



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

École Nationale Supérieure Agronomique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

Département : Génie rural

القسم : الهندسة الريفية

Spécialité : Science de l'eau

التخصص : علوم المياه

Mémoire de Fin d'Etude

Pour L'obtention Du Diplôme Master

Thème

**Impacte de la vulnérabilité climatiques sur la ressources
hydriques en Algérie cas de bassin versant de la Soummam**

Présenté par : **M. Nessah Abd El Malek**

M. Aouchiche Abderraouf

Devant le jury composé de :

Président : M. Delli Reda

Maitre-conférence B (ENSA)

Promotrice : Mme. Larfi Bouchra

Maitre-assistante A (ENSA)

Co-promoteur : M. Imessaoudene Yassine

Maitre-assistant A (UDBKM)

Examineur : M. Semar Ahcene

Professeur (ENSA)

M. Renima Mohammed

Maitre-assistant B (ENSA)

Promotion : 2020-2025

TABLE DE MATIÈRES

Table de matières	I
Liste des figures	VI
Liste des tableaux	VIII
Liste des annexes	IX
Liste des abréviations	X
Introduction générale	1
Partie I : Synthèse Bibliographique	
Chapitre 1 : Ressources en eau.....	3
Introduction.....	3
1. Cycle de l'eau.....	3
1.1. L'évapotranspiration	3
1.2. Précipitations	3
1.3. Ruissellement.....	4
1.4. L'infiltration	4
2. Disponibilité et distribution des ressources en eau en Algérie.....	2
2.1. Pénurie d'eau en Algérie.....	5
2.2. Réduction attendue des débits d'eau	5
2.3. L'impact de l'évaporation des eaux de surface.....	5
3. Vulnérabilité climatique des ressources hydriques en Algérie	6
3.1. Changement climatique : facteur de stress hydrique	6
3.2. Baisse des écoulements superficiels	6

3.3. Diminution de la capacité des barrages.....	6
3.4. Diminution des nappes phréatiques	7
3.5 Envasement des barrages et baisse du ruissellement	7
Conclusion	7
Chapitre2 : changement climatique	9
Introduction.....	9
1. Climat.....	9
1.1. Principaux éléments du climat.....	10
1.1.1 Pression atmosphérique	10
1.1.2. Température	10
1.1.3. Vent	11
1.1.4. Précipitations.....	11
1.1.5. Humidité	11
1.1.6. Évaporation et évapotranspiration.....	12
1.1.7. Ensoleillement.....	12
2. Variabilité climatique observée en Algérie	13
3. Changement climatique et agriculture	14
3.1. Contribution de l’agriculture à l’effet de serre	14
3.2. Lien entre la production agricole et le climat	15
Conclusion	15
Partie II : Matériel et méthodes	
1. Données pluviométriques	17
1.1. Acquisition des données et choix de la période de référence	17

2. Présentation du bassin versant de Soummam	17
2.1. Situation géographique	17
2.2. Hydrographie du bassin versant de Soummam	18
2.3. Condition du sol.....	19
2.4. Morphologie (forme et relief)	19
2.5. Paramètres géomorphologiques du bassin	20
2.5.1. Courbe hypsométrique.....	20
2.5.2. Altitudes caractéristiques.....	22
2.5.2.1. Altitudes minimale et maximale	22
2.5.2.2. Altitude moyenne	22
2.5.2.3. Altitude médiane	22
2.5.2.4. Indice de pente globale (Ig)	22
2.6. Ressources en eau du bassin.....	23
2.6.1. Ressources superficielles (oueds, barrages)	24
2.6.2. Ressources souterraines (nappes/alluvions)	24
2.7. Pluviométrie.....	25
2.7.1. Précipitations mensuelles	26
2.8. Caractéristiques de la couverture végétale	28
3. Traitement statistique et analyse des séries	29
3.1. Homogénéisation et contrôle de la cohérence des données	29
3.2. Analyse fréquentielle des précipitations	30
3.2.1. Ajustement à une loi de probabilité	30
3.2.1.1. Loi normale (loi de Gauss).....	31
3.2.2. Détermination des périodes de retour des pluies	31

3.3. Application des tests statistiques	32
3.3.1. Test de Pettitt (1979)	32
3.3.2. Test de tendance de Mann-Kendall	32
3.3.3. Lissage par moyennes mobiles	33
3.4. Régionalisation des données pluviométriques	33
3.5. Coefficient de variation	33
3.6. Indice pluviométrique standardisé (SPI)	34
3.7. Analyse en composantes principales (ACP).....	35

Partie III : Résultats et discussion

1. Analyse des données	39
1.1. Caractéristiques statistiques des précipitations annuelles	39
1.2. Variabilité spatio-temporelle des précipitations	40
1.3. Analyse fréquentielle des précipitations extrêmes.....	42
1.4. Détection des tendances climatiques dans les séries pluviométriques.....	46
1.4.1. Test d'homogénéité de Pettitt	46
1.4.2. Test de tendance de Mann-Kendall	47
1.4.3. Lissage des séries pluviométrique.....	49
1.5. Analyse de l'indice de sécheresse SPI	51
1.5.1. Évolution interannuelle du SPI	54
1.6. Analyse en composantes principales (ACP).....	55
1.7. Analyse des relations climatiques–hydrologiques.....	58
1.7.1. Relation pluies débits	58
1.7.2. SPI et la réponse hydrologique : analyse conjointe	59

1.7.3. Modélisation linéaire pluie–écoulement	60
1.7.4. Sensibilité de l’écoulement aux anomalies climatiques	61
Conclusion générale	62

Résumé

Ce mémoire analyse, sur la période 1970–2020 (50 ans), la variabilité hydro-climatique du bassin versant de la Soummam et ses répercussions sur le fonctionnement hydrologique. L'étude s'appuie sur des séries de précipitations issues de plusieurs stations du bassin et sur la caractérisation des épisodes de sécheresse au moyen de l'indice SPI calculé à différentes échelles temporelles. Après contrôle qualité et agrégation, les données sont traitées par des méthodes statistiques (XLSTAT) et des outils hydrologiques (HYDROLAB), puis intégrées en cartographie sous QGIS pour apprécier la distribution spatiale des épisodes secs. Une analyse en composantes principales (ACP) est mobilisée pour synthétiser les variables hydro-climatiques et dégager les gradients dominants ainsi que les profils de sous-bassins. La variabilité relative des précipitations, mesurée par le coefficient de variation (CV), met en évidence un gradient marqué entre stations : SIDI AICH (19,3 %), PORTES DE FER (26,6 %), EL ESNAM SH (28,4 %), IGHIL ALI (28,7 %) et un maximum à MCHEDALLAH (53,7 %). L'étude identifie des tendances des précipitations, quantifie la fréquence et l'intensité des épisodes de sécheresse et en discute les effets potentiels sur les régimes d'écoulement. Ces résultats constituent une base solide pour une gestion durable des ressources en eau et un appui à la décision pour la planification et l'adaptation locale.

Mots clés : Bassin versant de la Soummam ; variabilité hydro-climatique ; précipitations ; sécheresse ; indice SPI .

الملخص

يحلل هذا العمل، خلال الفترة 1970–2020 لمدة خمسون سنة، التغير الهيدرو مناخي في حوض الصومام وانعكاساته على الاشتغال الهيدرولوجي. يعتمد البحث على سلاسل مطرية من عدة محطات داخل الحوض، وعلى توصيف فترات الجفاف باستعمال مؤشر SPI عند مقاييس زمنية مختلفة. بعد ضبط الجودة والدمج، عولجت البيانات بطرائق إحصائية في XLSTAT وبأدوات هيدرولوجية (HYDROLAB)، ثم أدمجت في خرائط QGIS لقراءة التوزيع المكاني للحالات الجافة. وتم توظيف تحليل المكونات الرئيسية (ACP) لتوليف المتغيرات الهيدرومناخية وإبراز التدرجات السائدة وملامح الأحواض الفرعية. ويبرز معامل التباين (CV) تبايناً ملحوظاً بين المحطات: سيدي عيش (19,3 %)، بورت دو فير (26,6 %)، الحاجز المائي الاصنام (28,4 %)، إغيل علي (28,7 %)، مع قيمة عظمى في مشداله (53,7 %). تحدد الدراسة اتجاهات في الهطول، وتكمن تكرار وشدة فترات الجفاف، وتقيم أثارها المحتملة على أنماط الجريان. وتوفر هذه النتائج أساساً متيناً للإدارة المستدامة للموارد المائية ولدعم اتخاذ القرار في التخطيط والتكيف المحلي.

الكلمات المفتاحية: حوض الصومام؛ التغير الهيدرو مناخي؛ الهطول المطري؛ الجفاف؛ مؤشر SPI .

Abstract

This thesis analyzes hydro-climatic variability in the Soummam River Basin over 1970–2020 (50 years) and its repercussions on basin hydrology. The study draws on rainfall series from several stations and on the characterization of drought episodes using the Standardized Precipitation Index (SPI) computed at multiple time scales. After quality control and aggregation, data are processed with statistical methods in XLSTAT and hydrological tools (HYDROLAB), then integrated into QGIS maps to assess the spatial distribution of dry events. Principal Component Analysis (PCA/ACP) is employed to synthesize hydro-climatic variables and highlight dominant gradients as well as sub-basin profiles. The coefficient of variation (CV) further underlines spatial contrasts among stations: Sidi Aïch (19.3%), Portes de Fer (26.6%), El Esnam SH (28.4%), Ighil Ali (28.7%), with a maximum at M'chedallah (53.7%). The study identifies precipitation patterns, quantifies the frequency and intensity of droughts, and assesses their potential effects on flow regimes. These findings provide a solid basis for sustainable water management and decision support for local planning and adaptation.

Keywords: Soummam River Basin; hydro-climatic variability; precipitation; drought; SPI index .