Stations	Seuil de la sécheresse (Li de l'IC) (mm)	Seuil de sécheresse de l'écart à la normale	Seuil de sécheresse du rapport à la normale
TADLA	272,47	-2,68%	90,32%
BENI MELLAL	383,03	-9,91%	90,09%
OUAOUIRNITH	232,9	-9,03%	90,97%
TAHRAT	492,44	-11,18%	88,82%
AIT TAMLILT	405,09	-11,25%	88,75%
DECHRA OUED	406,65	-14,73%	85,27%
AIT SEGMINE	437,59	-10,77%	89,23%

Ces seuils calculés oscillent entre 492,4 mm à Tarhat et 232,5 mm à Ouaouirnith.

Ils ont permis de déterminer les seuils relatifs aux indices de l'écart à la normale et du rapport à la normale (Tab. VII). L'analyse de ces résultats montre la grande vulnérabilité du bassin versant vis-à-vis de la sécheresse.

En utilisant les seuils de sécheresse calculés ci-dessus, on a pu déterminer pour chacune des stations étudiées les fréquences des années sèches normales et humides durant la période étudiée au niveau des sept stations, ces derniers nous ont permis de constater 47% 44% et 41% d'années sèches respectivement au niveau des stations AIT TAMLILT, AIT SEGMINE et OUAOURNITH (Tableau 7).

Tableau 7 : Fréquence des années sèches, normales et humides dans les sept villes au cours de la période 1975-2009

Stations	Années sèches	Années normales	Années humides
TADLA	37,5%	25%	37,5%
BENI MELLAL	32,5%	29,5%	38%
OUAOURNITH	41%	21%	38%
TAHRAT	38%	21%	41%
AIT TAMLILT	47%	29%	24%
DECHRA OUED	32%	30%	38%
AIT SEGMINE	44%	30%	26%

Afin de faire une analyse ponctuelle au niveau des postes pluviométriques retenus dans cette étude, et pour mieux évaluer les variations de la pluviométrie annuelle, nous avons calculé les indices SPI. Les résultats du calcul sont représentés dans la (figure 5).

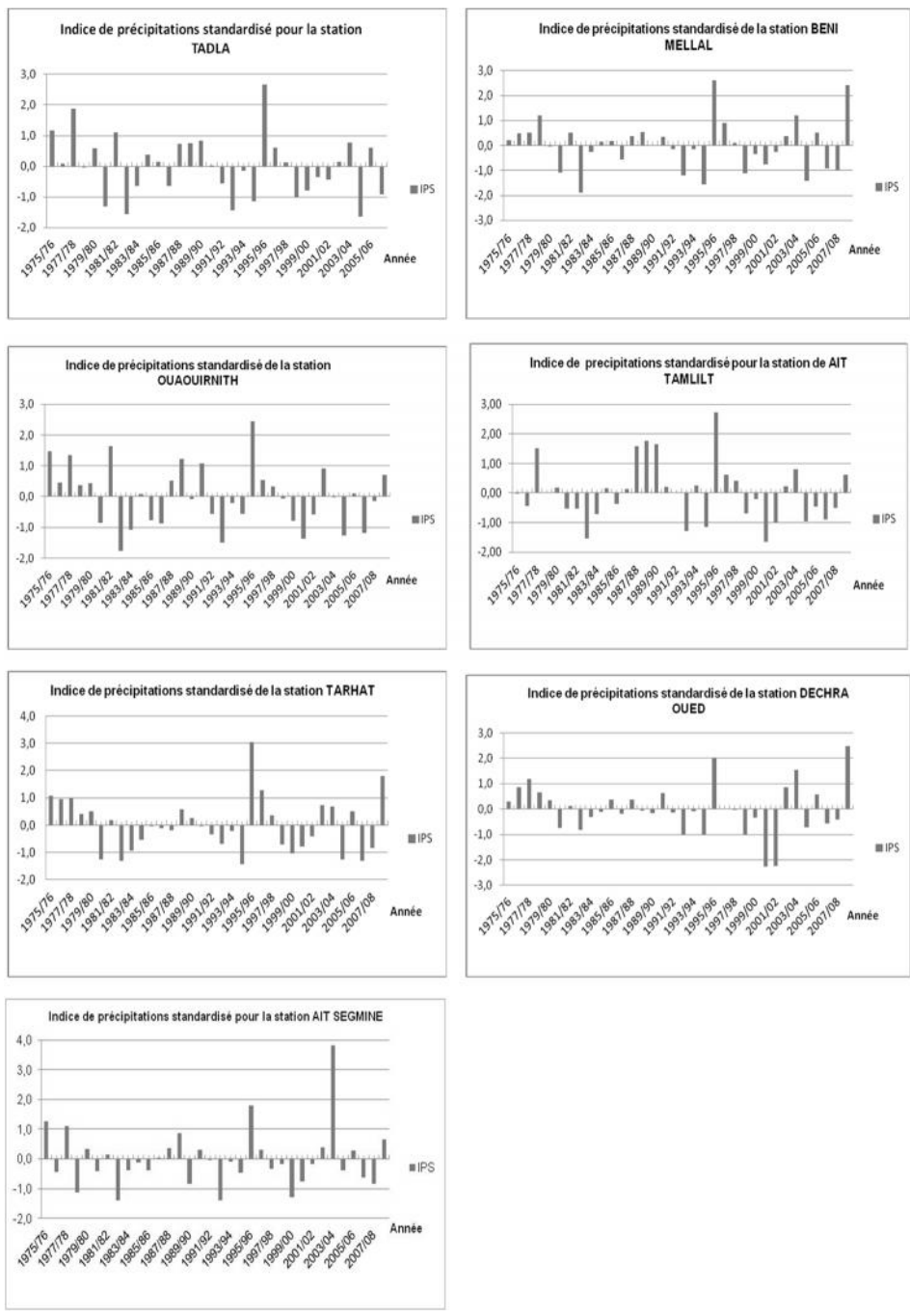


Figure 5 : Indice de précipitations standardisé au cours de la période 1975-2009 dans les sept stations climatiques du bassin versant OUM ER RBIA.

En vue de caractériser le niveau de sévérité des sécheresses vécues, nous nous sommes appuyés sur le calcul de l'indice standardisé de précipitations pour différentes stations au cours de la période d'étude. Il en résulte que la fréquence des sécheresses modérées varie entre 15% à Beni Mellal et 36 % Ait Tamlit. Celle des sécheresses sévères oscille entre 18 % et 9 % au sein des mêmes stations. (Tab. IX).

Tableau 8: Fréquence de différentes classes de la sécheresse au cours de la période 1975-2009

Stations	Fréquences des sécheresses extrêmes	Fréquences des sécheresses sévères	Fréquences des sécheresses modérées
TADLA	0%	16%	22%
BENI MELLAL	0%	18%	15%
OUAOURNITH	0%	15%	27%
TAHRAT	0%	15%	24%
AIT TAMLILT	0%	12%	36%
DECHRA OUED	6%	9%	18%
AIT SEGMINE	0%	9%	36%

Les sécheresses les plus persistantes sont survenues au cours des dernières décennies, elles sont formées de trois, quatre et cinq années sèches consécutives (Figure 5).

L'analyse de différentes sécheresses vécues au niveau de sept stations présentée sur la figure permet de confirmer une fois de plus l'assèchement accru du bassin hydraulique OUM ERBIA

– avant 1980, les sécheresses étaient peu fréquentes et touchaient rarement l'ensemble des stations ; après 1980, on a eu de plus en plus de sécheresses touchant souvent la majorité stations ;

– les douze dernières années ont connu sept de sécheresse généralisées sur les stations du bassin hydraulique étudiées, ce qui en fait la décennie la plus sèche.

-La succession d'année sèche est de 5ans celle des années humides est de 10ans maximum.

CONCLUSION

Plusieurs indices de sécheresse permettant de caractériser la sécheresse météorologique au sein bassin hydraulique d'Oum Erbia sont proposés dans cet article. D'après les résultats et analyses qui sont présentés, en s'appuyant sur différentes stations du bassin versant, nous pouvons retenir que le Bassin versant est fortement vulnérable à la sécheresse, l'occurrence d'épisodes secs plus ou moins longs est une caractéristique dominante du régime des ressources

en eau du bassin, comme ce fut le cas durant les années 1980-81 à 1985-86, de 1991-92 à 1994-95 et de 2000-2001 à 2002-2003, les années sèches sont formées de deux, trois, voire cinq années sèches consécutives. Ainsi, entre deux sécheresses consécutives, la durée et l'intensité varient considérablement. La sécheresse est donc un phénomène récurrent mais difficile à le mettre en évidence dans le temps.

La méthode des écarts à la moyenne donne un pourcentage de 47 % d'années déficitaires. L'indice des précipitations standardisé montre que la fréquence d'apparition d'années successives sèches est relativement élevée : sur les douze dernières années, sept ont connu des sécheresses généralisées dans les stations du bassin hydraulique étudiées, ce qui en fait la décennie la plus sèche.

L'analyse statistique des apports pluviométriques confirme la dissymétrie et la tendance générale à la baisse et donc à la faible hydraulicité, ainsi l'analyse statistique des températures moyennes annuelles permet de confirmer une tendance générale à la hausse et donc un réchauffement important. La sécheresse peut se produire à l'échelle de l'année comme elle peut durer deux ou plusieurs années consécutives.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGOUMI A. (2006). Ressources en eau et bassins versants du Maroc : 50 ans de développements (1955-2005), pp. 61.
- AGOUSSINE M. (2003). *Hydrologie en régions Arides et semi arides* : Cas du sud-est marocain. « Terre et vie » n° 169, Juin.
- BOOTSMA A., BOISVERT J.B., DE JONG R., BAIER W., (1996). La sécheresse et l'agriculture canadienne: Une revue des moyes d'action. *Sécheresse* 7 :277-285.
- BOUAICHA R., BENABDELFADEL A. (2010). Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau (DRPE). « Variabilité et gestion des eaux de surface au Maroc ». *Sécheresse* 2010 ; 21 (1e) : 1-5 Rabat : DRPE.
- DIRECTION DE LA METEOROLOGIE NATIONALE. (1995). Spécial sécheresse. *Bulletin d'information du Centre National du Climat et des Recherches Météorologiques*, N 2.
- EDWARDS D.C., MCKEE T.B. (1997). Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. *Climatology Report Number 97-2*, Colorado State University, Fort Collins, Colorado
- GIEC. (2007). *Bilan 2007 des changements climatiques : Les bases scientifiques physiques*. In *Quatrième rapport d'évaluation de GIEC*. 2 février 2007, France.
- GUTTMAN N.B. (1994). On the sensitivity of sample L moments to sample size. *Journal of Climatology* 7: 1026–1029. Guttman NB. 1994. On the sensitivity of sample L moments to sample size. *Journal of Climatology* 7: 1026–1029.

- HEATHCOTE S. (1973). Aréisme et indice d'aridité. *C R Acad Sc Paris*, 182 p.
- IPCC, *Climate Change 2001 and 2007: Impacts, adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the IPCC. (Ed. by McCarthy J.J., Canziani O.F., Leary N.A., Dokken D.J., White K.S.), Cambridge University Press, UK, 1032 pages.
- MCKEE T.B., DOESKEN N.J., KLEIST J. (1993). The relationship of drought frequency and duration times scales. American Meteorological Society. 8th conference on Applied Climatology, 17-22 Janvier, Anaheim, CA, pp.179-184.
- MCKEE T.B., DOESKEN N.J., KLEIST J. (1995). Drought monitoring with multiple times scales. American Meteorological Society. 9th conference on Applied Climatology, 15-22 Janvier, Dallas, TX, pp. 233-236.
- RAPPORT DES NATIONS UNIES (2001). Communications nationales à la convention cadre, Ministère de l'Aménagement du Territoire de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement. pp 101, Oct.
- RAPPORT DES NATIONS UNIES (2011). SIPC (2011), Réduction des risques de catastrophe : Bilan mondial. Nations Unies, Genève, Suisse. Stratégie internationale des Nations Unies pour la prévention des catastrophes.
- ROGNON P. (1997). Sécheresse et Aridité : Leur impact sur la désertification au Maghreb. *Sécheresse*, 7: 287-297.
- SECRETARIAT D'ETAT CHARGE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT « Ressources en eau par bassin » (http://www.water.gov.ma/userfiles/file/6_Oum-Er-d%C3%A9f.pdf)
- WHITE D.H.; O'MEAGHER B. (1995). Coping with exceptional droughts in Australia. *Drought Network News*, 13-7.