*International Conference on African Large River Basins Hydrology*

*Hammamet, Tunisia, October, 26-30th, 2015*

**Analyse et cartographie des tendances pluviométriques dans le bassin versant de l’oued Sébaou (Nord-Centre de l’Algérie)**

Bilel Zerouali 1, Mohamed Mesbah 2, Mohamed Chettih 1, Zaki Abda 1 & Mohammed Djemai 3

*(1) Département de Génie Civil,* *Laboratoire de Recherche Ressources en Eau, Sol et Environnement, Université Amar Telidji Laghouat. B.P 37. G 03000, Laghouat, Algérie*

Email : b.zerouali@lagh-univ.dz

Email : m.chettih@mail.lagh-univ.dz

Email : zaki.abda@yahoo.fr

*(2) Département de géologie,* *Laboratoire LGBO, Université of Science and Technologie Houari Boumediene., B.P. 32 El Alia, Bab Ezzouar, Alger, Algérie.*

Email : mohamed\_mesbah@hotmail.com

*(3) Département de Génie Civil,Laboratoire de Géomatériaux, Environnement et Aménagement, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, BP n°10 .RP, Hasnaoua, Tizi-Ouzou, Algérie*

Email : [Mohdjm54@yahoo.fr](mailto:Mohdjm54@yahoo.fr)

**Analyse et cartographie des tendances pluviométriques dans le bassin versant de l’oued Sébaou (Nord-Centre de l’Algérie)**

**Résumé** : Durant ces dernières décennies, les changements climatiques qui ont amplifiés les événements hydrologiques extrêmes (pluies torrentielles, inondations, sécheresses, . .) se sont largement manifestés dans notre pays. Le but de notre travail est d’analyser et cartographier les tendances et les variabilités pluviométriques toute au moins dans le bassin versant de l’Oued Sébaou. Ce bassin situé au Nord septentrional de l’Algérie est tout à fait représentatif des bassins versants méditerranéens. La base de données utilisée dans ce travail est constituée par des données à différentes échelles issues de 23 stations pluviométriques couvrant une période de 39 années entre 1972-2010. Différents tests statistiques ont été utilisés, le test d’estimation de pente de Sen, le test de Mann-Kendall, test séquentiel de Mann Kandell et le test de Pettit ; pour évaluer les magnitudes des tendances et pour identifier et déterminer les dates des tendances et localiser temporellement les ruptures et les changements climatiques. Outre le test de van Belle et Hughes pour étudier la signification de l’homogénéité de la direction des tendances entre les stations pluviométriques. Les résultats obtenus, ont permis d’indiquer que la plus part des données analysées ont conservé leurs stationnarités et leurs propriétés aléatoires. Les tests ont permis de révéler d’une manière significative les périodes de rupture.

**Mots clés** : Tendances, Variabilités, pluviométriques, Tests statistiques, Cartographie, Sébaou, Algérie.

# Introduction

Les impacts du changement climatique se matérialisent majoritairement à travers l´eau. En effet, les inondations et les sécheresses sévissent de plus en plus dans un grand nombre de régions du monde. Ces catastrophes diminuent les rendements agricoles, réduisent la disponibilité alimentaire à tous les niveaux. Leurs impacts sur les autres secteurs peuvent se révéler tout aussi dévastateurs (GWP 2015),

Ces dernières années une progression significative des sujets de recherches en hydrologie et en climatologie dans une plusieurs parties du monde ont orientées vers l'étude, l’analyse et l’évaluation des tendances et des changements dans les variables hydrométéorologiques tels que les pluies, les débits, les températures… (Gautam et Acharya. 2012 ; Wagesho et al, 2013 ; Kumar, V et al 2010) et leurs impacts sur les ressources hydriques.

En Algérie les études réalisées dans le domaine des changements climatiques et en hydrologie statistique ne sont pas suffisantes par rapport à leur superficie qui dépasse deux millions de km2 et les ressources en eau disponible. Car le grand réservoir des eaux souterraines au Sahara Algérienne ou les nappes classée parmi les grands nappes phréatiques en Afrique avec un niveau de productivité compris entre 5 et 20 L/s, sans oublier les nappes de la chaine côtiers au méditerranéenne de 1800 km de long. Parmi les études réalisées, nous citerons ceux (Meddi M et Hubert 2003, Hallouz, F et al 2013, Hirche A 2007 ; Benkhaled A et al. 2008 ; Talia A et al. 2011) en effet Meddi M et al. 2010 ont observé une diminution inferieur de 20 % dans les précipitations annuelle dans le bassin versent da la Macta (ouest de l’Algérie). Pour le même bassin. (Leila Hamlaoui et al. 2013) sur les bassins versants du nord-ouest de l’Algérie (la Macta, Tafna, Chellif, Costale Oranaise) basé sur les données de 19 station météorologiques 1914-2004 révélé une tendance à la baisse dans la plupart des stations étudiées.

Le présent article propose une méthodologie ayant pour but de déterminer et de détecter la présence d’une tendance graduelle ou brutale au sein des séries pluviométriques dans le bassin versant du Sébaou dans la région de Tizi Ouzou. Pour cela, l’évolution et la variabilité de la pluie dans le bassin été examinée. L’analyse est principalement basée sur les pluies à plusieurs échelles annuelle, saisonnière, pluie max journalière annuelles, nombre jours de pluie

Les tests de Mann-Kendall, le test séquentiel de Mann Kendall (SQMK), le test d’estimation de la pente de Sen et le test de pettit sont des tests statistiques non-paramétriques utilisés pour détecter la présence des tendances et les ruptures dans les séries pluviométriques pour un niveau de signification de 95%, outre le test de van Belle et Hughes pour évaluer l’homogénéité de la direction des tendances entre les stations pluviométriques

# Présentation de la Zone d’étude

Le bassin versant de l’oued Sébaou appartient au Tell septentrional. Il se positionne entre les latitudes Nord 40G 50 (36°30) et 41G 00 (37°00) et les longitudes Est 01G 50 (03°30) et 2G50 (04°30), à une centaine (100) de kilomètres à l’Est-Sud -Est d’Alger .Il s’intègre dans les bassins versants côtiers Algérois de code (02), selon la nomenclature de l’agence nationale des ressources hydriques (ANRH) (Fig.1).

Il s’étend sur une superficie de 2500 km2 dont 80% environ de celle-ci correspondent à la surface issue du nouveau découpage administratif de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Le Bassin Versant de l’oued Sébaou (Fig.1) est limité : Au Nord par la chaine côtière du méditerranéenne, au Sud par la chaine du Djurdjura (wilaya de Bouira, à l’Est par les massifs d’Akfadou et de Béni-Ghobri (wilaya de Bejaia) et à l’Ouest par le massif de Sidi Ali Bounab et Djebel bouberak (wilaya de Boumerdes). Comprend trois grand sous bassin : Haut Sebaou contient les Sb : 02-15, 02-16, 02-17). Moyenne Sebaou contient les Sb 02-18, 02-19. Et le Bas Sebaou représenté par le Sb : 02-20

C:\Users\Bilel\Desktop\BV.tifFigure 01 : présentation géographique de la zone d’étude et les principales stations hydropluviométriques (02 : code ANRH du bassin versant Sébaou) (Ballah A 2014)

# Matériels

# Collecte des données

Dans cette étude nous avons utilisé des données de 23 stations pluviométriques à l’échelle annuelle et saisonnière ,16 station à l’échelle max journalière ,9 stations à l’échelle journalière entre la période de 1972-2010 (Tab 1), ces données couvrent toute la surface de la région d’étude, obtenue à partir l’Agence Nationale des Ressources Hydrique (ANRH)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Stations |  | Coordonnées géographiques en système Lambert (km) | | | | Caractéristiques statistique | |
| **Code ANRH** | | **Long(x)** | **Lat (y)** | **Elv(z)** | **Pluies Moyenne**  **intra-annuelle** | **Coefficient de variation** |
| Tizi Ouzou | 02/18/10 | | 620.70 | 380.25 | 220 | 772 | 0,25 |
| Draa Ben Khada | 02/18/04 | | 615,2 | 382,5 | 50 | 724 | 0,26 |
| Fréha | 02/16/03 | | 641.9 | 383.5 | 140 | 747 | 0,24 |
| Azazga | 02/15/04 | | 649,6 | 383,9 | 430 | 1003 | 0,25 |
| Boghni | 02/19/03 | | 612.55 | 361.15 | 251 | 747 | 0,28 |
| Ain El-hammam | 02/17/03 | | 645,5 | 364,5 | 1140 | 965 | 0,29 |
| Draa el mizan | 02/19/02 | | 596.30 | 366.1 | 530 | 732 | 0,32 |
| Ait Aicha | 02/15/09 | | 661.78 | 373.9 | 1000 | 1126 | 0,31 |
| Benni Yenni | 02/17/12 | | 635.00 | 365.25 | 760 | 869 | 0,24 |
| Aghrib | 02/16/01 | | 644,7 | 390,73 | 620 | 1031 | 0,23 |
| Ait Ouabane | 02/17/16 | | 643.25 | 354.70 | 1000 | 1202 | 0,20 |
| Baghlia | 02/20/02 | | 603,25 | 391,15 | 30 | 743 | 0,23 |
| Berbère | 02/16/07 | | 639.35 | 391.80 | 490 | 929 | 0,25 |
| Bouassem | 02/18/01 | | 620 | 371,5 | 660 | 819 | 0,22 |
| Djemaa Saharidj | 02/15/03 | | 641.70 | 377.75 | 450 | 796 | 0,21 |
| Larba Nath Irathen | 02/17/05 | | 634,9 | 372,75 | 940 | 900 | 0,23 |
| Larbaa Makouda | 02/18/05 | | 622.65 | 390.15 | 520 | 797 | 0,25 |
| Nazlioua | 02/19/06 | | 595,8 | 363,2 | 570 | 750 | 0,26 |
| Ouadhias | 02/17/01 | | 625,3 | 362,8 | 400 | 736 | 0,24 |
| Tizi Medden | 021/9/01 | | 612,35 | 347,92 | 550 | 730 | 0,23 |
| Tagma Pepiniere | 02/09/09 | | 660,3 | 382,9 | 900 | 950 | 0,23 |
| Tighzert N'Boubhir | 02/15/01 | | 650.90 | 372.00 | 215 | 1029 | 0,22 |
| Yakouren | 02/09/02 | | 655.2 | 382.15 | 820 | 1134 | 0,22 |

Tableau 1.Caractéristiques statistiques des données pluviométriques utilisées pour l’étude (1972-2010)

# Méthodologies

## Test de Man Kendall

Le test non-paramétrique de Mann-Kendall (H. B. Mann 1945) (M. G. Kendall, 1988) permet d’étudier la présence ou l’absence de tendance dans une série chronologique donnée xn=x1, x2, x3…. xn.

## Test séquentielle de Mann – Kendall (SQMK)

C’est un test non paramétrique, qui utilise la série des rangs au lieu de la série d’observations qui permet de déterminer la date de début et fin d’une tendance graduelle pour un seuil de signification.

## Test de Pettit (1979)

Pettit (1979) a proposé un test non paramétrique basé sur la statistique des rangs de Mann-Whitney (1947) qui permet de déterminer la date d’une tendance brutale dans les séries chronologiques (PETTITT 1979)

## Test d’estimation de la pente de Sen (Sen’s slope estimator)

Sen (1968) a développé une procédure non paramétrique pour estimer la pente de la tendance dans un échantillon de nombre n paires des données. La méthode de Sen utilise un modèle linéaire pour estimer la pente et la variance des résidus qui doivent être constantes dans le temps

## Test d'homogénéité de la Tendance

Ce test a été initialement proposé par van Belle et Hughes pour tester homogénéité de la direction d’une tendance monotone entre plusieurs stations (van Belle & Hughes, 1984),

## Technique d’interpolation

Nous avons utilisé la méthode d’interpolation inversement proportionnelle à la distance (Inverse Distance Weighting IDW)

# Résultats et Discussion

# Analyse spatio-temporelle des changements

# Totaux annuelle des précipitations

La pluviométrie dans la région de Tizi Ouzou est Caractérisée par une forte irrégularité spatiotemporelle durant la période d’analyse (1972-2010). Elle est influencées par des facteurs géographiques telles que l’altitude, éloignement de la mer et géologiques.La moyenne annuelle totale de la pluie pour les 23 stations est comprise entre 724 et 1200 mm par an, pour toute la région il existe une variation dans les données annuelles tel qu'indiqué par le coefficient de variation qui est supérieur a25 % pour la plupart des stations.

Les tests de MK, SQMK et Sen appliqués sur les séries des totaux annuels des précipitations montrent une seul tendance significative à la hausse dans la station d’Aghrib.

D’autre part 22 de 23 stations ou 95% des stations représentent des tendances non significatives mixtes à la baisse (11 stations ou 47%) et à la hausse (11 station ou 47%), ces tendances sont distribuées de nature hétérogène sur le bassin (Fig. 2 A et B)

Cette tendance signifie que la pluviométrie dans le bassin conserve leur stationnarité et leur propriété aléatoire dans le temps.

Bien qu’il n'y ait pas de tendances significatives importantes observées sur la région d’étude, le test de pettit montre une augmentation dans les totaux des pluies annuelles de plus de 9 %, avec une augmentation considérable remarqué dans le bas Sébaou de plus de 21 % et de 1 %,7 % respectivement pour le moyen et haut Sébaou (Fig. 3 D).

Par exemple à la station de Bghilia apparait une augmentation de 21 % (de 713 à 870 mm) en 2001, en revanche la station de Boghni montre une diminution dans la moyenne de 28 % (de 994 à 713 mm) qui peut être intégrée dans la baisse générale qui débute en 1976 avec la sécheresse du Sahel à partir de l’année 1976

Le test de pettit et l’accroissement des courbes progressives et rétrogrades de Mk ont montré que l’année de rupture ou du changement pour 12 stations (53%) coïncide probablement avec l’année 2001 et 8 stations (35%) montrent que l’année de rupture est 1986 (Fig. 3 C). Il a constaté qu'il y deux tendances non significatives claire à l’échelle des pluies annuelles la première à la baisse après l’année 1986 et la deuxième à la hausse après 2001, Cette réversibilité de tendance peut être due à l'existence cyclique, ou à la configuration des oscillations et la fluctuation des phénomènes pluviométriques et l’impact extérieurs d’autres phénomènes de circulation atmosphérique. L’analyse de la tendance montre qu’il n’y pas des tendances à long terme persistantes sur les pluies annuelles

C:\Users\Bilel\Desktop\Zs+symbologie.tifC:\Users\Bilel\Desktop\Qmed+symbologie.tif

Figure. 2. Distribution et interpolation spatiale de la statistique Zs de Man Kandell (A) et la pente Qmed de Sen (B) sur les pluies annuelles totales

C:\Users\Bilel\Desktop\Direction de tendence2.tif C:\Users\Bilel\Desktop\% de variation.tif

Figure.3. Direction de la tendance (C) et interpolation spatiale de pourcentage de Changement dans la moyenne des pluies annuelles après l’année de rupture (D)

# Totaux saisoniers des précipitations

Nous avons remarqué dans la région de Tizi Ouzou que plus de 60 % de la pluie annuelle est concentrée sur les mois d’automne et d’hiver et plus de 30 % des précipitations sont enregistrées au printemps

L’analyse des pluies saisonnières a été fait séparément (Automne, Hivers, printemps, été) pour une interprétation claire des résultats, Outre que les résultats des tests obtenus sont cartographies de manière similaire à celle de l’échelle annuelle

# *Automne*

L’application des statistiques ZS, ZSQMK et Qmed sur les séries des totaux des précipitations d’automne ne montrent aucune tendance significative dans la pluviométrie des 23 stations étudiées, avec 19 station (82 %) montrent des tendances non significatives à la hausse et 4 station (18%) représentent des tendances non significatives à la baisse.

La majorité des stations montrées une homogène tendance positive non significative, ce qui était plus prononcée dans la moyenne et bas Sébaou

La distribution spatiale montre une légère pente positive de la précipitation à l’échelle du bassin, la magnitude de la tendance varie entre -1.24 et 2.25 mm par saison par année.

Le test de pettit révèle une augmentation très appréciable dans les totaux pluviométriques moyens d’automne de plus de 39 %, avec une augmentation très remarquable dans la moyenne Sébaou de plus de 100 %, exprimé par la station de DBK par une variation positive (de 175 à 358 mm ou 104 %) et de 90 % (de 227 à 443 mm) à la station de Azazga dans le haut Sébaou ,en revanche la station de Djemaa Saharidj et Fréha ont montré une diminution de 20 % après l’année 1979.

Il peut être conclu que la saison d'automne a connu une augmentation des précipitations sur plus de 39 ans, le test pettit et l’accroissement des courbes progressives et rétrogrades de SQMK ont montré que l’année de rupture ou du changement pour 11 stations (47%) probablement coïncide avec l’année 2006 et 6 stations (26 %) montrent que 1996 est l’année de la rupture.

# *Hiver*

Sur l’ensemble du bassin, l'évolution des totaux des précipitations hivernales après l’application de la statistique ZS, ZSQMK et Qmed pour un niveau de signification de 95%, ne révèle aucune modification statistiquement significative.

Les tests ont montré que 69% des stations (17station) représentent des tendances non significatives à la hausse et 31% (6 station) révélant des tendances non significatives à la baisse.

Comme on peut le voir, la distribution spatiale pour les magnitudes des tendances des précipitations montre une légère pente positive à échelle du bassin, à l’exception des magnitudes très élevées de la région du haut Sébaou, la pente de la tendance varie entre -2.38 et 3.34 mm/saison/année.

Le test de Pettit monter une augmentation dans les totaux des pluies saisonniers hivernales de 8% dans le moyen et le haut Sébaou et de 10% dans le haut Sébaou. Cependant, la modification dans la moyenne pluviométrique à l’échelle du bassin qui dépasse une augmentation de 8%.on peut conclure qu’il y une tendance non significative à la hausse dans les précipitations durant les 39 ans

Le test montre que 10 stations (43%) révèlent que les années des ruptures se situent entre 2001-2005 et 8 stations (34%) indiquent que les années ruptures se situent entre 1979-1986.

# *Printemps*

Les résultats obtenus par l'élaboration des séries des précipitations du printemps sont similaires à celles des précipitations d’hivers, indiquent que toutes les stations ne montrent aucune tendance significative, 18 stations (78%) représenté une tendance non significative à la baisse. La distribution spatiale pour les magnitudes des tendances des précipitations montre une légère pente négative à échelle du bassin, à l’exception les magnitudes positives dans la station de DEM et AEH, la pente de la tendance varie entre -2.39 et 2.17 mm/saison/année.

Le test de Pettit révéler une augmentation considérable dans les totaux des pluies saisonniers du printemps avec 60 % pour le bas Sébaou et de 17 % pour la haut Sébaou, environ de 25 % d’augmentation dans la moyenne pluviométrique à l’échelle du bassin dans les 39 années d’étude malgré les tendances à la baisse, qui restent probablement non significative. L’analyse montre que les années 1979/1986, 2001/2005 sont des années des ruptures respectivement pour 14 stations (61%) et 8 stations (34%)

# *Été*

Les résultats des tests de Sen’s, MK et SQMK appliquées sur les séries des totaux d’Eté des précipitations ne montrent aucune tendance significative de la pluviométrie sur toute la région d’étude, où20 stations (86%) montre des tendances non significatives négatives.

La distribution spatiale pour les magnitudes des tendances de la précipitation présentée par la figure (14) montre une légère pente négative à échelle du bassin pour toutes les stations d’étude, la pente de la tendance varie entre -0.05 et -0.361 mm/saison/année

La saison Estivale est exposée à une diminution pluviométrique contrairement aux tendances des pluies annuelles, Automnales et Hivernales

Élaborations du test de Pettit sur les précipitations d'été montrent une importante diminution dans le bas Sébaou Elle est de par -40 % et de -20 % pour le haute et le moyenne Sébaou, environ de 26 % de diminution dans la pluviométrie à l’échelle bassin, Par exemple une variation négative de -60 % remarquée à la station de DBK en 1996. En général, on peut dire que la saison d'Estivale a connu une légère tendance non significative à la baisse dans les précipitations durant les 39 années. L’analyse montre que l’année de rupture ou du changement pour 12 stations (52%) coïncide probablement avec l’année 1996.

# *Pluies maximales journalières*

Parmi les éléments et les indicateurs majeurs à l’origine d’une inondation dans une région la chute des précipitations importantes qu’on appelle les précipitations maximales, l’Algérie a connu plusieurs inondations catastrophiques telle que (Tizi Ouzou 1974, Ghardaïa 2008, Tindouf et Bechar 2014). La plus terrible inondation de son histoire du 10 au 14 novembre 2001. Frappant principalement Alger (Bab el oued), cet événement météorologique extrême fera 751 victimes dont plus de 700 à Alger. Dans la région d’étude la plus grande valeur de pluie maximale journalière a été enregistrée en 1985 à la station d’Aghrib

L’analyse spatio-temporel des variations et des tendances relatives aux les pluies maximales annuelles par les statistiques non paramétrique mentionnées précédemment ne montrent aucune tendance significative sur les stations étudiées. 69% des stations révèlent une tendance négative non significative, la pente de la tendance traduit par le test de Sen montre une légère pente négative pour la plupart des stations, qui a été variant entre 0.5 et -0.64 mm/saison/année

Le test de Pettit montre une augmentation dans les quantités des pluies maximales journaliers après les années de ruptures avec 29 % pour le bas Sébaou, une légère diminution entre 6 % et 9 % pour le haute et le moyenne Sébaou, environ un moyenne de 5 % d’augmentation à l’échelle du bassin versant , par exemple la station de DEM représente une variation négative de -26 % (68 à 50 mm ) en 1986, en revanche la station de DBK révélé une variation positive de 34 % (56 à 76mm) en 1998.

Le test montre que l’année de rupture ou du changement pour 6 stations (37 %) probablement coïncide avec les années 1986 et 3 stations (19 %) représentent que l’année de rupture est 2001

# *Nombre jours de pluie*

En hydrologie le jour est considéré pluvieux si la hauteur de la pluie est supérieure ou égale à 1mm. la moyenne annuelle du nombre jours des pluie pour la région de Tizi Ouzou comprise entre 78 et 107 jours, la plus forte valeur moyenne revient à la station de Beni yenni dans la haut Sébaou atteint jusqu’a 107 jours pluvieux avec un maximum enregistré en 1975 avec 124 jours , la valeur minimale du nombre jours de pluie a été enregistré à la station de Fréha avec 45 jours en 2001.

Les résultats de l'analyse statistique pour un niveau de signification de 95 % pour le nombre jours de pluie totale annuelle ne montrent aucune tendance significative sur les neuf (9) stations étudiées, où 6 non significative la baisse à partir de l’année 1986 et 3 non significative à la hausse à partir de l’année 1999, ces résultats sont similaires aux résultats obtenus à l’échelle saisoniers et surtout l’estivale

Les valeurs Qmed obtenue par le test de Sen été présenté, Elles peuvent interférer sur les magnitudes de la pente des tendances et des variabilités spatiales, mais restent très légère et comprise entre -0.33 et 0.22 jours/année

L’application du test de Pettit montre une rupture à la hausse à la station d’Ait Aicha en 1999, cette rupture montre une augmentation de 75.2% (15 jours) dans la moyenne des jours de pluies, Au niveau de la station de Fréha, une autre rupture a été identifiée en 1986 avec une diminution du nombre de jours pluvieux de plus de 15% (13 jours). En plus le test indiqué que le nombre jour des pluies connait une diminution dans la moyenne après l’année 1986 et une augmentation à partir de l’année 1999. Le test révéler que la région d’étude connait une augmentation égale à 6 % dans la moyenne des jours des pluies

Les résultats des tendances significatives et non significatives obtenues sont résumés dans la figure 4

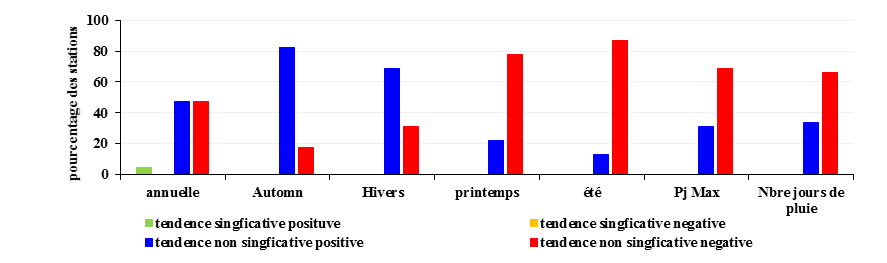


Figure. 4. Résultats des tests de MK, SQMK et de Sen sur les précipitations de la région d’étude

# Analyse d’homogénéité de la Tendance pluviométrique detecter

Le test d’homogénéité de la direction de la Tendance de van Belle et Hughes a été appliqué sur les 23 séries pluviométriques annuelles et saisoniers et 16 séries de pluies maximales journalières, les résultats obtenus (Tab 2 et Fig. 5) pour un niveau de signification de 5% montrent que là l’hypothèse nulle d’homogénéité de la direction de la tendance est acceptée pour toutes les échelles dans la période d’étude 1972-2010

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Test d’homogénéité de la tendance α=0.05 | | | | | |  |
|  | **Zmoy** | **χ2totale** | **χ2 trend** | **χ2 homogènes** | **valeurs critique de khi2** | **P-value** | **discision** |
| Annuelle | 0.15 | 18.38 | 0.5687 | 17,82 | 33,92 | 0,591 | significative |
| Automne | 0.54 | 16.25 | 6.8288 | 9,42 | 33,92 | 0,779 | significative |
| Hivers | 0.20 | 5.68 | 1.0100 | 4,67 | 33,92 | 0,375 | significative |
| Printemps | -0.43 | 13.51 | 4.4042 | 9,1 | 33,92 | 0,356 | significative |
| Eté | -0.54 | 13.09 | 6.8873 | 6,2 | 33,92 | 0,658 | significative |
| Pluie maximales | -0.11 | 16.06 | 0.2200 | 15,84 | 24,99 | 0,2567 | Significative |
| Nombre jours de pluie | - | - | - | - | - | - | - |

(-) Echantillon n’est pas suffisant

Tableau 2. Résultats du test d’homogénéité la direction de la tendance

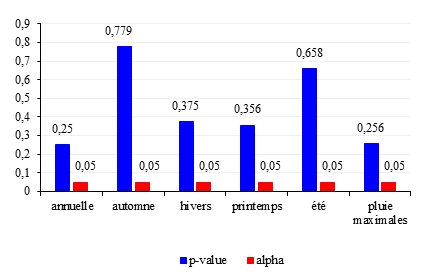
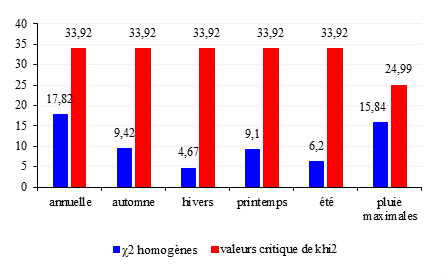
****

Figure. 5. Résultats du test d’homogénéité la direction de la tendance

# Conclusion

Dans cette étude les données pluviométriques ont été examinées en vue d’identifier les tendances, détecter les points des changements ou les ruptures, testé l’homogénéité de la direction des tendances, l’analyse est faite à l’aide des tests statistiques non paramétriques pour un niveau de signification de 95%.

L’étude a été faite sur le bassin versant du Sébaou dans la région de Tizi Ouzou (nord centre de l’Algérie) sur plusieurs échelles temporelles ; saisonnières, annuelles, pluies maximales journalières annuelles et nombre jours de pluies pour les précipitations sur la période 1972-2010, les principaux résultats sont résumés dans les points suivants :

* En générale les précipitations dans la région d’études ont conservé leurs stationnarités et leurs propriétés aléatoires à toutes les échelles et peut être décrit comme irrégulière ou suivant une distribution non uniforme, à la fois en termes spatio-temporels. Une Grande irrégularité peut être également observée dans la distribution intra-annuelle. Au cours de la période analysée (1972-2010).
* A l’échelle annuelle, sont mises en évidence deux tendances temporelles non significatives, la premier à la baisse après 1986 et le deuxième à la hausse au début des années 2000 observée dans la majorité des stations, avec une augmentation de 9% dans la moyenne de la pluviométrie au niveau du versant.
* A l’échelle saisonnière, en remarqué des tendances non significatives mixtes, à la hausse à partir de la fin des années 1990 pour 82 % et 69% des stations respectivement pour Automne et hiver et à la baisse à partir de l’année 1985 de 78% et 86% des stations respectivement pour le printemps et Eté, le test de Pettit révéler une augmentation dans les moyennes pour 39 % en Automne, 8% en Hivers et 25 % au printemps ,en revanche une diminution de -26% en Eté.
* A l’échelle des pluies maximales journaliers annuelles et le nombre jours de la pluie on a observé une augmentation dans les moyennes avant les ruptures avec une augmentation non significative à la hausse ne dépasse 6 % à l’échelle du versant, particulièrement certaines stations qui montrent une augmentation supérieure à 70% dans les jours de pluies (15 jours) exemple de Ait Aicha

Ces résultats concordent avec les travaux d'autres chercheurs sur le niveau régional, qui ont signalé une augmentation dans les moyennes des précipitations dans le bassin méditerranéen au cours de cette dernière décennie (Ramos et Martínez 2006 ; Khoualdia W et al. 2014 ; Luis, M 2000 ; Hatzianastassiou, N et al 2008 ; Philandras, C *et al*, 2011, Molinié, G*. et al*. 2011 ; Kostopoulou et Jones 2005 ; Pujol, N *et al.* 2007 ; Maliha, N *et al.* 2008)

* Il est également constaté que les tendances sont homogènes à l’échelle du bassin
* Les résultats obtenus par le test de pettit et le test SQMK ont montré que la région d’étude en générale est touchée par deux tendances temporelles non significatives, la premier à la baisse à partir de l’année 1986 et la deuxième à la hausse à partir de 1999

# Reference Biliographique

Ballah Abderrahmane., 2014. Etude de l'écoulement liquide et solide dans le bassin versant de ’Oued Sébaou (Wilaya de Tizi-Ouzou). Thèse Magister en Hydraulique Agricole. Université Hassiba Ben Bouali Chlef. P54

Benkhaled, A, MT Bouziane, and B Achour. 2008. Detecting Trends in Annual Discharge and Precipitation in the Chott Melghir Basin in Southeastern Algeria." LARHYSS Journal ISSN 1112-3680, no. 7.

Belle, G., & Hughes, J. P. (1984). Nonparametric tests for trend in water quality. Water resources research, 20(1), 127-136.

Gautam, MR, and K Acharya., 2012. Streamflow Trends in Nepal." Hydrological Sciences Journal 57, no. 2: 344-357.

Global Water Partnership (GWP)., 2015 (L’eau et le changement climatique) http://www.gwp.org/fr/TOOLBOX/LES-DEFIS-MAJEURS/Leau-et-le-changement-climatique

Hallouz, Faiza, Mohamed Meddi, and Gil Mahé., 2013. Modification Du Régime Hydroclimatique Dans Le Bassin De L’oued Mina (Nord-Ouest D’Algérie)." Revue des sciences de l’eau/Journal of Water Science 26, no. 1 : 33-38.

Hamlaoui-Moulai, Leila, Mohammed Mesbah, Doudja Souag-Gamane, and Abderrahmane Medjerab., 2013. Detecting Hydro-Climatic Change Using Spatiotemporal Analysis of Rainfall Time Series in Western Algeria." Natural hazards 65, no. 3: 1293-1311.

Hatzianastassiou, N, B Katsoulis, J Pnevmatikos, and V Antakis., 2008. Spatial and Temporal Variation of Precipitation in Greece and Surrounding Regions Based on Global Precipitation Climatology Project Data." Journal of climate 21, no. 6 (2008): 1349-1370.

HIRCHE, A., BOUGHANI, A. and SALAMANI, M. 2007. Évolution de la pluviosité annuelle dans quelques stations arides algériennes. Science et changements planétaires/Sécheresse, 18(4), 314-320.

Khoualdia, Wacila, Yassine Djebbar, and Yahia Hammar., 2014. Caractérisation De La Variabilité Climatique : Cas Du Bassin Versant De La Medjerda (Nord-Est Algérien)." Synthèse : Revue des Sciences et de la Technologie 29, no. 1 : 6-23.

Kendall M.G., 1975, Rank correlation methods, 4th Edition Charls Grffin, London, pp202.

Kostopoulou, Evi, and Philip D Jones., 2005. Assessment of Climate Extremes in the Eastern Mediterranean." Meteorology and Atmospheric Physics 89, no. 1-4: 69-85.

Kumar, Vijay, Sharad K Jain, and Yatveer Singh., 2010. Analysis of Long-Term Rainfall Trends in India." Hydrological Sciences Journal–Journal des Sciences Hydrologiques 55, no. 4: 484-496.

Lettenmaier, Dennis P., 1988. Multivariate Nonparametric Tests for Trend in Water Quality1." Wiley Online Library, Water Resources Bulletin 24(3): 505–512..

Luis, MD, J Raventós, JC González-Hidalgo, JR Sánchez, and J Cortina., 2000. Spatial Analysis of Rainfall Trends in the Region of Valencia (East Spain)." International Journal of Climatology 20, no. 12: 1451-1469.

MALIHA, Nash S., CHALOUD, Deborah J., KEPNER, William G., et al., 2008. Regional Assessment of Landscape and Land Use Change in the Mediterranean Region. In: Environmental change and human security: recognizing and acting on hazard impacts. Springer Netherlands. p. 143-165.

Mann, Henry B., 1945. Nonparametric Tests against Trend." Econometrica: Journal of the Econometric Society: 245-259.

M.A.T.E.T., 2008. Etude relative à la délimitation et à la caractérisation des zones de montagne et des massifs montagneux du Djurdjura. Rapport rédigé par le ministère de l’aménagement du territoire, de l’environnement et du tourisme (M.A.T.E.T.) et le centre national des études appliquées pour la population et le développement (CENEAP).

Meddi, Mohamed, and PIERRE Hubert., 2003. Impact De La Modification Du Régime Pluviométrique Sur Les Ressources En Eau Du Nord-Ouest De L’Algérie." IAHS publication, 229-235.

MEDDI, M. M., ASSANI, A. A. and MEDDI, H. 2010. Temporal variability of annual rainfall in the macta and tafna catchments, Northwestern Algeria. Water Resources Management, 24(14), 3817-3833.

Molinié, Gilles, Davide Ceresetti, Sandrine Anquetin, Jean Dominique Creutin, and Brice Boudevillain., 2012. Rainfall Regime of a Mountainous Mediterranean Region: Statistical Analysis at Short Time Steps." Journal of Applied Meteorology and Climatology 51, no. 3 : 429-448.

Philandras, CM, PT Nastos, J Kapsomenakis, KC Douvis, G Tselioudis, and CS Zerefos., 2011. Long Term Precipitation Trends and Variability within the Mediterranean Region." Natural Hazards and Earth System Science 11, no. 12 : 3235-3250.

PETTITT A. N., A non-paramaetric approch to the change-point problem. Application Statistique 28 (2), pp. 126-135 . (1979)

Pujol, Nicolas, LUC Neppel, and Robert Sabatier., 2007. Regional Tests for Trend Detection in Maximum Precipitation Series in the French Mediterranean Region." Hydrological Sciences Journal 52, no. 5 : 956-973.

Ramos, MC, and JA Martínez-Casasnovas., 2006. Trends in Precipitation Concentration and Extremes in the Mediterranean Penedes-Anoia Region, Ne Spain." Climatic Change 74, no. 4 : 457-474.

Wagesho, Negash, NK Goel, and MK Jain., 2013. Temporal and Spatial Variability of Annual and Seasonal Rainfall over Ethiopia." Hydrological Sciences Journal 58, no. 2 : 354-373.