



HAL
open science

Sécheresses saisonnières et changement climatique dans le Gharb (Maroc)

Moulay-Driss El Jihad, Daniel Peyrusaubes, Aissa El Bouzidi

► **To cite this version:**

Moulay-Driss El Jihad, Daniel Peyrusaubes, Aissa El Bouzidi. Sécheresses saisonnières et changement climatique dans le Gharb (Maroc). Rur@lités, 2014, Le Gharb, un territoire à l'épreuve du changement climatique., Coordination : Moulay-Driss EL JIHAD et Daniel PEYRUSAUBES (Numéro 4 – année 2014), pp. 14-25. hal-01185293

HAL Id: hal-01185293

<https://hal.science/hal-01185293>

Submitted on 25 Aug 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Rur@lités

Numéro 4 – 2014

Revue électronique du laboratoire de Géographie
« RURALITES » de l'Université de Poitiers



Le Gharb

Un territoire à l'épreuve
du changement climatique



Numéro spécial coordonné par :
Moulay-Driss EL JIHAD et Daniel PEYRUSAUBES

Rur@lités : ISSN 2260-3727



Sécheresses saisonnières et changement climatique dans le Gharb

Moulay-Driss EL JIHAD*
Daniel PEYRUSAUBES*
Aïssa EL BOUZIDI**

* Laboratoire RURALITES, MSHS, Université de Poitiers.
d.eljihad@yahoo.fr
daniel.peyrusaubes@univ-poitiers.fr

** Laboratoire « Environnement, Développement et Gestion de l'Espace »,
Université Ibn Tofaïl (Kénitra, Maroc)
elbouzidiaïssa@yahoo.fr

Résumé : Ce travail expose la fréquence spatiotemporelle des sécheresses saisonnières dans le Gharb, une région agricole de premier plan située dans le nord-ouest du Maroc. Il est basé sur l'approche mensuelle du rapport précipitations/températures. Le rapport $P < 2T$ montre que la sécheresse estivale est régulièrement présente chaque année et sa longueur varie d'une année à l'autre. La sécheresse peut également affecter accidentellement d'autres saisons de l'année. Dans le Gharb, les mois secs enregistrent une tendance à la baisse ou à la stagnation suivant les stations. Cela se traduit par une tendance plutôt à la hausse aussi bien des températures que des précipitations. Toutefois, la définition de la sécheresse reposant sur les paramètres des précipitations et des températures ne possède pas la moindre justification mathématique, puisqu'elle établit le lien entre des grandeurs de nature différente. Par contre, les bilans hydriques, calculés à partir de la confrontation des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle, font ressortir la sécheresse en termes de déficit hydrique. L'évapotranspiration potentielle est rarement mesurée avec fiabilité dans le Gharb, notamment au niveau des stations étudiées.

Mots clés : Sécheresse saisonnière, précipitations, températures, variabilité climatique, changement climatique, Gharb, Maroc.

Abstract: This work exposes the spatio-temporal frequency of seasonal drought in Gharb, a leading agricultural region in the Northwest of Morocco. It is based on the monthly approach of the report precipitation/temperature. The report $P < 2T$ shows that the summer drought is regularly present each year and its length varies from one year to the next. Drought can also accidentally set other seasons of the year.

In Gharb, the dry months recorded a trend to decline or stagnation following the stations. This translates into a tendency rather to both rising temperatures than precipitation. However, the definition of drought based on temperature and precipitation parameters does not have the slightest mathematical justification, since it establishes the link between quantities of different nature. On the other hand, water balances, calculated from the confrontation of precipitation and potential evapotranspiration, emphasize drought in terms of water deficit. Potential evapotranspiration is rarely measured with reliability in Gharb, particularly in the studied sites.

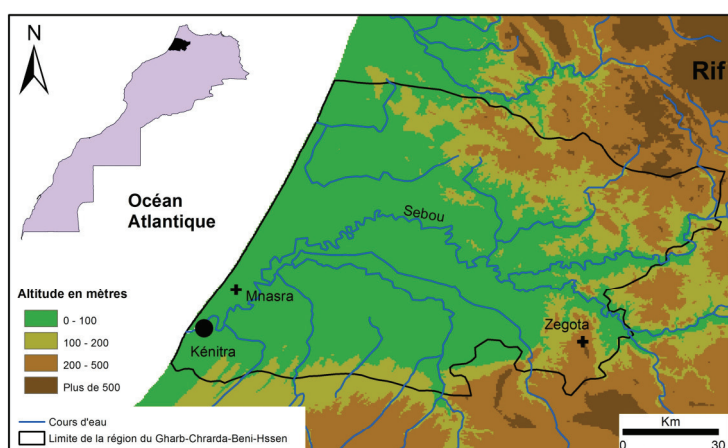
Key words: seasonal drought, rainfall, temperature, climate variability, climate change, Gharb, Morocco.

Introduction

Le Maroc a subi depuis le début des années 1980 de longues sécheresses qui ont mis en évidence la fragilité de ses ressources en eau. Ces sécheresses ont eu des conséquences néfastes sur la satisfaction des besoins en eau de tous les secteurs socio-économiques, en particulier agricoles, et sur la préservation des écosystèmes terrestres et aquatiques.

Dans cette étude, il est question de traiter uniquement des sécheresses interannuelles. En milieu méditerranéen, la sécheresse estivale est un fait original et régulier. Elle est caractérisée par une absence quasi-générale des précipitations et une hausse des températures. En dehors de cette sécheresse estivale, dite structurelle, de brefs déficits de pluies peuvent frapper également les mois de la saison froide ; il s'agit de sécheresses accidentelles (Rognon, 1996 ; Vigneau, 1996). A l'inverse de la sécheresse estivale, les petites sécheresses hivernales sont dues plus à l'absence occasionnelle des précipitations qu'aux températures qui sont généralement basses. Elles sont très peu étudiées, bien qu'elles revêtent une grande importance quant au déroulement des campagnes agricoles.

La présente étude vient enrichir les connaissances jusqu'alors lacunaires sur les sécheresses intra-annuelles, trop souvent abordées plus sous l'éclairage d'une analyse globalisante de leurs impacts que sous une approche de leurs fréquences spatio-temporelles (Cote et Legras, 1966 ; Gravier et Weisrock, 1987 ; Laouina, 1982 ; Stour et Agoumi, 2008 ; Amyay et al., 2012). Elle intéresse la région du Gharb, un espace géographique à caractère plat avec des hauteurs de dunes bordières à l'ouest. Largement inscrit dans le Maroc atlantique, le Gharb est l'une des principales plaines marocaines équipées en grande hydraulique (120 000 hectares) grâce aux abondantes ressources en eau des montagnes rifaines et moyen-atlasiques. L'importance de cette manne hydrique dépend des précipitations et de leur répartition saisonnière. Cette répartition joue un rôle important dans la régularité et la disponibilité des ressources en eau. C'est dans cet esprit que ce travail propose d'étudier les sécheresses intra-annuelles.



Source : D'après Diva-Gis (2015).

Figure 1 : Situation des stations météorologiques étudiées (Menasra et Zegota) dans le Gharb.

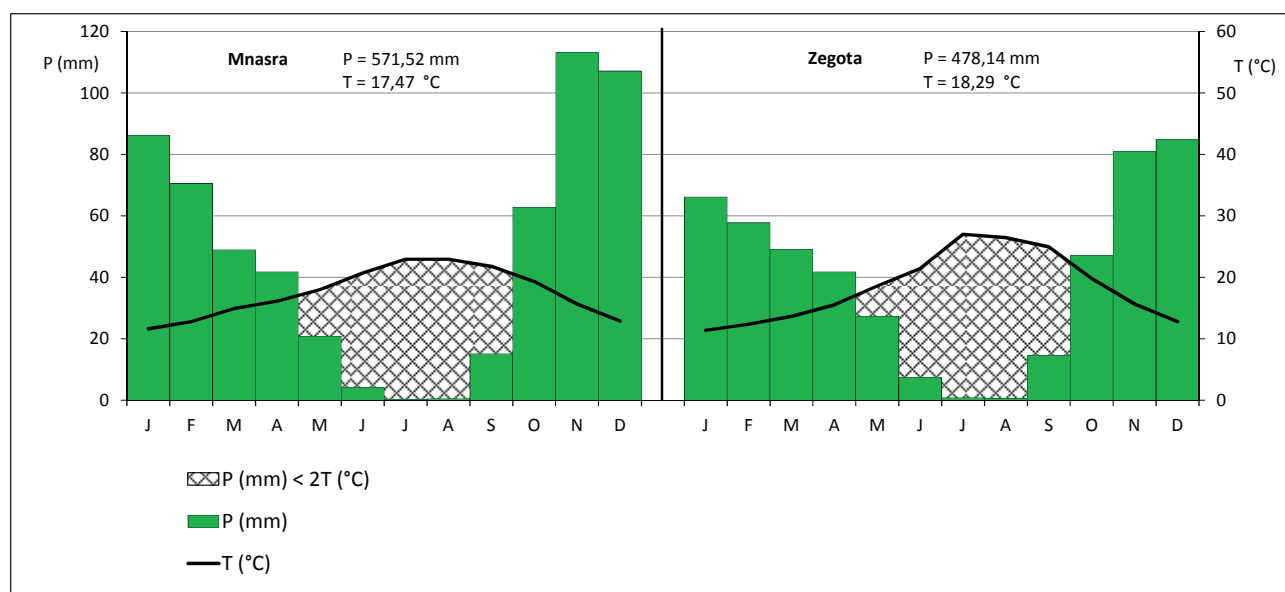
Les stations météorologiques choisies pour cette étude sont situées dans la plaine du Gharb et ses bordures, administrativement incluses dans le territoire de la région du Gharb-Chrarda-Beni-Hssen (fig. 1). Cette région de 8 805 km² englobe deux principales entités géographiques différentes : le Gharb atlantique et le haut Gharb. Menasra, station caractéristique du Gharb atlantique, est située à 5 km du littoral, à 29 m d'altitude. Zegota, station représentative du haut Gharb, se trouve à 110 km du littoral, à 400 m d'altitude.

À partir d'une chronique de 28 ans (1983/2010), constituée de précipitations et de températures mensuelles afférentes aux deux stations météorologiques citées ci-dessous, le rapport P/T servira à décrire le phénomène de la sécheresse saisonnière. Un mois sec est défini biologiquement par un simple rapport ($P < 2T$) combinant les valeurs mensuelles des précipitations (P) exprimées en millimètres et des températures (T) exprimées en degrés centigrades (Bagnouls et Gaussen, 1957). Conçu pour le milieu méditerranéen, ce rapport permet de déterminer la longueur de la saison sèche et de distinguer la saison humide ($P > 2T$). Le rapport $P < 2T$ caractérise cette sécheresse que les géographes-hydrologues qualifient de sécheresse hydrologique, c'est-à-dire celle qui affecte les nappes et les rivières (Rognon, 1996 ; Vigneau, 1996 ; Lambert, 1996).

1- Approche statistique des régimes des sécheresses saisonnières.

Le tableau 1 montre le régime mensuel de la sécheresse ($P < 2T$), par année particulière, à Mnasra et Zegota. Nous remarquons que toutes les années présentent un nombre de mois secs supérieur ou égal à 4 mois aussi bien à Mnasra qu'à Zegota. En moyenne, les deux stations présentent 5 mois secs qui s'étalent sur une même période, de mai à septembre (fig. 2). Cette similitude s'explique par le fait que les deux stations appartiennent à une même région climatique. Elles sont distantes d'une centaine de kilomètres à vol d'oiseau, avec un dénivelé de 370 m environ. Les paramètres moyens ne sauraient nous satisfaire car la saison sèche peut déborder au-delà de l'été pour affecter non seulement les mois des saisons de transition (printemps et automne), mais aussi les mois d'hiver (tab. 1).

La figure 3 présente la fréquence des années selon leur nombre de mois secs. À Mnasra, dans une fourchette de 4 à 9 mois secs par an, ce sont les années à cinq, six et sept mois secs qui sont les plus fréquentes (près de 86 % au total). À Zegota, dans une fourchette de 4 à 10 mois secs par an, ce sont les années présentant six, sept et neuf mois secs qui sont les plus fréquentes (75 % au total).



Source : D'après ORMVAG (2014).

Figure 2 : Les diagrammes ombro-thermiques de Mnasra et Zegota (1983-2010).

Tableau 1 : Régime mensuel de la sécheresse $P < 2T$ à Mnasra (M) et Zegota (Z) de 1983 à 2010, (les cases grisées renvoient aux mois secs communs aux deux stations).

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Mnasra	Total Zegota
1983	M-Z		M		M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z			8	7
1984		Z		M		M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z		M-Z	7	7
1985		Z	M-Z	Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z			7	9
1986					M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z			6	6
1987			M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z				7	7
1988			M-Z	M	M	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M		M-Z	9	6
1989					M	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z				5	4
1990		M-Z			M	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z				6	5
1991	M-Z			M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	Z		M-Z		7	8
1992	M-Z	M			M-Z		M-Z	M-Z	M-Z		M-Z	Z	7	7
1993	M-Z	M-Z			Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	Z		Z	6	9
1994			M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	Z	Z	M-Z	8	10
1995	M-Z	Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z			9	10
1996				Z		M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	Z	Z		4	7
1997		M-Z	M-Z		M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	Z	M			7	7
1998			M-Z	M-Z	M	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M	M-Z		9	7
1999			M	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z				7	6
2000		M-Z	M-Z		M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z				7	7
2001			M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	Z	M-Z	M-Z		8	9
2002	M-Z	M-Z			M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z				7	7
2003				Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z				5	6
2004	M-Z			M-Z		M-Z	M-Z	M-Z	M-Z				6	6
2005	M-Z		Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z			8	9
2006				M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	Z		7	8
2007					M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z		Z	6	7
2008			M-Z		Z	M-Z	M-Z	M-Z	M				5	5
2009				Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z		M-Z	Z		5	7
2010				Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z	M-Z				5	6

Source : D'après ORMVAG (2014)

L'approche fréquentielle souligne et quantifie les risques potentiels de sécheresse propres à chaque mois de l'année (fig. 4). Aucun mois de l'année n'échappe à la sécheresse aussi bien à Mnasra qu'à Zegota. Les mois de juillet et d'août sont constamment secs (100 %) à Mnasra et Zegota, suivis de près par juin avec 96 % pour les deux stations ; vient ensuite septembre avec 86 et 93 %. Nous remarquons alors que les fortes fréquences de la sécheresse concernent les mois de l'année qui coïncident avec la période estivale. Le renouvellement perpétuel des situations anticycloniques pendant la saison chaude, dû à l'étalement important des hautes pressions subtropicales, engendrent une stabilité atmosphérique et une sécheresse quasi générale. L'aggravation de cette sécheresse est également liée à la nature des vents qui prédominent en cette saison, à savoir les vents continentaux et chauds du sud-est (Chergui). Ces vents entraînent un faible degré hygrométrique et une forte évapotranspiration.

Concernant la saison froide, Mnasra enregistre un minimum unique en décembre avec 10,71 %, suivi de près par novembre avec 14,29 %. Zegota enregistre également un minimum unique en décembre avec 21,43 %. En revanche, le second minimum est commun à trois mois à savoir

novembre, janvier et février avec 28,57 % chacun. La sécheresse anormale des mois de la saison froide est due à une fréquence relative de situations anticycloniques aléatoires. Cette sécheresse hivernale semble basculer d'un mois à l'autre, et est plus brève qu'en saison chaude (1 à 2 mois) ; d'où l'expression du « *petit été* » hivernal de Lambert (1975). La cause en est que les situations anticycloniques hivernales, génératrices d'un temps sec et froid, sont moins persistantes que les temps stables et chauds d'été, donc plus vite dégradées par les perturbations pluvieuses.

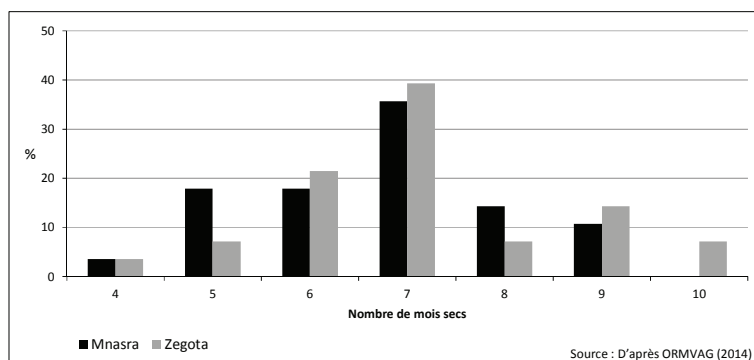


Figure 3 : Fréquence annuelle (%) du nombre de mois secs (1983-2010).

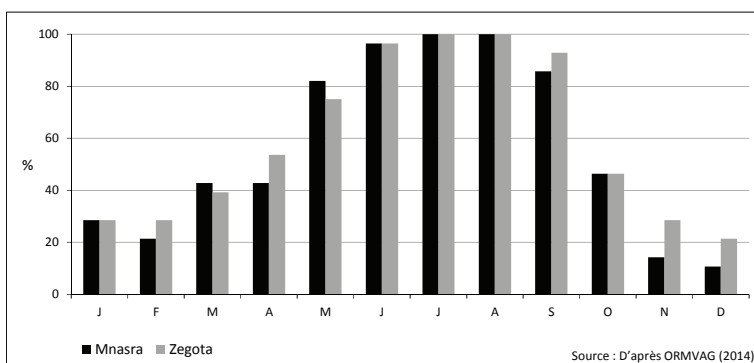


Figure 4 : Histogramme de fréquence (%) des mois secs (1983/2010).

« tempéré » aussi bien par l'humidité de l'océan atlantique que par le courant marin des Canaries qui, en se dirigeant vers le sud, longe les côtes atlantiques du Maroc. Ce courant est froid (18° en plein été), puisqu'il provient des latitudes plus septentrionales, et se nourrit partiellement des remontées d'eaux profondes en surface (upwelling) qui se produisent au large du littoral marocain (Moujane et al., 2011).

Octobre enregistre la même fréquence au niveau des deux stations avec 46,43 % de mois secs. Pourtant, il est beaucoup plus humide à Mnasra (63 mm) qu'à Zegota (47 mm). L'ajustement des précipitations et des températures mensuelles selon le rapport $P < 2T$ n'est pas suffisant. Seule une représentation graphique (moyenne par année particulière) de ce rapport permet aussi bien de préciser la longueur de la saison sèche moyenne que d'avoir une idée de l'intensité de la sécheresse ou de l'humidité des mois. Par conséquent, la saison sèche moyenne frôle les 6 mois à Zegota (au lieu de 5 mois en moyenne) étant donné que les écarts absolus entre P et $2T$ des mois d'avril et

Généralement, les fréquences mensuelles de la sécheresse sont relativement similaires au niveau des deux stations à l'exception de certains mois de la saison froide, notamment novembre, décembre et avril où les écarts entre les deux stations enregistrent plus de 10 points au profit de Zegota (fig. 4). La raison en est que Mnasra jouit, du fait de sa proximité du littoral, des précipitations afférentes à des perturbations océaniques faibles qui s'amenuisent en s'engageant à l'intérieur des terres.

Les températures estivales sont relativement plus clémentes à Mnasra qu'à Zegota. Les écarts annuels de températures sont légèrement plus prononcés à Zegota qu'à Mnasra. Ces différences sont dues au climat du littoral qui est

d'octobre sont faibles. Ce sont des mois qu'on pourrait qualifier de sub-secs (ou sub-humides). On peut rapprocher de cette analyse le mois d'avril à Mnasra.

2- Une faible corrélation entre précipitations annuelles et nombre de mois secs

La mise en relation entre précipitations annuelles et nombre de mois secs au niveau de chaque station dégage des coefficients de corrélation (R) similaires de l'ordre de -0,70. Ceci signifie que la relation est moyenne à faible. Le calcul des coefficients de détermination (R²) montre que seulement 49 % des années, à l'échelle des deux stations, ont de fortes précipitations avec un nombre faible de mois secs, ou inversement. Le complément à 100 % de R² constitue les années qui dérogent à cette règle. Nous présentons ci-dessous quelques exemples de ces années.

À Mnasra, le dernier quartile de la série étudiée (le plus arrosé) regroupe deux années, 1997 (676 mm) et 2002 (768 mm), qui enregistrent chacune 7 mois secs (le maximum de la série étudiée étant de 9 mois). Cela est dû à la mauvaise répartition des pluies dans l'année. Prenons l'exemple de l'année 1997 : trois mois (janvier, novembre et décembre) ont concentré des totaux copieux respectivement de 123, 199 et 221 mm, ce qui représente déjà 80 % du total annuel (tabl. 2). À l'autre extrémité, le premier quartile (le plus sec), on trouve l'année 2007 qui enregistre seulement 6 mois secs avec 366 mm de précipitations annuelles. La raison en est que la plupart des mois sub-secs ont connu des précipitations à peine supérieures au double de leurs températures.

À Zegota, le quartile le plus arrosé regroupe trois années (1987, 1996 et 1997) qui enregistrent 7 mois secs chacune (le maximum de la série étudiée étant de 10 mois). Le caractère sec apparent de ces années n'est pas compatible avec leurs totaux pluviométriques annuels. Comme pour la station de Mnasra, cela relève de la mauvaise répartition des pluies dans l'année. Trois mois (variable selon les années) de la saison pluvieuse ont concentré des totaux pluviométriques copieux allant de 64 % (1987) à 71 % (1997) du total annuel. À l'autre extrémité, le premier quartile (le plus sec), se situent les deux années 1992 et 1998 enregistrant seulement 7 mois secs chacune avec des moyennes de précipitations respectives de 341 et 326 mm. Encore s'agit-il de mois sub-secs dont les précipitations sont à peine supérieures au double de leurs températures. Par conséquent, ils sont mathématiquement exclus de la saison sèche !

En définitive, ce n'est pas tant la valeur des précipitations annuelles que leur mauvaise répartition, au cours d'une même année, qui conditionne le nombre de mois secs.

3- Sécheresses saisonnières et changement climatique : quelles tendances ?

Dans son 5^{ème} rapport, le GIEC (Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'Évolution du Climat) réitère que « *le réchauffement du système climatique est sans équivoque et, depuis les années 1950, beaucoup de changements observés sont sans précédent depuis des décennies voire des millénaires. [...] L'influence de l'homme sur le système climatique est clairement établie* » (IPCC, 2013). Les incertitudes du « Global change », soulignées par de nombreux chercheurs géographes (Douguédroit, 1997 ; Lamarre et Pagney, 1999 ; Delannoy, 1997 ; Vigneau, 2000), sont encore plus

grandes lorsqu'on se situe à une échelle locale réduite. Il est difficile de déduire d'une chronique restreinte de mesures thermo-pluviométriques (28 ans) une quelconque évolution du climat local qui n'est d'ailleurs pas exclue. Les tendances ne peuvent être réellement repérées qu'à l'échelle d'au moins un demi-siècle.

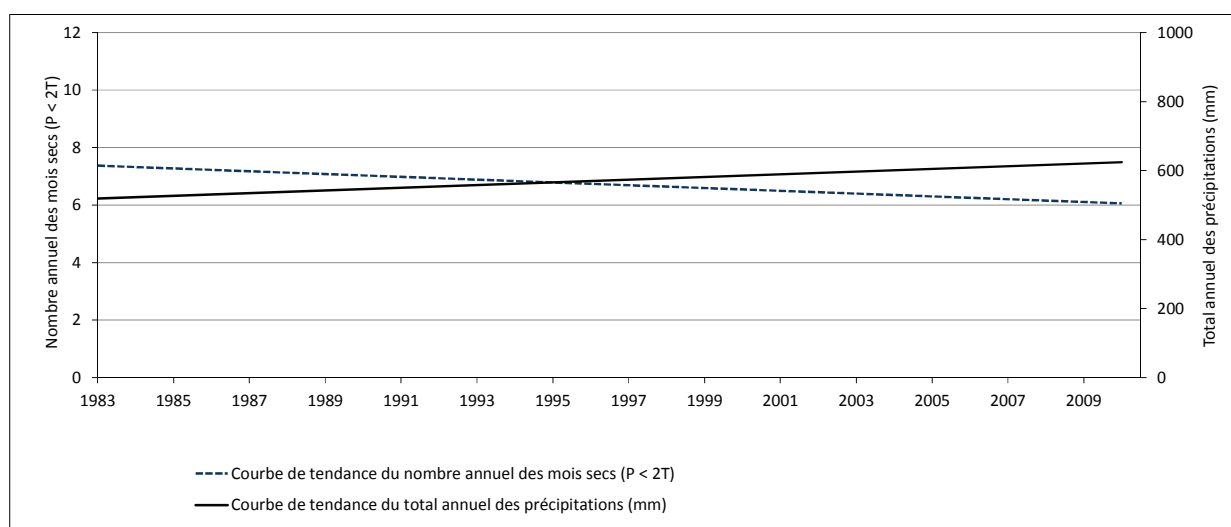
Tableau 2 : Les précipitations annuelles à Mnasra et Zegota classées par ordre croissant et le nombre de mois secs (P<2T) correspondant (1983/2010).

Quartile	Mnasra			Zegota		
	Année	Précipitations (mm)	Nombre de mois secs (P<2T)	Année	Précipitation (mm)	Nombre de mois secs (P<2T)
1	2005	257	8	2005	195	9
	1992	334	7	1995	284	10
	1994	340	8	1994	288	10
	2007	366	6	1985	303	9
	2001	373	8	2001	318	9
	1998	410	9	1998	326	7
	1999	426	7	1992	341	7
2	1985	430	7	1993	376	9
	1995	438	9	1983	403	7
	1988	453	9	2007	421	7
	1990	495	6	2004	447	6
	2004	549	6	2006	448	8
	2000	556	7	1999	469	6
	1991	557	7	1991	479	8
3	1984	595	7	1984	483	7
	1983	599	8	1986	487	6
	1986	606	6	2000	495	7
	2006	608	7	1988	503	6
	1993	613	6	2002	507	7
	1987	625	7	2009	527	7
	2003	658	5	1990	546	5
4	1989	667	5	1987	576	7
	1997	676	7	2003	583	6
	2008	719	5	1997	646	7
	2009	762	5	2008	652	5
	2002	768	7	1989	687	4
	2010	957	5	1996	760	7
	1996	1165	4	2010	841	6
Moyenne	-	572	-	-	478	-

Source : D'après ORMVAG (2014).

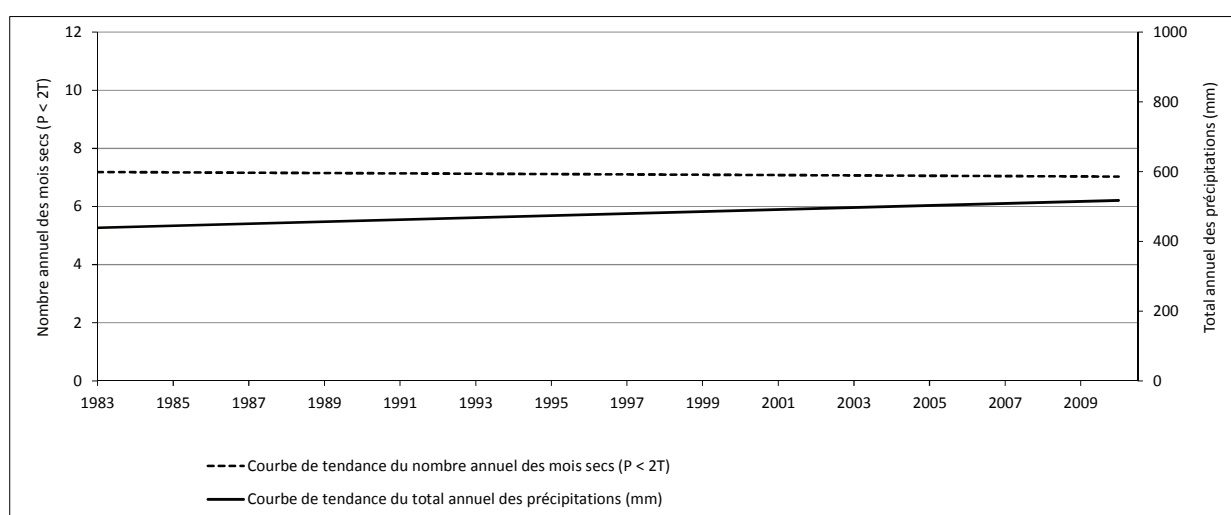
La variabilité interannuelle des précipitations méditerranéennes n'est plus à démontrer (Cote et Legras, 1966 ; Gravier et Weisrock, 1987 ; Rognon, 1996 ; Douguédroit, 1997). Elle apparaît nettement à travers les valeurs extrêmes qui sont comprises dans un rapport de 1 à 4,53 à Mnasra et de 1 à 4,31 à Zegota. Si la variabilité interannuelle des précipitations est bien admise, la tendance globale de celles-ci, à la hausse ou à la baisse, est-elle accompagnée d'une quelconque tendance quant au nombre de mois secs ?

La hausse des températures a globalement concerné l'ensemble du Maroc. Durant la période 1960-2000, le nord du Maroc a connu un réchauffement de l'ordre de 1°C. En revanche, le changement intervenu dans les précipitations, bien que globalement orienté à la baisse, n'est pas homogène sur l'ensemble du territoire du Maroc. Si les précipitations ont tendance à baisser dans plusieurs régions (notamment dans les régions montagneuses et leurs bordures), cette baisse est plus discrète dans les régions littorales de l'Atlantique (Royaume du Maroc, 2010). Dans le Gharb, leur évolution est plutôt orientée à la hausse, alors qu'au niveau des mois secs la tendance est plutôt à la baisse (Mnasra) ou à la stagnation (Zegota). Cela se traduit par une tendance plutôt à la hausse aussi bien des températures que des précipitations (fig. 5 et 6).



Source : D'après ORMVAG (2014).

Figure 5 : Évolution des précipitations annuelles et du nombre annuel des mois secs à Mnasra de 1983 à 2010.



Source : D'après ORMVAG (2014).

Figure 6 : Évolution des précipitations annuelles et du nombre annuel des mois secs à Zegota de 1983 à 2010.

Si un quelconque changement affecte les précipitations, ce serait dans leur répartition intra-annuelle qui conditionne le nombre de mois secs propre à chaque année. Toutefois, la définition des mois secs sur la base de la relation précipitations/températures doit être considérée avec précaution dans la mesure où tous les mois dont les précipitations sont légèrement supérieures (mois subhumides) ou inférieures (mois sub-secs) au double des températures faussent l'évaluation de la sécheresse. De plus, les définitions de la sécheresse reposant sur les paramètres des précipitations et des températures ne possèdent pas la moindre justification mathématique, puisqu'elles établissent le lien entre des grandeurs de nature différente. Plutôt que d'utiliser la relation précipitations/températures, qui ne tient pas compte de la réserve en eau utile du sol, il serait donc utile de considérer les bilans hydriques. Ceux-ci prennent en considération ce paramètre qui rythme l'ampleur du déficit hydrique et, partant, de la contrainte de la sécheresse, notamment au début et à la fin de la saison sèche (Vigneau, 1996 et 2000). Le calcul des bilans hydriques nécessite de prendre en compte les précipitations et l'évapotranspiration potentielle qui constituent deux variables comparables, car elles s'évaluent en hauteur d'eau.

L'évapotranspiration potentielle n'est pas mesurée au niveau des stations étudiées. Par ailleurs, son estimation correcte dépend du choix de la formule. La formule la plus crédible, celle de Penman, exige, pour son calcul, plusieurs paramètres spécifiques (vitesse du vent, tension de la vapeur d'eau, flux énergétique, albédo de la surface du sol...) qui ne sont généralement pas mesurés dans les deux stations étudiées. Par ailleurs, le pas de temps mensuel est grossier pour mesurer la tendance à l'augmentation de la longueur de la saison sèche, celle-ci étant généralement évaluée en nombre de jours.

Faute de données suffisantes pour établir les bilans hydriques mensuels, voire journaliers, afin de déceler une quelconque tendance dans l'évolution des sécheresses à l'échelle du Gharb. Ainsi, nous pouvons nous appuyer sur les projections du changement climatique à l'échelle du Gharb réalisées à partir des modèles climatiques établis pour le nord du Maroc. Celui-ci englobe le Rif et le Moyen-Atlas, d'où le Sebou et ses principaux affluents reçoivent l'essentiel de leur écoulement. Les simulations climatiques se basent sur deux scénarios du GIEC : B2 plutôt optimiste, et A1B considéré comme un scénario médian (Royaume du Maroc, 2010).

Le tableau 3 présente les valeurs projetées, aux horizons 2045 et 2075, des températures et des précipitations moyennes annuelles par rapport à la période de référence 1961-1990. Le réchauffement est semblable pour les deux scénarios précités à l'horizon 2045, se situant à 1,7 °C. L'écart se creuserait entre les deux scénarios à l'horizon 2075 : 2,6 et 3,1 °C respectivement pour B2 et A1B. Pour les précipitations, en raison de grandes incertitudes qui planent sur leurs projections, nous ne retenons pas les différences prévues, généralement faibles, entre les deux scénarios.

Globalement, les précipitations seraient en baisse d'une centaine de mm à l'horizon 2045 et de l'ordre de 150 mm à l'horizon 2075. Par ailleurs, les projections dessinent une tendance à l'accentuation des événements climatiques extrêmes, c'est-à-dire des pluies torrentielles et des vagues de chaleur, tant en fréquence qu'en durabilité (Royaume du Maroc, 2010).

Tableau 3 : Projections des températures et des précipitations au nord du Maroc à des horizons différents du 21^{ème} siècle par rapport à la période 1960-1990.

Période ou horizon	1961-1990	Horizon 2045		Horizon 2075	
Scénario		A1B*	B2**	A1B*	B2**
Températures (°C)	19,3	21,0	21,0	22,4	21,9
Précipitations (mm)	720	623	634	567	589

* : A1B, scénario médian.

** : B2, scénario plutôt optimiste.

Source : D'après Royaume du Maroc (2010).

Le climat marocain est sous l'influence des modes de circulations extratropicales, et plus particulièrement l'Oscillation Nord Atlantique (ONA) qui exerce une grande influence sur les précipitations. L'ONA est généralement décrite à l'aide d'un indice qui est calculé à partir de la différence de pression au niveau de la mer, entre la dépression d'Islande et de l'anticyclone des Açores (fig. 7). En phase négative, la Méditerranée bénéficie de conditions humides alors que le temps en Europe est plus sec. A l'inverse, en phase positive, la sécheresse règne en Méditerranée

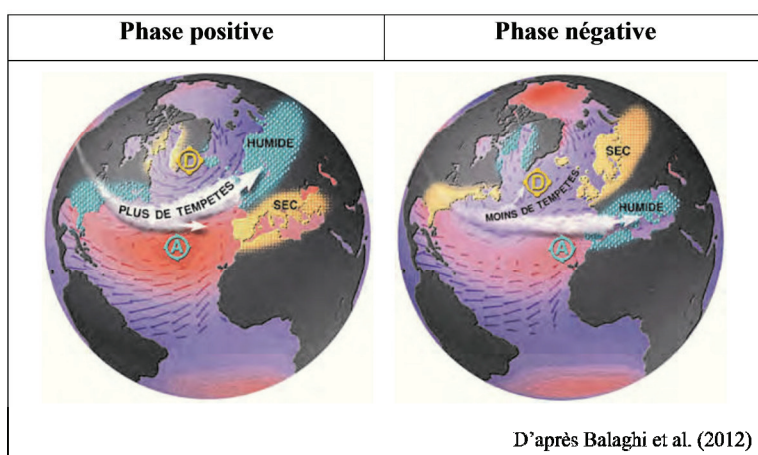


Figure 7 : Phases positive et négative de l'Oscillation Nord Atlantique.

alors que les tempêtes sont plus nombreuses en Europe. Depuis la fin des années 1970, l'indice de l'ONA a souvent été en phase positive, se traduisant par le déplacement vers le nord des perturbations humides des moyennes latitudes par les advections d'ouest. Plusieurs études ont enregistré une forte corrélation négative entre l'indice ONA et la pluviométrie au Maroc (Knippertz et al., 2003 ; Driouech, 2010 ; Balaghi et al., 2012).

Conclusion

L'approche fréquentielle du rapport $P < 2T$ permet de souligner le risque de sécheresse propre à chaque mois. La saison estivale est la saison sèche la plus remarquable chaque année. Les autres saisons peuvent également connaître la sécheresse, mais d'une manière occasionnelle et moins durable que la sécheresse estivale. Bien qu'il soit d'une utilisation facile, surtout du point de vue graphique, le rapport $P < 2T$ est loin de refléter la réalité du phénomène de la sécheresse. Il ne fournit qu'une estimation de la sécheresse hydrologique estivale, alors que le bilan hydrique, résultant de la confrontation des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle, fait ressortir cette sécheresse en termes de déficit hydrique qui hypothèque la croissance des plantes, ce qui rend l'irrigation indispensable. Les bilans hydriques n'ont pas pu être calculés faute des valeurs de l'évapotranspiration potentielle pour les deux stations étudiées.

Les sécheresses estivales et accidentelles affectent l'ensemble du Gharb, mais leur intensité et leur longueur varient d'une année à l'autre, et entre le Gharb atlantique et le haut Gharb. La sécheresse estivale, quand elle dépasse 6 mois consécutifs, peut constituer une contrainte majeure pour les cultures dans le Gharb. Bien que les montagnes rifaines et moyen-atlasiques fournissent l'essentiel des eaux qui contribuent largement au soutien de l'écoulement estival du Sebou, la quantité d'eau disponible en été, particulièrement pendant les mois les moins arrosés de l'année (juillet et août), est globalement insuffisante pour les besoins agricoles du Gharb. C'est la raison pour laquelle des barrages ont été construits à l'amont du bassin du Sebou pour mobiliser les ressources en eau hivernales en vue de leur utilisation estivale. Certains barrages ont aussi un rôle de contrôle des inondations qui ravageaient naguère la plaine du Gharb, à l'image du barrage Al Wahda.

Par ailleurs, ces ressources en eau connaîtraient une baisse consécutive au réchauffement (évalué à 3 °C à l'horizon 2075) et à la baisse des précipitations (de l'ordre de 150 mm à l'horizon 2075). La tendance et les projections climatiques étant globalement connues, il consiste aujourd'hui d'adopter une vision globale intégrant tous les secteurs concernés par le changement climatique. L'objectif est d'évaluer les risques et les vulnérabilités afin d'épargner aux ressources en eau disponibles tous les impacts d'origine anthropique tels que la pollution, la surexploitation, etc.

Bibliographie

- Amyay M., Nouaceur Z., Tribak A., Obda Kh. et Taous A., 2012 : Caractérisation des événements pluviométriques extrêmes dans le Moyen Atlas et ses marges. In : *Actes du 25^{ème} colloque de l'Association Internationale de Climatologie* (Grenoble), p. 75-80.
- Bagnouls F. et Gaussen H., 1957 : Les climats biologiques et leur classification. Paris, *Annales de Géographie*, n° 355, p. 193-220.
- Balaghi R., Jlibene M., Tychon B. et Eerens, H., 2012 : *La prédiction agro-météorologique des rendements céréaliers au Maroc*. Institut National de la Recherche Agronomique, Rabat, 149 p.
- Cote M. et Legras J., 1966 : La variabilité pluviométrique interannuelle au Maroc. Rabat, *Revue de Géographie du Maroc*, n° 10, p. 19-30.
- Delannoy H., 1997 : Remarques sur la Climatologie de la façade atlantique ibéro-marocaine au sud de 40° N. In : *Le climat, l'eau et les hommes*, Presses universitaires de Rennes, p. 301-317.
- Diva-Gis, 2015 : <http://www.diva-gis.org/gdata> (ressources cartographiques thématiques pour SIG).
- Douguédroit A., 1997 : Climat du bassin méditerranéen. In : *Le climat, l'eau et les hommes*, Presses universitaires de Rennes, p. 251-280.
- Driouech F., 2010 : *Distribution des précipitations hivernales sur le Maroc dans le cadre d'un changement climatique : descente d'échelle et incertitudes*. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 163 p.

- Gravier J. et Weisrock A., 1987 : Un exemple d'accident climatique, la sécheresse des années 1975-1984 au Maroc. In : climat et risques naturels, *Association Française de Géographie Physique*, Paris, p. 139-148.
- IPCC, 2013: *Climate change 2013, the physical science basis*. Working group I contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press, New York, 1535 p.
- Knippertz P., Christoph M. and Speth P., 2003: Long-term precipitation variability in Morocco and the link to the large-scale circulation in recent and future climates. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 83, p. 67-88.
- Lamarre D. et Pagney P., 1999 : *Climats et sociétés*. Paris, Armand Colin, 272 p.
- Lambert R., 1975 : *Recherches hydrologiques dans le sud-est du bassin garonnais*. Université de Toulouse 2, Thèse de doctorat d'État, 2 tomes, 750 p.
- Lambert R., 1996 : *Géographie du cycle de l'eau*. Presses universitaires du Mirail, Toulouse, 439 p.
- Laouina A., 1982 : La sécheresse au Maroc et dans les pays riverains du Sahara, aspects climatiques. Rabat, *Revue de Géographie du Maroc*, n° 6, p. 13-36 (en arabe).
- Moujane A., Chagdali M., Blanke B. et Mordane S., 2011 : Impact des vents sur l'upwelling au sud du Maroc, apport du modèle ROMS forcé par les données ALADIN et QuikSCAT. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Terre, n° 33, p. 53-64.
- ORMVAG, 2014 : *Données des stations météorologiques de la zone de l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Gharb (ORMVAG)*. Kénitra.
- Rognon P., 1996 : Sécheresse et aridité, leur impact sur la désertification au Maghreb. *Sécheresse*, n° 4, p. 287-297.
- Royaume du Maroc, 2010 : *Seconde communication nationale à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques*. Rabat, Ministère de l'Environnement, 218 p.
- Stour L. et Agoumi A., 2008 : Sécheresse climatique au Maroc durant les dernières décennies. *Hydroécologie appliquée*, tome 16, p. 215-232.
- Vigneau J-P., 1996 : *L'eau atmosphérique et continentale*. Paris, SEDES, 192 p.
- Vigneau J-P., 2000 : *Géoclimatologie*. Paris, Ellipses, 334 p.