

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA SECHERESSE ET CONCEPTS DES MODELES PROBABILISTES « CAS DE LA REGION DE SOUK-AHRAS, ALGERIE »

WACILA KHOUALDIA⁽¹⁾, HAMMAR YAHIA⁽²⁾

⁽¹⁾ Université Mohamed Cherif Messadia Souk-Ahras, Laboratoire de Recherche LGRMF. Algérie
mwacila@Yahoo.fr

⁽²⁾ Université de Badji Mokhtar Annaba

RESUME

Dans la région semi-aride de l'Algérie, nous avons connu plusieurs périodes de sécheresse qui sont caractérisées par des pluviométries déficitaires et des écoulements très faibles des principaux oueds des bassins versants. Pendant les périodes sèches, les ressources en eau de surface et, par conséquent, les volumes stockés subissent une diminution très nette. Il devient parfois difficile de satisfaire la demande en eau potable, et aussi celle destinée à l'agriculture. Afin de mieux gérer une telle situation, la connaissance des facteurs climatiques et l'étude du phénomène de la sécheresse par l'estimation des indicateurs sont indispensables.

Cette étude vise à montrer l'existence d'une variabilité climatique au niveau de la région de Souk-Ahras, Nord-Est de l'Algérie située dans le Nord du bassin versant de la Medjerda, et à comprendre son impact sur l'alimentation des ressources en eau. Pour ce faire, diverses données (pluie, température, l'évapotranspiration de référence, historiques des cartographies pluviométriques, apports liquides) et méthodes (indices centrés réduits, l'indice de l'écart à la moyenne, la construction des courbes intensités durées fréquences) ont été utilisées.

L'application des indices centrés réduits et de l'écart à la moyenne aux séries pluviométriques et hydrologiques a mis en évidence une variabilité climatique caractérisée par une alternance de phases humides, normales et sèches. Ces méthodes statistiques indiquent la diminution des précipitations qui est bien apparente dans les années 80 et les années 90, où une longue période de phénomène de sécheresse de 3 années successives est observée vers la fin de la décennie 80 et le début de la décennie 90. L'évolution de l'évapotranspiration de référence et de la température est inverse par rapport à celle de la pluviométrie. L'augmentation de la température influe négativement sur la disponibilité des ressources en eau de la région d'étude. Cette influence se traduit par l'augmentation des pertes par évaporation. L'historique des cartes pluviométriques indique que la région d'étude assiste à un véritable décalage des zones pluviométriques. Les manifestations de cette variabilité climatique se répercutent sur les ressources en eau. Ainsi, les résultats de l'indice de l'écart à la moyenne des apports liquides au niveau du barrage AinDalia montrent une baisse à la même date de la succession des années de sécheresse.

Le changement de ces variables climatiques de ces dernières décennies (1980-1990-2000) a produit dans la région d'étude des pluies plus fréquentes pendant l'été qui ont les mêmes caractéristiques des pluies convectives. Elles ont des durées courtes et des intensités élevées. Pour une bonne gestion des ressources en eau, des modèles probabilistes ont été réalisés.

MOTS CLES: Sécheresse, analyse fréquentielle, fluctuation, variabilité climatique, bassin versant, Souk-Ahras.

ABSTRACT

In the semi-arid region of Algeria, We have experienced several periods of drought are characterized by rainfall deficit and very low flows of the main wadis watershed.

During dry periods, the water resources surface and, therefore, the stored volumes suffered a sharp decline. Sometimes it becomes difficult to meet the demand in drinking water, and also that agriculture. To better manage this situation, knowledge of climatic factors and characterization of drought by estimating indicators are essential. This study aims to show the existence of climate variability in the North East region of Algeria in the watershed north of Medjerda and understand its impact on the supply of water resources. To do this, various data (rainfall, temperature, the reference evapotranspiration, historical maps of rainfall, liquid flows) and methods (reduced centered index, the index of deviation from the mean, building intensity curves duration frequencies) were used. The application of reduced centered clues and the deviation from the average for rainfall and hydrological data showed a climate variability characterized by alternating wet phases, normal and dry. These statistical methods indicate reduced rainfall which is apparent in the 80s and 90s, where a long period of drought phenomenon of 3

successive years is observed towards the end of the 80s and early 90s. The evolution of the reference evapotranspiration and temperature is reversed compared to that of rainfall. The increase in temperature adversely affects the availability of water resources in the study area. This influence that results in increased evaporation losses. The history of rainfall maps indicates that the study area indicates a real shift in rainfall zones. The manifestations of this climatic variability affect water resources. Thus the results of the index of the deviation from the average liquid intake at the dam AinDalia show a deficit on the same date of the succession of years of drought. The change of climate variables in decades (1980-1990-2000) produced in the study area more frequent rainfall during the summer that has the same characteristics of convective rain. They have short durations and high intensities. For proper management of water resources, probabilistic models were made.

KEYWORDS: Dryness, frequency analysis, fluctuation, climate variability, catchment area, Souk-Ahras.

1 INTRODUCTION

Plusieurs manifestations climatiques récentes de grande ampleur ont poussé la communauté scientifique à s'intéresser aux changements climatiques et à leurs impacts sur les ressources en eau. Parmi elles, on peut citer la sécheresse qui a affecté les pays du Maghreb, et l'Algérie en particulier, depuis les années 1970 (Kettab, [1]; Kettab et al, [2]; Laborde, [3]; Djellouli et Daget, [4]; Mebarki, [5]; Haida et al., [6]; Meddi et Hubert, [7]; Meddi et Meddi, [8]; Meddi et Meddi, [9]; Hirche et al., [10]; Laftouhi et Persoons, [11]; Bekkoussa et al., [12]; Zeineddine, [13]; Bergaoui et al, [22]).

Le changement climatique à un impact direct sur plusieurs aspects de la vie humaine, parmi ceux-ci on note :

- Les ressources hydriques: politiques de l'eau, agriculture, aménagement du territoire, activités industrielles, habitat, et transports.
- L'énergie: les modes de production et de consommation d'énergie.

Bien qu'il s'agisse d'un phénomène mondial, les conséquences du changement climatique ne seront pas les mêmes dans tous les pays.

En Algérie, le développement économique, social, et la croissance de la population entraînent une demande considérable en eau dont la pluie joue le rôle prédominant. Cette importance vient du fait que le climat de l'Algérie est semi-aride à aride avec des ressources en eau limitées et difficiles à exploiter.

Pour évaluer le changement de la variabilité climatique en Algérie, on tente ici, à travers cette étude, d'évaluer le cas du bassin versant Nord de Medjerda (région de Souk-Ahras).

Le but de cette analyse est d'essayer de répondre aux questions suivantes:

- Y a-t-il un changement de la variabilité climatique dans la région de Souk-Ahras ?
- s'il le changement existe, comment se manifeste-t-il sur les ressources en eau?

2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET DES DONNEES

Dans cette étude nous avons pris en considération la partie Nord du bassin versant de la Medjerda qui délimite la région de Souk-Ahras de superficie 4360 km² (Fig.1). Le grand bassin versant de Medjerda occupe une superficie de 23700 km² dont 7600 km² se trouve en territoire algérien. Au Nord, le bassin est bordé par le bassin des Côtiers Constantinois, à l'Est par la Tunisie, à l'Ouest par les Hautes Plaines Constantinoises et au Sud par le bassin de Chott Melghrir. Elle est aussi traversée par un des principaux oueds maghrébins, la Medjerda. D'après la figure 1, cet oued Medjerda se trouve au niveau du sous bassin 01 étudié, prend sa source à 20 km de Souk-Ahras et occupe une superficie de 1430 km². Il s'écoule vers l'Est avant de se jeter dans la mer Méditerranée au niveau du golf de Tunis. Cinq barrages ont été construits sur les différents cours d'eau du bassin Medjerda. Ain Dalia est le barrage le plus important en alimentation en eau potable coté algérien et se classe deuxième après celui de Seliana en Tunisie. La cuvette d'Ain Dalia a une superficie de 193 Km², une capacité de 82 millions de m³, et un volume régularisable de 40 millions m³. Elle représente la principale source d'alimentation en eau potable pour la région de Souk-Ahras ainsi que pour d'autres régions limitrophes (Tébessa, Oum El Baouqui, Bouchegouf, et El-Quinate).

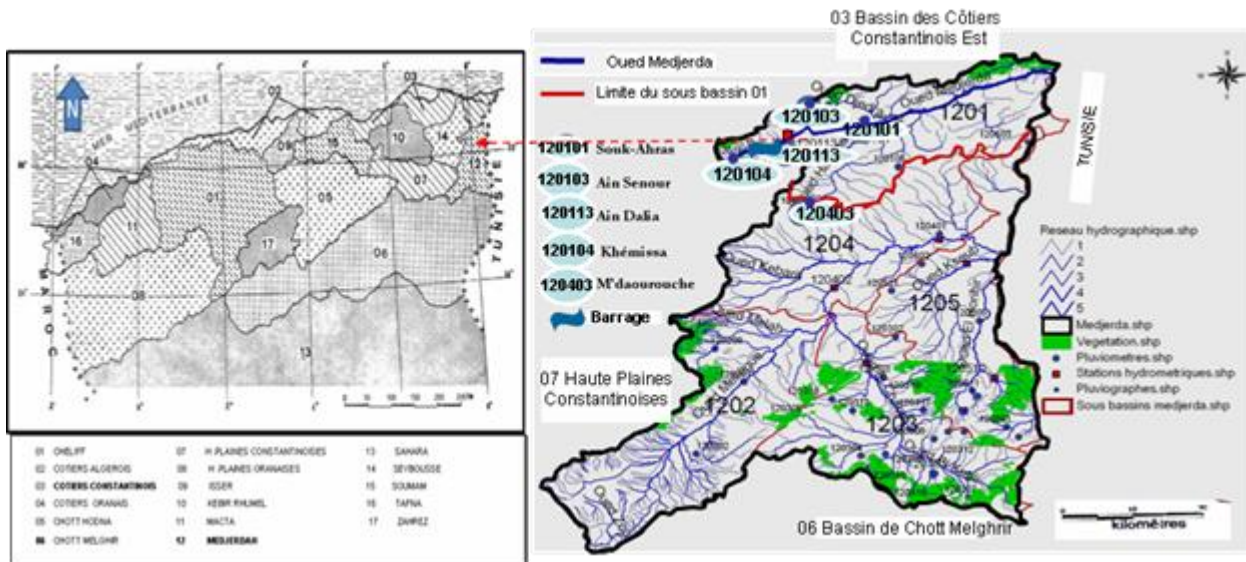


Figure 01: Situation du site d'étude au niveau bassin versant de la Medjerda (Source : Agence National des Bassins Hydrographiques, 2008)

Cinq stations de mesures hydro pluviométriques sont réparties sur la zone d'étude et fonctionnent depuis plus ou moins longtemps comme le montre le Tableau 1. Les stations pluviométriques sélectionnées sont au nombre de 4. Il s'agit des stations de Souk-Ahras, AinSenour, M'daourouche et Khémissa et la station hydrométrique au niveau du site d'AinDalia (Fig. 1).

Ces données proviennent des deux établissements responsables du réseau pluviométrique en Algérie, à savoir l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) et l'Office Nationale de la Météorologie (ONM). La fiabilité des données a été contrôlée par les tests d'homogénéités et la méthode du double cumul.

Tableau 01: Identification des postes pluviométriques et hydrométrique

| Station | Longitude | Latitude | Altitude (m) | Eloignement à la mer (Km) | Code | Période d'étude |
|-----------------------|-----------|----------|--------------|---------------------------|--------|-----------------|
| Souk-Ahras | 07°57'E | 36°15'N | 590 | 100 | 120101 | 1969-2005 |
| AinSenour | 07°87'E | 36°33'N | 790 | 85 | 120103 | 1969-2000 |
| Khémissa | 07°52'E | 36°10'N | 900 | 132 | 120104 | 1972-2000 |
| M'daourouche | 07°82'E | 36°07'N | 870 | 150 | 120403 | 1969-2000 |
| AinDalia ¹ | | | 717 | 110 | 120113 | 1987-2005 |

3 APERÇU SUR LE CLIMAT DE LA ZONE D'ETUDE

La région de Souk-Ahras est située dans la partie Nord Est de l'Algérie. Géographiquement, elle est assise dans une cuvette, entourée de montagnes à relief montagneux complexe (500 à 1400 m), faisant partie de l'Atlas tellien au Nord et des Hautes Plaines au Sud. Elle se caractérise par un climat continental à influence méditerranéenne et désertique avec une pluviométrie variant entre 300 et 1000 mm/an (Fig.2). Le maximum des jours de fortes pluies hivernales et du vent violent rencontré en Décembre, Janvier, est provoqué par le passage successif des dépressions d'Ouest, de quelques dépressions

éditerranéennes et par le passage de fronts froids. Les mois de Juillet et d'Août ont aussi des précipitations moyennes inférieures au module qui est de 45,7 mm. La majorité des pluies de ces mois secs est occasionnée essentiellement par des orages violents et parfois par le passage de fronts froids associés à des vents du Nord.

¹Station hydrométrique

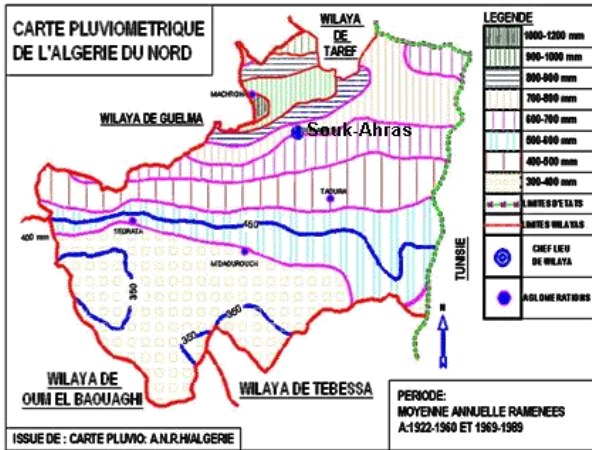


Figure 02 : Isohyètes moyennes annuelles au niveau de la région de Souk-Ahras (Source : A.N.R.H 1993)

De grandes quantités d'eau peuvent tomber en un seul mois. L'extrême variabilité des précipitations mensuelles d'une année à l'autre, est une autre caractéristique du régime pluviométrique de la région de Souk-Ahras. Si l'écart type reste relativement constant d'un mois à l'autre; le coefficient de variation connaît des fluctuations importantes, surtout pour les mois inférieurs au module. Cet aspect rend difficile la gestion des ressources en eau de ces mois secs et des mois qui les suivent (Fig. 3). Par ailleurs, la corrélation entre les précipitations mensuelles de chaque mois est très faible (Tab. 2) et caractérise l'indépendance de deux mois successifs.

Tableau 02 : Corrélation entre les précipitations mensuelles de chaque mois

| | Janv. | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Sept | Oct. | Nov. | Déc. |
|-----------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|------|------|------|------|
| Janvier | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| Février | 0.30 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| Mars | 0.05 | 0.22 | 1.00 | | | | | | | | | |
| Avril | 0.04 | 0.34 | -0.04 | 1.00 | | | | | | | | |
| Mai | -0.18 | -0.27 | -0.10 | 0.25 | 1.00 | | | | | | | |
| Juin | -0.15 | -0.18 | -0.21 | -0.05 | 0.44 | 1.00 | | | | | | |
| Juillet | -0.15 | 0.02 | 0.03 | -0.08 | -0.07 | 0.04 | 1.00 | | | | | |
| Août | -0.28 | -0.20 | -0.29 | -0.02 | -0.13 | 0.01 | 0.57 | 1.00 | | | | |
| Septembre | -0.26 | 0.01 | 0.05 | -0.08 | 0.09 | 0.12 | 0.48 | 0.33 | 1.00 | | | |
| Octobre | -0.05 | 0.12 | 0.16 | 0.35 | 0.11 | -0.24 | -0.07 | 0.06 | 0.12 | 1.00 | | |
| Novembre | -0.04 | -0.10 | 0.15 | -0.13 | 0.05 | 0.02 | 0.02 | -0.05 | 0.32 | 0.00 | 1.00 | |
| Décembre | 0.17 | -0.03 | 0.13 | -0.05 | 0.12 | 0.23 | -0.19 | -0.31 | 0.04 | 0.19 | 0.20 | 1.00 |

Par conséquent, la prévision des précipitations futures au cours de l'année d'après les précipitations mensuelles

passées est plus qu'incertaine.

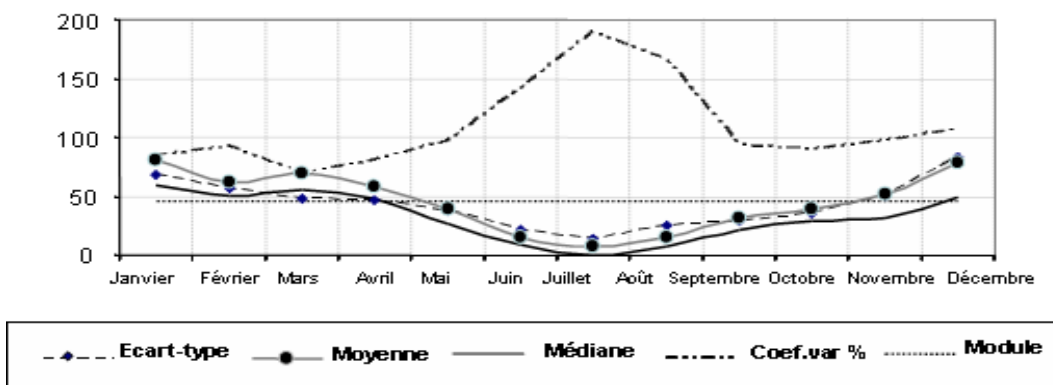


Figure 03: Précipitations moyennes mensuelles (mm), écart type, coefficient de variation %, médiane et module de Souk-Ahras

Les faibles corrélations entre les précipitations mensuelles de chaque mois peuvent s'expliquer par l'extrême diversité des types de temps qui se succèdent à Souk-Ahras. Ces situations météorologiques variées écartent la possibilité d'individualiser des saisons. On peut uniquement parler de la succession de phases humides et de phases sèches. L'étude des températures moyennes mensuelles pourrait apporter des renseignements susceptibles de définir plus précisément le régime climatique de la région.

Le régime climatique de Souk-Ahras est de type méditerranéen dégradé. Cette première approche du climat de cette station, a révélé l'extrême variabilité des précipitations moyennes mensuelles. Cette caractéristique risque d'avoir des répercussions sur l'évolution climatique d'ensemble et sur la distribution des précipitations de la région.

4 MÉTHODES

4.1 Données hydrométriques

Les données hydrométriques sont utilisées dans le but de montrer l'influence du changement de la variabilité climatique sur les ressources en eau. Les apports mensuels au barrage d'AinDalia sont calculés à partir des éléments fournis par les bordereaux d'exploitation de ce barrage.

Pour l'évapotranspiration de référence son estimation est calculée par la méthode de Turc (1961) [14].

4.2 Données pluviométriques

Différentes approches ont servi à suivre l'évolution interannuelle des précipitations, des écoulements de surface. Les deux méthodes suivantes ont été utilisées: indice pluviométrique et Indice de l'écart à la moyenne (Em).

4.3 L'évolution interannuelle des précipitations

4.3.1 Indice centré réduit

L'indice centré réduit (indice pluviométrique, IP) est le rapport de l'écart à la moyenne interannuelle (différence entre la hauteur de précipitation annuelle P_i et la hauteur moyenne interannuelle de précipitation de la période d'étude P_m) sur l'écart type des hauteurs pluviométriques annuelles (σ). Il permet d'observer la variabilité interannuelle ainsi que les périodes de déficits et d'excédents pluviométriques. Il est établi pour quantifier le déficit des précipitations pour des échelles de temps multiples qui vont refléter l'impact de la sécheresse sur la disponibilité des différents types de ressources en eau.

$$IP = (P_i - P_m) / \sigma \quad (I)$$

4.3.2 Indice de l'écart à la moyenne (Em)

Cet indice est la différence entre la hauteur de l'apport liquide annuelle (A_i) et la hauteur moyenne annuelle (A_m) des apports liquides de la période d'étude. L'écart est positif pour les années humides et négatif pour les années sèches. On parle d'année déficitaire quand l'apport est inférieur à la moyenne et d'année excédentaire quand la moyenne est dépassée.

$$Em = A_i - A_m \quad (II)$$

4.4 L'analyse des données pluviométriques

En Algérie l'absence des stations pluviométriques et hydrométriques à caractère professionnel pose le problème des données et de leur utilisation dans des domaines aussi prioritaires que l'hydrologie et l'agriculture. L'analyse des données pluviométriques relève de deux catégories: le dépouillement des hyètoigrammes inexistantes dans la plupart des cas relatifs aux pluies de courte durée (inférieur à 5 h) et celui relatif aux données plus fréquentes dans les stations et concernant les pluies longues (durée supérieure à 5 h). Donc on devra disposer d'un modèle pour résoudre les problèmes posés dans les zones où les données pluviométriques sont rares. La méthode utilisée est la construction des courbes intensité durée fréquence.

4.4.1 Courbes Intensité durée fréquence (IDF)

Nous sommes amené assez souvent à utiliser les relevés journaliers afin d'établir les courbes caractéristiques de la pluviométrie, beaucoup plus faciles à exploiter. Une pluie de durée donnée se définit par la hauteur d'eau tombée et la fréquence d'apparition d'une telle hauteur. Il est à remarquer qu'il est possible de remplacer la hauteur d'eau par son intensité moyenne maximale, qui est un paramètre déterminant dans l'estimation du débit de crue à évacuer. Le dépouillement d'une série de pluies journalières permet la constitution des courbes "hauteur durée fréquence", qui ne sont qu'un ajustement à une fonction exponentielle appelée loi de Montana (Meylan et Musy, [15]) :

$$h = at^n \quad (III)$$

Où h : hauteur de pluie (mm), t : durée (heure), a et n : paramètres empiriques. L'anamorphose logarithmique permet le passage à un modèle linéaire plus maniable et facile à exploiter

La transformation des courbes "hauteur- durée- fréquence" en courbes "intensité – durée -fréquence" est indispensable pour la mesure.

La détermination des paramètres de la fonction (a et n) à

partir des droites de régression (droites de Montana) rend facile la construction des courbes "intensité- durée- fréquence". L'intensité moyenne maximale, i_m en mm heure⁻¹, est donnée par la relation suivante:

$$i_m = at^{(n-1)} \quad (IV)$$

L'application de la loi de Montana reste satisfaisante pour les pluies de longue durée. Mais, la région de Souk-Ahras Nord de la Medjerda est caractérisée par un relief accidenté avec des pentes très fortes, ce qui nous amène le plus souvent à avoir des temps de concentration inférieurs à 5 h. La connaissance des pluies de courte durée nous permet pour une fréquence donnée, de passer aisément aux intensités ajustées à une fonction hyperbolique du type :

$$i_m = \frac{c}{(d+t)} \quad (V)$$

Avec, t en min et c et d les paramètres des pluies longues et courtes durées, respectivement. Il s'agit en fait de la conjonction de la formule de Talbot (utilisée pour les courtes durées) et de celle de Montana (longues durées) (Grandjean et Thöni, [16]).

5 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats de l'utilisation de la variable centrée réduite sur la pluviométrie annuelle permettent de mettre en évidence une certaine périodicité des cycles humides et secs (Fig.4).

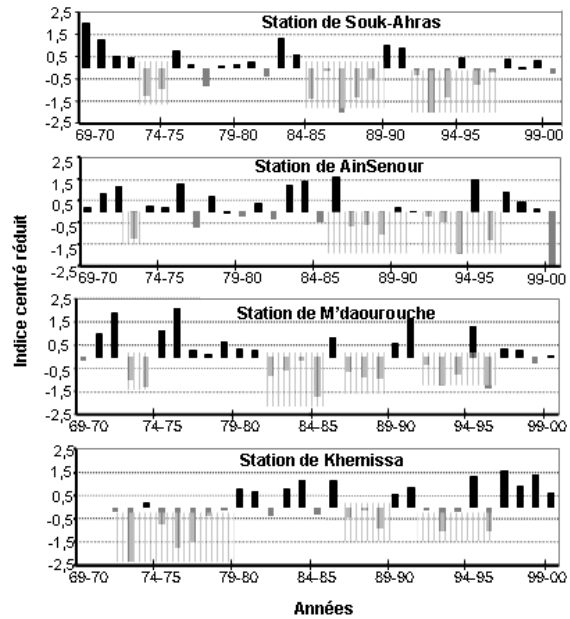


Figure 04 : Variabilité des précipitations dans la région de Souk-Ahras

La diminution des précipitations est bien apparente dans les années 80 et les années 90, où une longue période de phénomène de sécheresse de 3 années successives est observée vers la fin de la décennie 80 et le début de la décennie 90. L'évolution de l'évapotranspiration de référence et de la température est inverse par rapport à celle de la pluviométrie (Fig. 5). L'augmentation de la température influe négativement sur la disponibilité des ressources en eau de la région d'étude. Cette influence ce traduit par l'augmentation des pertes par évaporation (Henia et benzarti, [17]; Amoussou et al, [18]).

D'après la figure 2 établie par l'A.N.R.H pour la période 1922-1960 et 1969-1989 l'isohyète de Souk-Ahras est de 650 mm et l'isohyète au niveau du M'daourouche est à 450 mm. Alors que pour la période d'étude (1969-2005) (Fig. 6) l'isohyète au niveau de Souk-Ahras est de 550 mm et l'isohyète au niveau du M'daourouche est à 330 mm. Donc on assiste à un véritable décalage des zones pluviométriques. Ceci témoigne ainsi de cette régression pluviométrique.

Cette dernière coïncide avec les années des grandes sécheresses déterminées dans les études antérieures en Algérie, au Maghreb et sur quelques pays riverains de la Méditerranée (Kettab, [1]; Kettab et al, [2]; Laborde, [3]; Djellouli et Daget, [4]; Mebarki, [5]; Haida et al., [6];

Meddi et Hubert, [7]; Meddi et Meddi, [8]; Meddi et Meddi, [9]; Hirche et al., [10]; Laftouhi et Persoons, [11]; Bekkoussa et al., [12]; Zeineddine, [13]; Henia et Benzarti, [17]; Mebarki, [19]; Berthelot et al, [20]; Ghislain et Henrion, [21]; Bergaoui et al, [22]; Kingumbi, [23]; Lahache et Pillet, [24]).

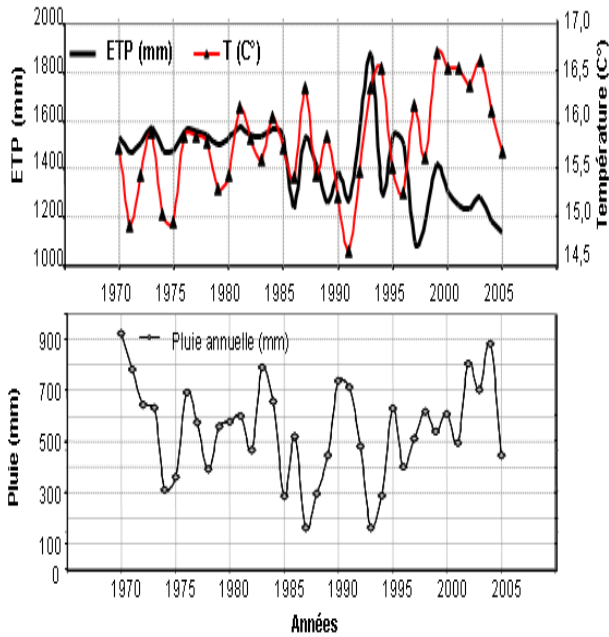


Figure 05: Evolution climatique de la région de Souk-Ahras sur la période 1969-2005

niveau du barrage AinDalia est estimé par l'indice de l'écart à la moyenne (Fig. 7).

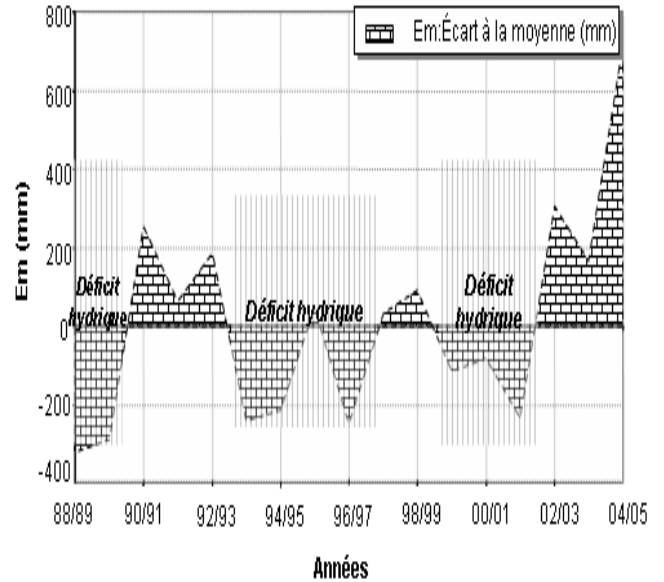


Figure 07: Variabilité de la lame d'eau écoulée au niveau du barrage d'Ain Dalia pour la période 1988-2005

Les périodes de déficit hydrique sont observées au niveau du barrage à la même date de la succession des années de sécheresse. Cette concordance des dates de déficit montre que le régime des cours d'eau est fortement lié à celui des précipitations. Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par (Mebarkie, [19]; Meddi, [9]) dans des études récentes en Algérie orientale. Ils mettent, en évidence une diminution pluviométrique au cours des dernières décennies, et aussi 1987-1988 est l'année la plus marquée par la sécheresse hydrologique (faible hydraulité) suivie par les années 1993-1994 et 2001-2002. Ainsi, durant l'année 1988-1989 les barrages de l'Ouest et du Centre se sont asséchés et moins ressentie à l'Est de l'Algérie, d'où la situation de l'approvisionnement en eau potable est devenue de plus en plus difficile à gérer (Khettab, [1]; Khettab et al, [2]). Et les résultats de l'écart à la moyenne de l'apport liquide au niveau barrage d'Ain Dalia est estimé à - 321 mm, -240 mm et -234.70 mm en 1988-1989, 1993-1994 et 2001-2002 respectivement, soit une baisse jamais atteinte depuis sa mise en service (Fig. 7).

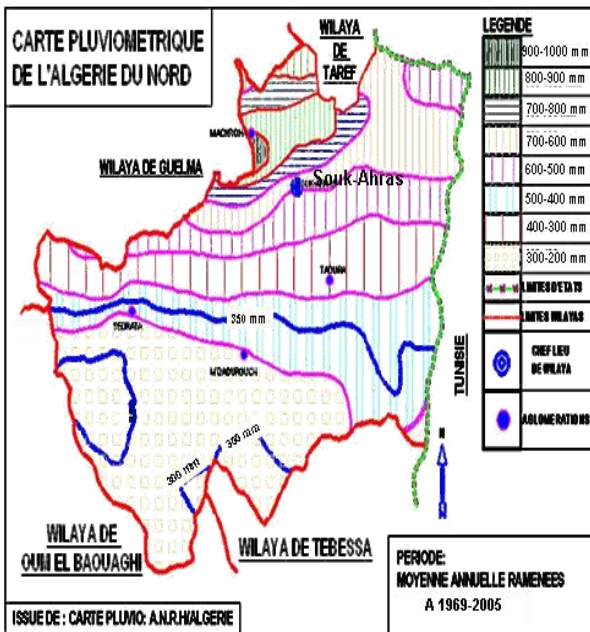


Figure 06: Isohyètes moyennes annuelles au niveau de la région de Souk-Ahras

On peut dire que c'est une sécheresse climatique qui a changé l'emplacement des isohyètes interannuelles de cette région. Ceci peut avoir une incidence sur les différents compartiments du cycle de l'eau: par exemple la baisse sensible des niveaux des rivières, des lacs et de retenues collinaires. Le déficit hydrique des apports liquides au

En Tunisie aussi, les études effectuées sur la pluviométrie et les apports de l'oued Merguellil ont connu une baisse assez significative ces dernières décennies (Kingumbi, [23]). Et l'année 1988-1989 est aussi apparue dans plusieurs variables comme une année de rupture (Bergaoui et al, [22]; Kingumbi, [23]; Lahache et Pillet, [24]).

Après ces longues sécheresses observées dans les années quatre-vingt et quatre-vingt-dix, la très grande variabilité

des pluies: années sèches et humides s'alternent, par des pluies souvent intenses générant des crues dévastatrices (Meddi, [9]; Mebarkie, [19]; Zinne Eddine, [13]). Et le changement de la variabilité climatique des dernières décennies (1980-1990-2000) a produit dans la région de Souk-Ahras des pluies plus fréquentes pendant l'été qui ont les mêmes caractéristiques des pluies convectives. Elles ont des durées courtes et des intensités élevées. Un exemple a eu lieu le 22 Août 2002 où un orage violent s'est abattu sur la ville de Souk-Ahras en 13 minutes occasionnant des inondations, la mort de 2 personnes, et plusieurs dégâts matériels (O.N.M [25]; lamétéo.org [26]). Il convient donc d'observer les écarts entre les précipitations des mois de Mai, Juin, et Août et la moyenne de l'ensemble de ces mois sur la période 1969-2005 (Fig. 8). Cette nouvelle phase pluvieuse coïncide avec une recrudescence dans le pays des catastrophes de type inondations urbaines. Ces épisodes pluvio-orageux ont généré à plusieurs reprises, des graves inondations meurtrières. L'épisode le plus tragique est sans nul doute celui qu'a connu en 2001 le quartier d'Alger « Bab – El Oued » (la crue subite de l'Oued Koriche a fait plus de 800 morts) [25, 27]. Pluies diluviennes en août 2002 (Souk-Ahras et Tébessa) 3 décès durant l'évènement, et dégâts matériels importants. En 2008, les pluies diluviennes qu'a connue la région du M'Zab ont provoqué la crue de l'oued M' Zab et la submersion de la ville de Ghardaïa, là encore, les victimes se comptent par dizaines. Plusieurs autres villes algériennes ont enregistré ces dernières années une recrudescence de ce type de phénomène. Les pluies tant attendues après ces deux décennies de sécheresse sont ainsi de plus en plus redoutées par les populations locales. Cette augmentation des fréquences des catastrophes de type inondation confirme que les cycles pluviométriques en Algérie se caractérisent désormais par des pluies plus intenses [13, 27, 28, 29].

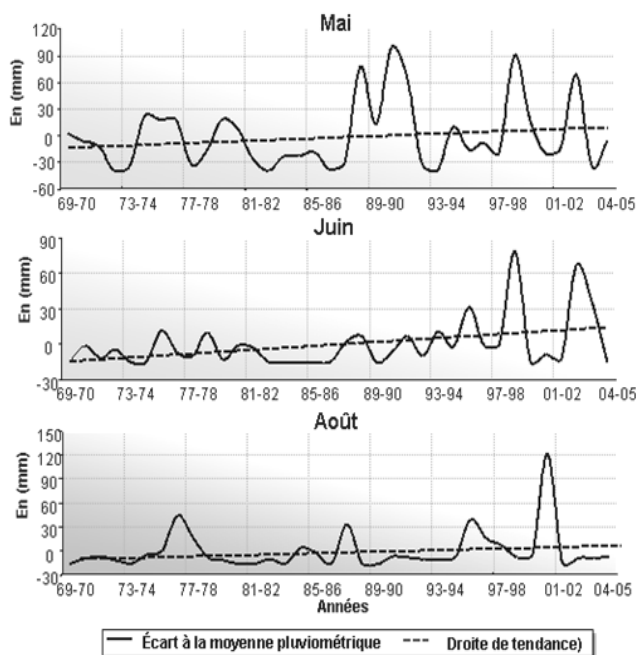


Figure 08: Ecart à la moyenne pluviométrique des mois Mai, Juin, et Août de la ville de Souk-Ahras (période 1969-2005)

Dans la région de Souk-Ahras, le dimensionnement des systèmes hydrauliques est basé sur les pluies d'hiver caractérisées par une pluie d'intensité moyenne et de longue durée (Fig. 9) qui est moins critique que les orages convectifs d'été.

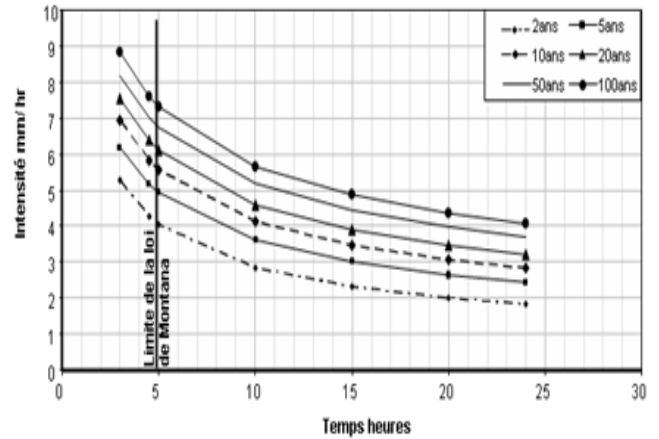


Figure 09: Courbes Intensités Durées Fréq. lois de Montana (Souk-Ahras)

En effet, les temps de concentration des bassins versants urbains de la région sont de l'ordre de 15 à 20 minutes. En plus, cette région souffre du manque d'étude statistique ou ces réseaux d'assainissements présentent des signes d'inaptitude pour y faire face aux inondations au cours des évènements extrêmes. Alors qu'on sait que l'étude statistique des séries pluviométriques revêt une importance capitale en hydrologie, surtout en ce qui concerne le dimensionnement des ouvrages hydrauliques et l'étude des aménagements hydro agricoles (Fig. 10).

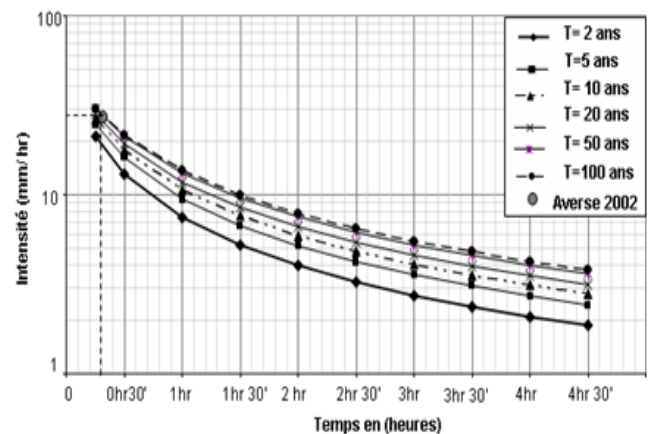


Figure 10: Courbes Intensités Durées Fréq. Pluies de courte durée Souk-Ahras

6 CONCLUSION

Les résultats de l'utilisation de la variable centrée réduite sur la pluviométrie annuelle de la région de Souk-Ahras montre que la diminution des précipitations est bien

apparente dans les années 80 et les années 90, où une longue période de phénomène de sécheresse de 3 années successives est observée vers la fin de la décennie 80 et le début de la décennie 90.

Aussi l'influence de l'augmentation de la température vers les décennies (1980, 1990 et 2000) sur la disponibilité des ressources en eau de la région d'étude s'est traduite par l'augmentation des pertes par évaporation. D'après les cartes pluviométriques établies pour les périodes (1922-1960 et 1969-1989) et (1969-2005) la région de Souk-Ahras assiste à un véritable décalage des zones pluviométriques. Pour la première période, l'isohyète de Souk-Ahras est de 650 mm et l'isohyète au niveau du M'daourouche est à 450 mm. Alors que pour la seconde période, l'isohyète au niveau de Souk-Ahras est de 550 mm et l'isohyète au niveau du M'daourouche est à 330 mm. On peut dire que c'est une sécheresse climatique qui a changé l'emplacement des isohyètes interannuelles de cette région et qui peut avoir une incidence sur la baisse sensible des niveaux des rivières, des lacs et des retenues collinaires. D'où, le déficit hydrique des apports liquides au niveau du barrage d'AinDalia s'est observé vers la fin de la décennie 1980 et le début de la décennie 1990. C'est une forte corrélation entre les variables climatiques. Le changement de ces variables climatiques de ces dernières décennies a produit dans la région de Souk-Ahras des pluies plus fréquentes pendant l'été de courtes durées et des intensités élevées. Pour cet effet on a proposé des modèles permettant d'estimer les probabilités des évènements hydrologiques ainsi que leur utilisation dans les projets de ressources en eau.

Les travaux de recherche sont en cour pour élargir la base de données en incluant d'autres stations de mesure sur tout le bassin versant de la Medjerda et le Nord-Est Algérien, entreprendre la régionalisation, et caractériser le changement de la variabilité climatique en terme de quantification probabiliste des précipitations, et évaluer l'impact sur l'agriculture.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des structures ANRH, ONM, ABH qui nous ont fourni les données indispensables à la réalisation de ce travail.

REFERENCES

- [1] KETTAB, A (2001): "Les ressources en eau en Algérie, stratégies, enjeux et vision" Revue Desalination Copyright © 2001 Elsevier Science B.V. All rights reserved; Volume 136, Issues 1-3, Pages 25-33.
- [2] KETTAB A., et AIT MOUHOU B. D. (2002): "L'eau Objet de Toutes les Convoitises." Colloque International sur l'Eau," Chelef, 05-06 février, Algérie.
- [3] LABORDE J.P. (1993): Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord à l'échelle du 1/500000. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, projet

- PNUD/ALG/88/021, une carte avec notice explicative, 44 p.
- [4] DJELLOULI Y., et DAGET P. (1993): Conséquences de la sécheresse des deux dernières décennies sur les écosystèmes naturels algériens, Publication Association International Climatologique, 6, p105-14.
- [5] MEBARKI A., (2003): "Cartographie automatique des précipitations : application à l'Est algérien". Revue des Sciences et Technologie, série B, n° 20, p. 100-107.
- [6] HAIDA S., AIT FORA A., PROBST J.L. et SNOUSSI M. (1999): Hydrologie et fluctuations hydroclimatiques dans le bassin versant du Sebaou entre 1940 et 1994. Sécheresse, vol. 10, n° 3, p. 221-226.
- [7] MEDDI M., et HUBERT P. (2003): Impact de la modification du régime pluviométrique sur les ressources en eau du Nord-Ouest de l'Algérie. In Hydrology of the Mediterranean and semiarid regions, IAHS publication, n°278, p. 229-235.
- [8] MEDDI H., et MEDDI M. (2007): Variabilité spatiale et temporelle des précipitations du Nord-Ouest de l'Algérie. Geographia Technica, n° 2, p. 49-55.
- [9] MEDDI H., ET MEDDI M. (2009): Variabilité des précipitations annuelles du Nord-Ouest de l'Algérie. Sécheresse; 20 : 57-65.
- [10] HIRCHE A., BOUGHANI A. et SALAMANI M. (2007): Évolution de la pluviosité dans quelques stations arides algériennes. Sécheresse, vol. 18, n° 4, p. 314-320.
- [11] LAFTOUHI N., et PERSOONS E. (2007): Influence des variations climatiques sur le régime hydrologique du bassin versant du Qsob (Essaouira Maroc). Technical Document in Hydrology, vol. 80, Édit. UNESCO et HydroSciences-Montpellier, p. 85-98.
- [12] BEKKOUSSA B., MEDDI M. et JOURDE H. (2008): Forçage climatique et anthropique sur la ressource en eau souterraine d'une région semi-aride: le cas de la plaine de Ghriss (Nord-Ouest algérien). Sécheresse, vol. 19, n° 3, p. 173-184.
- [13] ZEINEDDINE N. (2011): Vers un retour des pluies sur la rive sud du bassin méditerranéen occidental: analyse et évaluation de la tendance pluviométrique sur plus d'un demi – siècle en Algérie. The Annals of Valahia University of Târgoviște, Geographical Series, Tome 11 / 2011.
- [14] MUSY, A. (2001). Hydrologie générale. Edit : Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 330 p.
- [15] MEYLAN P., et MUSY A. (1999): Hydrologie fréquentielle, Editions HGA, Bucarest.
- [16] GRANDJEAN P., et THÖNI M. (1988): Choix et élaboration des données de pluie pour l'assainissement rural et urbain dans le canton de Genève, Verbandbericht Nr. 394, Verband Schweizerischer Abwasser- fachleute (VSA), Zürich.,
- [17] HENIA L., BENZARTI Z. (2006): Changements climatiques et ressources en eau de la Tunisie. XIXe colloque de l'association Internationale de climatologie, les risques liés au temps et au climat, Epanay, 6-9 septembre, France, p. 15-20

- [18] AMOUSSOU E., OYEDE L. M., et BOKO M. (2006) : Variabilité pluvio-hydrologique et production agricole dans le bassin du Couffo au Bénin (Afrique de L'Ouest). XIX^e colloque de l'association Internationale de climatologie, les risques liés au temps et au climat, Eparnay, 6-9 septembre, France, p. 67-72.
- [19] MEBARKI A. (2010): Apport des cours d'eau et cartographie du bilan hydrologique : cas des bassins de l'Algérie ; Sécheresse. Volume 21, Numéro 4, 301-8, octobre-novembre-décembre 2010, Article de recherche
- [20] BERTHELOT M., A. GENIN et D. GOURDON. (2004): "Variabilité interannuelle des précipitations dans les Alpes du Sud pour la période 1951/2000 : Analyse statistique des séries," Université François Rebellais, Tours, France, 2004. <http://www.meteomania.net>.
- [21] GHISLAIN C., et HENRION B. (2001): Présentation des changements climatiques en Europe, PHYS2542.
- [22] BERGAOUI.M et al. (2001): Caractérisation de la sécheresse météorologique: cas du bassin versant de Siliana en Tunisie. Rev. Sécheresse. Vol. 12 n°4. p. 205-213.
- [23] KINGUMBI A. (2006) : Modélisation hydrologique d'un bassin affecté par des changements d'occupation. Cas du Merguellil en Tunisie Centrale. Thèse de Doctorat, Université de Tunis El Manar, 300 p.
- [24] LAHACHE RG., et PILLET G. (2008) : Projection des ressources en eau de la Tunisie sous les effets des changements climatiques globaux. XIIIth World Water Congress (Montpellier, 2008), 12 p.
- [25] ONM : Office Nationale de la Météorologie Nationale, <http://www.meteo.dz/>
- [26] D:\doc\Lameteo_org la météo dans tous ses états.mht (2008).
- [27] BENAZZOUZ A. (2011): Conférence sur les inondations majeures en Algérie, Séminaire International UVREDA, Utilisation et valorisation des ressources en eau pour le développement durable des écosystèmes arides, CRSTA, Centre de Recherche Scientifique et technique sur les Régions Arides, Biskra, 13-14 novembre.
- [28] MEDEJERAB A. (2007): Les situations pluviométriques extrêmes dans le nord-ouest de l'Algérie. Actes du XX^e colloque de l'association internationale de climatologie.
- [29] MEDEJERAB A. et HENIA.L. (2011): Variations spatio-temporelles de la sécheresse climatique en Algérie Nord Occidentale, courrier du savoir – n°11, p.71-79.