

SUIVI DE LA SÉCHERESSE AGRO-CLIMATIQUE À PARTIR DU DÉFICIT D'ÉVAPORATION DANS LE BASSIN VERSANT DE LA MEJERDA (TUNISIE)

Mustapha Mjejra, Vincent Dubreuil, Latifa Hénia

▶ **To cite this version:**

Mustapha Mjejra, Vincent Dubreuil, Latifa Hénia. SUIVI DE LA SÉCHERESSE AGRO-CLIMATIQUE À PARTIR DU DÉFICIT D'ÉVAPORATION DANS LE BASSIN VERSANT DE LA MEJERDA (TUNISIE). XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Jul 2015, Liège, Belgique. pp.369-374. halshs-01176812

HAL Id: halshs-01176812
https://shs.hal.science/halshs-01176812

Submitted on 16 Jul 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.

SUIVI DE LA SÉCHERESSE AGRO-CLIMATIQUE À PARTIR DU DÉFICIT D'ÉVAPORATION DANS LE BASSIN VERSANT DE LA MEJERDA (TUNISIE)

MJEJRA M.(1), DUBREUIL V.(2), HENIA L.(3)

(1) Université de Manouba, Faculté des Lettres, des Arts et des Humanités [mustaphamjejra@yahoo.fr]
(2) Université Rennes2, LETG-Rennes-COSTEL, UMR-6554 CNRS [vincent.dubreuil@uhb.fr]
(3) Université de Tunis, Faculté des sciences Humaines et Sociales [latifa-henia@yahoo.fr]

Résumé *- Ce travail présente un essai de suivi de la sécheresse agro-climatique dans le bassin versant de la Mejerda en Tunisie. Le niveau du déficit d'évaporation (ETM-ETR) permet de réaliser la carte de la sécheresse agro-climatique. La fréquence et l'intensité du déficit d'évaporation expriment le degré de cette contrainte. Les résultats obtenus montrent que la végétation dans la région est exposée à la contrainte de la sécheresse qui s'aggrave durant l'activité végétative.*
Mots-clés *: Sécheresse agro-climatique, Mejerda, déficit d'évaporation.*

Abstract - Monitoring the agro-climatic drought from the evaporation deficit in Mejerda watershed (in Tunisia). *This work presents a follow-up test of the agro-climatic drought in the watershed of the Mejerda Tunisia. The level of evaporation deficit (ETM-ETR) allows for the map of the agro-climatic drought. The frequency and intensity of the evaporation gap express the degree of the constraint. The results show that the vegetation in the area is exposed to drought stress that worsens during the vegetative activity.*
Keywords*: agro-climatic Drought, Mejerda, evaporation deficit.*

Introduction

La sécheresse agro-climatique se manifeste par l'insatisfaction des besoins en eau des cultures. Elle constitue la plus grande contrainte dans la mesure où elle perturbe la croissance végétale et diminue les rendements. Les indices de suivi de la sécheresse agro-climatique sont très variés. Parmi les indices les plus simples à calculer, nous avançons ici le paramètre du déficit d'évaporation (DE). Il constitue un indicateur d'interprétation de l'intensité de la sécheresse (Mounier, 1977 ; Dubreuil, 1996; Lamy, 2013). Il se base sur la combinaison de données pédologiques, paysagères et climatiques (Lamy, 2013).

Ce travail se rapporte au bassin versant de la Mejerda, situé dans la Tunisie tellienne. C'est un domaine à vocation agricole. Les terres cultivées (arboricultures, cultures en sec, cultures maraichères…) constituent plus de 60% de sa superficie. Il se caractérise par un climat à nuance méditerranéenne, avec des hivers doux et pluvieux et des étés chauds et secs (Henia, 1993). La demande évaporatoire (ETP) y est très élevée : 1350 mm à 1530 mm (Mjejra *et al.*, 2014). Les cultures dans la région sont exposées, d'une manière presque systématique, à un déficit d'évaporation (DE). En effet, certaines questions se posent quand on parle du déficit d'évaporation:

- Quel est le seuil de déficit d'évaporation indiquant une sècheresse agro-climatique ?
- Quelle est la signification de l'intensité et de la fréquence du déficit d'évaporation ?
- Peut-on suivre la variation spatiale et intra annuelle du déficit d'évaporation agricole dans le bassin versant de la Mejerda ?

Une tentative de réponse à ces questions fait l'objet de cette étude.

1. Données et méthodes

1.1. Données

Le suivi de la sécheresse agro-climatique dans le bassin versant de la Mejerda s'appuie sur deux types de données :

- les données climatiques : ces données proviennent de l'Institut National de Météorologie. Il s'agit de séries journalières des températures, de l'humidité relative de l'air, l'insolation et

du vent, relatives à 8 stations réparties sur le bassin versant de la Mejerda (Figure 1). Ces données sont utilisées pour calculer l'évapotranspiration potentielle (ETP) ;

- les données satellites : il s'agit des séries temporelles des NDVI du capteur MODIS-Terra (produits MOD13Q1: lpdaac.usgs.gov/). Les images satellites sont utilisées pour déterminer les coefficients culturaux (Kc) pour calculer l'évapotranspiration maximale (ETM).

Cette base de données s'étend sur 11 années (2000 à 2011). L'année considérée ici est l'année agricole allant du 1er septembre au 31 août. D'une part, les données retenues offrent la possibilité d'obtenir une image régionale détaillée et d'autre part, elles permettent d'étudier aisément la fréquence de la sècheresse agricole.

1.2. Méthodes

Pour les besoins de ce travail, nous avons utilisé le modèle de l'Organisation de l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) développé par Allen *et al.*, en 1998. Ce modèle est recommandé aujourd'hui par FAO et l'Organisation Mondiale de Météorologie (OMM) pour calculer l'ETP, L'ETM et l'ETR par les formules suivantes :

- l'évapotranspiration potentielle[1]

$$ETP = \frac{\left\{0,408\,\Delta\,(Rn - G) + \left[900\,\frac{\gamma}{T+273} * U2 * (es - ea)\right]\right\}}{[\Delta + \gamma\,(1 + 0,34\,U2)]}$$

- l'évapotranspiration maximale : $ETM = ETP * Kc$
- l'évapotranspiration réelle : $ETR = ETP * Kc * Ks$

avec Kc coefficient cultural calculé en utilisant l'approche satellite par les images du capteur MODIS selon la formule suivante (Mjejra *et al.*, 2014) :

$$Kc = 1,7 * (NDVIp + NDVImin)$$

avec NDVI*p* étant les valeurs des NDVI des pixels de l'image donnée et NDVI*min* représente les valeurs minimales des NDVI relatives aux sols nus.

En ce qui concerne le coefficient de stress (Ks), on a utilisé les valeurs de FAO publiées dans le rapport 56 et calibrées pour les régions subhumides. En fait, le cadre de cette étude ne permet pas d'utiliser la procédure de calcul de Ks en raison de sa complexité et la prise en compte de plusieurs paramètres, qui ne sont pas toujours disponibles dans le bassin versant de la Mejerda. Cependant, le niveau du déficit d'évaporation est une simple différence entre l'évapotranspiration maximale (ETM) et l'évapotranspiration réelle (ETR), c'est-à-dire l'écart entre la demande des plantes et la consommation en eau. Ici, on a utilisé l'ETM au lieu de l'ETP car on a pris en compte l'occupation du sol dans la région étudiée. Ceci permet de déterminer la durée de la saison favorable et la saison défavorable dans le bassin versant de la Mejerda. Cela « vient du fait qu'en prenant en compte l'occupation du sol réelle on intègre les besoins en eau spécifiques de chaque stade phénologique » (Lamy, 2013).

Ce travail retient les indices proposés par Mounier, 1977, Dubreuil, 1994, 1996 et Lamy, 2013, auxquels on a apporté des modifications pour ajuster les seuils à la région étudiée. De plus, tout en se référant aux travaux réalisés par les chercheurs de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT ; Radhouane, 2006 et Hammami, 2010), sur des territoires tunisiens on a pu dégager les typologies suivantes :

- un mois pleinement humide où ETR = ETM ;
- un mois humide où le déficit d'évaporation enregistre des faibles valeurs ne dépassent pas 15 mm par mois à raison de 0,5 mm par jour dans une situation où la réserve utile n'est pas

[1] **ETP** évapotranspiration potentielle [mm/jour] ; **Rn** rayonnement net de surface [MJ/m²/jour] ; **G** flux de chaleur du sol [MJ/m²/jour] ; **T** température de l'air moyenne à 2m [°C] ; **u2** vitesse du vent à 2m [m/s] ; **es** pression de vapeur à saturation [kPa] ; **ea** pression de vapeur actuelle [kPa] ; **Δ** variation de la courbe de pression de vapeur [kPa/°C] ; **γ** constante psychométrique [kPa/°C]

reconstituée. C'est-à-dire hors les mois dont l'ETR est égale à l'ETM et pour un sol à une réserve hydrique de 100 mm (Hammami O., 2010) ;

- un mois sub-sec :(15 < DE < 50 mm/mois) au cours duquel commence la sollicitation de la réserve utile ; à ce seuil de déficience, l'épuisement de la réserve utile devient plus important ;
- un mois sec : (50 < DE < 80 mm/mois) où la réserve utile commence à atteindre ses valeurs minimales ; la sécheresse, très prononcée, se caractérise par des fentes de dessiccation sur le sol et une perte maximale de feuilles chez les arbres ;
- un mois très sec : (DE ≥ 80 mm/mois) où l'eau dans le sol est difficilement extraite par les racines des plantes.

Il faut remarquer que le seuil du DE indiquant la contrainte de la sécheresse varie selon les types des plantes. C'est pour cette raison que nous avons considéré que la sécheresse des plantes aura lieu dès que le DE dépasse 15 mm par mois (seuil appliqué pour la culture de sorgho dans la région de Jendouba, Radhouane, 2006). Pour voir encore mieux le degré de la sécheresse agro-climatique dans le bassin versant de la Mejerda, on a suivi l'intensité mensuelle du déficit d'évaporation, exprimée par le rapport de la consommation en eau de la végétation (ETR) aux besoins en eau de celle-ci (ETM) :

$$\frac{ETR}{ETM} * 100$$

Ainsi, les agronomes admettent que les plantes commencent à souffrir de la sécheresse lorsque l'ETR n'arrive pas à couvrir 50% de l'ETM. À cet effet, nous avons adapté ce seuil pour déterminer la sécheresse d'un mois donné. Enfin, on a totalisé sur l'année le nombre des mois pendant lesquels la région est marquée par la sécheresse.

2. Résultats et discussion

2.1. Analyse spatiale du déficit d'évaporation

La figure 1 montre que le niveau annuel du DE est compris entre 300 mm et 460 mm. Ce niveau augmente au fur et à mesure en allant des secteurs nord vers les secteurs sud-ouest. Les faibles valeurs DE sont associées aux formations forestières du versant sud de la Kroumirie et l'axe du cours d'eau de la Mejerda où se trouvent les périmètres irrigués. Par contre, les fortes valeurs occupent les plateaux sud-ouest du haut Tell où on peut atteindre les 460 mm, en particulier, sur les surfaces à sols nus. Cela veut dire que le risque de la sécheresse touche au premier degré les sols nus, puis les cultures annuelles et enfin les plantations arborées. La répartition géographique du DE laisse apparaître que la vallée du cours d'eau de l'oued Mejerda s'impose comme une véritable limite entre les versants nord à faible risque de sécheresse et les versants sud à

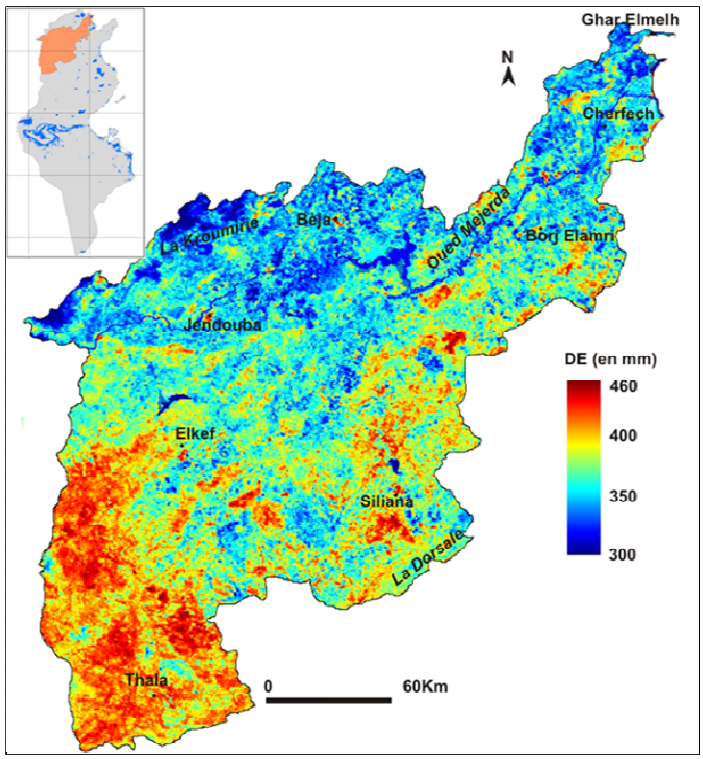


Figure 1. Niveau annuel du déficit d'évaporation dans le bassin versant de la Mejerda (2000-2011)

forte risque de sécheresse dans la mesure où on assiste à une dégradation des conditions climatiques et le développement de la sécheresse peut s'aggraver. Les facteurs d'exposition des versants sont favorables au développement des niveaux faibles du DE. A cet effet, la rive gauche de l'oued Mejerda est exposée aux flux arrosés du nord, on a donc, la reconstitution rapide de la réserve utile des sols et son épuisement lente. Par contre, les secteurs du sud-ouest se caractérisent par des sols nus et perméables dont la recharge de la réserve utile n'est pas toujours assurée (Hammami, 2010). Ces secteurs enregistrent aussi des NDVI très faibles, de ce fait « une déficience d'évaporation élevée correspondrait à de faibles valeurs du NDVI, traduisant des phénomènes de sécheresse » (Dubreuil, 1996).

2.2. Fréquence et intensité du déficit d'évaporation

La figure 2 en damier présente la fréquence de la typologie des mois dans les 8 stations retenues et pour la période de 2000 à 2011. Ainsi, les mois secs sont plus fréquents que les mois humides, ils occupent environ 66,4 % du total. Sur toute la période étudiée la saison sèche s'étend sur 6 à 8 mois. Elle peut commencer plus tôt, au mois de mars à Thala, ou plus tard, au mois de mai à Ghar Elmelh et Elkef. Par contre l'achèvement de cette saison est effectué au mois d'octobre ou novembre. Ici, le niveau du DE oscille de 296,2 mm à Ghar Elmelh et 451,2 mm à Thala. Cela permet de dire que les besoins en eau de la végétation ne sont assurés, en général, que durant la période hivernale dans la mesure où le niveau du DE est alentour de 25 mm. Ici, le DE peut avoir des valeurs nulles durant un à deux mois. En outre, les plantes ne commencent à souffrir d'une certaine restriction de l'évapotranspiration que lorsque l'ETR n'arrive pas à couvrir 80% de l'ETM et/ou le DE enregistre une valeur supérieure à 15 mm par mois en particulier pendant la période de la croissance végétale sur sol limoneux (Hammami, 2010).

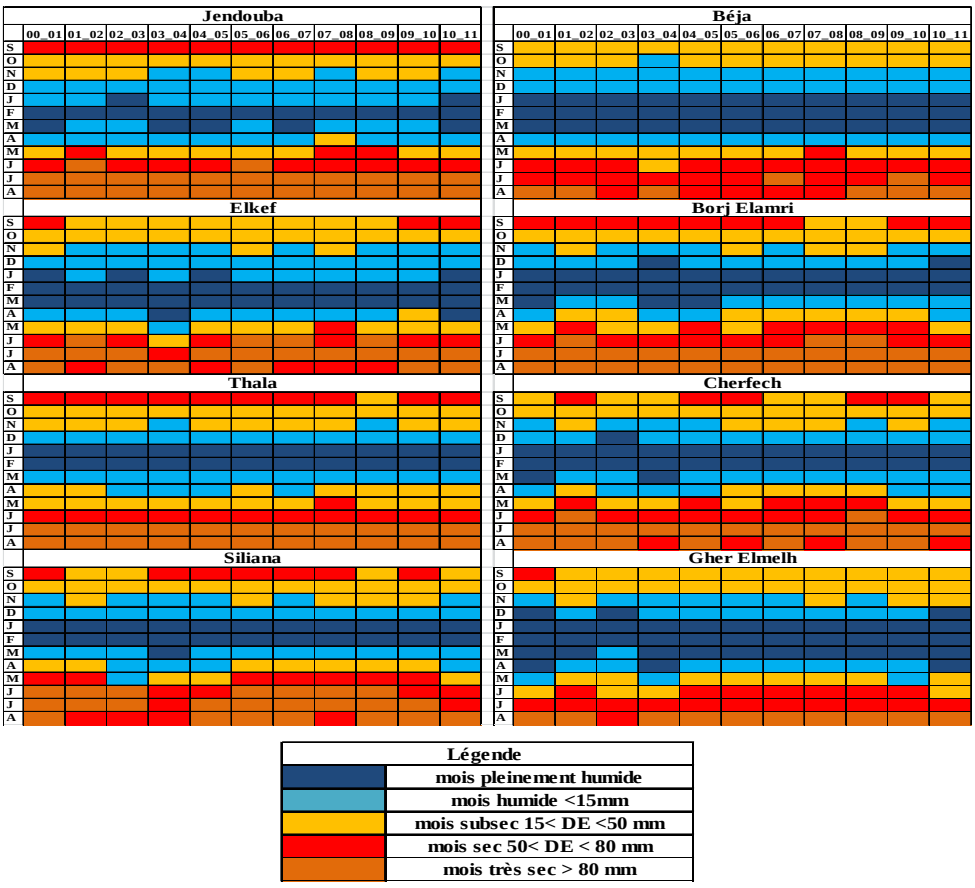


Figure 2. Typologies des mois selon le niveau du déficit d'évaporation dans les 8 stations du bassin versant de la Mejerda (2000 à 2011)

Le tableau 1 montre que toutes les stations retenues enregistrent un DE intense où la survie des plantes est menacée. L'intensité s'accentue au fur et à mesure en allant des stations situées dans les secteurs nord de la région vers les stations des secteurs sud. Cette intensité s'étend, généralement, du mois de juin au mois de novembre, à l'exception de Thala là où elle touche le mois de mai. De ce fait, durant cette période, le stock d'eau dans le sol est à son niveau bas et la végétation souffre d'un stress hydrique prononcé. En outre, l'intensité du DE se distingue par un rythme très variable pendant les mois de l'automne et elle est régulière durant l'été. Cette variation est due à la manifestation de types de temps perturbés sur le bassin versant de la Mejerda au cours l'automne.

Tableau 1. L'intensité mensuelle du déficit d'évaporation (fréquence du seuil 50%) dans les 8 stations du bassin versant de la Mejerda (2000 à 2011)

Jendouba	35,1	Bèja	26,5
Elkef	31,1	Borj Elamri	37,4
Thala	49,5	Cherfech	38,4
Siliana	41,7	Ghar Elmelh	28,8

2.3. Variation du déficit d'évaporation au cours de différentes phases de l'activité végétative

Pour présenter mieux l'image régionale de la sécheresse agro-climatique dans le bassin versant de la Mejerda, on présente ici la variabilité du rythme de DE pour les deux types d'occupation du sol retenue dans ce travail (cultures annuelles, plantations arborées). Ces deux types sont contrastés en termes de phénologie et selon les valeurs des Kc. En effet, la figure 3 montre que le régime mensuel du DE est lié aux différents phases de l'activité végétative. En ce qui concerne les plantations arborées, au cours de la phase initiale (fin février et mars) le DE est nul car les besoins en eau sont satisfaits du fait de « la faiblesse relative des besoins en eau de l'arbre au cours de cette période » (Hlaoui, 2006). Pendant la phase de développement (avril, mai et juin), le DE augmente progressivement pour atteindre 89 mm soit 39 % des besoins en eau. Durant la phase de mi-saison (juillet-août), le DE contenu à augmenter et dépasse les 100 mm dont l'ETR ne couvre que 45% de l'ETM. Enfin, la phase d'arrière-saison (septembre-novembre), le DE enregistre une chute remarquable allant de 62,8 à 12,5 mm et le taux de recouvrement augmente d'environ 53 % à 63%. Ceci est dû « à la diminution des besoins en eau de l'arbre et au démarrage de la saison des pluies » (Hlaoui, 2006).

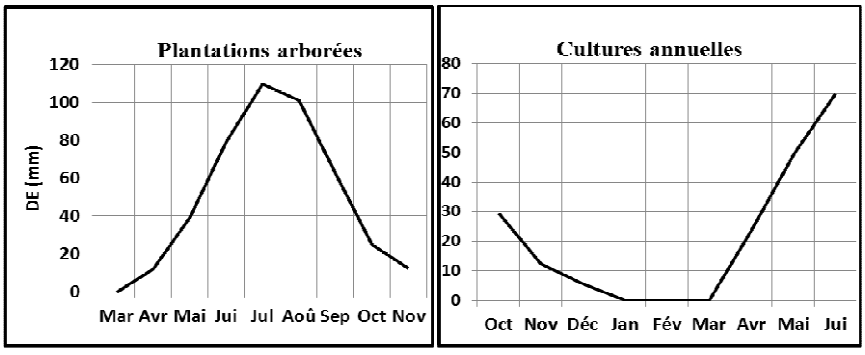


Figure 3. Le déficit d'évaporation moyen en fonction de l'occupation du sol (2000 à 2011).

Cependant, le régime des cultures annuelles diffère du précédent. En effet, au cours de la phase de semis, qui commence avec le mois de novembre, le DE diminue progressivement et s'annule en hiver. La phase de développement débute avec le mois de mars et se termine au moment où la couverture du sol est complète. Le DE augmente lentement pour atteindre 14,2 mm à la fin du mois d'avril où l'ETR ne couvre que 81% de l'ETM. La phase de pleine saison se termine par la chute ou la sénescence du couvert foliaire (mois de mai et mi-juin). Le pic du DE a lieu en juin soit un mois d'avance par rapport à celui des plantations arborées. Ceci

est dû au fait que les cultures annuelles sont récoltées généralement durant le mois de juin. Après cette phase, le DE chute brutalement car les sols deviennent nus. Ainsi, l'évolution du DE des plantations arborées et des cultures annuelles dépend de l'état de remplissage de la réserve utile dans le sol et le cycle de développement de la végétation.

Conclusion

Le déficit d'évaporation permet de cerner les besoins d'eau de la végétation afin d'obtenir une description du stress hydrique perçu par la végétation et de quantifier l'intensité des sécheresses (Lamy, 2013). Ainsi, en dehors des massifs de la Kroumirie, à chaque saison agricole, les plantes dans le bassin versant de la Mejerda sont exposées à la contrainte de la sécheresse, en particulier, au printemps et en été. A cet effet, la sécheresse agro-climatique parait donc être une contrainte réelle pour la végétation dans bassin versant de la Mejerda. Ceci se réalise durant la phase de l'activité végétative et notamment, au cours de la phase mi-saison.

Sur le plan méthodologique, l'approche du déficit d'évaporation parait ici adaptée à l'échelle régionale. Elle offre la possibilité d'une représentation spatiale complète et dynamique de la région étudiée. Mais, une meilleure cartographie de la sécheresse dépend en premier lieu d'une méthode d'investigation de la carte d'occupation du sol, permettant de fragmenter les classes de la couverture du sol, et ce pour présenter en détail la réalité du terrain. En deuxième lieu la réalisation de la carte de taille des réserves utiles des sols est indispensable pour déterminer le stock d'eau disponible pour les plantes. Du reste, la carte d'occupation du sol détaillée et la carte de la réserve utile permettent d'avoir un résultat cernant mieux la végétation dans le bassin versant de la Mejerda.

Bibliographie

Allen R., *et al.*, 1998 : *Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements.* FAO Irrigation and Drainage Paper **56**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 300 p.

Dubreuil V., 1996 : Synthèse géographique de la sécheresse dans les régions océaniques. *La Météorologie,* 8e série **15**, 22-34.

Dubreuil V., 1994 : *La sécheresse dans la France de l'Ouest : Etude d'après les bilans hydriques et les données des satellites NOAA-AVHRR*. Thèse de doctorat. Université Rennes 2, 381 p.

Hlaoui Z., 2006: Bilans hydriques agro-climatiques de l'olivier en Tunisie. *Revue Tunisienne de Géographie,* **37**, 43-73.

Hénia L., 1993 : *Climat et bilan de l'eau en Tunisie : Essai de régionalisation climatique par les bilans hydriques,* publications de l'Université de Tunis, 391 p.

Hammemi O., 2010 : *Evapotranspiration potentielle, bilan hydrique et agro-climatologie en Tunisie,* Centre de Publication Universitaire, 437p.

Lamy C., 2013 : Impact du changement climatique sur la fréquence et l'intensité des sécheresses en Bretagne. Thèse de Doctorat de l'Université Rennes 2, 286 p.

Mjejra M,. Dubreuil V., Henia L., 2014 : Evaluation de l'évapotranspiration maximale par télédétection à moyenne résolution spatiale : cas du bassin versant de la Mejerda en Tunisie. *Actes du 27ème colloque de l'Association Internationale de Climatologie,* Dijon, pp 54-60.

Mounier J., 1977 : Aspects et fréquences de la sécheresse en Bretagne. *Revue de géographie de Lyon,* **2**, 167-176.

Radhouane L., 2006 : *Diversité morpho-phénologique, caractérisation agro-physiologique et mécanismes d'adaptation aux contraintes hydriques et salines de populations autochtones de mil*. Thèse de doctorat d'Etat, INAT, Université de Carthage, 289p.