



## Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A celui qui m'a donné vie et qui m'as apporté sans cesse son amour, mon père.

A ma très chère mère qui m'a apporté sans cesse amour,  
soutien et encouragement ; et qu'elle trouve ici l'expression de mes

vives reconnaissances.

Mes chères sœurs

Mes chers frères

A tous les membres de ma famille

Tous mes amis

A mon collègue dans ce travail Benhizia Ayoub

A tous les membres de classe d'anglais

Pour tous ceux qui utilisent la science pour le bonheur et la prospérité des êtres humains

A chaque personne qui m'a aidé

Baba Hammou Islam

## Dédicace

C'est avec toute mon affection que

Je dédie ce modeste travail :

A celui qui m'a donné vie et qui m'a apporté sans cesse son amour, mon père.

A Ma très chère mère qui m'a apporté sans cesse amour,  
soutien et encouragement ; et qu'elle trouve ici l'expression de mes

vives reconnaissances.

Mon frère et mes sœurs.

Mon binôme Islam Babahammou.

Mes intimes : Belaid Hamza, Meziane Amine.

A tout la famille BENHIZIA.

Et tous les collègues de ma promotion 2021.

Benhizia Ayoub

# *Remerciement*

Nos remerciements en premier lieu à ALLAH qui nous a donné le courage et la volonté pour bien mener ce modeste travail.

Nous exprimons nos profondes gratitude à nos parent pour leurs encouragement, leur soutien et pour les sacrifices qu'ils ont enduré

Nous tenons aussi à remercier personnellement notre encadreur, Mr. DJIDEL MOHAMED pour son soutien moral, sa gentillesse et ses conseils judicieux. Il nous a pas ménagé son aide, nous lui en sont profondément reconnaissants.

A Monsieur MEDJANI FETHI pour sa modestie et ses idées claires, pertinentes et encouragements.

Nous adressons aussi nos sincères remerciements à tous les enseignants du département de géologie.

Qu'il nous soit permis aussi de traduire toute la reconnaissance que nous éprouvons au membres du jury pour avoir accepté d'évaluer le présent mémoire.

Nous tenons également à s'excuser auprès des personnes qui nous ont aidés et les auteurs dont on a utilisés les documents sans les avoir citer dans les remerciements ou dans la bibliographie.

Enfin, nous remercions tout le personnel du département de géologie de l'université d'Ouargla.

## Table des matières

<b>TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>X</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : DESCRIPTION DE LA ZONE D’ETUDE.....</b>	<b>3</b>
1. SITUATION GEOGRAPHIQUE : .....	3
2. APERÇU SOCIO-ECONOMIQUE : .....	4
3. LA GEOLOGIE DU BASSIN : .....	4
3.1. <i>Géologie locale</i> : .....	5
3.2. <i>Stratigraphie</i> : .....	6
3.2.1. Unités allochtone de djebel Djaffa : .....	6
3.2.2. Unités des Sellaoua : .....	6
3.2.3. La nappe Néritique constantinoise : .....	7
3.2.4. La nappe tellienne : .....	7
3.2.5. La nappe Numidienne de djebel Ansel : .....	8
3.2.6. Le remplissage de Mio-Plio-Quaternaire : .....	8
3.3. <i>Tectonique</i> : .....	8
4. L’HYDROGEOLOGIE : .....	9
4.1. <i>Caractéristiques des aquifères de la région</i> : .....	9
4.1.1. La nappe aquifère du remplissage « Mio-Plio-Quaternaire » : .....	10
4.1.2. La nappe profonde des calcaires : .....	10
5. LA PEDOLOGIE : .....	10
6. RELIEFS ET GEOMORPHOLOGIE : .....	11
6.1. <i>Géomorphologie</i> : .....	11
6.1.1. Cuvette de Tamlouka : .....	12
6.1.2. Terrasses : .....	12
6.1.3. Marécages : .....	12
6.1.4. Les collines : .....	12
6.1.5. Les Montagnes : .....	12
6.1.6. Le Karst : .....	12
6.1.7. Les lits des oueds : .....	13
7. RESEAU HYDROGRAPHIQUE : .....	13

<b>CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES .....</b>	<b>14</b>
1. MATERIELS ET DONNEES UTILISEES :.....	14
1.1. Les cartes scannées :.....	14
1.2 : Images satellitaire :.....	14
1.2.1 : Le Modèle Numérique de terrain (MNT) :.....	14
1.2.2 : Les images Google-Earth et Basemap ArcGIS :.....	15
1.3. Les données climatiques :.....	15
1.3.1 : Les données alphanumériques :.....	15
1.3.2 : Les données matricielles (raster) :.....	15
1.4. Les logiciels utilisés :.....	15
1.4.1. Arc GIS 10.3 : .....	15
1.4.2. Google Earth Pro : .....	15
1.4.3. Origin : .....	15
1.4.4. DrinC :.....	16
2. LES METHODES SUIVIS : .....	16
2.1. La modélisation hydrologique : .....	16
2.1.1. Extraction du réseau hydrographique et délimitation du bassin versant : .....	16
2.1.2. Réalisation de la carte des pentes et la carte des altitudes : .....	17
2.1.3. Digitalisation des cartes scannées (géologique, hydrogéologique et pédologique) : .....	18
2.1.4. Numérisation et traitement de la carte topographique (1/50000) :.....	19
2.1.5. Réalisation de la carte des précipitations :.....	20
2.1.6. Réalisation de la carte d'occupation des sols :.....	21
2.2. Caractéristiques Morphométriques :.....	21
2.2.1 : Les caractéristiques géométriques :.....	22
a. Surface et périmètre : .....	22
b. Indice de forme de Gravelius : .....	22
c. Rapport de Circularité : .....	23
d. Indice de forme d'Horton : .....	23
e. Le rectangle équivalent : .....	23
f. Les altitudes caractéristiques : .....	24
g. Pente moyenne du bassin versant : .....	24
h. Indices de pente : .....	24
i. Dénivelée spécifique ( <b>Ds</b> ) : .....	25
2.2.2. Les caractéristiques du réseau hydrographiques :.....	25
a. La densité de drainage :.....	25
b. La densité hydrographique : .....	26
c. Coefficient de torrentialité : .....	26

d. Temps de concentration : .....	26
2.3. Les indices de sécheresse météorologique : .....	27
2.3.1. Indice standardisé de précipitations (SPI) : .....	27
2.3.2. Indice de la reconnaissance de la sécheresse (RDI) : .....	28
<b>CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS .....</b>	<b>29</b>
1. LES CARACTERISTIQUES MORPHOMETRIQUES : .....	29
1.1. Caractéristiques de forme : .....	29
1.1.1. La surface et périmètre du bassin versant : .....	29
1.1.2. Indice de forme de Gravelius : .....	29
1.1.3. Rapport de circularité : .....	29
1.1.4. Indice de forme d'Horton : .....	29
1.1.5. Le rectangle équivalent : .....	29
1.2. Le relief : .....	30
1.2.1. La courbe hypsométrique : .....	30
1.2.2. Les altitudes caractéristiques .....	31
a. Les altitudes maximales et minimales : .....	32
b. L'altitude moyenne : .....	32
c. L'altitude médiane : .....	32
1.2.3. Les pentes du bassin versant : .....	33
a. Pente moyenne du bassin versant : .....	33
b. Indices de pente : .....	33
1.2.4. Dénivelée spécifique : .....	34
1.3. Caractéristiques hydrographiques du bassin versant : .....	34
1.3.1. La topologie : .....	34
1.3.2. Les caractéristiques du réseau : .....	34
a. Longueur caractéristique : .....	34
b. Densité de drainage : .....	35
c. La densité hydrographique : .....	35
d. Le coefficient de torrentialité : .....	35
e. Temps de concentration : .....	35
2. LA VARIATION CLIMATIQUE : .....	35
2.1. La variation régionale de la précipitation .....	36
2.2. Paramètres météorologiques déterminants : .....	37
2.2.1. Le vent : .....	38
2.2.2. La Température : .....	38
2.2.3. Précipitation : .....	39

2.2.4. Courbe pluvio-thermique : .....	40
2.2.5. Le bilan hydrique : .....	40
<b>2.3. Type de climat : .....</b>	<b>41</b>
2.3.1. Indice d'aridité annuel : .....	41
2.3.2. Indice d'aridité mensuel : .....	42
<b>2.4. Indice de sécheresse météorologique : .....</b>	<b>43</b>
2.4.1. SPI : .....	43
2.4.2. RDI : .....	47
<b>3. OCCUPATION DES SOLS : .....</b>	<b>50</b>
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>56</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>57</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>57</b>



## Liste des figures

Figure 1: Carte de la situation géographique du bassin versant de Tamlouka.....	3
Figure 2: Carte géologique de Tamlouka (extrait de la carte d'Algérie 1/200000) .....	5
Figure 3: Carte hydrogéologique du bassin versant de Tamlouka (extrait de la carte d'Algérie 1/500000, ANRH 2009) .....	9
Figure 4: Carte pédologique de Tamlouka (extrait de la carte des sols d'Algérie, Constantine 1/500000).....	11
Figure 5 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de Tamlouka .....	13
Figure 6 : Processus de l'extraction du réseau hydrographique et délimitation du bassin versant.....	17
Figure 7 : Organigramme explicatif des étapes de la réalisation des cartes (pentes, altitudes). .....	18
Figure 8 : Organigramme explicatif des étapes de la digitalisation des cartes (géologique, hydrogéologique et pédologique).....	19
Figure 9 : Organigramme explicatif des étapes de la numérisation de la carte topographique. ....	20
Figure 10 : Organigramme explicatif des étapes de la réalisation de la carte des précipitations. ....	20
Figure 11 : Organigramme explicatif des étapes de la réalisation de la carte d'occupation des sols. .	21
Figure 12 : Caractéristiques morphométriques d'un bassin versant.....	22
Figure 13 : Organigramme explicatif des étapes de calcul des indices de sécheresse (SPI et RDI). ....	27
Figure 14 : Le rectangle équivalent du bassin versant de Tamlouka.....	30
Figure 15 : La courbe hypsométrique du bassin versant de Tamlouka. ....	31
Figure 16 : Carte altimétrique du bassin versant de Tamlouka.....	31
Figure 17 : Carte des pentes du bassin versant de Tamlouka. ....	33
Figure 18 : Carte des précipitations régionale (2011-2020). .....	36
Figure 19 : Carte des précipitations du bassin versant de Tamlouka (2011-2020). ....	37
Figure 20 : Vitesse moyenne mensuelle des vents (station Tamlouka 1958-2019). ....	38
Figure 21: Variation des Températures moyennes mensuelles, station de Tamlouka (1958-2019)....	39
Figure 22 : Variation des Précipitations moyennes mensuelles, station de Tamlouka (1958-2019)....	39
Figure 23 : Diagramme pluvio-thermique, station Tamlouka (1958-2019). .....	40
Figure 24 : Bilan d'eau par la méthode C.W thornthwaite à la station de Tamlouka (1958-2019).....	40
Figure 25 : Variation mensuelles des résultats du bilan hydrique.....	41
Figure 26 : Courbe représente l'indice d'aridité mensuelle selon DEMARTON.....	42
Figure 27 : Diagramme des nombre de SPI (%).....	43
Figure 28 : Indice standardisé de précipitations (SPI) 1 mois. ....	44
Figure 29 : Indice standardisé de précipitations (SPI) 3 mois. ....	44
Figure 30 : Indice standardisé de précipitations (SPI) 6 mois. ....	45

Figure 31 : Indice standardisé de précipitations (SPI) 12 mois. ....	46
Figure 32 : Diagramme des nombres de RDI (%). ....	47
Figure 33 : Indice de la reconnaissance de la sécheresse (RDI) 1 mois. ....	48
Figure 34 : Indice de la reconnaissance de la sécheresse (RDI) 3 mois. ....	48
Figure 35 : Indice de la reconnaissance de la sécheresse (RDI) 6 mois. ....	49
Figure 36 : Indice de la reconnaissance de la sécheresse (RDI) 12 mois. ....	49
Figure 37 : Les surfaces d'occupation des sols (%). ....	51
Figure 38 : Carte d'occupation des sols de Tamlouka. ....	51

## **Liste des tableaux**

Tableau 1: Classification de la forme du bassin versant (Musy, 2005).....	23
Tableau 2 : Classification du relief selon Ig par l'ORSTOM. ....	25
Tableau 3: Classification du relief selon Ds.....	25
Tableau 4 : Classification des valeurs de l'indice SPI. ....	28
Tableau 5 : Classification des valeurs de l'indice RDI.....	28
Tableau 6 : Répartition hypsométrique du bassin versant de Tamlouka. ....	30
Tableau 7 : Calcule de l'altitude moyenne du BV de Tamlouka. ....	32
Tableau 8 : Les longueurs d'ordres des cours d'eau dans le bassin versant de Tamlouka.....	34
Tableau 9 : Station climatologique utilisée dans l'étude de climat de la région. ....	37
Tableau 10 : Les différentes valeurs de (A) le coefficient d'aridité selon DE MARTON.....	42
Tableau 11 : Indice d'aridité mensuelle (1958-2019). ....	42
Tableau 12 : Nombre des années pour l'indice SPI. ....	46
Tableau 13 : Nombre des années pour l'indice de RDI.....	50

A decorative rectangular frame with intricate, symmetrical scrollwork and flourishes on all four sides, enclosing the central text.

# Introduction Générale

## **Introduction générale**

L'eau est un facteur qui joue un rôle important en tant que support de vie, parce que tous les êtres vivants ont besoin d'eau pour survivre. Des organismes vivants, du plus simples aux plus complexes comme les humains, il est également considéré comme un vecteur privilégié de l'activité humaine.

La plaine de Tamlouka est située au Nord-Est de l'Algérie, elle est occupée une situation structurale permettant de ressortir trois domaines : Tellien, la plateforme Néritique constantinoise et le sillon des Sellaoua. Elle comprend le Plio-quadernaire composé principalement par une croûte de calcaire, d'argile et parfois de sables et graviers. Cette plaine est située dans un climat entre le subhumide et le semi-aride, et présente une vocation agricole intense qui joue un rôle très important dans l'économie de la région.

L'objectif de cette étude est la détermination des caractéristiques morphométriques dans le bassin versant de Tamlouka par des traitements des données satellitaires et le modèle numérique de terrain (MNT) pour mieux comprendre le comportement hydrologique et analyser l'état physique d'un bassin et leurs influences sur l'écoulement des eaux par des diverses cartes. L'utilisation des indices de sécheresse météorologiques SPI (Standardised Precipitation Index) et RDI (Reconnaissance Drought Index) permettent d'identifier la fréquence et la sévérité d'humidité et de sécheresse qui influent sur la zone d'étude. La description par cartographie de l'état de l'occupation du sol est faite afin de définir leurs relations avec le bassin versant et la variation climatique.

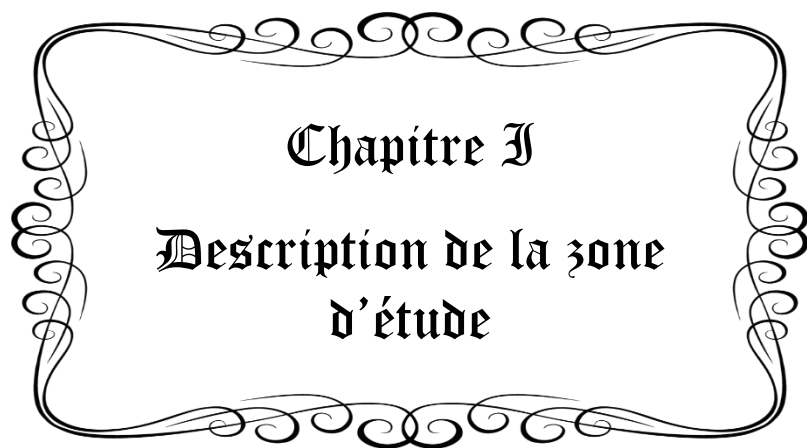
L'évaluation des caractéristiques morphométriques et des indices de sécheresse a nécessité de comprendre la dynamique d'un bassin et l'influence des changements climatiques sur les ressources en eau grâce aux logiciels : SIG (Système d'Information Géographique) et DrinC (Drought Indices Calculator) qui ont facilité le traitement de l'ensemble de données.

Pour atteindre l'objectif de l'étude, notre approche a été mise en œuvre par trois chapitres :

- *Dans le premier chapitre* : On a présentés les principales données collectées, qui sont liées au cadre général de la zone d'étude et de notre domaine de recherche (situation géographique, aperçu socio-économique, la géologie, l'hydrogéologie, la pédologie et la géomorphologie).
- *Le deuxième chapitre* : La présentation des diverses méthodes de traitement des données à l'aide des matériels disponibles pour ce travail. La représentation des analyses

morphométriques étudiée par la télédétection et le SIG. Ainsi que pour le traitement des indices de sécheresses qui ont été calculés par le logiciel DrinC.

- Le troisième chapitre : Est consacré à expliquer et à discuter des résultats de l'analyse morphométrique obtenus à partir de divers traitements du modèle numérique de terrain (MNT). Une interprétation des résultats des indices de sécheresse et de l'occupation des sols.
- Enfin une conclusion générale qui fait la synthèse des résultats obtenus dans cette étude.



Chapitre I  
Description de la zone  
d'étude

## Chapitre I : Description de la zone d'étude

### 1. Situation géographique :

Le secteur de notre étude fait partie de la commune de Tamlouka ; wilaya de Guelma, et se situe à l'extrême Nord-Est algérien à une distance de 60 km du chef-lieu de la wilaya vers le Sud et 30 km au Nord de la ville d'Oum El-Bouaghi.

Elle est limitée par :

- Ain Regada, Oued Zenati et Ain Makhlouf au Nord.
- La wilaya d'Oum El-Bouaghi au Sud.
- La wilaya d'Oum El-Bouaghi et Ain Makhlouf à l'Est.
- La wilaya d'Oum El-Bouaghi et la wilaya de Constantine à l'Ouest.

La commune de Tamlouka est située à 742 mètres d'altitude et se localise de longitude entre  $7^{\circ}$  et  $7^{\circ}15'E$  et de latitude entre  $36^{\circ}$  et  $36^{\circ}13'N$ .

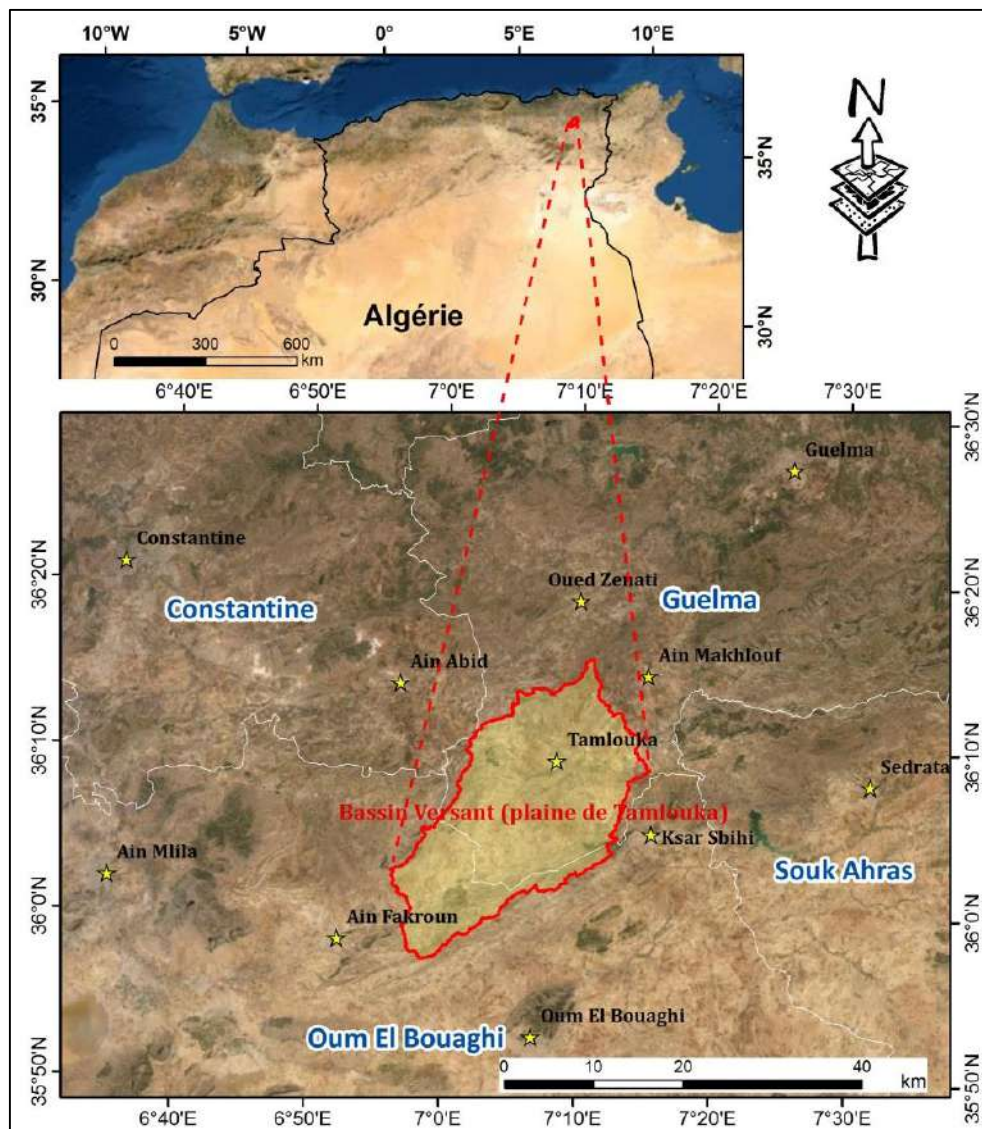


Figure 1: Carte de la situation géographique du bassin versant de Tamlouka.



La plaine de Tamlouka qui s'étend en longueur dans la feuille d'Ain Regada autour du village de Tamlouka. Elle forme une cuvette, allongé selon une direction Sud-Ouest – Nord-Est, bien encadré par la Chebka des Sellaouas au Sud-Est, Djebel Djaffa à l'Ouest et au Nord-Ouest, Djebel Ansel au Nord et les collines d'Ain Makhlouf à l'Est.

La plaine de Tamlouka a environ 474 km<sup>2</sup> de superficie, elle occupe une position de dépression par rapport à Chebka des Sellaouas et Djebel Djaffa.

## **2. Aperçu socio-économique :**

La plaine de Tamlouka présente une vocation agricole intensive qui joue un rôle très important dans l'économie de la région, elle occupe la première place avec l'élevage des bétails au sein des activités de la population rurale, on trouve principalement l'agriculture céréalière (blé et orge), les cultures fourragères et les cultures maraichères (pomme de terre, tomates ...) qui demandent un important volume d'eau pour l'irrigation. La superficie agricole de cette région est estimée à 25620 ha (12.74% de la surface de la wilaya de Guelma), sa population est de 18894 h (O.N.S, 2008).

L'industrie est presque inexistante exceptées les quelques installations à caractère local (carrière, fabrique de carrelage ... etc.) (Djorfi, 2018).

## **3. La géologie du bassin :**

L'histoire géologique des bassins sédimentaires algériens s'inscrit dans le processus de la géodynamique globale de la tectonique des plaques. Ce processus a structuré l'Algérie en deux domaines :

- Au nord, l'Algérie alpine.
- Au Sud, la plate-forme saharienne.

Notre région d'étude fait partie du Nord de l'Algérie et plus précisément de l'allochtone tellien qui comprend le chapelet du massifs anciens, bordé par une dorsale calcaire qui, par ces caractères originaux garantit, l'unité orogénique de ce domaine postérieurement à l'aquitainien. Ce domaine, découpé en blocs plus mobiles, se compose d'un socle gneissique d'une structure phylladique discordante. Ces éléments sont suivis en discordance par le Trias à faciès verrucano. Les carbonates triasiques et de minces témoins du Dogger-Malm, le Crétacé et le Paléogène que surmonte enfin la masse calcaire du Lutétien à Nummulites. A la suite de la formation du méditerranéen un affaissement entraîne une resédimentation en deux olistostromes successif :

L'une d'Age Oligo-Aquitainien a klippe de flysch et d'ultra tellien, l'autre d'age Burdigalien ou flysch ultra tellien et numidien qui se mêlent.

Enfin, une phase tardive du Miocène supérieur déforme l'ensemble du substratum et les dépôts post nappes en plus d'orientation 70°N et permet les mises en place des nappes et le remplissage des bassins Miocènes.

**3.1. Géologie locale :**

La géologie de la zone d'étude comprend le remplissage quaternaire qui présente une formation continentale composée essentiellement d'une croûte de calcaire, d'argile, de sable et parfois de graviers. Trois domaines structuraux constituent les hauts plateaux :

- Le sillon des Sellaouas apparaît dans la partie orientale constitué par des marnes et des calcaires.
- Le deuxième domaine est la série néritique qui apparaît dans la partie occidentale de la plaine par les montagnes de Djaffa, caractérisée par une alternance de calcaire, de marne avec d'argile et parfois de sable.
- Le troisième domaine est la nappe numidienne qui occupe la partie Nord de la plaine et se compose de marne, le calcaire marneux avec le silex d'âge Crétacé.



Figure 2: Carte géologique de Tamlouka (extrait de la carte d'Algérie 1/200000)

### 3.2. Stratigraphie :

La stratigraphie étudie la disposition originale des roches et la chronologie de leurs formations, dans le but de reconstituer l'histoire géologique de la croûte terrestre. La chronostratigraphie de la plaine de Tamlouka révèle différentes unités lithologiques ; les principales sont les suivantes (Djidel et al...1992) :

#### 3.2.1. Unité allochtone de djebel Djaffa :

L'unité de Djaffa est située en bordure du bassin de Tamlouka. Trois auteurs ont décrit ceci : Gramont, Lombard (1966) et Vila (1980). Elle est caractérisée principalement par une alternance marno-calcaire d'épaisseur de 1000 m avec des passages argileux.

#### 3.2.2. Unité des Sellaoua :

Cette unité a des mêmes affinités lithologiques que celles du djebel Djaffa en remarquant un abaissement relatif du calcaire.

##### - Crétacé inférieure

- *Néocomien* : il est caractérisé par une épaisseur de 250 m présent par des alternances de marnes et schistes argileux avec les cadences des grès contenant des microfossiles du Valanginien.
- *Barrémien* : la série a une épaisseur de 180 m, composée des marnes et d'argiles gréseuses avec un niveau constant des calcaires lités joignant une agglutination calcaire.
- *Aptien* : Il se présente par une couche de 50 à 100 m de marnes de temps à autre gréseuses à ammonites ferrugineuses avec des niveaux de calcaires lités.
- *Albien* : Il se définit par une série marno-pélitico-gréseuse épaisse d'environ 150 à 400 m.

##### - Crétacé supérieure

- *Cénomaniens* : L'épaisseur de la série est de 420 m, caractérisé par des faciès Chebka (calcaire en plaquettes) passe à des faciès calcaires grumeleux et marno-sableux avec ammonite ferrugineuse et éponge.
- *Turonien* : Il se présente sous deux formes : le Turonien inférieure et supérieure. Le premier est constitué par des calcaires lités avec des marnes. Il se caractérise par une épaisseur varie de 8 m au centre, de 30 m vers le Nord et de 60 m sur la bordure méridionale. Le Turonien supérieure se définit par une série d'épaisseur variant entre 20 à 150 m, formé par des marnes noduleuses à marnes granuleuses en remarquant des petites niveaux discontinus de calcaires glauconiens.

- *Sénonien inférieur* : On l'expose sous deux formes : le Coniacien qui est une série composée des marnes et des calcaires glauconieux généralement grumeleux où ils montrent des traces d'algues et des pistes de vers avec une épaisseur dépassant les 300m. Le Santonien se caractérise par une variation d'épaisseur de 25 m au centre de la zone, tandis qu'une variation d'épaisseur de 5 à 10 m au bord Sud-Est. Il se compose de deux masses de calcaires grises et jaunes, séparées par des marnes. Au-dessus de la zone on trouve une série d'une épaisseur de 50 à 100 m, constituée de marnes grises verdâtres avec certaines insertions de calcaires.
- *Sénonien supérieur* : Il a deux structure : le Campanien qui s'entrevue au niveau de la partie Sud-Ouest, est constitué de marne de 70 m d'épaisseur en succession régulière. Cette série de marne devient plus bleue chargée de pyrite, limonite et de gypse. Le Maestrichtien présente une série de marnes riches en inocerams d'une épaisseur de 70 à 100 m.

### 3.2.3. La nappe N éritique constantinoise :

Au niveau du djebel Djaffa la nappe N éritique est figuré sous les étages suivants :

- Le Barrémien supérieure épais d'environ 200 m, formé par un calcaire massif.
- L'Aptien est composé d'une alternance de calcaire à orbitoline avec une épaisseur de 160 m.
- L'Albien glauconieux présente une épaisseur d'environ 20 m.
- Le Cénoomanien alternant de calcaire massif à caprines, épais de 200 m.

### 3.2.4. La nappe tellienne :

Cette série est chevauchante sur la nappe N éritique de djebel Djaffa, elle comprend :

- **Sénonien inférieure** : Avec une épaisseur de 100 m, il est représenté par des faciès marneux et marno-calcaires à ostréidés.
- **Sénonien supérieure** : Cette série est arrangée en deux masses marno-calcaires successives séparés par des marnes grises. Son épaisseur est d'environ 550 m.
- **Paléocène** : Il existe deux théories concernant leur composition. Selon Vila (1980) il est constitué par des marnes noires contenant des boules jaunes et par des Silex et nodules de phosphate selon Voute (1957). Il est épais de 170 m.
- **Eocène** : Il comprend trois limites : à la base une barre marno-calcaire noires à silex avec un niveau de 20 m riche en nummulites. Au sommet, il est composé de Lutétien supérieur plus ou moins épais riche en lumachelles à huîtres. L'épaisseur de toute la série est de 560 m.

### 3.2.5. La nappe Numidienne de djebel Ansel :

La série se compose de trois structures de bas en haut :

- Des argiles sous-numidiennes à Tubotomaculum.
- Des grés numidiens.
- Des argiles et des marnes à silexites supra-numidiennes.

L'ensemble de ces structures constitue une épaisse série datée à l'oligocène.

### 3.2.6. Le remplissage de Mio-Plio-Quaternaire :

- **Mio-Pliocène** : Selon Voute (1957), les dépôts Mio-Pliocène peut atteindre une épaisseur de 500 m. Cette série présente un stade de sédimentation continentale effectué après la réalisation de la construction allochtone fortement affecté par l'érosion.
- **Quaternaire** : Il peut aller jusqu'à 100 m d'épaisseur, le quaternaire constitue une couverture naissante du bassin de Tamlouka. Il est composé d'une croûte de calcaire, d'argile rouge et brune sableuse et graveleuses.

### 3.3. Tectonique :

La plaine de Tamlouka présente une forme de cuvette allongée. Elle est limitée par djebel Djaffa et Chebka des Sellaoua qui possèdent une direction Sud-Ouest - Nord-Est.

Le djebel Djaffa constitue une grande coupole dont la structure est combinée par des failles et flexures longitudinales et par une faille transversale récente.

Le flanc Nord-Est est composé par une série épaisse de calcaires rigides morcelés en paliers monoclinaux par des fentes longitudinales. La zone centrale est occupée par un fossé

Le flanc Sud-Est est représenté par une série marno-calcaire dévoilant des plis anticlinaux partiellement aigus. Ces derniers passent parfois à des petits Horsts limités par des zones longitudinales faillées et séparés par des larges synclinaux à fond relativement plat.

Selon Vila (1980), cette unité dévoile la présence d'une structure en pli couché vers le Sud-Est à cœur carbonaté d'âge Jurassique supérieure, ce qui est affirmé par la réapparition à l'Est du Jurassique isolé au centre de la plaine, notamment au niveau des collines d'Ain Arko. Ces dernières sont considérées comme l'axe de l'anticlinal étendu en position chevauchante sur les marnes de l'unité des Sellaoua. Sur cet ensemble les unités Néritique et tellienne parviennent à se chevaucher.

Au niveau du djebel Djaffa, le chevauchement est arrangé d'une forme très plate et détermine la belle klippe de Kef Ain Debagh. Au Nord du Foug El Alik, à l'envers du djebel Djaffa, la nappe tellienne est supportée par des calcaires massifs du Cénomaniens.

A leur base, le S énonien montre des structures disharmoniques remarquables, caract éris ées par des plis couch és àvergence Sud et visibles au Nord de Kef Ech-Changora.

#### 4. L'hydrogéologie :

Pour d éterminer les diff érentes aquif ères existantes, le bassin doit être étudi é d'un point de vue hydrogéologique pour mieux comprendre les diff érentes formes qui le composent.

La connaissance de l'hydrogéologie de la région est très importante parce qu'elle permet de connaître la quantité d'eau qui s'infiltré vers les aquif ères.

##### 4.1. Caract éristiques des aquif ères de la région :

Le syst ème hydrogéologique de la plaine de Tamlouka est très complexe, parce qu'on y rencontre une multitude d'horizons. Il débute par les formations aquif ères constitu és par les dépôts du Quaternaire et du Mio-Pli-Quaternaire et se prolonge, en profondeur, jusqu'aux aquif ères dans les calcaires du Cr étac és et du Jurassiques. L'ensemble est compliqué par l'existence d'une multitude de passages argileux-marneux imperméables formant par endroit, le toit des nappes profondes en leur conférant le caract ère des nappes captives.

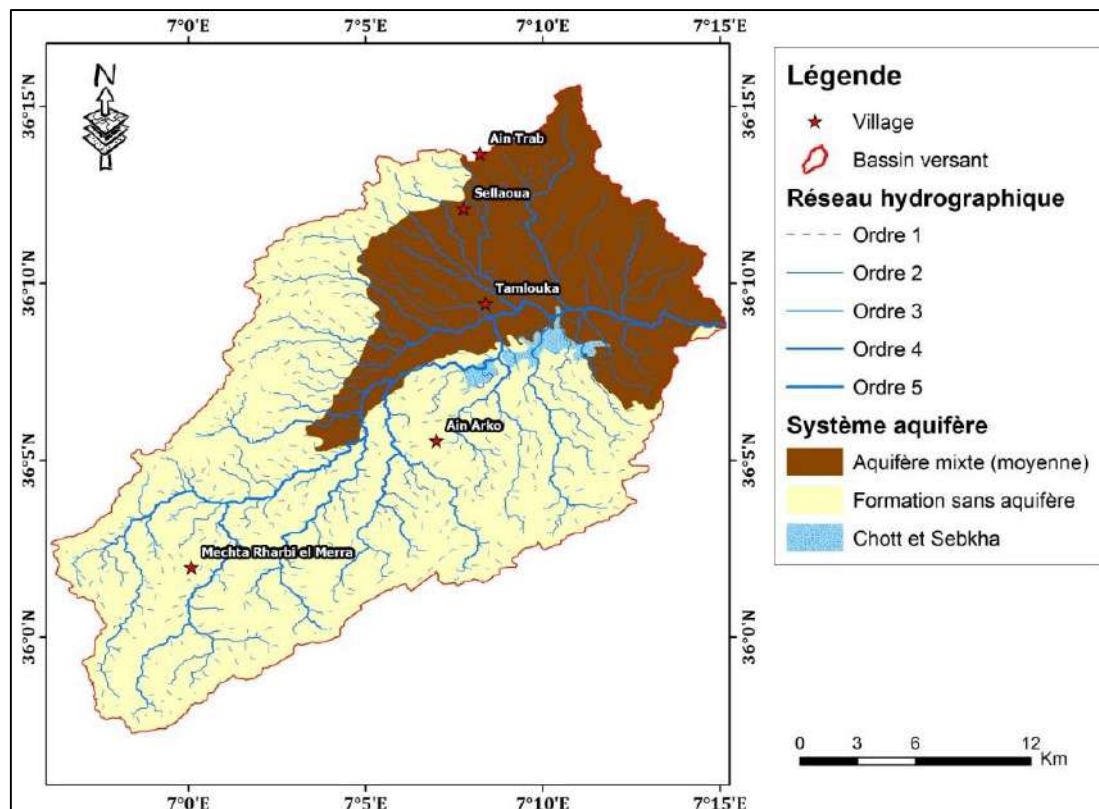


Figure 3: Carte hydrogéologique du bassin versant de Tamlouka (extrait de la carte d'Algérie 1/500000, ANRH 2009)

A cause de la présence d'un substratum plus ou moins continu qui délimite la nappe superficielle des formations aquif ères profondes. On considère que tout le syst ème aquifère profond est composé par des nappes (captive) dont les horizons aquif ères communiquent

entre eux soit directement par les couches perméables ou bien par l'intermédiaire de failles affectant les formations calcaire et qui permettent la circulation d'eau.

Alors il existe deux types des nappes :

- La nappe libre.
- La nappe captive.

#### **4.1.1. La nappe aquifère du remplissage «Mio-Plio-Quaternaire » :**

Elle occupe la partie superficielle du terrain et varie en épaisseur de 3 à 95 m (Telali, 2016). Elle se trouve partout dans la plaine sauf au niveau des affleurements calcaires. Elle est caractérisée par une variation latérale des formations aquifères.

Dans la partie Nord de la plaine, les formations aquifères sont formées par des poudingues rougeâtres mal cimentés, parfois grossiers, des marno-calcaires contenant des niveaux de calcaire conglomératique avec des graviers et d'argiles sableuses et ses marnes lacustres. Il existe également des lambeaux de l'ancien quaternaire et surtout un alluvionnement limoneux ou argileux localement sableux ou caillouteux.

Au Sud, le remplissage est devenu argileux avec des alternances de conglomérats calcaires, de graviers et sables.

La puissance de la série à ce niveau est d'environ 90 m, ce qui correspond à une zone d'effondrement. Cette nappe est exploitée par des puits domestiques à débits variables.

#### **4.1.2. La nappe profonde des calcaires :**

Au Nord, la formation aquifère présente une dominance marno-calcaire de la nappe tellienne. Elle se trouve au Sud de la plaine dans les formations carbonatées Jurassique Crétacé du Djebel Ain Arko et les bordures Ouest de la cuvette (djebel Djaffa). Il s'agit principalement de formations calcaires fissurées et karstifiées dominées par des argiles bariolées compactes et des marnes qui constituent le toit imperméable de cette nappe. (Telali 2016).

### **5. La pédologie :**

La carte pédologique c'est une carte représentant la répartition des types de sols ou d'autres unités cartographiques de sols liés aux caractéristiques physiques et culturelles dominantes de la surface du globe. (GDT, 1976).

Notre zone d'étude est caractérisée généralement de cinq types de sols : sols calciques, sols calcaires, sols insaturés, sols des marais et roche mère.

Les sols calciques occupent la grande partie avec une surface de 368 km<sup>2</sup> et représente 77% de la surface totale ; Les sols calcaires occupent une surface de 69 km<sup>2</sup> qui représente 14% de la surface totale ; Le reste de la surface totale est divisé sur les trois type de sols qui sont : sols insaturés (23 km<sup>2</sup>; 4%) ; roche mère (10 km<sup>2</sup>; 3%) et sols des marais (4 km<sup>2</sup>; 2%).

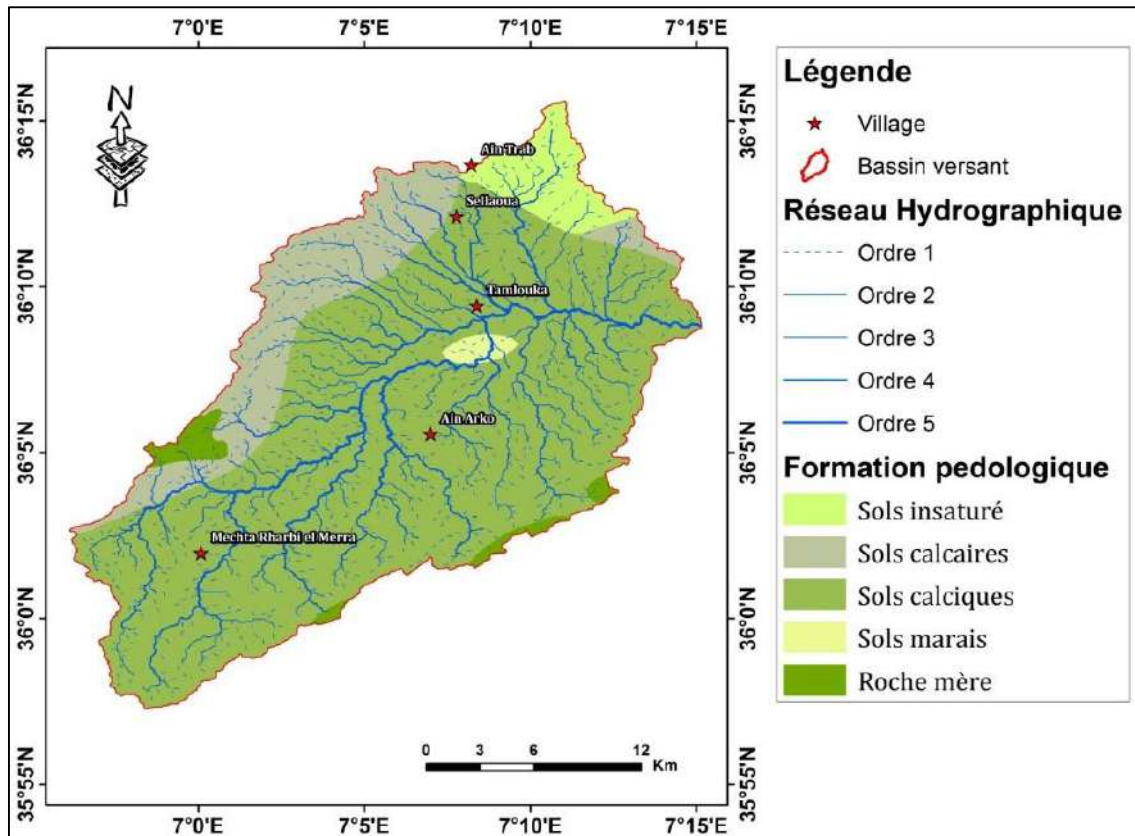


Figure 4: Carte pédologique de Tamlouka (extrait de la carte des sols d'Algérie, Constantine 1/500000)

## 6. Reliefs et géomorphologie :

La région ou la plaine de Tamlouka contient de 80 % de la topographie plane de la surface total sauf pour les buttes d'Ain-Arko au center de la plaine, ses limites sont constitué e par ;

- Djebel Djaffa à l'ouest et au Nord-Ouest.
- La Chebka des Sellaouas au sud et au Sud-Est.

Aussi notre région est caractérisé également par une faible pente générale, elle tend vers le Nord-Est.

Les altitudes dans la plaine suivent aussi la pente topographique, il se caractérise par des grandes valeurs dans la partie Nord de la plaine pour atteindre 825 m à Sbaa et Mzair. On peut également trouver la plus faible altitude à Oued Mgaisba jusqu'à 732m. Quant aux collines d'Ain Arko, la haute altitude se trouve dans la colline exploitée, avec une valeur de 929 m (le point le plus élevé) (Sebagh et Safi, 2014).

### 6.1. Géomorphologie :

Les formes géomorphologiques trouvées dans la plaine de Tamlouka présentent généralement des structures nettes liées à la tectonique et à l'accumulation de sédiments pendant les périodes de Mio-Pliocène et quaternaire, sous l'effet de l'érosion de surface des matériaux présents dans la zone. Ces reliefs sont divisés selon la forme et les caractéristiques en :



**6.1.1. Cuvette de Tamlouka :**

C'est une large structure résultant de mouvement tectonique, elle occupe la majeure partie du sous bassin versant « la Seybouse ». Au niveau de la base de la cuvette, on constate une nappe karstique, qui s'est produite par la tectonique et le karst en donnant un arrangement de calcaire fissuré. Les horizons supérieurs sont constitués par les sédiments du Mio-Pliocène et du Quaternaire formés par des argiles sableuses. Au niveau de cet ensemble, on trouve la nappe libre.

**6.1.2. Terrasses :**

La plaine de Tamlouka est entourée par des formations alluvionnaires d'une puissance variable de 5 à 15 m avec une infiltration très importante, aussi est traversée par des cours d'eau dont la majeure partie, les alluvions sont constituées principalement des argiles, de sable, de galets et de graviers. Pendant la majeure partie de l'année les cours d'eau sont à sec.

**6.1.3. Marécages :**

Les zones marécageuses sont présentes beaucoup plus au niveau du centre, à la période hivernale, la nappe libre devient trop chargée ce qui provoque l'apparition des marécages.

**6.1.4. Les collines :**

Sont situées entre Balta et Tamlouka et qui sont les résultants d'une compression «Nord-Ouest » suivie par une distension Plio-Quaternaire subméridienne «Nord-Sud ».

Au niveau d'Ain Arko (850 m), on constate des formes de calcaire similaire à celui du djebel Djaffa qui apparaît au niveau du calcaire Jurassique.

**6.1.5. Les Montagnes :**

La plaine de Tamlouka est limitée:

- A la bordure Nord-Ouest par Djebel Djaffa, avec un point éminent de 1200 m, constitués, essentiellement, par des formations carbonatées d'âge secondaire. Ils sont marqués par une tectonique cassante se manifestant par des failles et une intense fracturation.
- La Chebka des Sellaoua au Sud, avec des sommets qui peuvent dépasser 1000 m d'altitude. Elle est formée par des grès rouges au niveau de leur partie superficielle.
- Par djebel Ansel au Nord, avec une composition de grès Numidien et une couverture Mio-Pliocène continentale.

**6.1.6. Le Karst :**

La karstification est bien développée dans le calcaire de la région qui présente une micro-fracturation intense. En présence des eaux météoriques et par des processus chimiques et mécaniques cette fissuration va donner des formes karstiques telles que la cavité dans Djebel

Djaffa. Les fissures permettent une infiltration quasi-totale et rapide des eaux superficielles ; ce qui assure une alimentation efficace des réserves d'eau souterraine.

### 6.1.7. Les lits des oueds :

Sont présente dans les remplissages du Quaternaire dans la région traversés par les oueds qui creuse au fur et à mesure de temps, le matériel d'éritique est composé principalement de sable, gravier... etc.

### 7. Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique présente un réseau de drainage très dense, composé principalement par : Oued Mgaisba qui est tributaire de Oued Cheref et ces affluents, Oued Mellah qui prend naissance dans les monts de djebel Amar et rejoint Oued Mgaisba au centre dans la plaine. Notons aussi l'existence d'autres affluents tel que oued Bardo et également de plusieurs chaabats qui descendent de djebel Djaffa et de la Chebka des Sellaouas.

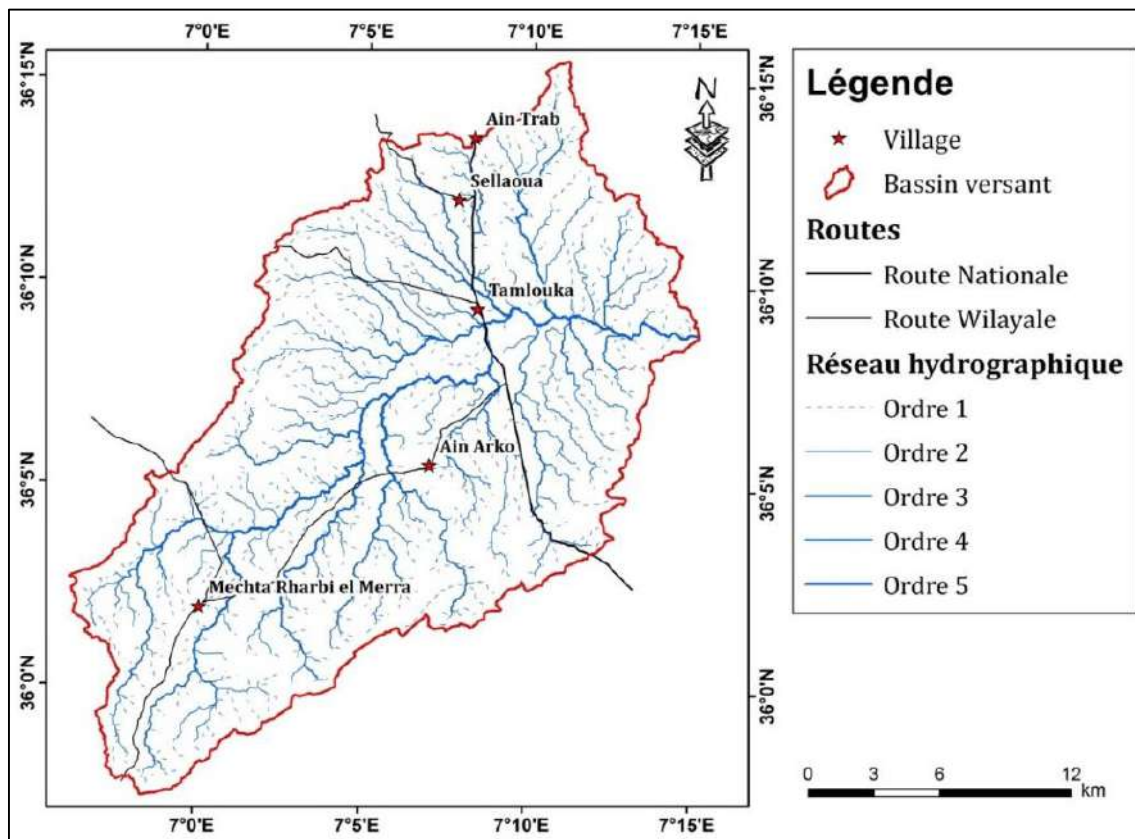


Figure 5 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de Tamlouka



Chapitre III  
Matériels et méthodes

## Chapitre II : Matériels et méthodes

Dans ce chapitre nous allons présenter la méthodologie suivie au cours de cette étude commençant par les cartes scannées (Carte géologique, carte topographique, carte pédologique et carte hydrogéologique), les images satellitaires, des modèles numériques de terrain (MNT) et des images Google-Earth à très haute résolution. Ainsi que les formules numériques pour déterminer les caractéristiques morphométriques et les calculs des indices de sécheresse météorologique par utilisation du logiciel «DrinC » (Drought Indices Calculator).

### 1. Matériels et données utilisés :

#### 1.1. Les cartes scannées :

Pour digitaliser les cartes (géologique, topographique, pédologique et hydrogéologique) on a utilisé :

- ✓ Une carte géologique de l'Algérie (Constantine 1/200000, Feuille P-Q\_3-4).
- ✓ Quatre cartes topographiques d'une échelle 1/50000 (1- «Tamlouka Feuille 32- II -7 Ouest », 2- «Ain Fakroun Feuille 32-XIX-2- Est », 3- «Ain M'Lila feuille 32- I -8 Est », 4- «Oum El Bouaghi Feuille NI-32-XX-1 Ouest »).
- ✓ Une carte des sols d'Algérie (Constantine, 1/500000, Feuille N.J.32.SO).
- ✓ Une carte scannée de l'ANRH (carte des ressources en eau Constantine 1/500000, Feuille NJ.32.SO).

#### 1.2 : Images satellitaire :

##### 1.2.1 : Le Modèle Numérique de terrain (MNT) :

Un modèle Numérique de terrain (MNT) est une représentation 3D de la surface d'un terrain ou d'une planète, produite à partir des données d'altitude de terrain dans un maillage régulier carré (pixels). Le MNT ne prend pas en compte les objets présents à la surface du terrain tels que les plantes et les bâtiments.

On a utilisé les données altimétriques du Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) afin de réaliser :

- La délimitation du bassin versant.
- La détermination du réseau hydrographique drainant le bassin versant.
- La carte des pentes.
- La carte altimétrique.

### 1.2.2 : Les images Google-Earth et Basemap ArcGIS :

Les images satellitaires de Google Earth et Basemap d'ArcGIS de très haute résolution ont permis de digitaliser des données cartographiques complémentaires (Villages, Routes ...). Elles sont aussi servies pour la vérification et la correction du réseau hydrographique.

### 1.3. Les données climatiques :

#### 1.3.1 : Les données alphanumériques :

Elles sont des données mesurées au niveau de la station météorologique de Tamlouka des différents paramètres climatiques (précipitation, Vitesse du vent et la température) ou au niveau des sites internet spécialisés contenant des données corrigées et fiables. Nous avons utilisés les relevés des moyennes annuelles pendant une période de 61 ans (1958-2019) obtenus à partir de la base des données (Climate-Engine). Elles sont stockées et organisées dans des tableaux Excel comme bases des données.

#### 1.3.2 : Les données matricielles (raster) :

L'acquisition des données climatiques pour suivre la variation spatiotemporelle des précipitations a été obtenue par le téléchargement du jeu de données CRU TS v4.05 pour la période 2011-2020 produites par l'Unité de recherche climatique (CRU) de l'Université d'East Anglia. Elles sont calculées sur des grilles à haute résolution (0,5 x 0,5 degré) :

[https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/cru\\_ts\\_4.03/cruts.1905011326.v4.03/pre/](https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/cru_ts_4.03/cruts.1905011326.v4.03/pre/)

### 1.4. Les logiciels utilisés :

#### 1.4.1. Arc GIS 10.3 :

On utilise ArcGIS Desktop pour effectuer les tâches de SIG dont la cartographie, la gestion des données, l'analyse géographique, la mise à jour des données et le géotraitement. A l'aide de ce logiciel on a réalisé les différentes cartes thématiques ainsi que les calculs et les traitements des différents paramètres de ce travail.

#### 1.4.2. Google Earth Pro :

Est un logiciel, propriété de la société Google, permettant une visualisation de la terre avec un assemblage de photographies satellitaires. On a utilisé ce logiciel pour :

- Localiser les objets occupant la surface du sol (villages, routes ... etc.)
- Digitaliser les informations nécessaires dans notre zone d'étude.

#### 1.4.3. Origin :

Origin est un logiciel de traitement et d'analyse des données scientifiques pour environnement Microsoft Windows développé par OriginLab. Il permet notamment de tracer des graphes 2D et 3D possédés des fonctions d'analyse de pics. Il est aussi capable d'importer

des fichiers de divers formats tels que Excel et d'exporter les graphes en format d'images (JPEG, GIF, TIFF ... etc.).

#### 1.4.4. DrinC :

L'objectif principal de ce logiciel est de faciliter la procédure de calcul des indices de sécheresse, ce qui peut être une tâche compliquée notamment dans le cas de l'évaluation de la distribution spatiale des indices.

Deux indices de sécheresse ont été calculés pour notre travail en utilisant DrinC :

- SPI (Standardised Precipitation Index).
- RDI (Reconnaissance Drought Index).

## 2. Les méthodes suivies :

### 2.1. La modélisation hydrologique :

#### 2.1.1. Extraction du réseau hydrographique et délimitation du bassin versant :

Les délimitations manuelles des bassins versants sur les cartes topographiques et les analyses morphométriques classiques ont été les premières mesures utilisées pour étudier la géomorphologie des bassins versants. Aujourd'hui l'outil informatique permet d'entreprendre aisément différentes manipulations permettant la délimitation des bassins versants et l'extraction du réseau hydrographique. A cet effet, les logiciels des Systèmes d'Information Géographique (SIG), notamment ArcGIS, fournissent des outils intéressants de calculs et de mesures hydro-morphologiques à partir d'un Modèle Numérique du Terrain (MNT). Dans le cadre de cette étude nous avons utilisé le MNT pour l'extraction du réseau hydrographique, ainsi que la délimitation du bassin versant.

Pour l'extraction de réseau hydrographique et la délimitation du bassin versant nous avons appliqué plusieurs étapes (Fig. 6) :

- ✓ La première étape c'est l'ajustement du fichier MNT (*Tamlouka\_MNT.tif*) avec un changement de la résolution (taille du pixel) du MNT en 30 x 30 m et la conversion du système de coordonnées en système de coordonnées avec la projection *WGS\_1984\_UTM\_Zone\_32N*.
- ✓ Puis l'image MNT a subi le traitement de remplissage pour donner un modèle hydrologique correct par application de l'outil « *Fill* ».
- ✓ Ensuite nous avons calculé la direction des pentes pour chaque pixel par application de l'outil « *Flow Direction* ».
- ✓ Après cette étape on collecte les flux et déterminer les endroits par lesquels passeront les cours d'eaux par application de l'outil « *Flow Accumulation* ».

- ✓ Puis on a conditionné la longueur minimale des segments par application de l'outil « *con* » avec la condition « *value > 200* » du réseau hydrographique.
- ✓ Après avoir classé les réseaux hydrographiques de l'Ordre 1 à 5 par la méthode de classement des flux « *Strahler* » en utilisant l'application de l'outil « *Stream Order* » on a obtenu le réseau hydrographique de type matriciel (raster).
- ✓ Afin d'obtenir une carte de réseau hydrographique type vectoriel (shapefile), on a converti le réseau hydrographique du type matriciel par application de l'outil « *Stream to Feature* »
- ✓ Puis nous avons créé et sélectionné un point exutoire, afin de délimiter le bassin versant par application de l'outil « *Watershed* » et la réalisation du bassin versant type raster.
- ✓ En fin, la conversion en type vectoriel (shapefile) par application de l'outil « *Raster to Polygon* » pour obtenir la limite du bassin versant.

Les étapes de traitement que nous avons expliqué sont schématisées par l'organigramme fonctionnel donné par la figure 6 ci-dessous.

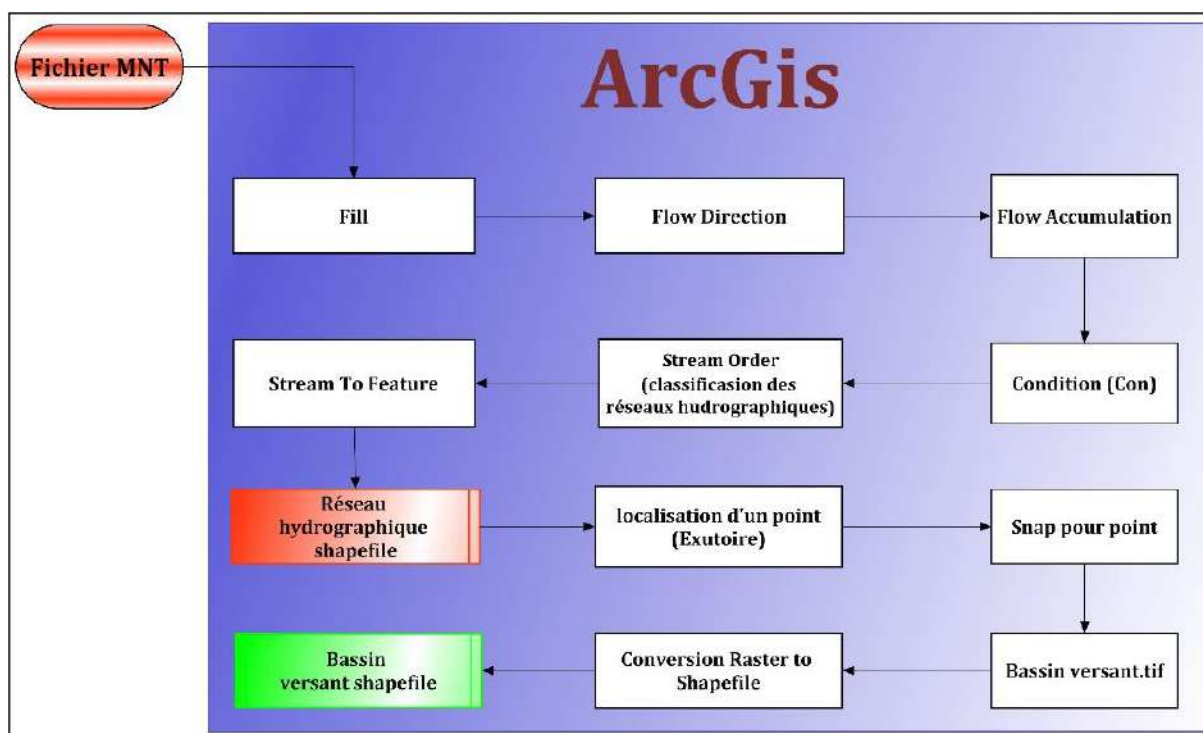


Figure 6 : Processus de l'extraction du réseau hydrographique et délimitation du bassin versant.

### 2.1.2. Réalisation de la carte des pentes et la carte des altitudes :

Pour réaliser ces cartes (Fig. 7) et après l'extraction du réseau hydrographique et la délimitation du bassin versant et l'ajout des informations complémentaires pour la cartographie (routes, villages ...) dans le bassin, on fait un traitement nécessaire d'un modèle numérique de terrain (MNT) selon la nature de la carte à réaliser.

La carte d'altitudes : Nous obtenons une carte d'altitudes par l'outil « *Symbology* » avec une classification par subdivision de sept classes d'un intervalle de 100 m : (690-700), (700-800), (800-900), (900-1000), (1000-1100), (1100-1200), (1200-1300) sous une image de type matricielle (raster) ; et la création des contours de type vectoriel (shapefiles) limitant ces classes d'altitudes avec affichage des données d'altitudes sur la carte.

La carte des pentes : Nous obtenons une carte des pentes en degré type matricielle (raster) par l'outil « *Slope* » avec une classification par subdivision de cinq classes (< 2), (2 - 6), (6 - 12), (12 - 18), (>18) par l'outil « *Symbology* ».

Les étapes de la réalisation de ces cartes sont expliquées et schématisées sur la Figure 15 ci-dessous.

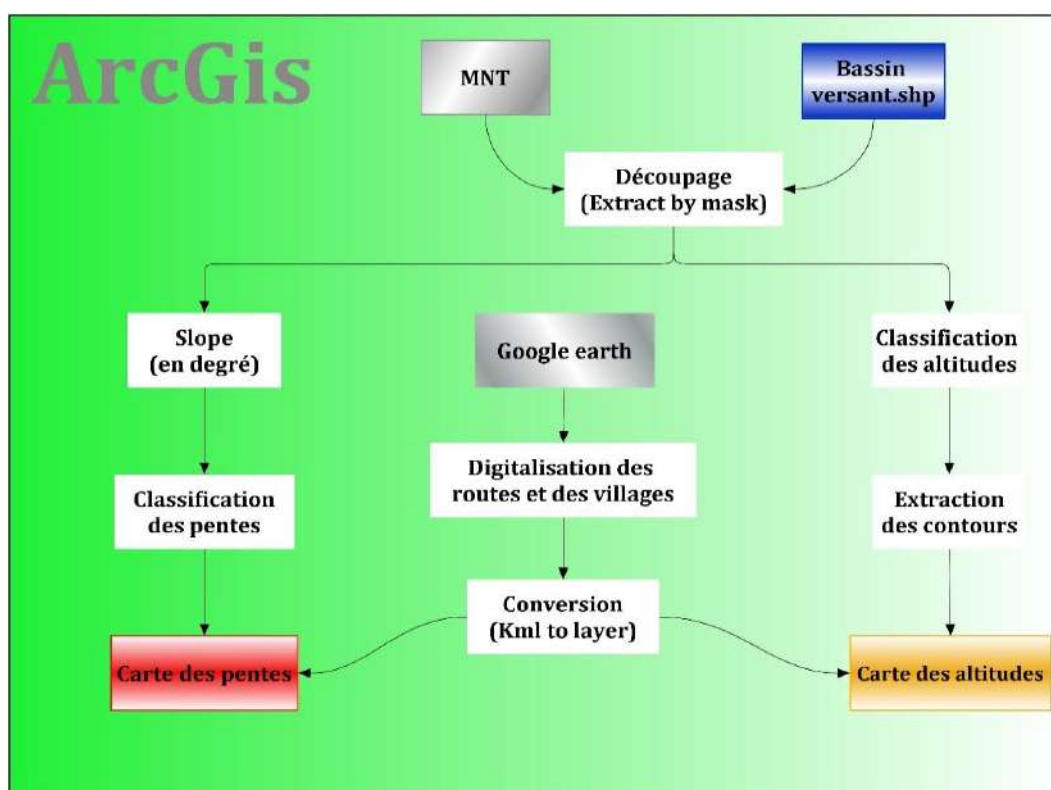


Figure 7 : Organigramme explicatif des étapes de la réalisation des cartes (pentes, altitudes).

### 2.1.3. Digitalisation des cartes scannées (géologique, hydrogéologique et pédologique) :

Pour la digitalisation de ces cartes on va se baser sur les cartes scannées et non géoréférencées en se basant sur la démarche suivante (Fig. 8) :

- La première étape est le géoréférencement des cartes scannées par utilisation des coordonnées du quadrillage de la carte en respectant la projection du système de coordonnées
- On fait un découpage des cartes géoréférencées et ajout du bassin versant (shapefile) avec utilisation de l'outil « *Extract by Mask* ».



- Création d'une base de données constituée de deux types de données pour la carte géologique (Type ligne pour les contacts structuraux et type polygone pour les formations géologiques) ou un seul type pour la carte pédologique et la carte hydrogéologique (type polygone).
- Digitalisation des informations des cartes scannées, géoréférencées et découpées dans leurs bases de données (.dbf ou .shp).
- Cartographie par ajout des informations auxiliaires et habillage cartographique (légende, échelle, orientation ...).

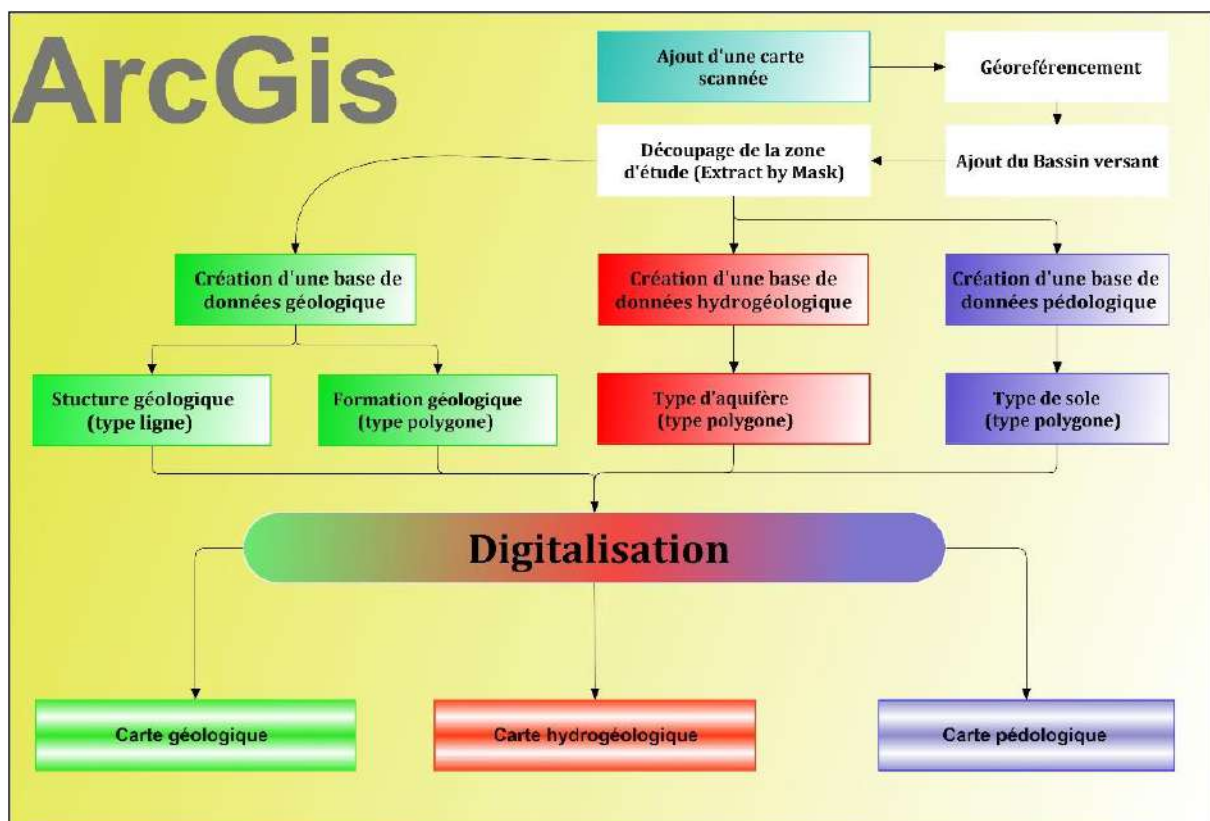


Figure 8 : Organigramme explicatif des étapes de la digitalisation des cartes (géologique, hydrogéologique et pédologique).

#### 2.1.4. Numérisation et traitement de la carte topographique (1/50000) :

La numérisation et les traitements de la carte topographique ont pour objectif : la vérification et la correction du réseau hydrographique. Nous avons utilisé quatre cartes scannées d'une échelle de 1/50000 pour effectuer cette carte (Fig. 9).

- Un géoréférencement et un découpage des marges de chaque carte par l'outil « *Extract by Rectangle* ».
- Un assemblage des quatre cartes par l'outil « *Mosaic to New Raster* ».
- Un découpage de la carte topographique par le bassin versant en utilisant l'outil « *Extract by Mask* ».

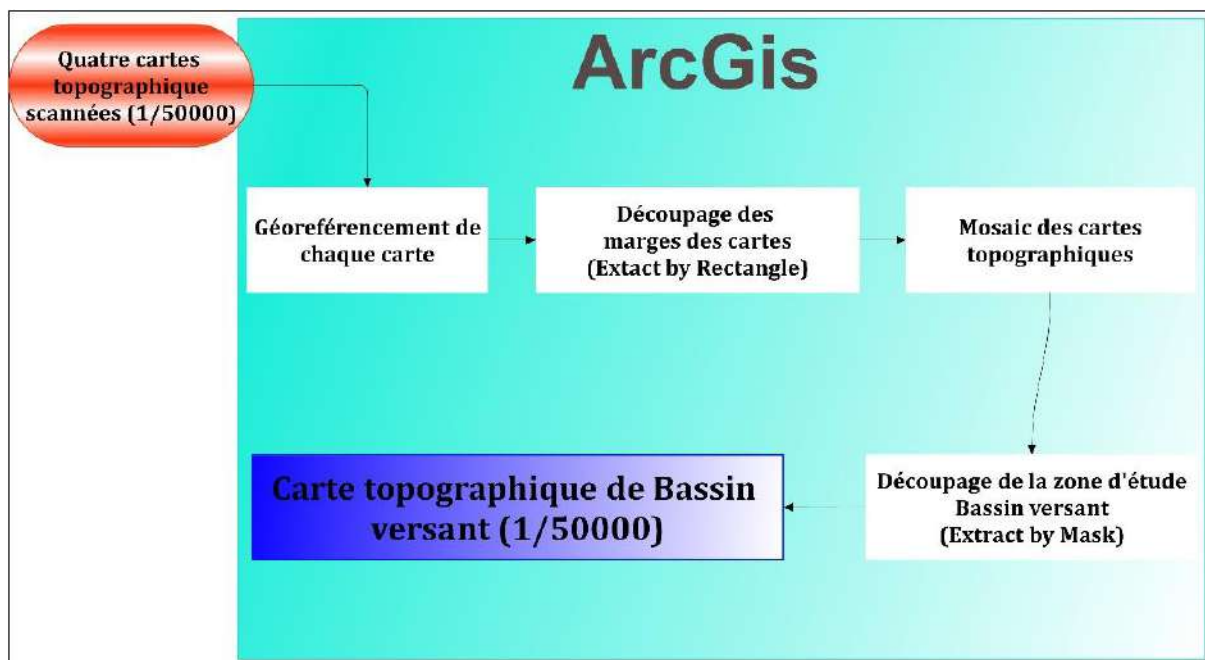


Figure 9 : Organigramme explicatif des étapes de la numérisation de la carte topographique.

### 2.1.5. Réalisation de la carte des précipitations :

Après avoir téléchargé les données climatiques (précipitations moyennes mensuelles) depuis le site (*cru data.com*), on a suivi les étapes suivantes (Fig. 10) :

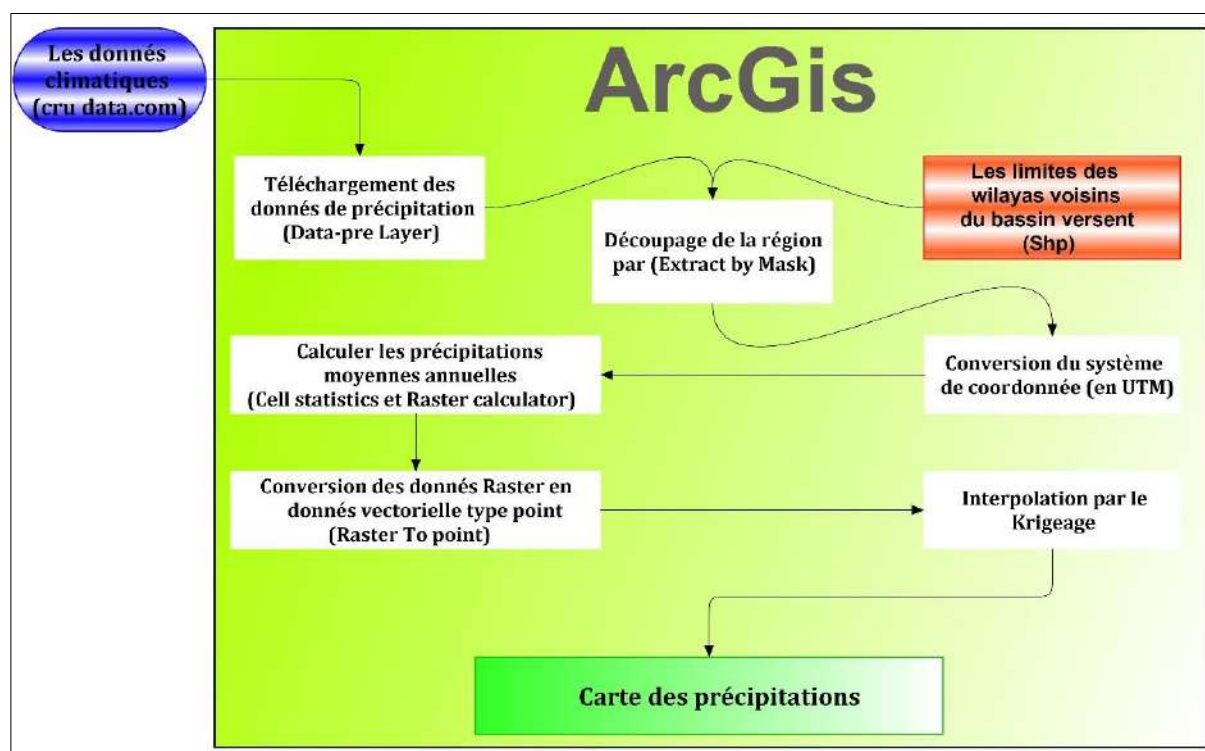


Figure 10 : Organigramme explicatif des étapes de la réalisation de la carte des précipitations.

- Un découpage de cette base donnée mondiale type raster par les limites des wilayas avoisinantes de notre bassin versant sous ArcGIS.

- Une conversion du système de coordonnées en projection UTM zone 32.
- Un calcul des précipitations moyennes annuelles a été fait par l’outil « *Cell statistics* » et l’outil « *Raster calculator* ».
- Une conversion des données raster en données shapefiles type point a été faite par l’outil « *Raster to point* ».
- Une interpolation par la méthode « *Kriging* » pour afficher la variation spatiale des précipitations dans notre région.
- En fin l’habillage et la cartographie des précipitations.

### 2.1.6. Réalisation de la carte d’occupation des sols :

La réalisation de cette carte repose principalement sur l’outil base map « *Imagery* » comme une base de données (Fig. 11), avec une digitalisation directe de quatre classes d’occupation des sols (Surface urbaine, surface agricole, Forêt, Sol nu).

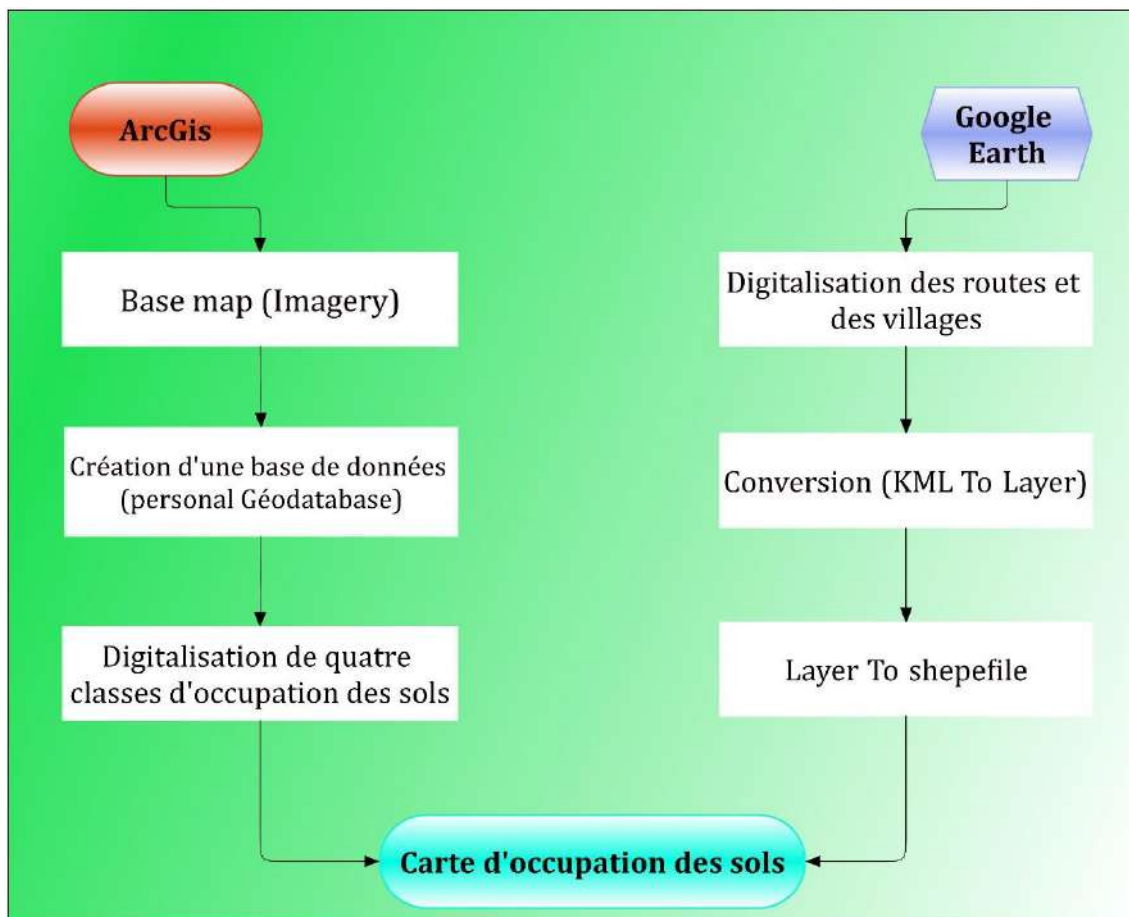


Figure 11 : Organigramme explicatif des étapes de la réalisation de la carte d’occupation des sols.

### 2.2. Caractéristiques Morphométriques :

La détermination des caractéristiques morphométriques sont nécessaires pour déterminer et analyser le comportement hydrologique du bassin versant (Derradji, 2019).

Des différentes caractéristiques morphométriques sont à définir : La taille du bassin (sa surface), sa forme, son élévation, sa pente et son orientation, le couvert végétal et les caractéristiques du réseau hydrographiques. Ces facteurs, d'ordre purement physique, s'estiment aisément à partir de cartes adéquates ou en recourant à des techniques digitales et aux modèles numériques (cas de notre étude).

Dans un bassin versant, on peut citer deux caractéristiques morphométriques principales :

- ✓ Géométriques (la forme et la topographie).
- ✓ Réseau hydrographique (la densité de drainage et le temps de concentration).

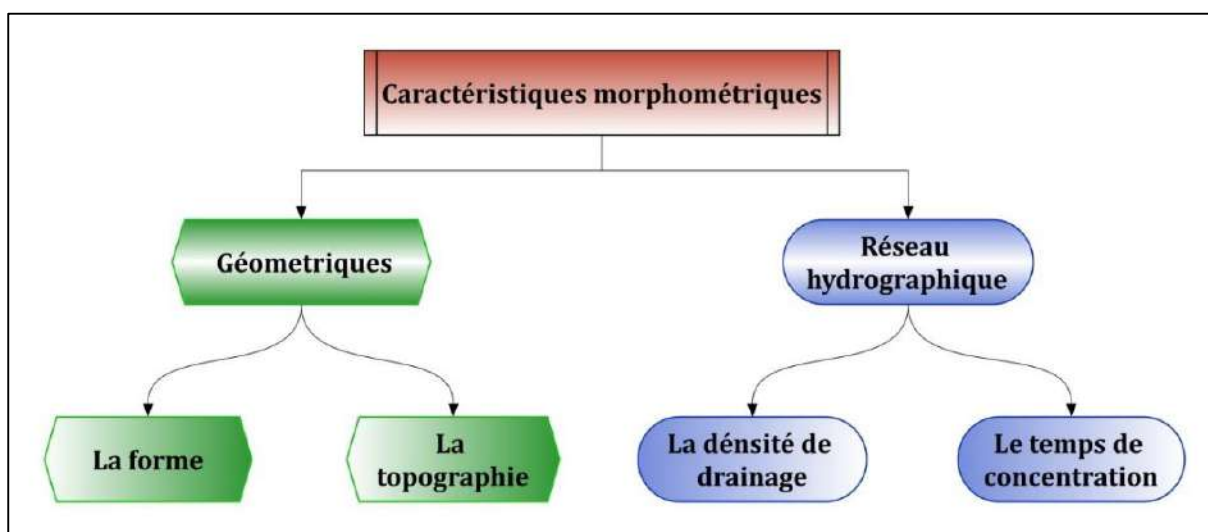


Figure 12 : Caractéristiques morphométriques d'un bassin versant.

### 2.2.1 : Les caractéristiques géométriques :

#### a. Surface et périmètre :

La surface du bassin versant et le périmètre ont été calculés par le logiciel ArcGIS. Cette méthode nous a aidés pour obtenir des résultats précis.

#### b. Indice de forme de Gravelius :

L'indice de compacité de Gravelius  $K_G$ , est en fait le rapport du périmètre du bassin à la circonférence du cercle ayant la même surface, il donne une idée sur la forme du bassin versant qui a une influence sur l'écoulement global du cours d'eau.

$$K_G = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Avec :

$K_G$  : Indice de compacité de Gravelius.

A : Surface du bassin versant ( $\text{Km}^2$ ).

P : Périmètre du bassin (Km).

Tableau 1: Classification de la forme du bassin versant (Musy, 2005).

Forme du bassin versant	Indice de compacité $K_G$
Forme circulaire	$K_G = 1$
Forme carrée	$1 < K_G < 1.12$
Forme allongée	$K_G > 1.12$

**c. Rapport de Circularité :**

La circularité d'un bassin versant  $R_c$  est le rapport entre sa surface et celle d'un cercle ayant le même périmètre que ce dernier (Miller, 1959). Elle s'exprime par :

$$R_c = \frac{4\pi \cdot A}{P^2}$$

Avec :

A : surface du bassin versant ( $\text{Km}^2$ ).

P : périmètre du bassin versant (Km).

**d. Indice de forme d'Horton :**

L'indice de forme  $K_H$  est la relation entre la surface d'un bassin et la longueur du cours d'eau principale (Horton, 1945). Il est utilisé pour prédire l'intensité de l'écoulement à l'exutoire d'un bassin versant.

$$K_H = \frac{A}{L^2}$$

Avec :

A : Surface du bassin ( $\text{Km}^2$ ).

L : Longueur du cours d'eau principale (Km).

**e. Le rectangle équivalent :**

Le rectangle équivalent encore appelé rectangle de Gravelius, introduite par Roche (1963). Cette notion a été introduite pour pouvoir comparer des bassins entre eux du point de vue influence de leurs caractéristiques géométrique sur l'écoulement. En considérant la longueur  $L$  et la largeur  $I$  du rectangle,  $P$  et  $A$  représentant respectivement le périmètre et la superficie du bassin versant, l'indice de compacité de Gravelius  $K_G$ . On peut calculer à l'aide de la formule ci-dessous.

$$L = \frac{K_G \sqrt{A}}{1.12} \left( 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{K_G} \right)^2} \right)$$

$$I = \frac{A}{L}$$

**f. Les altitudes caractéristiques :**

Les altitudes maximales et minimales sont extraites à partir d'un MNT à l'aide du logiciel SIG et l'altitude moyenne se déduit directement de la courbe hypsométrique. On peut la définir comme suit :

$$H_{\text{moy}} = \frac{\sum(h_i \cdot A_i)}{A}$$

Avec :

$H_{\text{moy}}$  : Altitude moyenne du bassin (m).

$A_i$  : Aire comprise entre deux courbes de niveau ( $\text{Km}^2$ ).

$h_i$  : Altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m).

$A$  : La surface totale du bassin versant ( $\text{Km}^2$ ).

L'altitude médiane correspond à l'altitude lue au point d'abscisse 50% de la surface totale du bassin, sur la courbe hypsométrique.

**g. Pente moyenne du bassin versant :**

La pente moyenne du bassin versant proposée par Cartier et Leclerc (1964), elle est donnée par la relation suivante :

$$I_m = 100 \frac{E_q \cdot L_{cn}}{A}$$

Avec :

$L_{cn}$  : Longueur totale des courbes de niveau (Km).

$E_q$  : Equidistance entre deux courbes de niveau (m).

$A$  : Surface du bassin versant ( $\text{Km}^2$ ).

**h. Indices de pente :**

Les indices de pente se déterminent à partir de la répartition hypsométrique sur le bassin. Son appréhension peut être faite à l'aide de l'indice de pente global  $I_g$  donné par la relation suivante :

$$I_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L}$$

Sur la courbe hypsométrique qui a été déjà tracée, on prend les points tels que la surface supérieure ou inférieure soit égale à 5% de la surface totale.  $H_{5\%}$ ,  $H_{95\%}$  sont les altitudes entre lesquelles s'inscrivent 90% de l'aire du bassin et la dénivellation  $D = H_{5\%} - H_{95\%}$

Avec :

$I_g$  : Indice de pente global (m/Km).

$D$  : dénivellation entre les altitudes ayant 5% et 95% de la surface du bassin versant tirées à partir de la courbe hypsométrique (m).

$L$  : Longueur de rectangle équivalent (km).

Tableau 2 : Classification du relief selon  $I_g$  par l'ORSTOM.

Type du relief	Indice de pente globale
Relief très faible	$I_g < 0.002$ m/Km
Relief faible	$0.002 < I_g < 0.005$
Relief assez faible	$0.005 < I_g < 0.01$
Relief modéré	$0.01 < I_g < 0.02$
Relief assez fort	$0.02 < I_g < 0.05$
Relief fort	$0.05 < I_g < 0.5$
Relief très fort	$I_g > 0.5$ m/Km

*i. Dénivelé spécifique ( $D_s$ ) :*

La dénivelée spécifique représente le produit de l'indice de pente global  $I_g$  par la racine carrée de la superficie du bassin (A). Elle est calculée par la formule suivante :

$$D_s = I_g \times \sqrt{A} = \frac{D}{L} \times \sqrt{A}$$

La dénivelée spécifique  $D_s$  est dépendante de la surface et permet alors de comparer des bassins des tailles différentes.

Tableau 3: Classification du relief selon  $D_s$ .

Dénivelé spécifique (m)	Type du relief
$D_s < 10$	Relief très faible
$10 < D_s < 25$	Relief faible
$25 < D_s < 50$	Relief assez faible
$50 < D_s < 100$	Relief modéré
$100 < D_s < 250$	Relief assez fort
$250 < D_s < 500$	Relief fort
$D_s > 500$	Relief très fort

**2.2.2. Les caractéristiques du réseau hydrographiques :**

*a. La densité de drainage :*

C'est un paramètre qui permet de caractériser l'organisation du chevelu hydrographique et le degré de drainage du bassin versant. La formule est introduite par Horton (1932) qui se calcule avec la longueur totale du réseau hydrographique par unité de surface du bassin versant. Elle est donnée par l'expression suivante :

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A}$$

Avec :

$D_d$  : Densité de drainage (Km/Km<sup>2</sup>).

$L_i$  : Longueur totale des thalwegs (Km).

$A$  : Surface du bassin versant (Km<sup>2</sup>).

**b. La densité hydrographique :**

La densité hydrographique représente le nombre de canaux d'écoulement par unité de surface.

$$F = \frac{\sum N_i}{A}$$

Avec :

$F$  : Densité hydrographique (Km<sup>-2</sup>).

$N_i$  : Nombre de cours d'eau.

$A$  : Superficie du bassin (Km<sup>2</sup>).

**c. Coefficient de torrentialité :**

C'est un coefficient qui tient compte à la fois de la densité des thalwegs élémentaires et de la densité de drainage.

$$C_t = D_d \cdot F_1$$

Avec :

$D_d$  : Densité de drainage.

$F_1$  : Fréquence des thalwegs élémentaires.

$$F_1 = \frac{N_1}{A}$$

$N_1$  : Nombre de cours d'eau d'ordre 1.

$A$  : Superficie du bassin (Km<sup>2</sup>).

**d. Temps de concentration :**

Le temps de concentration se calcule par la formule de Giondotti.

$$T = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_{\text{moy}} + H_{\text{min}}}}$$

Avec :

$T$  : Temps de concentration (heure).

$A$  : Superficie du bassin (Km<sup>2</sup>).

$L$  : Longueur de thalweg principal (km).

$H_{\text{moy}}$  : Altitude moyenne (m).

$H_{\text{min}}$  : Altitude minimale (m).



### 2.3. Les indices de sécheresse météorologique :

Le calcul des indices de sécheresses a pour objectif d'avoir une idée sur la sécheresse qui touche notre zone d'étude. Deux indices plus connus vont être calculés (Figure 13) ; le premier indice est l'indice standardisé de précipitations (SPI) qui se calcule par les précipitations mensuelles seulement. Le second est l'indice de reconnaissance de la sécheresse (RDI) qui se calcule par des précipitations et des températures mensuelles. Les données utilisées sont celles des précipitations et des températures mensuelles d'une année hydrologique (depuis octobre jusqu'au septembre) pour une période de 61 ans (1958-2019). La détermination de ces indices permet également d'avoir une idée sur la durée et la sévérité de la sécheresse.

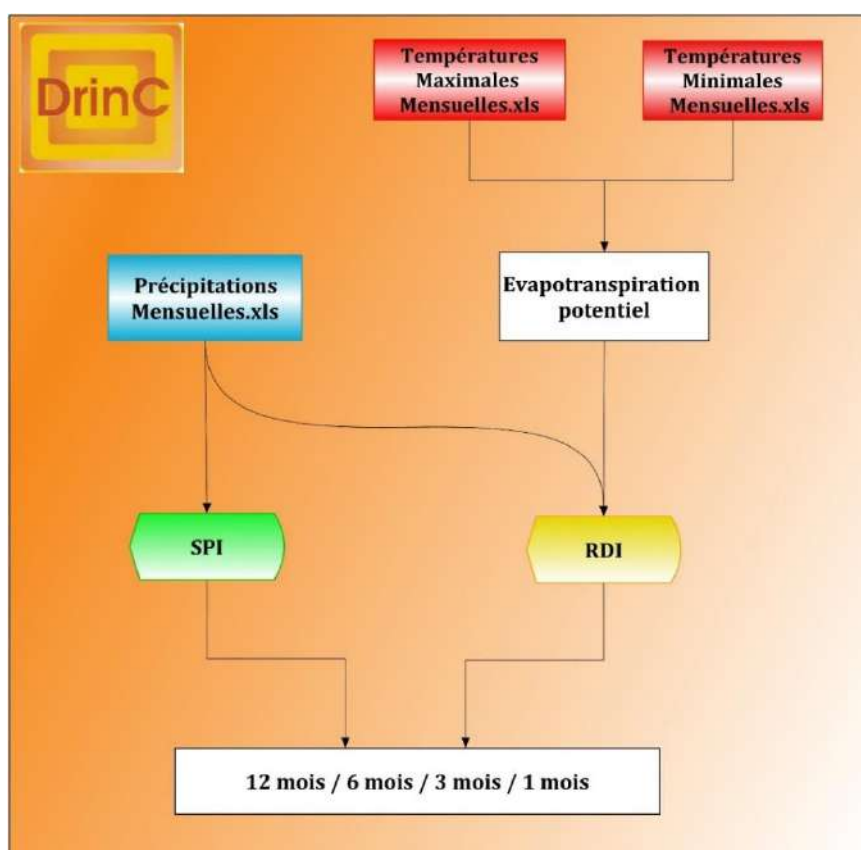


Figure 13 : Organigramme explicatif des étapes de calcul des indices de sécheresse (SPI et RDI).

#### 2.3.1. Indice standardisé de précipitations (SPI) :

L'indice standardisé de précipitations « SPI » (Standardised Precipitation Index) peut caractériser les déficits de précipitation pour une période donnée. Cet indice a permis de déterminer le degré d'humidité ou de sécheresse du milieu (Olivier, Wilfrid, & Jean-Marie, 2017).

On a calculé les valeurs de SPI de périodes suivantes : (1, 3, 6, 12 mois) à l'aide du programme DrinC (Figure 13).

Tableau 4 : Classification des valeurs de l'indice SPI.

Catégories	Valeur du SPI
Extrêmement sec	$\leq -2$
Sévérement sec	-1.5 à -1.99
Modérément sèche	à -1.49
Ordinaire	-0.99 à 0.99
Modérément humide	1 à 1.49
Très humide	1.5 à 1.99
Extrêmement humide	$\geq +2$

L'indice SPI est utilisé pour le suivi de la sécheresse météorologique à différentes échelles de temps. Il peut être évalué pour des durées de **1, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48** mois et même plus (Hayes et al., 1999). Selon l'échelle de temps choisie, le SPI permet différentes interprétations :

- le SPI de 1 mois reflète le court terme et les conditions de son application peuvent être liés étroitement à l'humidité du sol ;
- le SPI de 3 mois fournit une évaluation saisonnière des précipitations ;
- les SPI de 6 et 9 mois indiquent la tendance à moyen terme des précipitations.
- le SPI de 12 mois et plus, ils reflètent la tendance à long terme. Ils sont généralement liés aux écoulements dans les cours d'eau, aux taux de remplissage des réservoirs et même aux niveaux statiques des nappes souterraines (Khan et al., 2008).

### 2.3.2. Indice de la reconnaissance de la sécheresse (RDI) :

Le RDI dérivé du mot anglais Reconnaissance Drought Index (Tsakiris et Vangelis, 2005) ; il quantifie le déficit de précipitation pendant plusieurs pas de temps, précisément il se base sur les données de la précipitation et de l'évapotranspiration (Djorfi, 2018).

Le programme « DrinC » nous a aidés de calculer les valeurs de RDI des périodes suivantes : (1, 3, 6, 12 mois).

Tableau 5 : Classification des valeurs de l'indice RDI.

Catégories	Valeur de RDI
Extrêmement sec	$\leq -2$
Sévérement sec	-1.5 à -1.99
Modérément sèche	à -1.49
Ordinaire	-0.99 à 0.99
Modérément humide	1 à 1.49
Très humide	1.5 à 1.99
Extrêmement humide	$\geq +2$



**Chapitre III**  
**Résultats et discussions**

## Chapitre III : Résultats et discussions

Nous allons présenter dans cette partie les résultats que nous avons obtenus pour les analyses morphométriques, les indices de sécheresse météorologique (SPI et RDI) et l'impact de la sécheresse sur l'occupation des sols avec l'interprétation des résultats.

### 1. Les caractéristiques morphométriques :

#### 1.1. Caractéristiques de forme :

##### 1.1.1. La surface et périmètre du bassin versant :

Le bassin versant de Tamlouka étant l'aire qui reçoit des précipitations. L'alimentation des cours d'eau et les débits d'écoulement sont en partie reliés à sa surface.

La surface et périmètre sont des indices plus importants qui nous aident pour calculer les autres paramètres.

- Surface du bassin versant de Tamlouka :  $A = 473.907 \text{ Km}^2$ .
- Périmètre :  $P = 122.668 \text{ Km}$ .

##### 1.1.2. Indice de forme de Gravelius :

L'indice de compacité de Gravelius caractérise la forme du bassin versant. La valeur de  $K_G$  du bassin de Tamlouka est 1.57 ; donc notre bassin a une forme allongée. Sa direction d'allongement principale est Sud-Ouest–Nord-Est. Cette forme favorise une érosion linéaire et régressive.

##### 1.1.3. Rapport de circularité :

La circularité du bassin est davantage influencée par la longueur, la fréquence et la pente des affluents que par la pente du bassin versant et la forme du réseau de drainage.

Pour notre bassin versant de Tamlouka,  $R_C = 0.39$ . Cette valeur est faible et confirme la forme allongée du bassin trouvée par l'indice de forme de Gravelius.

##### 1.1.4. Indice de forme d'Horton :

Le facteur de forme montre une relation inverse avec la longueur du cours d'eau principal et possède une relation directe avec le débit de pointe à l'exutoire du bassin versant.

Donc la valeur de l'indice de forme d'Horton du notre bassin est ( $K_H = 0.19$ ), et par conséquent la forme du bassin est allongée et elle est apte à générer des écoulements diluviaux en périodes des précipitations orageuses.

##### 1.1.5. Le rectangle équivalent :

C'est une transformation purement géométrique du bassin versant en un rectangle de dimensions  $L$  (longueur) et  $l$  (largeur), ce dernier permet de comparer les bassins versants entre eux du point de vue de l'écoulement. Les courbes de niveau sont des droites parallèles aux petits côtés du rectangle et l'exutoire est l'un de ces petits cotés.

Donc :

- L = 52.36 Km.
- l = 9.05 Km.

Ces dimensions du rectangle traduisent que la longueur est 5 fois plus grande que la largeur.

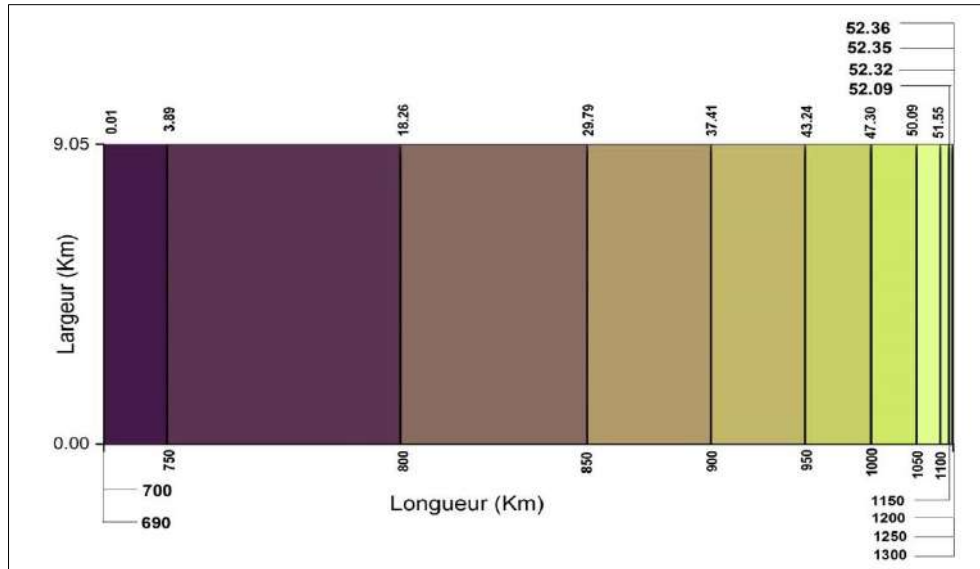


Figure 14 : Le rectangle équivalent du bassin versant de Tamlouka.

## 1.2. Le relief :

L'altitude et la forme du relief ont une influence considérable sur divers paramètres hydroclimatiques d'une zone donnée. En outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement. Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indices ou de caractéristiques suivants :

### 1.2.1. La courbe hypsométrique :

La courbe hypsométrique (Figure 15) représente la répartition de la surface du bassin en fonction de son altitude. Cette courbe fournit une vue synthétique.

Tableau 6 : Répartition hypsométrique du bassin versant de Tamlouka.

Elévation courbe de niveau (m)	Surfaces partielles (Ai) (Km <sup>2</sup> )	Surfaces partielles (Ai) (%)	Surfaces cumulées (%)
690 - 700	0,13	0,03	100,00
700 - 750	35,1	7,41	99,97
750 - 800	130,04	27,44	92,57
800 - 850	104,34	22,02	65,13
850 - 900	68,96	14,55	43,11
900 - 950	52,74	11,13	28,56
950 - 1000	36,73	7,75	17,43
1000 - 1050	25,29	5,34	9,68
1050 - 1100	13,24	2,79	4,34
1100 - 1150	4,9	1,03	1,55
1150 - 1200	2,1	0,44	0,51
1200 - 1250	0,18	0,04	0,07
1250 - 1300	0,15	0,03	0,03

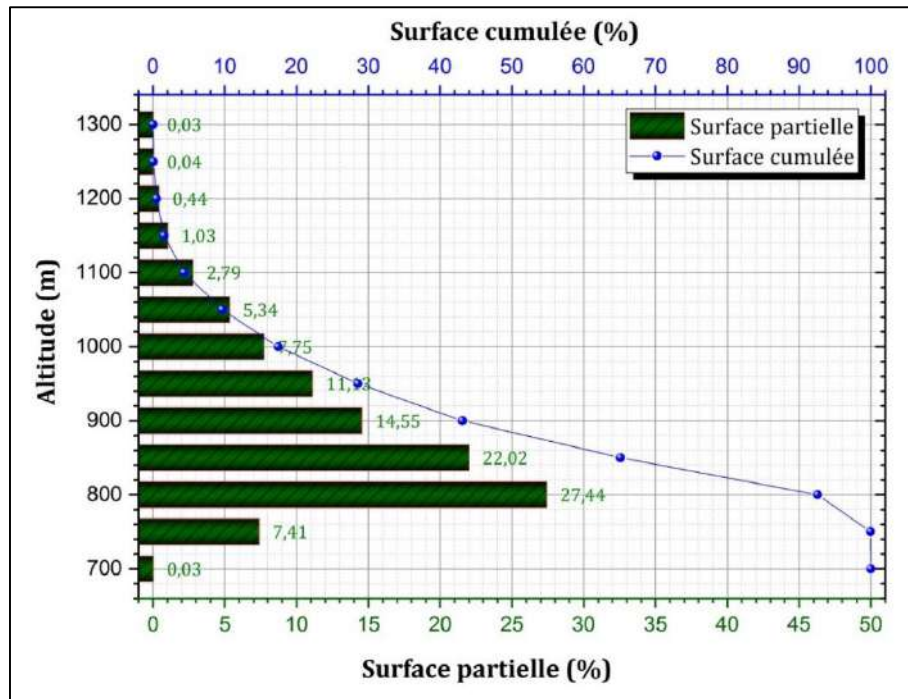


Figure 15 : La courbe hypsométrique du bassin versant de Tamlouka.

### 1.2.2. Les altitudes caractéristiques :

La carte altimétrique montre des informations plus détaillées sur la morphologie du bassin versant. On constate que le bassin de Tamlouka contient sept tranches d'altitudes (Figure 16).

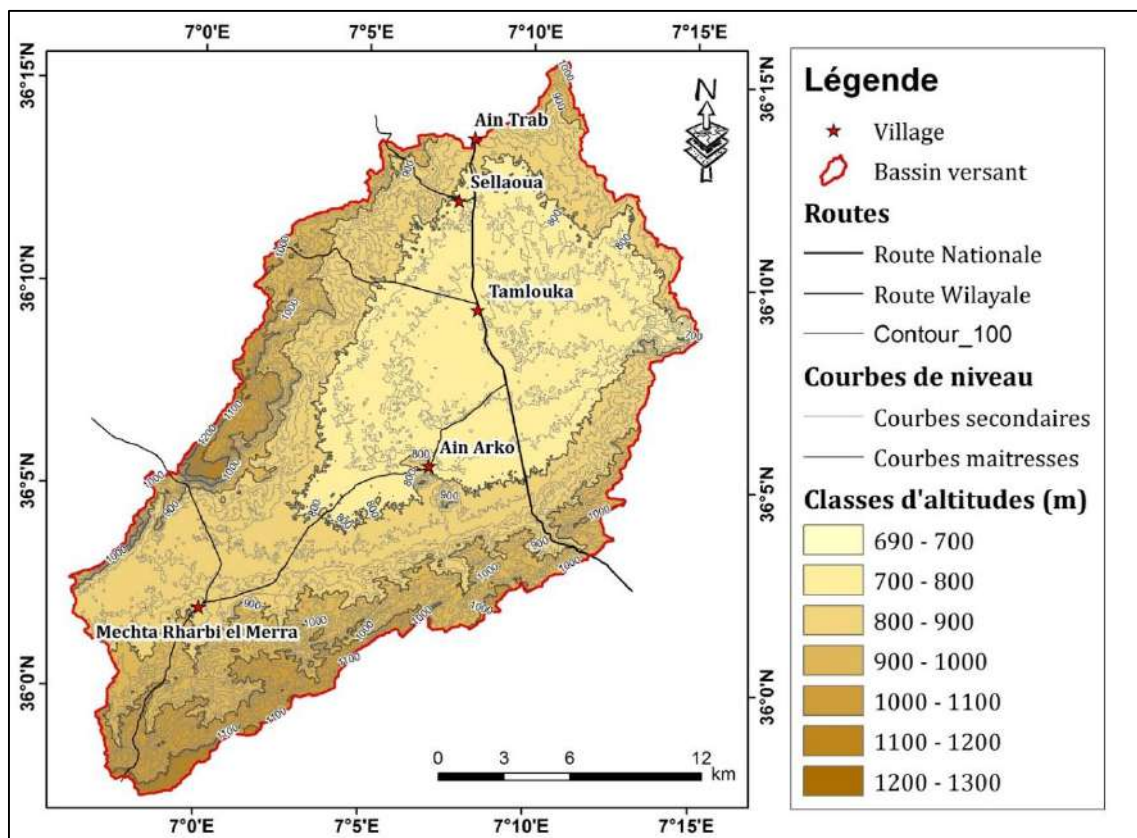


Figure 16 : Carte altimétrique du bassin versant de Tamlouka.

- Les deux premières tranches d'altitude successives allant de (690 à 700) et (700 à 800) situent dans le centre du bassin qui représente la zone des plaines.
- La troisième tranche d'altitude de (800 à 900) qui entoure le centre du bassin représente les collines.
- Les quatre dernières tranches d'altitudes allant de 900 jusqu'au 1300 m se répartissent généralement à la bordure Nord (Djebel Ansel), au Nord-Ouest (Djebel Djaffa) et au Sud - Sud-Est (Chebka des Sellaoua) qui représente les montagnes.

**a. Les altitudes maximales et minimales :**

L'altitude maximale représente le point le plus élevé du bassin tandis que l'altitude minimale considère le point le plus bas, généralement à l'exutoire. Ces deux données déterminent l'amplitude altimétrique du bassin versant et interviennent aussi dans le calcul de la pente.

Alors :

- $H_{\max} = 1300$  m.
- $H_{\min} = 690$  m.

**b. L'altitude moyenne :**

L'altitude moyenne du bassin versant a été calculée manuellement à partir de la formule citée ci-dessus à l'aide du Tableau 6, donc :

- $H_{\text{moy}} = 856.49$  m.

**Tableau 7 : Calcul de l'altitude moyenne du BV de Tamlouka.**

$h_i$ (m)	$A_i$ (km <sup>2</sup> )	$A_i \cdot h_i$	A (km <sup>2</sup> )	$H_{\text{moy}}$ (m)
695	0,13	90.35		$H_{\text{moy}} = \frac{\sum(h_i \cdot A_i)}{A}$
725	35,1	25447.5		
775	130,04	100781		
825	104,34	86080.5		
875	68,96	60340		
925	52,74	48784.5		
975	36,73	35811.75		
1025	25,29	25922.25		
1075	13,24	14233		
1125	4,9	5512.5		
1175	2,10	2467.5		
1225	0,18	220.5		
1275	0,15	191.25		
		405822.6		

**c. L'altitude médiane :**

Cette grandeur se rapproche de l'altitude moyenne, dans le cas où la courbe hypsométrique, du bassin concerné présente une pente régulière.

A partir de la courbe hypsométrique on a trouvé que l'altitude médiane de notre bassin est :

- $H_{\text{med}} = 883$  m.

### 1.2.3. Les pentes du bassin versant :

Les pentes conditionnent fortement le ruissellement au niveau d'un bassin versant. Notre bassin versant est subdivisé en cinq classes des pentes (Figure 17).

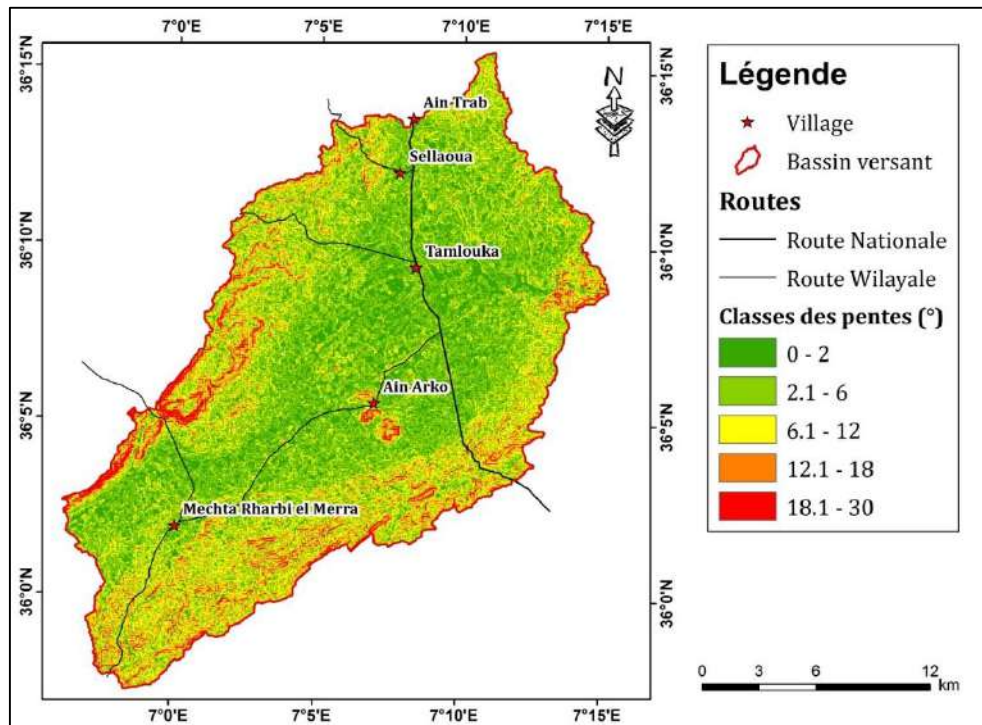


Figure 17 : Carte des pentes du bassin versant de Tamlouka.

- Les pentes (supérieure à 18°) occupent 3 % de la surface totale et elles se localisent beaucoup plus à l'Ouest (Djebel Djaffa).
- Les classes de (12 – 18°), (6 – 12°) occupent respectivement 7%, 25% qui se localises généralement à l'Ouest et au Sud – Sud-Est (Chebka des Sellaoua).
- Les classe de (2 – 6°) et (< 2°) sont localisés dans la plaine au centre du bassin avec une surface occupant 42% et 22% respectivement (64%) de la surface totale du Bassin versant.

#### a. Pente moyenne du bassin versant :

La pente moyenne d'un bassin versant est un paramètre qui a un rapport important et complexe avec l'infiltration, le ruissellement superficiel et la saturation du sol en eau.

Dans notre bassin d'étude :  $I_m = 12.10\%$ .

On constate une pente modérée qui pourrait causer un risque d'érosion.

#### b. Indices de pente :

L'indice de pente globale est utilisé pour déterminer la dénivelée spécifique du bassin. Il permet de caractériser et de classer le relief du bassin versant. Le relief joue un rôle important, car il commande en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains.

A partir de la courbe hypsométrique :



➤  $H_{5\%} = 1095 \text{ m.}$

➤  $H_{95\%} = 783 \text{ m.}$

Donc la dénivellée  $D$  égale à 312 m.

➤  $I_g = 5.95 \%$ .

Cette valeur d' $I_g$  reflète que le bassin versant de Tamlouka est caractérisé par un relief fort.

#### 1.2.4. Dénivellée spécifique :

La dénivellée spécifique ne dépend donc que de l'hypsométrie ( $D = H_{5\%} - H_{95\%}$ ) et de la forme du bassin ( $1/L$ ). Elle donne lieu à la deuxième classification de l'ORSTOM, indépendante des surfaces des bassins.

La dénivellée spécifique du bassin versant étudié est 129.52 m. A partir du Tableau 3 on constate que le bassin est caractérisé par un relief assez fort.

#### 1.3. Caractéristiques hydrographiques du bassin versant :

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires qui participent à l'écoulement. Il est sans doute une des caractéristiques les plus importantes du bassin et peut prendre une multitude de formes.

On utilise différents paramètres pour définir le réseau hydrographique, y compris les plus importants (la densité de drainage ( $D_d$ ) et le temps de concentration ( $T_c$ )).

Le bassin versant de Tamlouka est caractérisé par un réseau hydrographique de type dendritique qui s'est subdivisé par cinq ordres de segments comme le montre le Tableau 8.

Tableau 8 : Les longueurs d'ordres des cours d'eau dans le bassin versant de Tamlouka.

Ordre	Nombre	Longueur (Km)
1	710	2912,18
2	349	1407,23
3	188	802,24
4	91	380,28
5	72	400,23

##### 1.3.1. La topologie :

La topologie du réseau hydrographique s'avère dans la description du réseau hydrographique notamment en proposant une classification. Le réseau hydrographique de ce bassin est dendritique et se caractérise par cinq types du cours d'eau.

##### 1.3.2. Les caractéristiques du réseau :

###### a. Longueur caractéristique :

La longueur du cours d'eau principal ( $L$ ) est la distance curviligne depuis l'exutoire jusqu'à la ligne de partage des eaux, en suivant toujours le segment d'ordre le plus élevé lorsqu'il y a

un embranchement et par extension du dernier jusqu'à la limite topographique du bassin versant. Si les deux segments à l'embranchement sont de même ordre, on suit celui qui draine la plus grande surface.

Pour le cours d'eau principale de notre bassin d'étude est :

➤  $L = 49.34 \text{ Km}$ .

**b. Densité de drainage :**

La densité de drainage est un paramètre plus important qui caractérise le chevelu hydrographique. Elle dépend de la géologie des caractéristiques topographiques du bassin versant et dans une certaine mesure, des conditions climatiques et anthropiques.

➤  $D_d = 12.17 \text{ Km/Km}^2$ .

Cette valeur reflète une densité de drainage moyenne du bassin versant.

**c. La densité hydrographique :**

La densité hydrographique représente le nombre de canaux d'écoulement par unité de surface.

➤  $F = 2.97 \text{ Km}^{-2}$ .

**d. Le coefficient de torrentialité :**

C'est le rapport entre la fréquence des cours d'eau d'ordre 1 avec la densité de drainage.

➤  $C_t = 18.23$ .

**e. Temps de concentration :**

C'est le temps mis par la première goutte de pluie tombée sur le point le plus éloigné du bassin pour atteindre l'exutoire.

➤  $T_c = 7.16 \text{ h}$ .

Alors le temps de concentration s'avère assez important.

**2. La variation climatique :**

Les facteurs qui déterminent le climat sont : la précipitation, l'humidité, la température et la vitesse du vent. La distribution de ces facteurs dans le temps et dans l'espace affecte l'évapotranspiration. En effet, ils permettent d'évaluer quantitativement les variations du régime hydrologique.

Toute étude hydro-climatologique passe essentiellement par le traitement détaillé des mesures hydro-climatiques qui permet d'établir le bilan hydrique et par conséquent de comprendre les mécanismes de circulation des eaux de surface.

## 2.1. La variation régionale de la précipitation

La Figure 18 montre que les précipitations des quatre wilayas (Constantine, Oum El-Bouaghi, Souk Ahras et Guelma) qui limitent la zone de notre étude, elles sont subdivisées par cinq classes d'un intervalle de 50 mm :

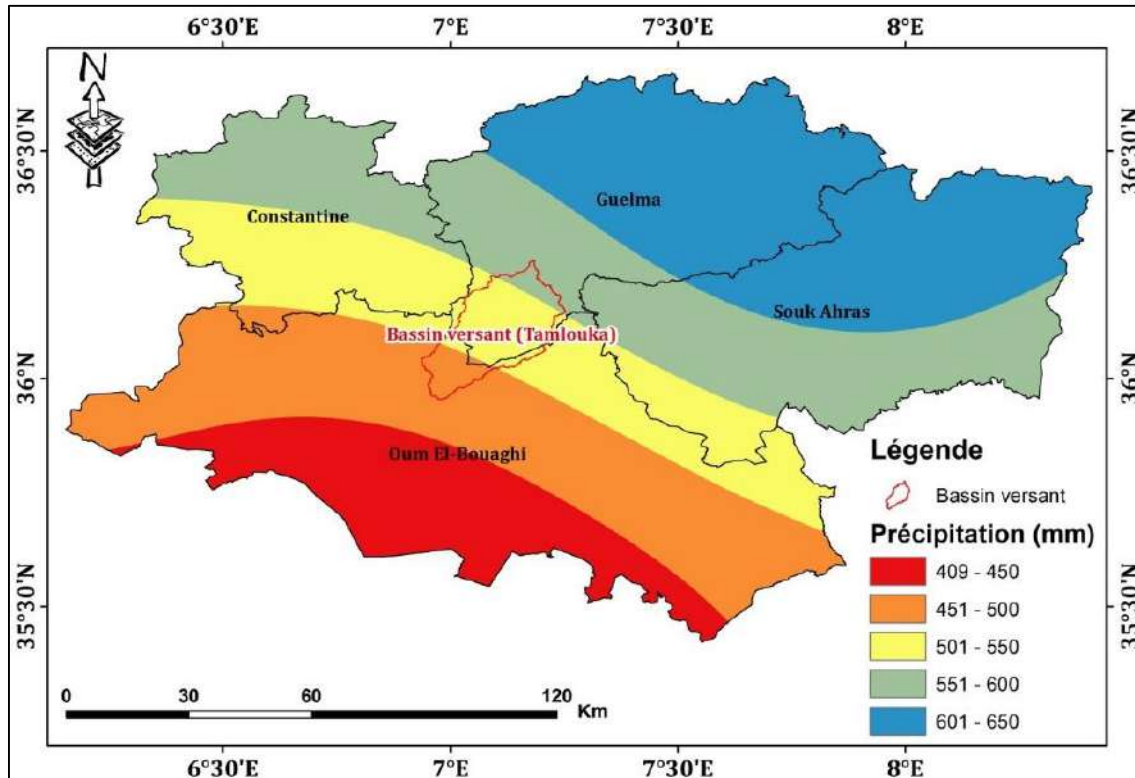


Figure 18 : Carte des précipitations régionale (2011-2020).

- La première classe : de 409 à 450 mm qui représente les faibles précipitations qui apparaissent dans le Sud de la wilaya d'Oum El-Bouaghi.
- La deuxième classe : de 451 à 500 mm qui se trouve dans le centre et s'étend vers l'Ouest (à l'Est de la wilaya d'Oum El-Bouaghi et une petite partie du Sud de Constantine).
- La troisième classe : de 501 à 550 mm qui touche les quatre wilayas :
  - Au Sud-Ouest : La wilaya de Souk Ahras et Guelma.
  - Au Nord et Nord-Est : La wilaya d'Oum El-Bouaghi.
  - La partie inférieure de la wilaya de Constantine.
- La quatrième classe : de 551 à 600 mm qui se trouve dans la partie supérieure de Constantine et le centre de la wilaya de Guelma et Souk Ahras.
- La classe élevée : de 601 à 650 mm, elle comporte la wilaya de Souk Ahras au Nord et la wilaya de Guelma au Nord et à l'Est.

A partir de la Figure 19 nous remarquons que les précipitations augmentent du Sud-Ouest vers le Nord-Est dans le bassin versant, d'une valeur minimale de 470 mm à une valeur maximale de 570 mm.

Les villages de notre bassin versant sont atteints généralement par les précipitations suivantes :

- Mechta Rharbi el Merra : entre 491 et 500 mm.
- Ain Arko : entre 511 et 520 mm.
- Tamlouka : entre 531 et 540 mm.
- Sellaoua : entre 541 et 550 mm.
- Ain Trab : entre 551 et 560 mm.

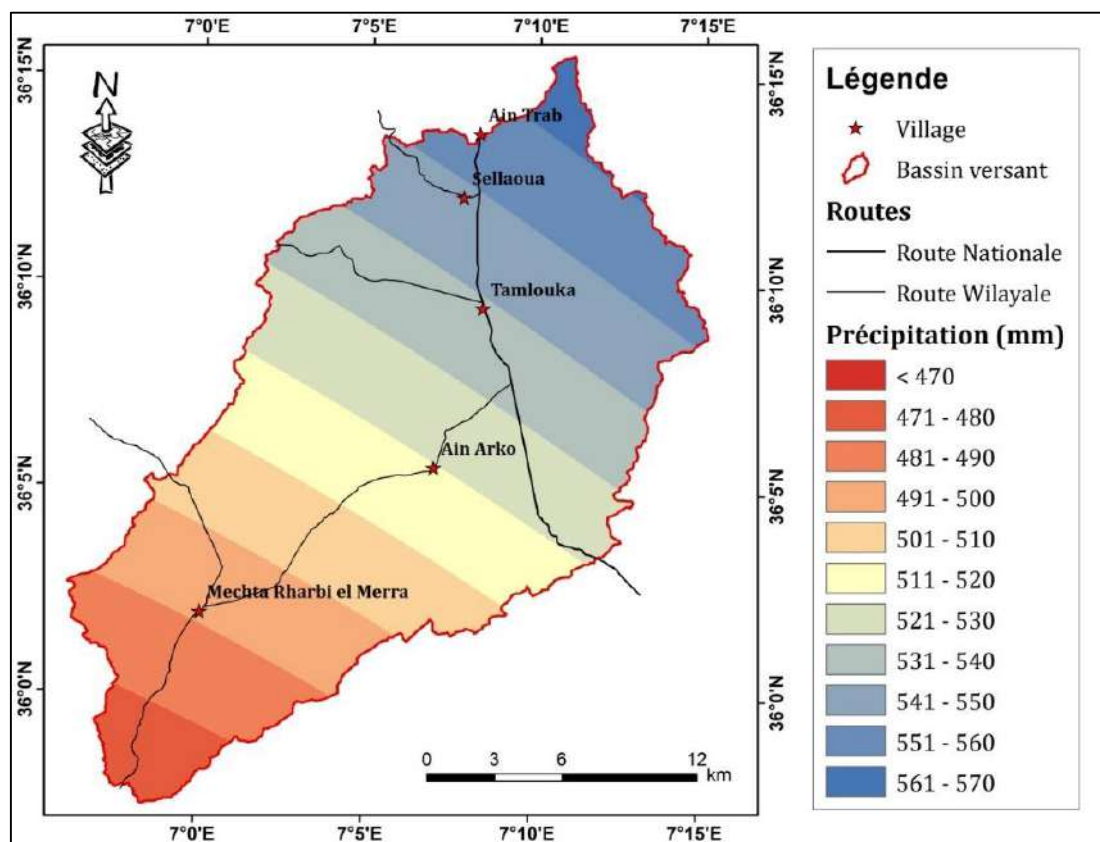


Figure 19 : Carte des précipitations du bassin versant de Tamlouka (2011-2020).

## 2.2. Paramètres météorologiques déterminants :

Les données climatiques (précipitation, température et vitesse de vent) sont téléchargées depuis le site «Climate Engine » concernant la station de (Tamlouka) couvrant une période d'observation de 61 ans (1958-2019). On utilise ce dernier pour comprendre le climat de la région et calculer le bilan hydrique.

Tableau 9 : Station climatologique utilisée dans l'étude de climat de la région.

Station	Coordonnées géographiques	Paramètres	Période
---------	---------------------------	------------	---------

					d'observation
Tamlouka	<b>Latitude</b>	<b>longitude</b>	<b>Altitude (m)</b>	Précipitation, Température, Vitesse de vent	1958 - 2019
	36°12'14.69" N	7°07'17.35" E	812		

### 2.2.1. Le vent :

Le vent est le mouvement de masses d'air d'une région à une autre horizontalement dans l'atmosphère défini par sa direction, sa vitesse, son intensité et ses aspects locaux. Il favorise l'évapotranspiration potentielle et par conséquent accentue la sécheresse (Vilain, 1987 ; Dajoz, 1971). A travers la Figure 20, nous remarquons une augmentation oscillante de la vitesse du vent dans la période de Septembre à Février. La valeur la plus élevée a été enregistrée au mois de Février 3.53 m/s avec une valeur plus basse en Octobre 2.64 m/s.

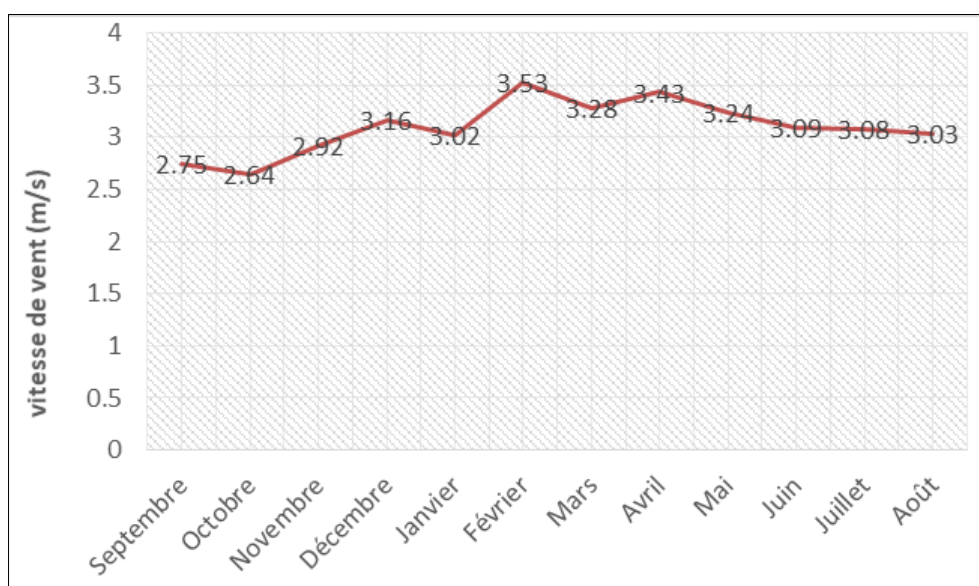


Figure 20 : Vitesse moyenne mensuelle des vents (station Tamlouka 1958-2019).

Pendant la période de Février à Août, on constate une diminution progressive de la vitesse du vent jusqu'à 3.03 m/s.

### 2.2.2. La Température :

La température est le facteur climatique très important, elle joue un rôle dominant dans l'estimation de l'évaporation. De plus, la température affecte également d'autres paramètres, tels que la couverture neigeuse et sa durée, et la répartition de la végétation (Louamri, 2013).

Les données observées à partir de la Figure 21 font ressortir deux périodes :

- Une période froide allant du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril avec un minimum enregistré à janvier de 6.54 °C.
- Une période chaude du mois de Mai jusqu'au mois d'octobre avec un maximum au mois d'Août de 25.99 °C.

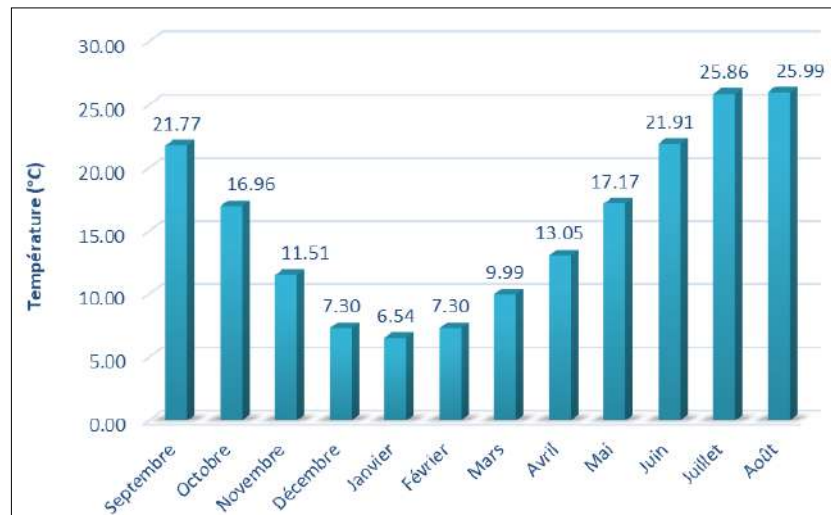


Figure 21: Variation des Températures moyennes mensuelles, station de Tamlouka (1958-2019).

### 2.2.3. Précipitation :

Le terme précipitation désigne tout type d'eau qui tombe du ciel, sous forme liquide ou solide. Cela inclut la pluie, la neige, la grêle, ... etc. La précipitation est un facteur très important, qui conditionne l'écoulement saisonnier et influe directement sur le régime des cours d'eaux et l'alimentation des nappes aquifères.

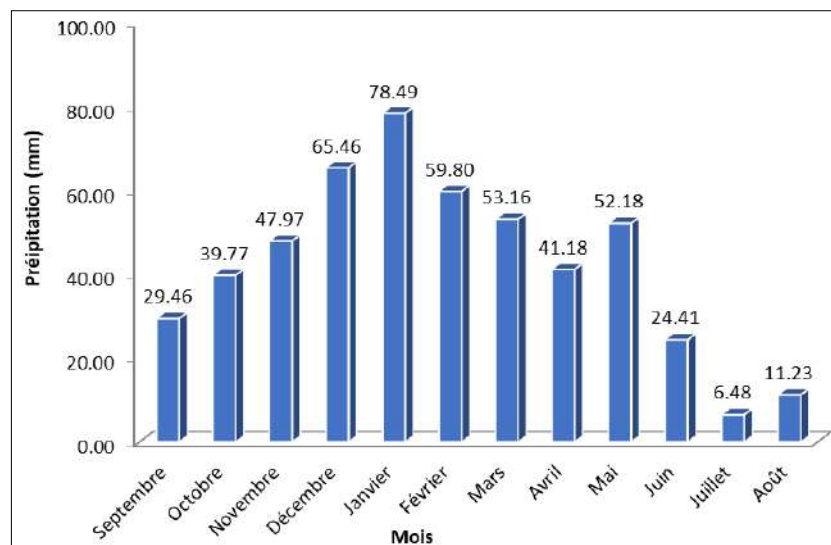


Figure 22 : Variation des Précipitations moyennes mensuelles, station de Tamlouka (1958-2019).

Les fluctuations mensuelles des précipitations montrent une répartition variable de la pluie d'un mois à l'autre.

A partir de la Figure 22 on remarque que les mois les plus pluvieux de l'année sont : le mois de Décembre et le mois de Janvier ; par contre les mois les plus secs sont : le mois de Juillet et le mois d'Août.

La moyenne mensuelle maximale est enregistré au mois de Janvier avec une valeur de 78.49 mm et un minimum au mois de Juillet avec une valeur de l'ordre de 6.48 mm.

2.2.4. Courbe pluvio-thermique :

La combinaison des deux facteurs climatique (précipitation et température) a permis d'établir les courbes pluvio-thermique et de déterminer ainsi les saisons sèches et humides pour les périodes considérées. Ainsi, on remarque qu'au niveau de la station de Tamlouka la saison sèche s'étend sur quatre mois, depuis le mois de Juin jusqu'au début du mois d'Octobre. Et une saison humide qui s'étale sur huit mois, du début d'Octobre jusqu'au mois de Mai.

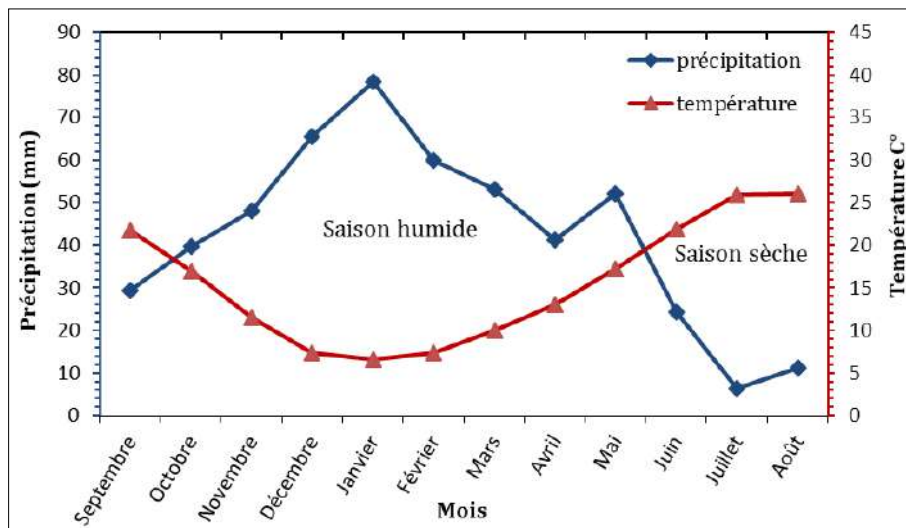


Figure 23 : Diagramme pluvio-thermique, station Tamlouka (1958-2019).

2.2.5. Le bilan hydrique :

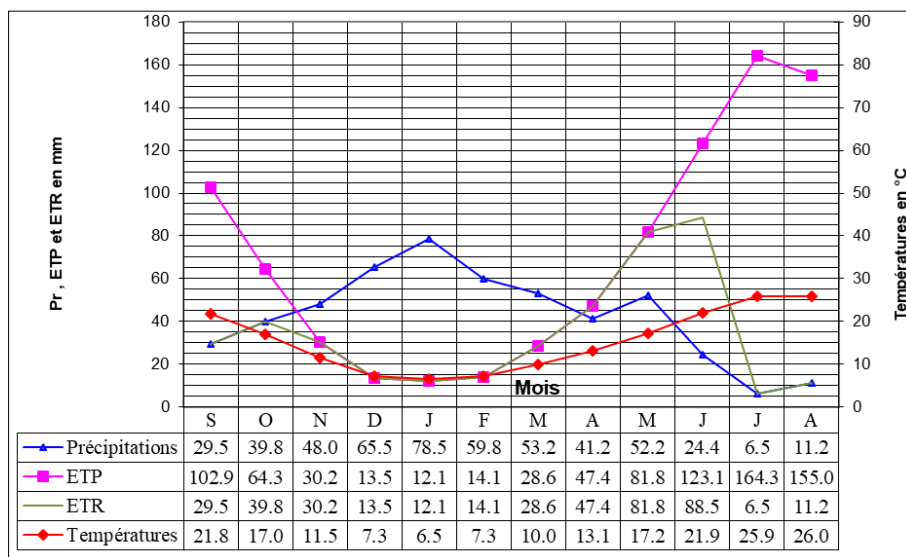


Figure 24 : Bilan d'eau par la méthode C.W thornthwaite à la station de Tamlouka (1958-2019).

La Figure 24 montre que l'évapotranspiration maximale a été observée pendant le mois de Juillet pour une valeur de 164.3 mm, ce qui produit un déficit agricole et nécessite une irrigation pour les zones agricoles. Par contre, on remarque une recharge de la nappe à partir du mois de Novembre, pour atteindre son maximum 78.5 mm.mois<sup>-1</sup> jusqu'au mois de Mai,

lorsque la recharge dépasse la RFU, le surplus d'eau va partir soit sous forme de ruissellement, soit sous forme d'infiltration vers la nappe.

La Figure 25 montre que :

- Le déficit agricole (D.A) se remarque à partir du mois de Juin et se poursuit jusqu'à Octobre, avec 32.9 mm pour le mois de Juin et 24 mm pour le mois d'Octobre. Il atteint 442.8 mm des précipitations.
- La reconstitution de la RFU se fait à partir du mois de Novembre et atteint un maximum de 100 mm aux mois de Janvier, Février et Mars en diminuant au mois de Mai puis elle s'épuise.
- On note durant les mois (Janvier, Février et Mars), l'excédent est de l'ordre de 37.1 mm, 46 mm et 25 mm respectivement.

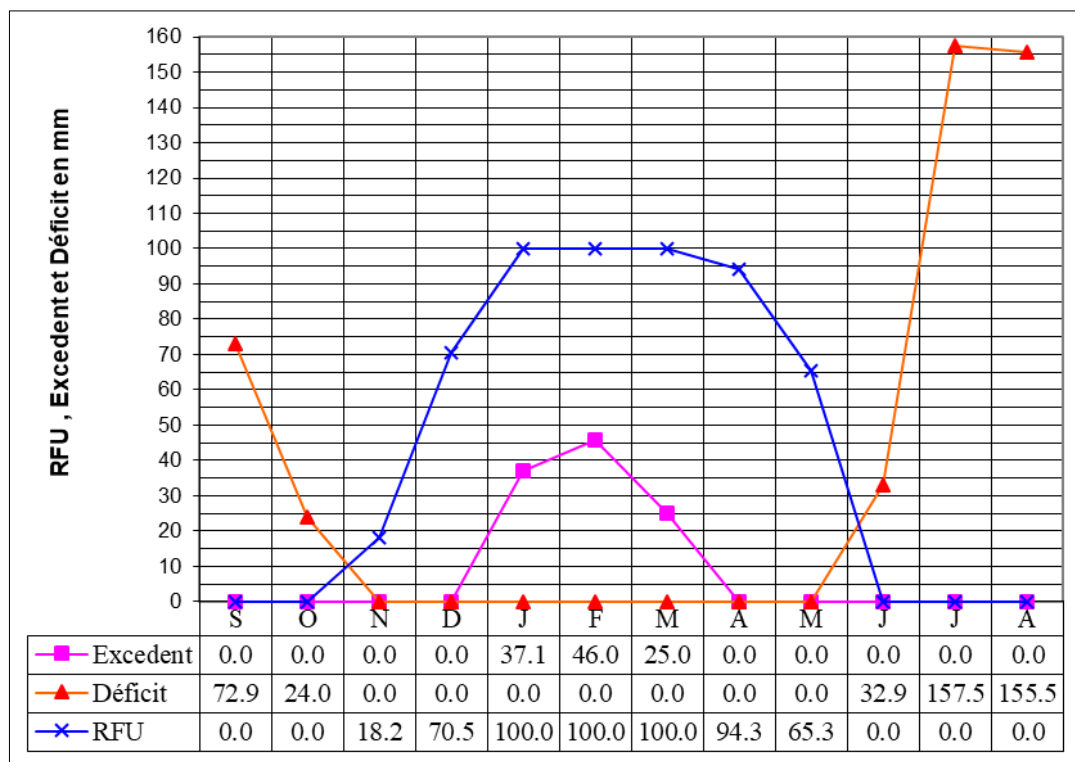


Figure 25 : Variation mensuelles des résultats du bilan hydrique.

### 2.3. Type de climat :

#### 2.3.1. Indice d'aridité annuel :

Le coefficient d'aridité sert à préciser le type de climat de la zone étudiée, pour le quantifier.

On doit appliquer la formule de DE MARTONE présentée :

$$A = \frac{P}{T + 10}$$

Avec :

A : Coefficient d'aridité.



**P** : Précipitation moyenne annuelle (mm).

**T** : Température moyenne annuelle (°C).

Tableau 10 : Les différentes valeurs de (A) le coefficient d'aridité selon DE MARTON.

Valeur de A	Type de climat
< 5	Hyperaride
5 à 10	Désertique
10 à 20	Semi-aride
20 à 30	Sub-humide
A > 30	Humide

Pour notre station de Tamlouka :

P = 509.59 mm et T = 15.45 °C, donc A= **20.02**

D'après les résultats obtenus on peut dire que le climat de notre région est subhumide.

**2.3.2. Indice d'aridité mensuel :**

L'indice d'aridité mensuel (i) est calculé par la formule :

$$I = \frac{12P}{T + 10}$$

**P** : Précipitations moyennes mensuelles (mm).

**T** : Températures moyennes mensuelles (°C).

Tableau 11 : Indice d'aridité mensuelle (1958-2019).

Mois	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août
I	11.13	17.7	26.76	45.4	56.94	41.48	31.91	21.03	23.05	9.18	2.17	3.74

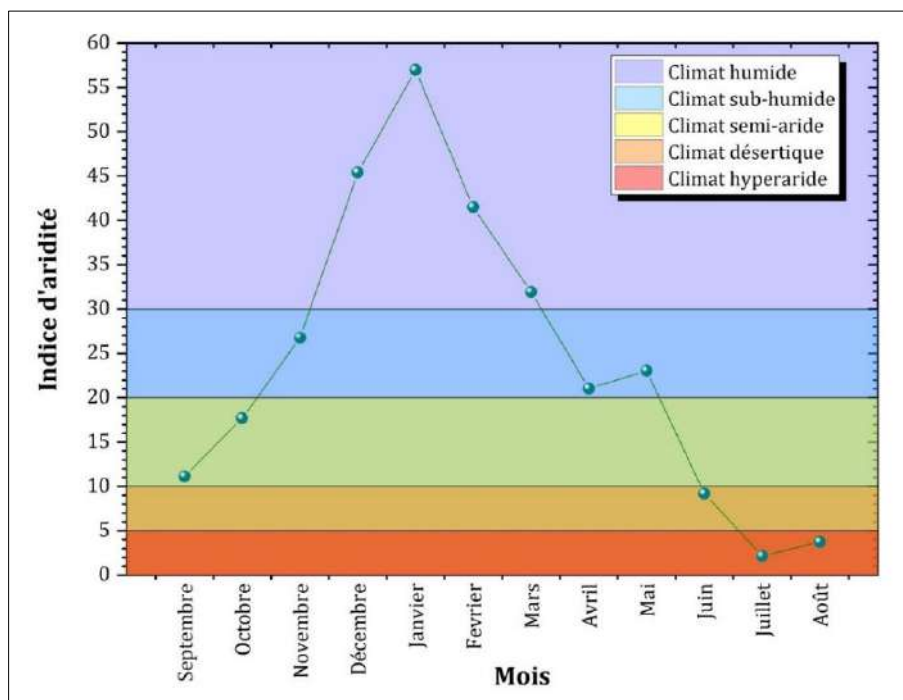


Figure 26 : Courbe représente l'indice d'aridité mensuelle selon DEMARTON.

Selon les valeurs indiquées sur la Figure 26 ci-dessus on remarque que les mois de Décembre, Janvier, Février et Mars sont caractérisés par un climat humide, Les mois d’Avril, Mai et Novembre se caractérisent par un climat sub-humide et les mois Septembre et Octobre sont caractérisés par un climat semi-aride. Le mois de Juin se caractérise par un climat désertique et les mois restantes sont marqués par un climat hyperaride.

**2.4. Indice de sécheresse météorologique :**

**2.4.1. SPI :**

Au cours de notre étude sur l’indice de SPI dans notre région, on constate que le nombre de l’indice SPI dans la plupart des années se trouvent dans la classe ordinaire avec une diminution en allant vers les classes extrêmes (Figure 27).

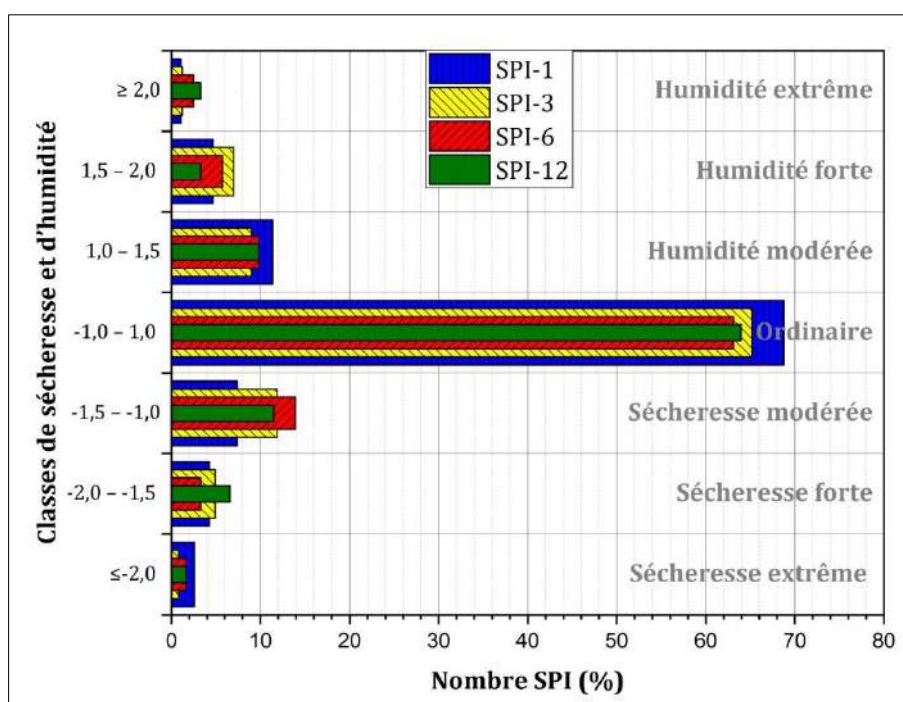


Figure 27 : Diagramme des nombre de SPI (%).

**a. Indice SPI sur 1 mois :**

La Figure 28 représente le degré d’humidité ou de sécheresse en fonction des mois dans 61 ans (1958/2019). On remarque que la majorité des résultats (69 %) enregistrés dans des différents mois et des années se situent (entre -1 et 1) dans la classe ordinaire, et le reste :

- 17% dans les classes d'humidité (11% modérée, 5% forte, 1% extrême).
- 14% enregistré dans les classes de sécheresse (7% modérée, 4% forte, 3% extrême).

On note que quelque années ont enregistré des valeurs d'humidité extrême spécialement en (juin, 1958/1959), (juillet, 1975/1976), (décembre, 1984/1985) et (janvier, 2002/2003), et la même chose pour la sécheresse extrême en (avril, 2014/2015), (décembre, 2015/2016) et (mars, 2016/2017).

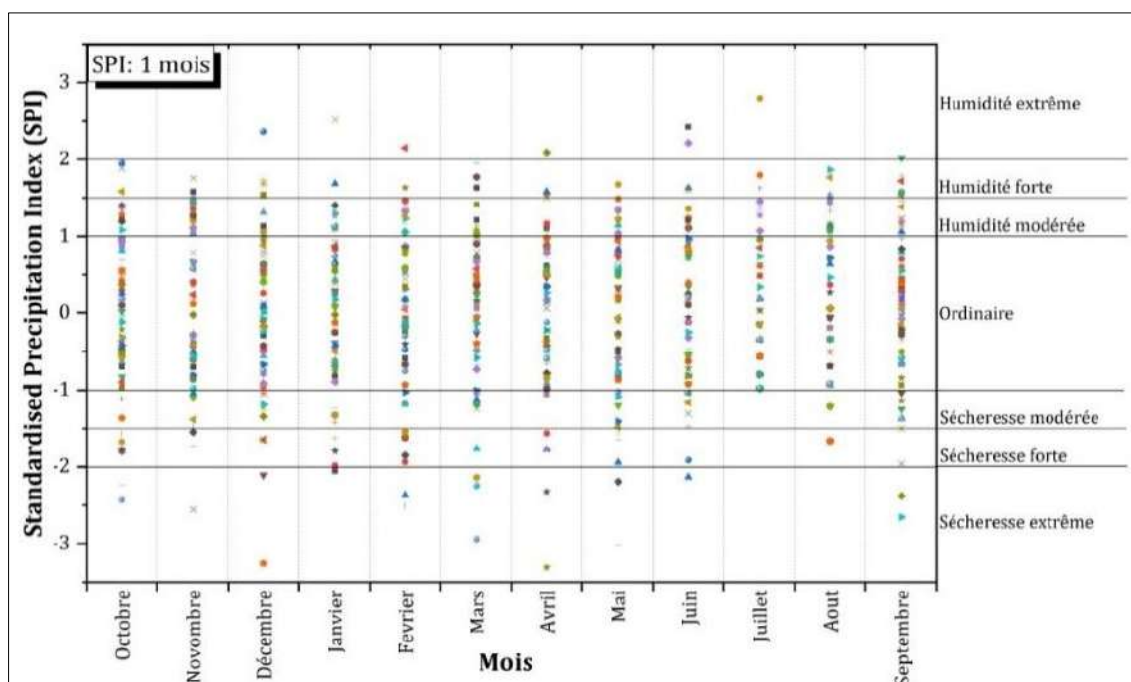


Figure 28 : Indice standardisé de précipitations (SPI) 1 mois.

**b. Indice SPI sur 3 mois :**

La Figure 29 représente un degré d’humidité ou de sécheresse en fonction des saisons dans 61 ans (1958/2019).

On observe que 65% des résultats sont enregistrés dans la classe ordinaire (entre -1 et 1), 17% dans les classes d’humidité (9% modérée, 7% forte, 1% extrême), et 18% dans les classes de sécheresses (12% modérée, 5% forte, 1% extrême).

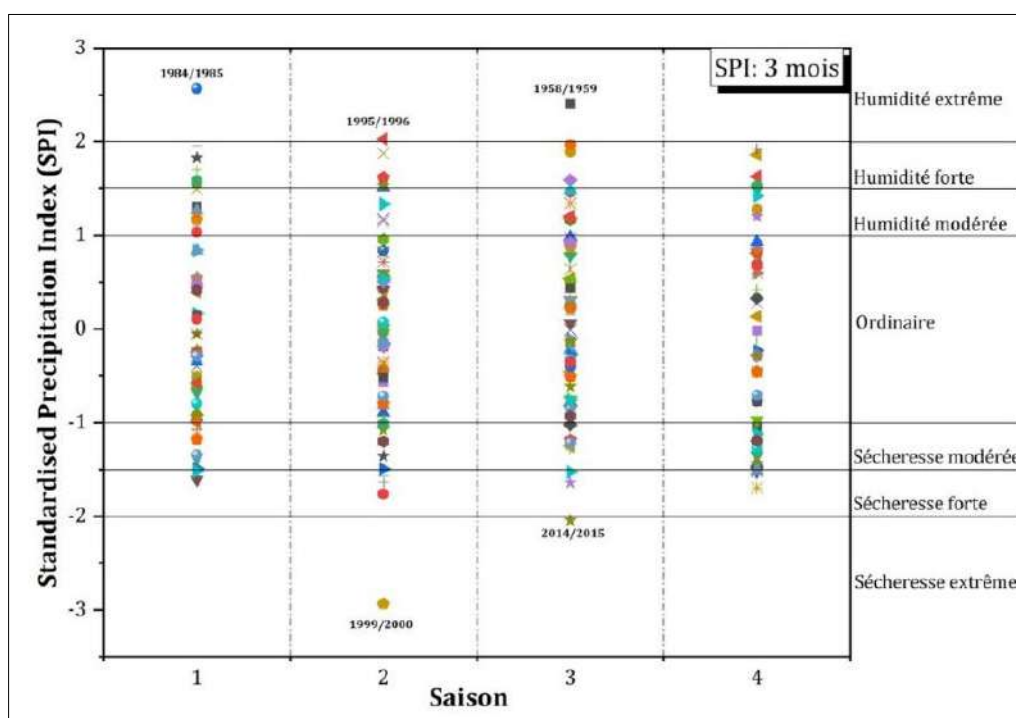


Figure 29 : Indice standardisé de précipitations (SPI) 3 mois.

Aussi on remarque que les années (1958/1959 pour la Saison 3), (1984/1985 pour la Saison 1) et (1995/1996 pour la Saison 2) caractérisent une Humidité extrême. Et les années (1999/2000 pour la Saison 2) et (2014/2015 pour la Saison 3) indiquent une sécheresse extrême.

### c. Indice SPI sur 6 mois :

La Figure 30 représente un degré d'humidité ou de sécheresse en fonction des semestres dans 61 ans (1958/2019).

Les résultats obtenus dans cette étude ont montré que presque 63 % des années sont enregistrés dans la classe ordinaire, et (10%, 6% et 2%) à la fois dans les classes d'humidité (modérée, forte et extrême) respectivement. Et (14%, 3% et 2%) à la fois dans les classes de sécheresse (modérée, forte et extrême) respectivement.

On remarque quatre années sont caractérisées par une humidité extrême (2002/2003, 1984/1985 pour le Semestre 1) et (1975/1976, 1991/1992 pour le Semestre 2). Tandis que la sécheresse extrême touche deux années (2001/2002, 1996/1997 pour le Semestre 1).

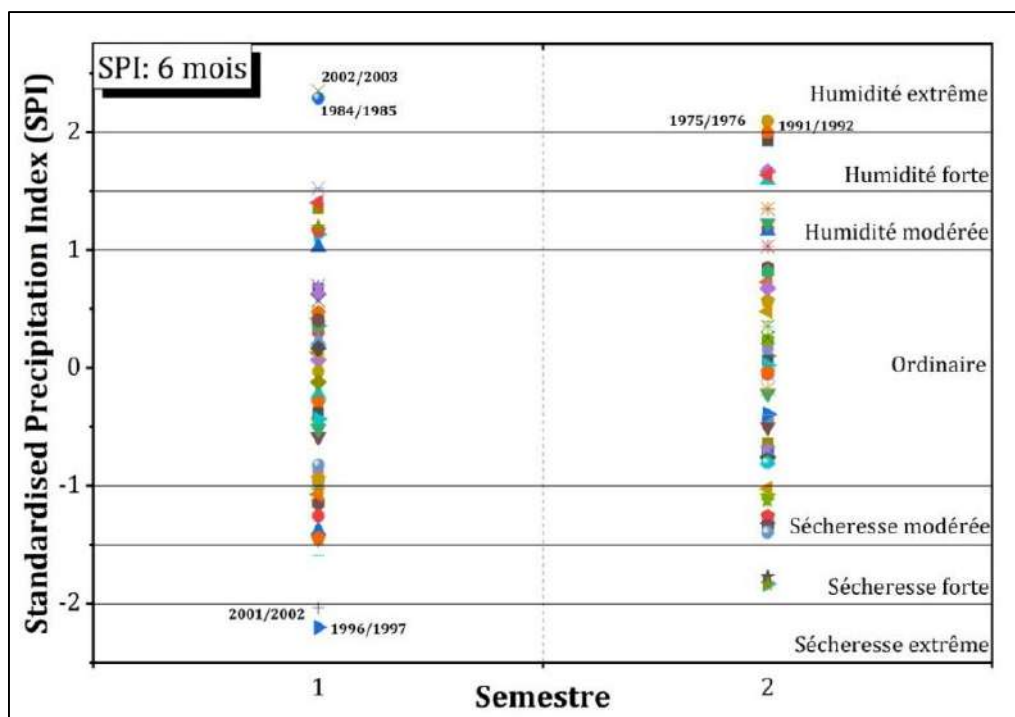


Figure 30 : Indice standardisé de précipitations (SPI) 6 mois.

### d. Indice SPI sur 12 mois :

Où l'on remarque que 64% des valeurs de l'étude sur 12 mois se trouvent dans la classe ordinaire, et 16% dans les classes d'humidité (10% modérée, 3% forte et 3% extrême), et 20% dans les classes de sécheresse (11% modérée, 7% forte et 2% extrême).

On observe que les années (1995/1996 et 2002/2003) sont caractérisées par une humidité extrême, et l'année (1996/1997) a enregistré une sécheresse extrême.

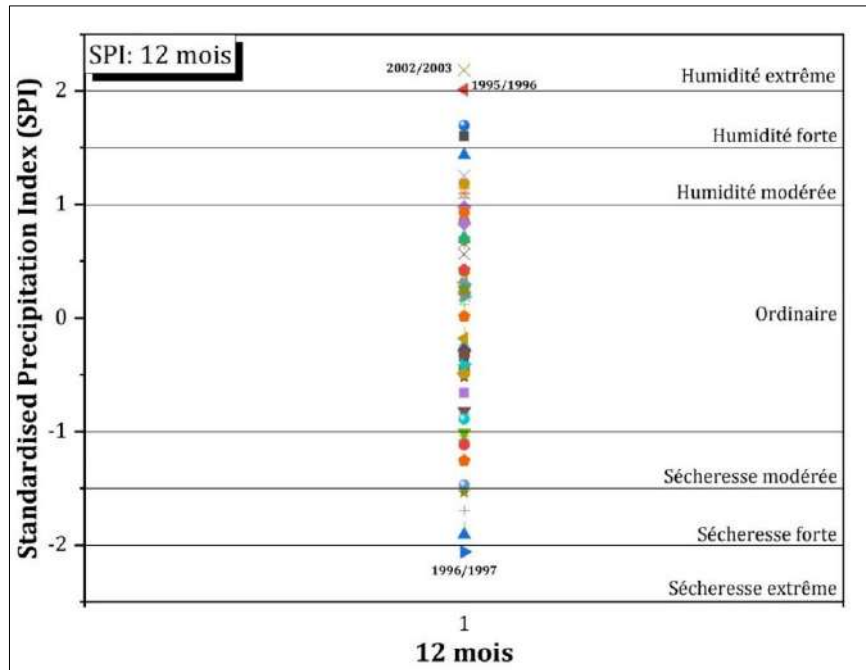


Figure 31 : Indice standardisé de précipitations (SPI) 12 mois.

Tableau 12 : Nombre des années pour l'indice SPI.

Catégorie		Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aou	Sep
1 Mois	Humidité extrême	0	0	1	1	1	0	1	0	2	1	0	1
	Humidité forte	4	3	3	1	1	4	3	1	2	3	5	4
	Humidité modérée	6	13	4	8	9	5	4	8	7	5	8	6
	Ordinaire	43	37	45	41	40	39	46	42	39	52	38	41
	Sécheresse modérée	2	5	4	5	3	9	2	5	9	0	4	6
	Sécheresse forte	4	2	2	3	5	1	3	3	1	0	6	1
	Sécheresse extrême	2	1	2	2	2	3	2	2	1	0	0	2
3 Mois	Humidité extrême		1			1			1			0	
	Humidité forte		5			5			3			4	
	Humidité modérée		7			3			6			6	
	Ordinaire		38			42			41			38	
	Sécheresse modérée		8			6			6			9	
	Sécheresse forte		2			3			3			4	
	Sécheresse extrême		0			1			1			0	
6 Mois	Humidité extrême				2						1		
	Humidité forte				2						5		
	Humidité modérée				7						5		
	Ordinaire				38						39		
	Sécheresse modérée				9						8		
	Sécheresse forte				1						3		
	Sécheresse extrême				2						0		
12 Mois	Humidité extrême							2					
	Humidité forte							2					
	Humidité modérée							6					
	Ordinaire							39					
	Sécheresse modérée							7					
	Sécheresse forte							4					
	Sécheresse extrême							1					

**2.4.2. RDI :**

L'étude de RDI sur l'échelle (1, 3, 6, 12 mois) montrent que la majorité des nombres de l'indice RDI existent dans la classe ordinaire avec 69%, 64%, 65%, 61% respectivement. Tandis que l'humidité et la sécheresse extrême enregistrent des faibles pourcentages (Figure 32).

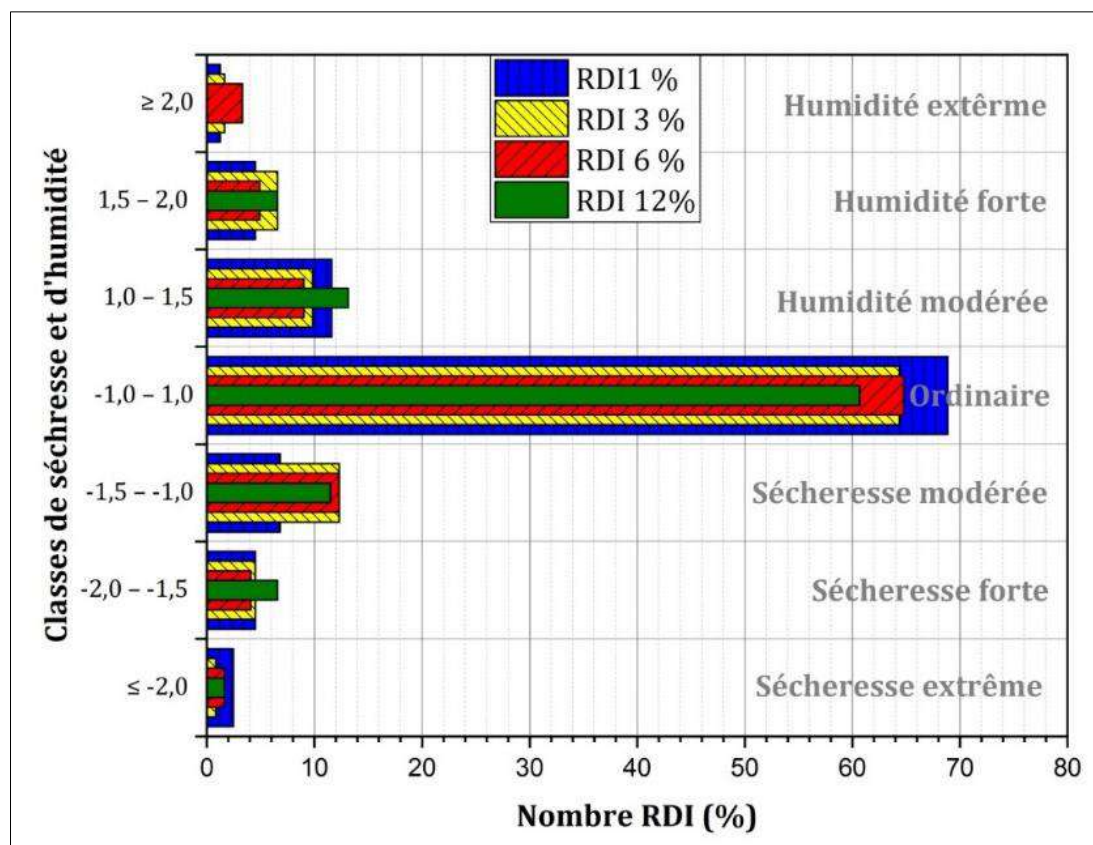


Figure 32 : Diagramme des nombres de RDI (%).

**a. Indice RDI sur 1 mois :**

Après avoir fait une étude sur 1 mois on constate que la majorité des mois sont ordinaire avec de 69 % de la valeur totale, l'humidité représente 17 % et la sécheresse 14 %.

On note que les mois par année (Juin 1958/1959), (Juin 1996/1997), (Mars 1972/1973), (Juillet 1975/1976), (Avril 1978/1979), (Décembre 1984/1985), (Février 1995/1996), (Janvier 2002/2003) et (Septembre 2009/2010) sont caractérisés par une humidité extrême. Aussi, la sécheresse extrême a été enregistré dans les années suivantes : (Février 1960/1961), (Septembre 1964/1965), (Octobre 1968/1969), (Novembre 1970/1971), (Mai 1972/1973), (Décembre 1977/1978), (Septembre 1978/1979), (Avril 1982/1983), (Octobre 1988/1989), (Février 1989/1990), (Mai 1994/1995), (Mars 1999/2000), (Mars 2000/2001), (Janvier 2006/2007), (Juin 2008/2009), (Avril 2014/2015), (Décembre 2015/2016) et (Mars 2016/2017) Figure 33.

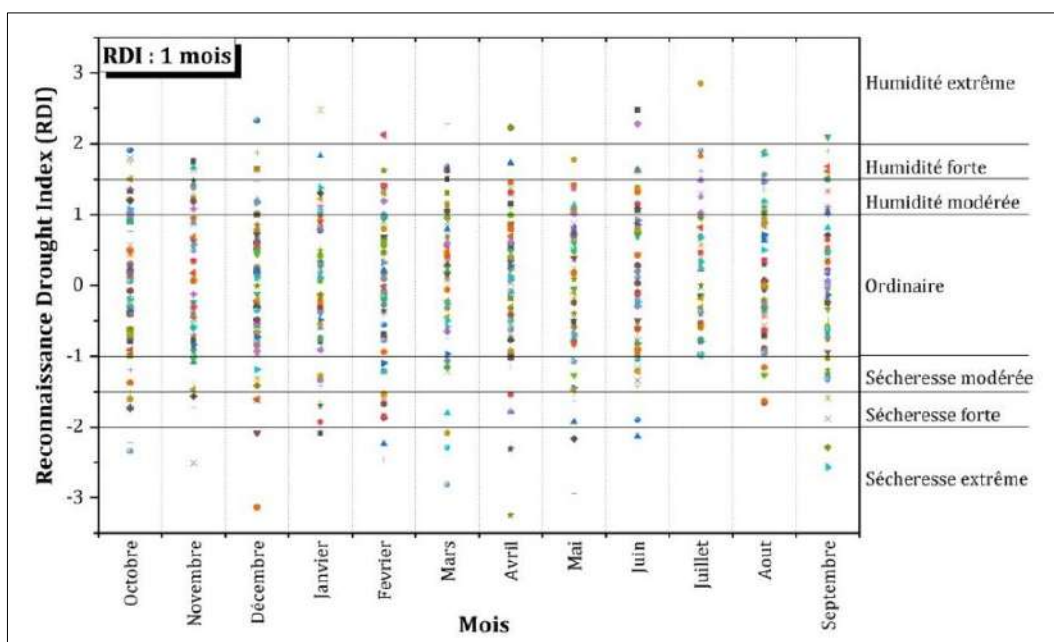


Figure 33 : Indice de la reconnaissance de la sécheresse (RDI) 1 mois.

**b. Indice RDI sur 3 mois :**

L'étude sur cette échelle a montré que la majorité de la saison existée dans la catégorie ordinaire avec 64 % de la valeur totale, la sécheresse représente 18 % et l'humidité 12 %.

On observe quatre années qui sont caractérisées par une humidité extrême (1984/1985 pour la saison 1), (1972/1973 pour la saison 2), (1958/1959 pour la saison 3) et (1963/1964 pour la saison 4). Par contre la sécheresse extrême comprend deux années (1999/2000 pour la saison 2) et (2014/2015 pour la saison 3) Figure 34.

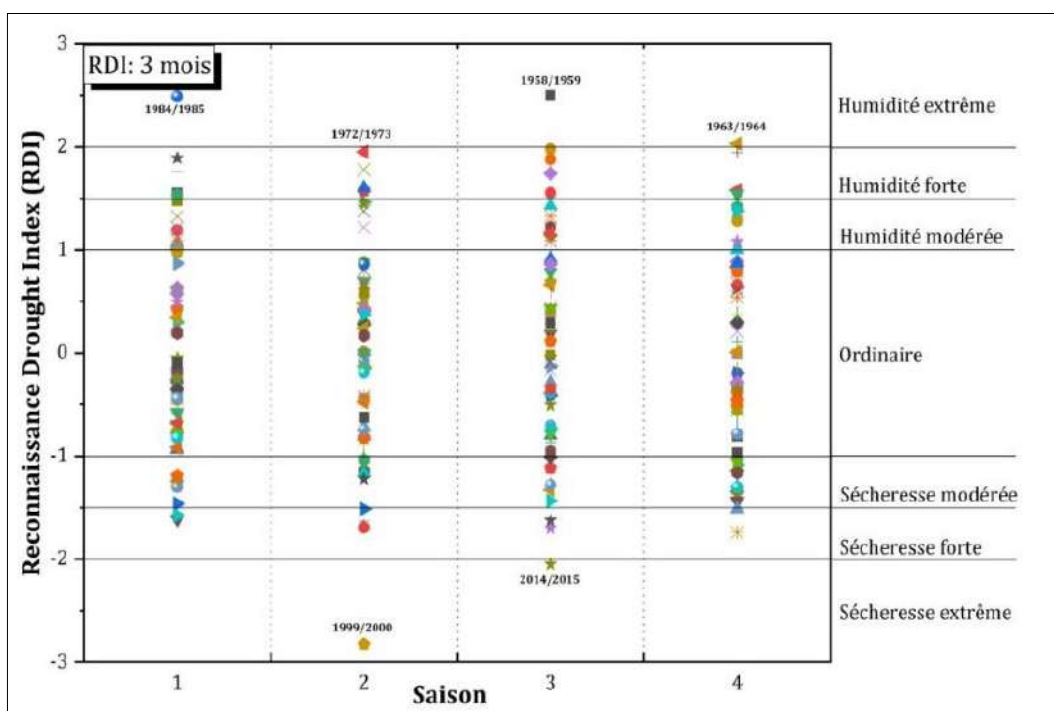


Figure 34 : Indice de la reconnaissance de la sécheresse (RDI) 3 mois.

**c. Indice RDI sur 6 mois :**

Après l'étude de 6 mois on montre que la plupart des semestres se trouvent dans la catégorie ordinaire (65 %), dont 17% d'humidité et 18% de sécheresse.

On remarque que les années (1984/1985 pour le semestre 1), (2002/2003 pour le semestre 1), (1975/1976 pour le semestre 2) et (1958/1959 pour le semestre 2) sont caractérisés par une humidité extrême, alors que la sécheresse extrême touche deux années (1996/1997, 2001/2002 pour le semestre 1) Figure 35.

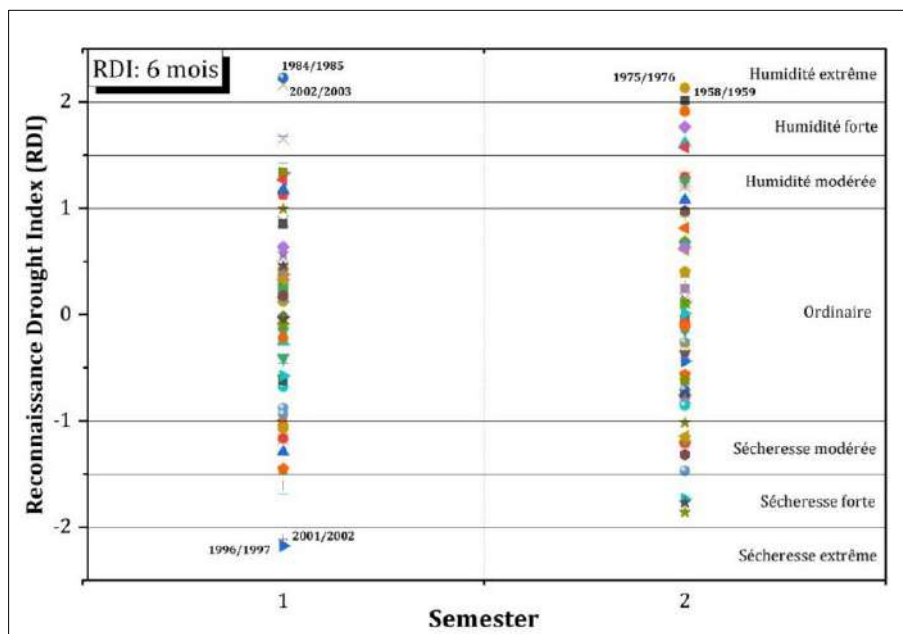


Figure 35 : Indice de la reconnaissance de la sécheresse (RDI) 6 mois.

**d. Indice RDI sur 12 mois :**

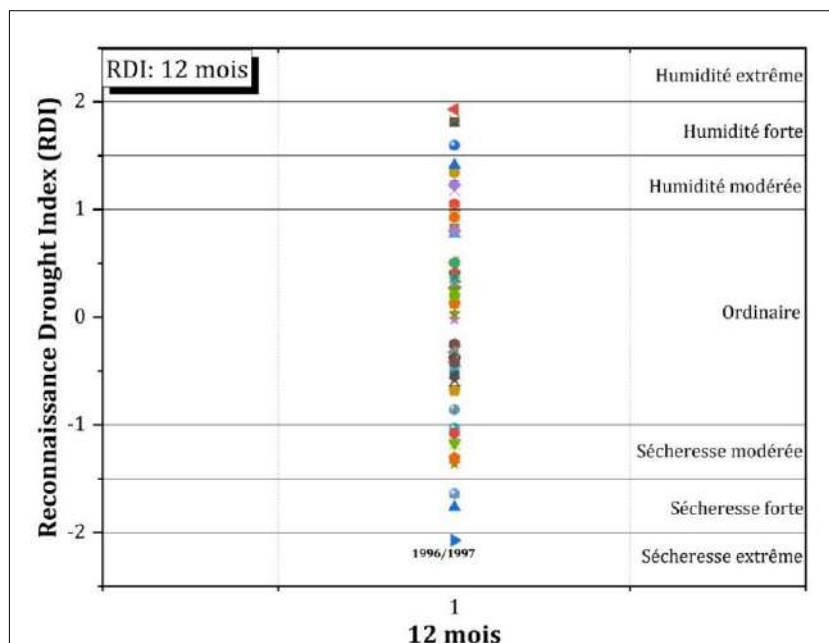


Figure 36 : Indice de la reconnaissance de la sécheresse (RDI) 12 mois.



L'étude sur cette échelle montre que la plupart des valeurs de 12 mois se trouvent dans la catégorie ordinaire de 61 % de la valeur totale, l'humidité présente 20% et la sécheresse 19%. On remarque l'année de (1996/1997) est caractérisée par une sécheresse extrême avec une valeur de (-2.07). Tandis que l'humidité extrême n'a enregistré aucune année.

**Tableau 13 : Nombre des années pour l'indice de RDI.**

	Catégorie	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aou	Sep
1 mois	Humidité extrême	0	0	1	1	1	1	1	0	2	1	0	1
	Humidité forte	4	4	3	1	1	3	1	1	2	3	4	6
	Humidité modérée	8	10	4	8	7	6	6	10	7	6	9	4
	Ordinaire	41	39	46	41	42	39	46	40	40	51	38	41
	Sécheresse modérée	2	5	3	5	3	8	2	5	8	0	4	5
	Sécheresse forte	4	2	2	4	5	1	3	3	1	0	6	2
	Sécheresse extrême	2	1	2	1	2	3	2	2	1	0	0	2
3 mois	Humidité extrême	1			1			1			1		
	Humidité forte	5			4			4			3		
	Humidité modérée	7			4			6			7		
	Ordinaire	38			42			40			37		
	Sécheresse modérée	7			5			7			11		
	Sécheresse forte	3			4			2			2		
	Sécheresse extrême	0			1			1			0		
6 mois	Humidité extrême	2						2					
	Humidité forte	2						4					
	Humidité modérée	6						5					
	Ordinaire	40						39					
	Sécheresse modérée	7						8					
	Sécheresse forte	2						3					
	Sécheresse extrême	2						0					
12 mois	Humidité extrême	0											
	Humidité forte	4											
	Humidité modérée	8											
	Ordinaire	37											
	Sécheresse modérée	7											
	Sécheresse forte	4											
	Sécheresse extrême	1											

### 3. Occupation des sols :

Le bassin versant de Tamlouka est divisé par quatre classes d'occupation des sols (surface agricole, forêt, surface nu et surface urbaine).

La classe d'occupation des sols qui occupe la grande partie dans notre bassin est la surface agricole 55% avec (261.85 Km<sup>2</sup>) qui se trouve dans le milieu de la plaine. Ensuite les surfaces des sols nus occupent 41% (195.32 Km<sup>2</sup>) qui se représentent les montagnes à l'Ouest et l'Est. Les forêts occupent 3% (13.69 Km<sup>2</sup>) et les surfaces urbaines occupent la plus petite superficie du bassin 0.6 % (3.02 Km<sup>2</sup>) de la surface totale du bassin versant.

Tableau 14 : Répartition de la superficie selon l'élévation des classes d'occupation des sols.

Les classes	Surface Km <sup>2</sup>	Surface %
Forêt	13.69	3
Surface agricole	261.85	55
Surface nu	195.32	41
Surface urbaine	3.02	0.6

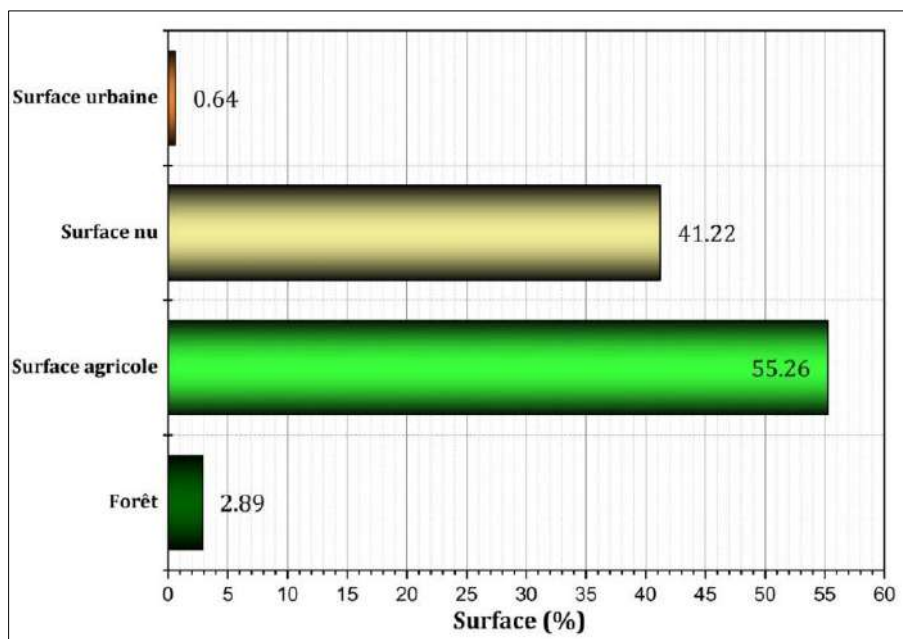


Figure 37 : Les surfaces d'occupation des sols (%).

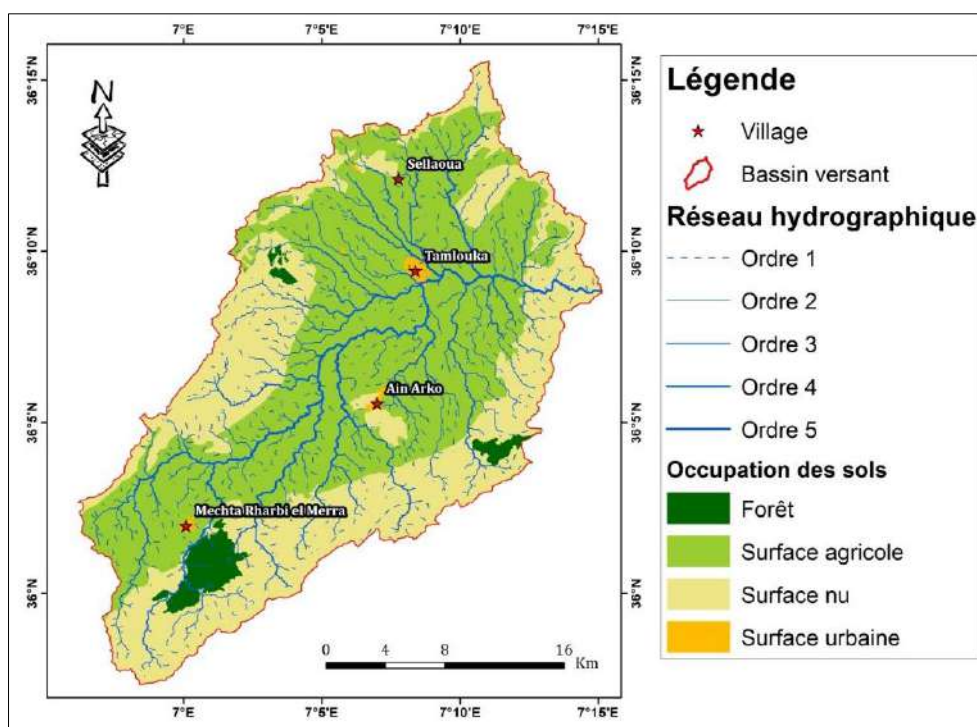


Figure 38 : Carte d'occupation des sols de Tamlouka.



**Conclusion générale**

## **Conclusion générale**

Le bassin versant de Tamlouka est situé au Nord-Est d'Algérie dans la wilaya de Guelma, présente une superficie de 473.907 Km<sup>2</sup> et un périmètre de 122.668 Km. L'étude morphologique a montré que la forme du bassin est allongée, sa direction principale d'allongement est Sud-Ouest – Nord-Est, Cette forme favorise une érosion linéaire et régressive. La circularité et l'indice de forme d'Horton confirment la forme allongée du bassin. Cette valeur a une influence sur le temps de concentration. Selon l'indice de pente globale, le bassin versant est caractérisé par un relief fort, marqué aussi par un dénivelé importante et une densité de drainage moyenne avec un temps de concentration assez important.

La topographie marquée les zones de hautes altitudes se répartissent dans le Nord - Nord-Ouest et le Sud - Sud-Est du bassin et les zones de basses altitudes se trouvent presque dans le centre, où l'altitude maximale atteint 1300 m et l'altitude minimale 690 m.

Le bassin versant a une longueur de 5 fois plus grande que la largeur. L'hypsométrie montre que presque 50 % du bassin versant correspond à des altitudes peu élevées (750-850).

Le bassin versant de Tamlouka est situé dans un climat entre le subhumide et le semi-aride, caractérisé par une saison humide froide et une saison chaude et sèche.

L'étude des indices de sécheresse météorologique SPI et RDI sur l'échelle de temps (1, 3, 6, 12 mois) depuis octobre jusqu'au septembre dans une période de 61 ans (1958-2019) montre que la plupart des années sont caractérisées par une sécheresse ou une humidité ordinaire. Elles peuvent atteindre son extrême seulement dans l'année (1996/1997) trouvée au niveau des deux indices SPI et RDI. Les années (2002/2003, 1995/1996) montrent une humidité extrême par rapport à l'indice SPI.

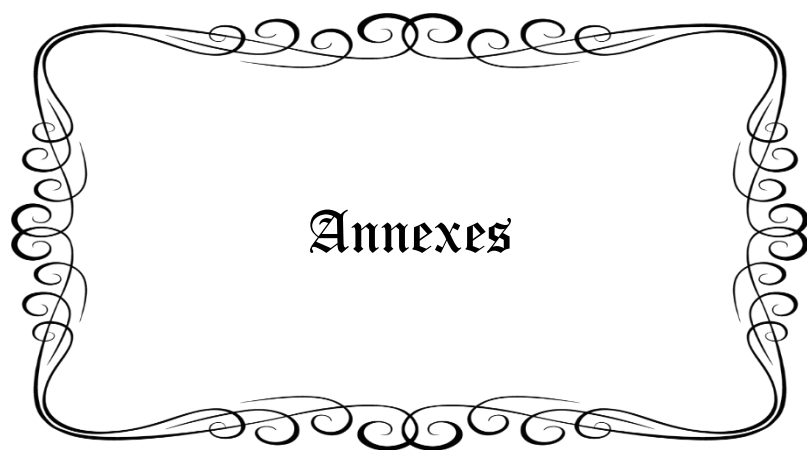


**Références  
bibliographiques**

## Références bibliographiques

- \* Cartier L. & Leclerc S., 1964. Rivi ère Eaton: caract éristiques topographiques du bassin versant. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, Service d'hydrom étrie, Québec.
- \* Dajoz R., (1971), précis d'écologie, édition. Dunod, paris 434p.
- \* Derradji Tahani, (2019), Analyse morphom étriques et Occupation du sol et leurs influences sur les eaux du bassin versant d'oued Mafagh (Nord-est alg érien), M émoire Master, Universit é Kasdi Merbah Ouargla, 72 p.
- \* Djidel M., Djorfi S., Bougdah H., (1992), Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique de la plaine de Tamlouka. M émoire d'ing énieur, Universit é d'Annaba, Alg érie. 149p.
- \* Djorfi Samir, (2018), Cartographie et étude hydrochimique des eaux souterraines de la plaine de Tamlouka, Nord-est alg érien. Influences lithologiques, climatiques et anthropiques, Th èse de doctorat, Universit é Badji Mokhtar Annaba, 119 p.
- \* GDT, (1976), Grand Dictionnaire Terminologique.
- \* Gramont M. et Lombard J.P., (1966), Observations stratigraphiques et tectoniques dans la r égion du djebel Djaffa. Publication du service de cartes géologiques, N.S., Alger, Alg érie. Bull. No 35:27–49
- \* Hayes, S. C., Bissett, R., Korn, Z., Zettle, R. D., Rosenfarb, I., Cooper, L., & Grundt, A. (1999). The impact of acceptance versus control rationales on pain tolerance. *The Psychological Record*, 49(1), 33-47.
- \* Horton R. E., (1932). Drainage basin characteristics. *Transactions A. Geophysical Union*, 13: 350-361.
- \* Horton R. E., (1945). Erosional development of streams and their drainage basins (hydrophysical approach to quantitative morphology). *Geological Society of America Bulletin*, 56, 275-390.
- \* Khan, S., Gabriel, H. F. & Rana, T. (2008), Standard precipitation index to track drought and assess impact of rainfall on watertables in irrigation areas. *Irrig Drainage Syst* 22, 159–177.

- \* Louamri A. (2013), Le bassin-versant de la Seybouse (Algérie orientale): Hydrologie et aménagement des eaux. Thèse de Doctorat, Université de Constantine 1, Algérie. 300p.
- \* Miller V.C., 1959. A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee. Project NR 389-042, Technical Report 3, New York, Department of geology, Columbia University.
- \* Musy A., (2005), Cours d'hydrologie général, laboratoire d'hydrologie et aménagements (HYDRAM), école polytechnique fédérale, Lausanne (Suisse).
- \* O.N.S. (2008), Office National des Statistiques et indicateurs sociaux. Données 2008.
- \* Olivier, K., Wilfrid, V. E., & Jean-Marie, D. (2017). Caractérisation Des Risques Hydroclimatiques Dans Le Bassin Versant De L'Ouémé A L'exutoire De Bétérou Au Bénin (Afrique De L'ouest), European Scientific Journal, 101-118.
- \* Roche M., 1963. Hydrologie de surface. Edition Gauthier-Villars et ORSTOM, Paris.
- \* Sebah Imed et Safi Sofiane, (2014), Qualité des eaux souterraines de la plaine de Tamlouka- influence de la lithologie et de la géomorphologie, Mémoire d'ingénieur Université Badji Mokhtar Annaba. 90 p.
- \* Telali Yaqota, (2016), Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique de la plaine de Tamlouka (Nord-Est Algérien), Mémoire Master académique, Université Kasdi Merbah Ouargla 63p.
- \* Tsakiris, G. and Vangelis, H. (2005). Establishing a Drought Index incorporating evapotranspiration. European Water, 9-10: 3-11.
- \* Vila J.M., (1980), La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiens. PhD of Science, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI. 665 p.
- \* Vilain m., (1987), La production végétale. Edition Tec et Doc /la voisier.460p.
- \* Vôte C., (1957), Notice explicative de la carte géologique au 1/50 000 d'Ain Babouche. No 122. Service de cartes Géologiques, Alger, Algérie.

A decorative rectangular frame with intricate, symmetrical scrollwork and floral patterns. The word "Annexes" is centered within the frame in a black, serif font.

**Annexes**



## Annexes

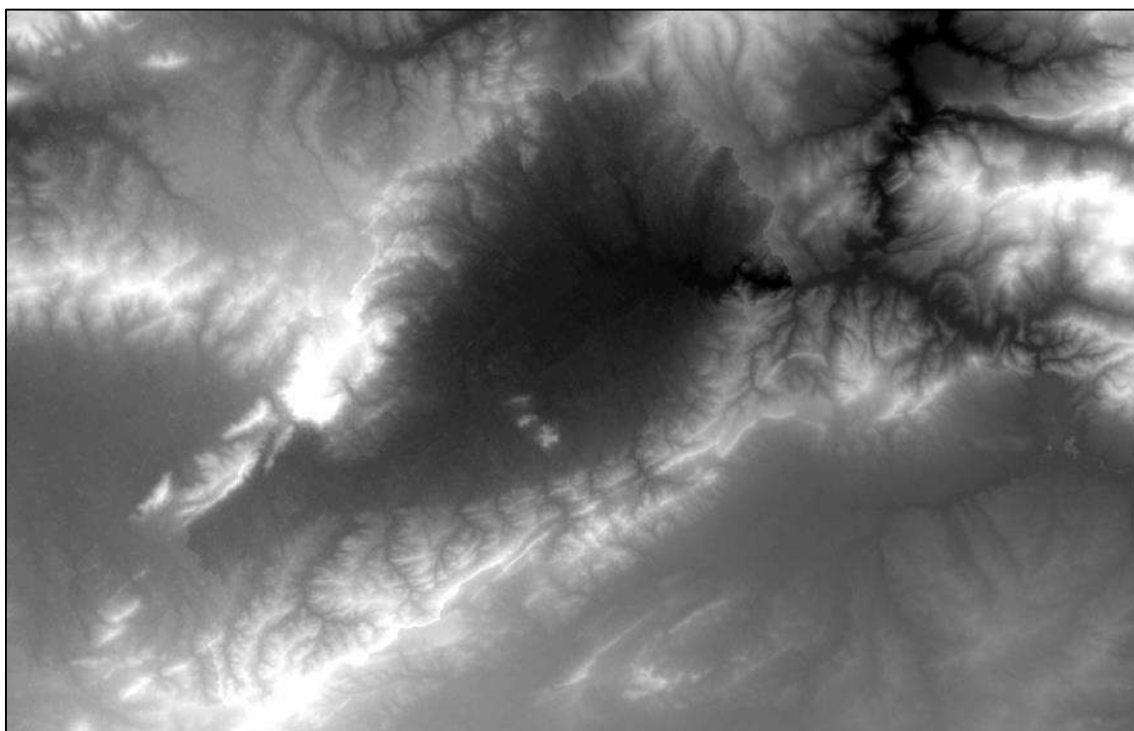
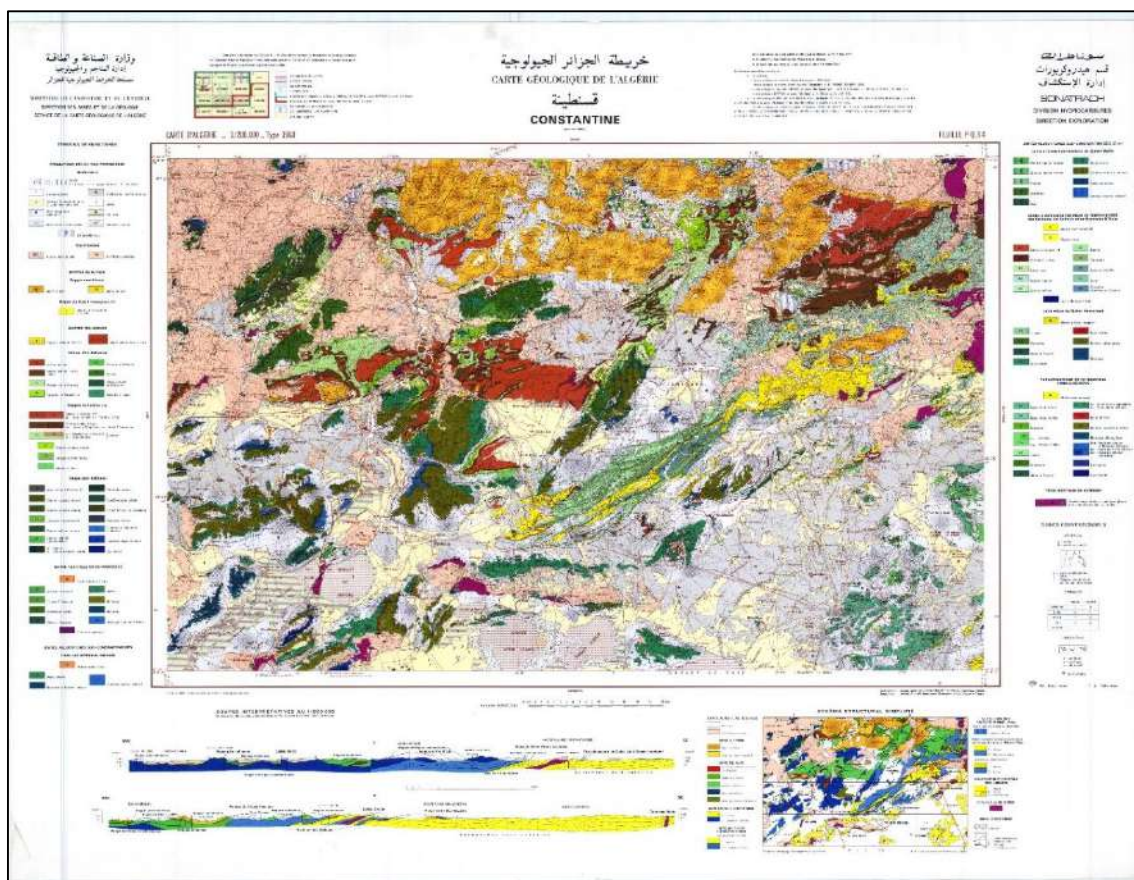
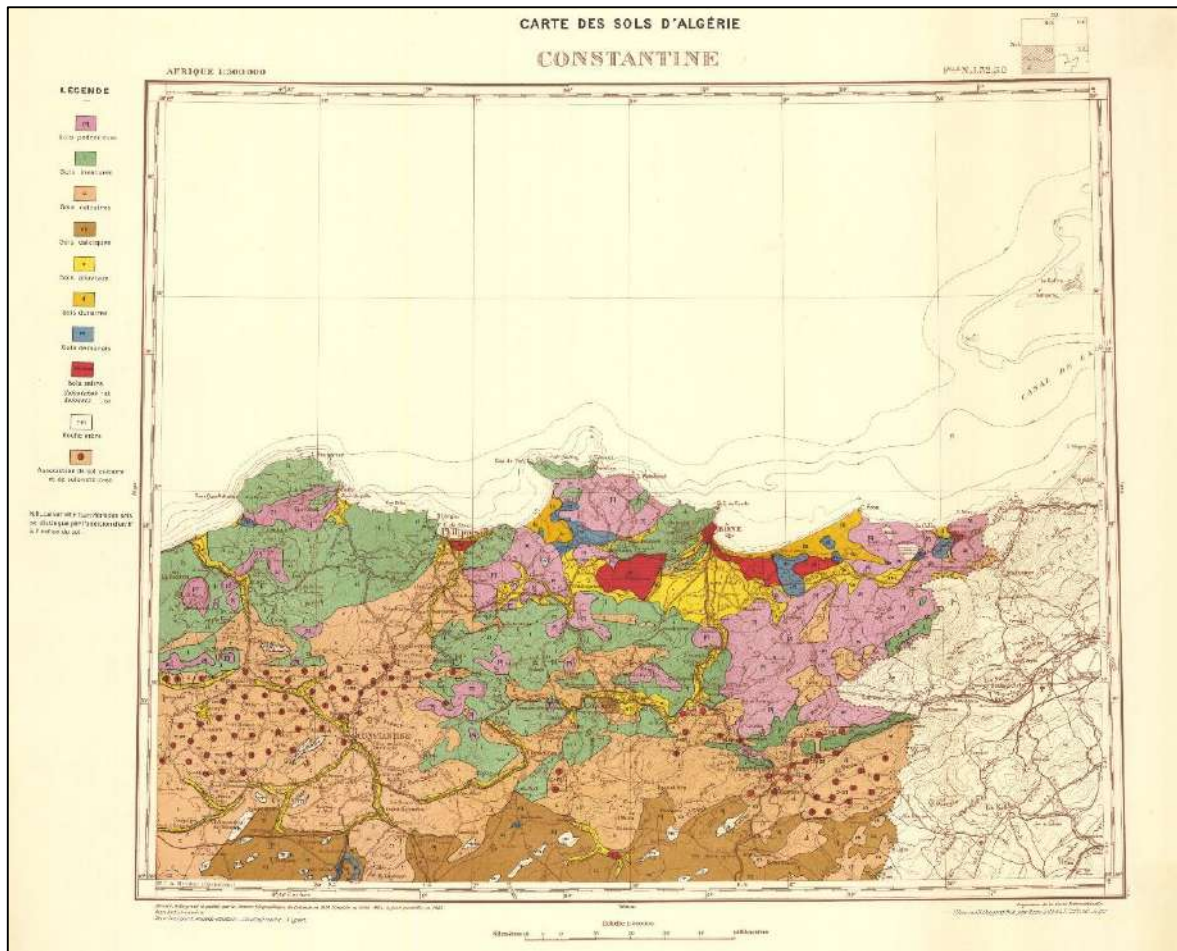


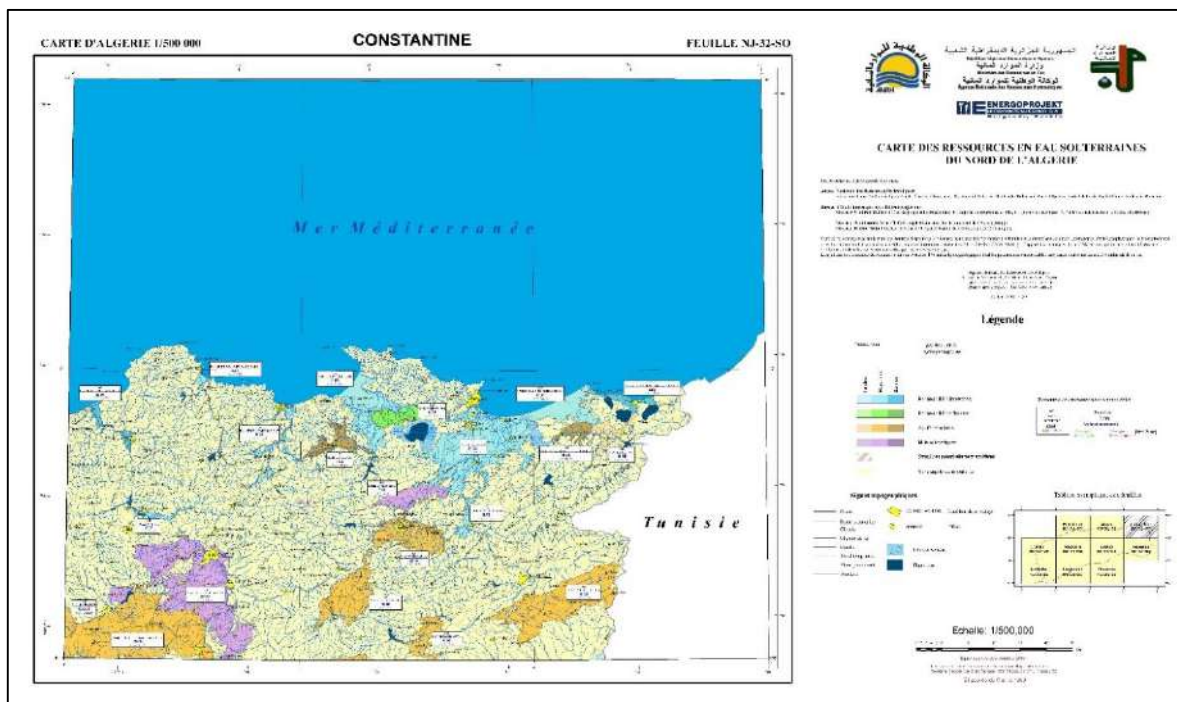
Image MNT (Mod èle Num érique de Terrain).



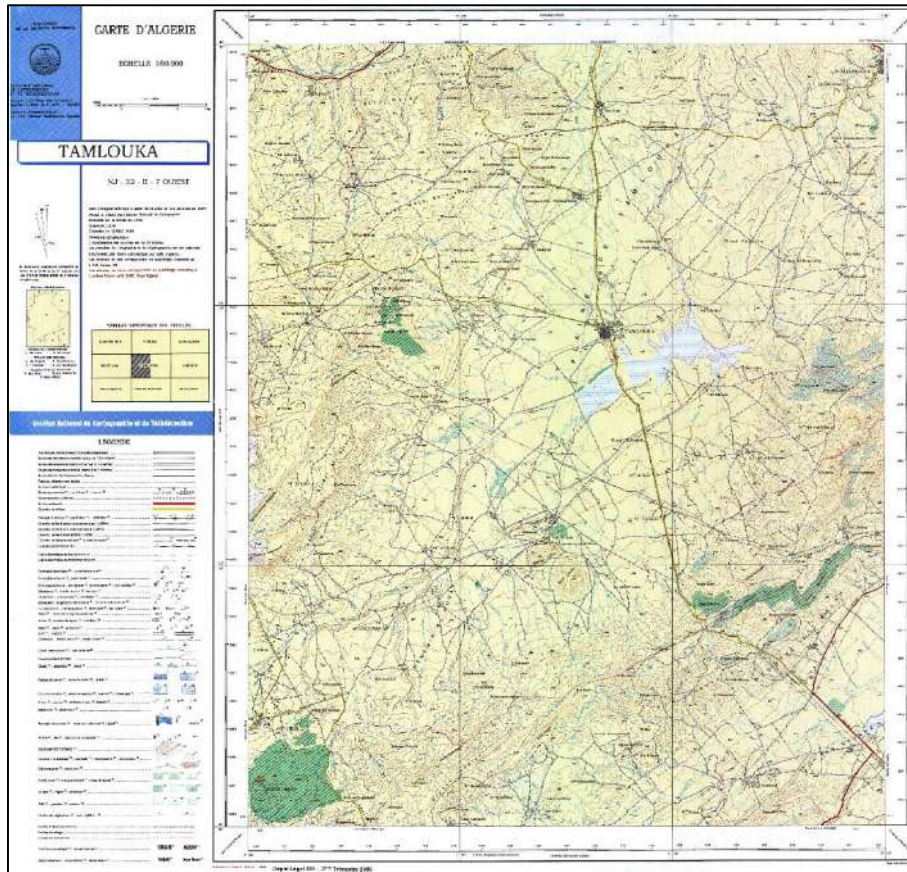
Carte g éologique d'Alg érie (Constantine 1/200000, Feuille P-Q\_3-4).



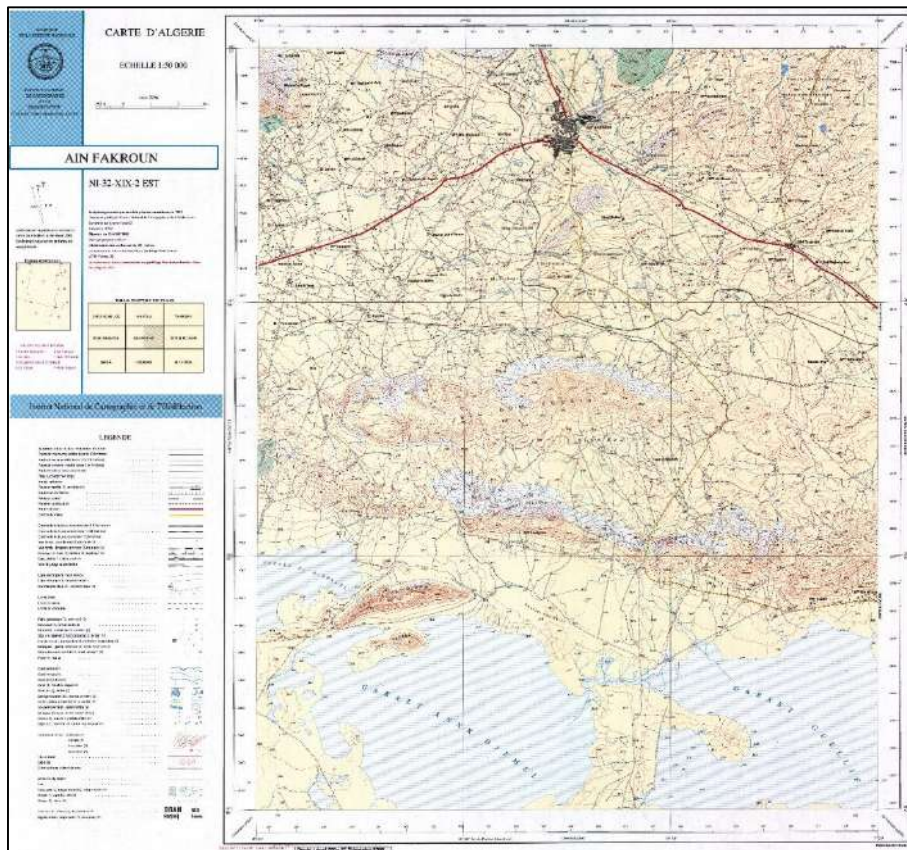
Carte des sols d'Algérie (Constantine, 1/500000, Feuille N.J.32.SO).



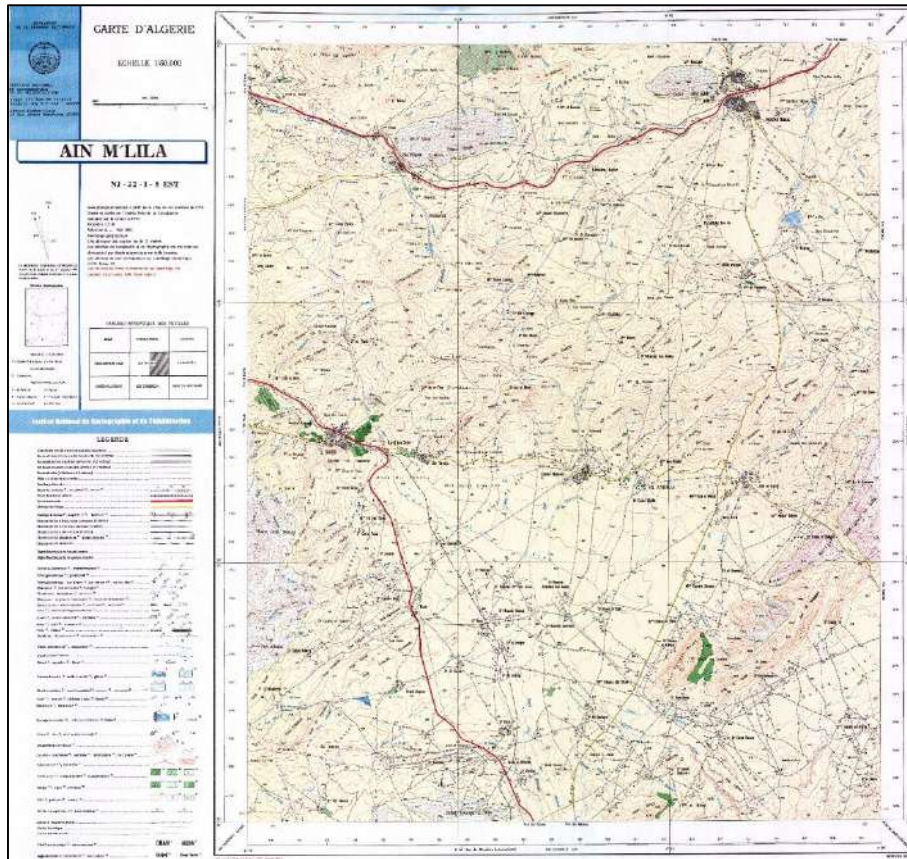
Carte scannée de l'ANRH (carte des ressources en eau Constantine 1/500000, Feuille NJ.32.SO).



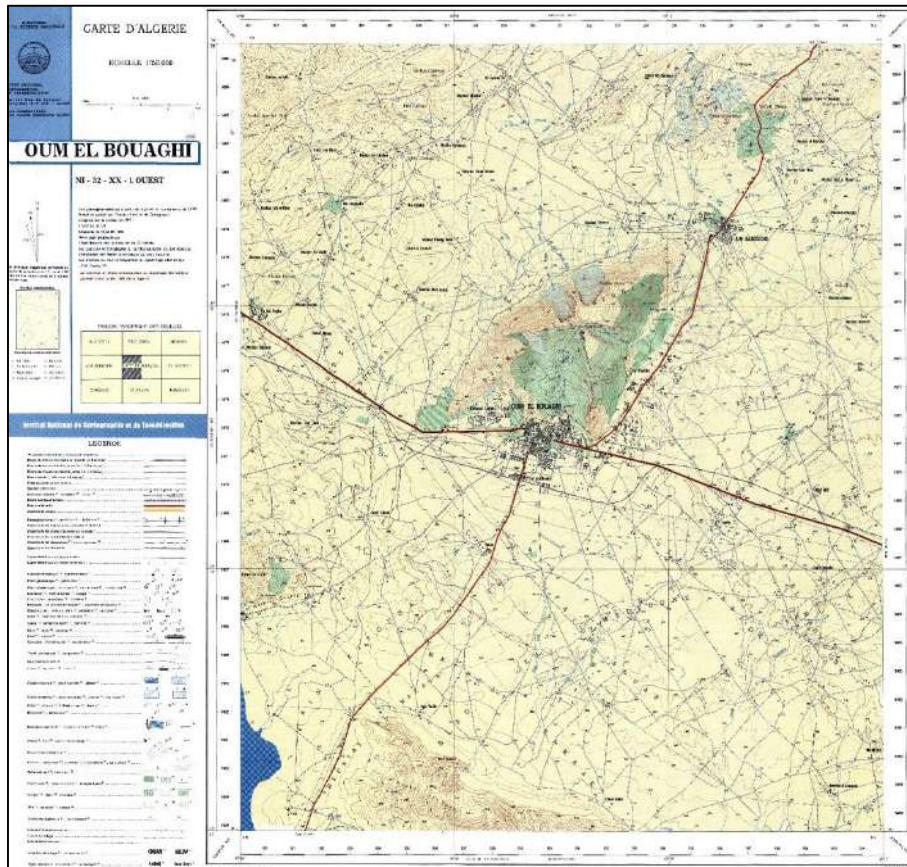
Carte topographique de Tamlouka 1/50000 (Feuille 32- II -7 Ouest).



Carte topographique d'Ain Fakroun 1/50000 (Feuille 32-XIX-2- Est).



Carte topographique d'Ain M'Lila 1/50000 (feuille 32- I -8 Est).



Carte topographique d'Oum El Bouaghi 1/50000 (Feuille NI-22-XX-1 Ouest).

## ملخص:

يقع سهل تاملوكة شمال شرق الجزائر والذي يمثل طابع زراعي كثيف الذي يلعب دورا هاما في اقتصاد المنطقة. هذا التطور الاجتماعي والاقتصادي بحاجة الى مياه من اجل احتياجاته المختلفة للسقي والتغذية بالمياه العذبة، خاصة في المناطق المتأثرة بالمناخ الشبه جاف الى الشبه رطب.

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد الخصائص المورفومترية وحساب درجات الرطوبة والجفاف من اجل معرفة تأثيراتهم على الموارد المائية في سهل تاملوكة.

لتحقيق هذا الهدف، تم استخراج وحساب نوعين من الخصائص المورفومترية (الهندسية والشبكة المائية) عن طريق معالجة النموذج الرقمي للارتفاعات والمعادلات الرقمية باستعمال نظام المعلومات الجغرافية، وتم حساب معاملين من الجفاف المناخي (RDI، SPI) بفضل برنامج DrinC.

بعد النتائج المتحصل عليها، نستنتج أن حوض تاملوكة يحتوي على كميات مياه معقولة، كما نلاحظ ايضا ان أغلبية السنوات يتميزون بجفاف أو رطوبة معتدلة على خلاف سنة (1997/1996) تعرضت لجفاف شديد بالنسبة للمؤشرين RDI و SPI، بينما السنوات (2003/2002، 1996/1995) تميزوا برطوبة عالية بالنسبة للمؤشر SPI.

**الكلمات المفتاحية:** المورفومترية، النموذج الرقمي للارتفاعات، سهل تاملوكة، مؤشر التساقط القياسي (SPI)، مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI).

## R é s u m é

La plaine de Tamlouka, situ ée dans le Nord-Est alg érien, présente une vocation agricole intense qui joue un rôle important dans l'économie de la région. Ce développement socio-économique nécessite des quantités d'eau pour satisfaire les besoins d'irrigation et d'alimentation en eau potable (AEP), surtout dans une telle zone sous un climat entre le semi-aride et le subhumide.

Le but de cette étude est la détermination des caractéristiques morphométriques et le calcul du degré d'humidité et de sécheresse pour savoir leurs influences sur les ressources en eau dans la plaine de Tamlouka. Pour atteindre cet objectif, deux caractéristiques morphométriques (géométriques et réseau hydrographique) ont été extraites par le traitement d'une image (MNT) et le calcul par des formules numériques à l'aide d'un système d'information géographique (SIG), ainsi que deux indices de sécheresse météorologiques (SPI et RDI) ont été calculés sous le programme DrinC.

D'après les résultats obtenus, on constate que le bassin de Tamlouka contient des quantités d'eau acceptables. La majorité des années sont caractérisées par une sécheresse ou une humidité ordinaire atteinte son extrême seulement dans l'année (1996/1997) trouvé au niveau des deux indices SPI et RDI. Les années (2002/2003, 1995/1996) montrent une humidité extrême par rapport à l'indice SPI.

**Mots clés :** Morphométrie, MNT, plaine de Tamlouka, indice SPI, indice RDI.

## Abstract:

Tamlouka plain, located in the North-East of Algeria, has an intense agricultural vocation that plays an important role in the economy of the region. This socio-economic development requires quantities of water to satisfy the needs of irrigation and drinking water supply (AEP), especially in such an area with a climate between semi-arid and sub-humid.

The aim of this study is the determination of morphometric characteristics and the calculation of the degree of humidity and dryness in order to find out their influences on the water resources in Tamlouka plain.

To achieve this goal, two morphometric characteristics (geometric and hydrographic network) were extracted by image processing (DTM) and the calculation by numerical formulas using a Geographic Information System (GIS), this two meteorological dryness indices (SPI and RDI) were calculated using the DrinC program.

According to the results obtained, the Tamlouka basin contains acceptable quantities of water. The majority of the years are characterised by dryness or ordinary humidity reaching its extreme only in the year (1996/1997) found at the level of the two indices SPI and RDI. The years (2002/2003, 1995/1996) show extreme humidity in respect to the SPI.

**Keywords:** morphometry, DEM, Tamlouka's plain, SPI index, RDI index.