

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT HYDRAULIQUE...



FILIERE : HYDRAULIQUE  
OPTION : RESSOURCES HYD

N° : .....

**Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Académique**

**Par :**

Tiaiba Oussama

Rouane Hanane

**Intitulé**

**ETUDE DE LA RESSOURCE EN EAUX DANS LE  
BASSIN VERSANT DU HODNA**

**Soutenu devant le jury composé de :**

Dr. Djerbouai Salim

Université Mohamed BOUDIAF –M'sila

Président

Pr. HASBAIA Mahmoud

Université Mohamed BOUDIAF –M'sila

Rapporteur

Mr. SAHLI Youcef

Université Mohamed BOUDIAF –M'sila

Examineur

**Année universitaire : 2020 /2021**



# Remerciements

*Il est primordial de remercier « ALLAH » le Tout-Puissant de tout ce Qu'il nous apporte dans la vie et de nous avoir donné la force et le courage pour réaliser ce travail.*

*Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude et nos Sincères remerciements à notre encadreur Hasbaia Mahmoud d'avoir accepté d'encadrer ce travail, ainsi que pour sa gentillesse, sa disponibilité, ses conseils constructifs, son attention, son dévouement et sa disponibilité tout au long de ces mois de travail.*

*Nous remercions les membres de jurée d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.*

*Nous remercions aussi ma chère amie Amira.B qui m'a beaucoup aidé.*

*Un grand merci pour tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la Réalisation de ce mémoire, qu'ils trouvent ici l'expression de toute notre gratitude en particulier.*

# Dédicace

***Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect plus particulièrement à :***

♥ ***Mes chers parents***

♥ ***Mon frère***

♥ ***Mes sœurs***

♥ ***Mon binôme***

***A toute ma famille et mes ami(e)s  
A tous ceux qui me sont chers***



# Dédicace

*Je dédie ce travail à l'âme de mes parents*

*A mes chères sœurs pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral*

*A mes chers frères pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire*

*À mes nièces et neveux et Ma cousine N*

*A toute ma famille*

*A mon binôme Tiaiba Oussama Merci pour tes efforts*

*A Toutes mes amies*

*A toutes personnes qui me connaisse de loin ou de près*



# Liste des tableaux

# LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
<b>Chapitre I</b>		
Tableau I.1	Nature du lit	05
Tableau I.2	Les capteurs hydrométriques (récapitulatifs)	14
<b>Chapitre II</b>		
Tableau II.1	Données pluviométriques de la station météorologique de m'sila et Boussaâda	24
Tableau II.2	Données pluviométriques annuelle de la station météorologiques de m'sila et Boussaâda	25
Tableau II.3	Caractéristiques du bassin versant du Honda	26
<b>Chapitre III</b>		
Tableau III.1	Apports liquides enregistre au Soubella	30
Tableau III.2	Valeurs statistiques des apports liquides annuels à Soubella	32
Tableau III.3	Apports liquides enregistrés au Sous bv du K'sob	34
Tableau III.4	Valeurs statiques des apports liquides annuelles au BV du K'sob	35
Tableau III.5	Apports liquides enregistrés au Boussaâda	36
Tableau III.6	Valeurs statistiques des apports liquides annuels au Boussaâda	37
Tableau III.7	L'apport estimée de sous Bassin Versant Barika par les Formules empiriques	40
Tableau III.8	L'apport estimé de sous Bassin Versant M'cif par les formules empiriques	41
Tableau III.9	L'apport réel	42
Tableau III.10	Les apports annuels en (hm <sup>3</sup> ) de sous bv du M'cif et Barika par les formules empiriques (non jugé)	43

# Liste des figures

# LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
<b>Chapitre I</b>		
Figure I.1	L'échelle limnimétrique	03
Figure I.2	Types des courbes de tarage	04
Figure I.3	Lit majeur et lit mineur	05
Figure I.4	Station hydrométrique	06
Figure I.5	Channel contrôle	07
Figure I.6	Abaque pour le calcul de la vitesse moyenne	08
Figure I.7	Types des sections du contrôle	09
Figure I.8	Seuils de contrôle naturels	09
Figure I.9	Seuils de contrôle artificiel (déversoir)	10
Figure I.10	Stabilité de la station	11
Figure I.11	Permanence du contrôle	12
Figure I.12	Sensibilité de la station	12
Figure I.13	Station hydrologique avec télétransmission GSM	15
Figure I.14	Le jaugeage au moulinet	16
<b>Chapitre II</b>		
Figure II.1	Situation de bassin versant du Hodna dans l'ensemble des bassins versants algériens	19
Figure II.2	Pédologie de la région du Honda	21
Figure II.3	Pluviométries dans le bassin versant du Honda	22
Figure II.4	Précipitations mensuelles, annuelle, moyennes en (mm) de la région de M'sila et Boussaâda durant la période (2008-2017)	25
Figure II.5	Variabilité dans le temps des précipitations en (mm/an) entre les deux stations	26
<b>Chapitre III</b>		
Figure III.1	Sous BV dans BV Hodna	29
Figure III.2	Présentation de la région de Soubella	30
Figure III.3	La variation dans le temps des apports liquides annuels au Soubella de	32

1973-2000

Figure III.4	présentation de la région de K'sob	33
Figure III.5	La variation dans le temps des apports liquides annuels au SBV du K'sob de 1973 à 1992	34
Figure III.6	Présentation de la région de Boussaâda	36
Figure III.7	La variation dans le temps des apports liquides annuels au Boussaâda 1973à 1992	37
Figure III.8	Les apports annuels en (hm <sup>3</sup> ) de sous bv du Barika par les formules empiriques	41
Figure III.9	Les apports annuels en (hm <sup>3</sup> ) de sous bv du M'cif par les formules empiriques	42

# Sommaire

# SOMMAIRE

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

## Chapitre I : Station hydrométrique

I.1.	Introduction:.....	02
I.2.	Hydrométrie .....	02
I.3.	Station hydrométrique.....	02
	I.3.1. Jaugeages .....	02
I.4.	Le cours d'eau.....	04
	I.4.1. Variations de morphologie du cours d'eau peuvent être provoquées par l'homme.....	04
	I.4.2. La nature du lit : la rugosité .....	04
I.5.	Station hydrométrique.....	06
	I.5.1. Principe de fonctionnement .....	06
	I.5.2. Critères d'implantation d'une station hydrométrique .....	11
I.6.	Acquisition, enregistrement et transmission des données hydrologiques .....	13
	I.6.1. Les capteurs hydrométriques .....	13
	I.6.2. L'acquisition et l'enregistrement des données .....	14
	I.6.3. La transmission des données hydrologiques .....	15
	I.6.4. La mesure du débit .....	15
I.7.	Conclusion .....	17

## Chapitre II : présentation de la zone d'étude

II.1.	Introduction: .....	18
II.2.	Présentation de la zone d'étude: .....	18
II.3.	Situation géographique du bassin versant Hodna .....	19
	I.3.1. Le relief .....	19
	II.3.2. Les montagnes .....	20
	II.3.3. Le piémont.....	20
	II.3.4. Chott El Hodna (Sebkha).....	20
II.4.	Géologie.....	20
	II.4.1. Sols (pédologie).....	20
II.5.	Le climat de la région .....	22
	II.5.1. Pluviométrie.....	22

II.5.2	Température.....	22
II.5.3	Le vent.....	23
II.5.4	Humidité.....	23
II.5.6	Couvert végétal.....	24
II.6	Le bilan hydrologique.....	24
II.6. 1	Etudes hydro-pluviométriques:.....	24
II.8.	Conclusion.....	27

### **Chapitre III : Estimation Des Ressources en Eaux Dans le Bassin Versant Hodna (Sous bv jaugé ; et non jaugé)**

III.1.	Introduction.....	28
III.2.	Le programme utilisé.....	28
III.3.	Présentation de sous bassin soubella.....	30
III.4.	Présentation de K'sob:.....	32
III.5.	Présentation sous bv de Boussaâda.....	35
III.6.	Estimation de l'apport liquide par les formules empiriques.....	37
III.6.1.	Formule de SOGREA.....	38
III.6.2.	Formule de SAMIE.....	38
III.6.3.	Formule de TURC.....	38
III.6.4.	Formule de MEDINGER.....	39
III.6.5.	Formule de MALLET-GAUTIER.....	39
III.6.6.	Formule dite ALGERIENNE.....	39
III.6.7.	Formule d'ANRH.....	39
III.6.8.	Formule de l'DERY I.....	40
III.7.	Conclusion.....	44
	Conclusion générale... ..	45

# Introduction générale

## **Introduction général**

Le bassin Hodna a un climat semi-aride caractérisé par une faible et irrégulière précipitation et une forte température et évapotranspiration.

Cette tendance du climat aride n'exclut pas l'existence de ressources en eau, pour optimiser l'utilisation de cette ressource rare, les gens ont mis en œuvre un système d'irrigation économique. Les Précipitations cependant faible, tombant sous forme d'averses, provoquant quelques fois des inondations.

L'amélioration des conditions hydrauliques réside dans la mobilisation des eaux de pluie dans les barrages et les retenues collinaires. Pour cela, la bonne estimation de la ressource en eau de surface est d'une importance certaine. Dans ce contexte, nous proposons ce thème pour estimer la ressource en eau de surface dans tous les sous-bassins du Hodna jaugés et non jaugés.

Pour mener ce travail, nous avons opté pour un plan de mémoire structuré en trois chapitres :

- Le premier est la station hydrométrique,
- Le second est consacré à la description de la zone d'étude ;
- Le troisième chapitre explique les différentes méthodes d'estimation de la ressource en eau de surface dans les sous-bassins jaugés et non jaugés, dans la deuxième partie, on récapitule les résultats de calcul de la ressource en eau dans tous les sous bassins du Hodna (jaugés et non jaugés), ces résultats sont également commentés, comparés et discutés.

# Chapitre I

## Station hydrométrique

# Chapitre I : Station hydrométrique

## I.1. Introduction

La relation qui existe entre le débit d'un cours d'eau dans une section transversale et la hauteur sous laquelle ce débit s'écoule, est une fonction très complexe des caractéristiques géométriques et hydrauliques de la section considérée et du bief qui la contient, bief dont l'extension peut être considérable.

Construire une courbe de tarage, c'est rechercher une représentation graphique de la relation hauteur-débit, à partir de quelques jaugeages souvent mal répartis et dans certains cas peu précis. Seule une bonne connaissance du terrain et une exacte compréhension du fonctionnement hydraulique du bief de l'échelle limnimétrique permettent une interprétation correcte des données mesurées.

Ce chapitre qui définit successivement les caractéristiques du lit du cours d'eau naturel ; les formes d'écoulement et les propriétés du site de la station hydrométrique, propose une classification des types de relation hauteur-débit.

## I.2. Hydrométrie

Méthodes et techniques de mesure du niveau d'eau et du débit des cours d'eau.

## I.3. Station hydrométrique

Mesurer la partie du cours d'eau :

- ✚ Côte avec eau libre (limnimétrie) :  $h$  (m)
- ✚ Vitesse d'écoulement (débitmètre) :  $Q$  (l/s ou  $m^3/s$ )

La mesure continue du débit est difficile (technologie existante mais coûteuse - voir débitmètre à ultrasons) ; surveillance continue du niveau d'eau.

### I.3.1. Jaugeages

Mesure ponctuelle du débit d'un cours d'eau, servant la plupart du temps à construire une relation hauteur/débit (courbe de tarage) sur un site donné [1].

### *1.3.1.1. Une échelle limnimétrique*

Il s'agit d'une échelle graduée utilisée pour surveiller les changements du niveau d'eau de la rivière (ou de la profondeur de l'eau) au jour le jour.

Dans la plupart des cas, ces échelles sont placées près du pont dans une zone facilement accessible sans barrières visuelles, ce qui facilite la lecture des échelles.



**Figure I.1. L'échelle limnimétrique**

### *1.3.1.2. Une courbe de tarage*

Courbe de tarage : une courbe de tarage simple est une relation hauteur-débit  $Q(h)$  univoque croissante prévalant à une section de l'écoulement dans les conditions hydrauliques de référence. Le régime hydraulique de référence correspond aux contrôles hydrauliques usuels et au régime permanent. (Le Coz. Jet al. 2011).

Lors de chaque activité, le niveau d'échelle est enregistré, puis un équipement approprié est utilisé dans le lit de la rivière pour effectuer les mesures nécessaires au calcul du débit instantané (comptage). Selon le site, le nombre d'activités de mesure nécessaires pour étalonner la balance variera. Tracer ensuite les résultats obtenus sur un graphique à deux axes ( $X =$  profondeur d'eau (cm),  $Y =$  débit ( $m^3/s$ )).

Chaque activité de mesure peut localiser un point sur le graphique. Enfin, nous dessinons une courbe de tendance correspondant à la courbe lisse, autant que possible pour représenter la forme générale dessinée par tous les points.

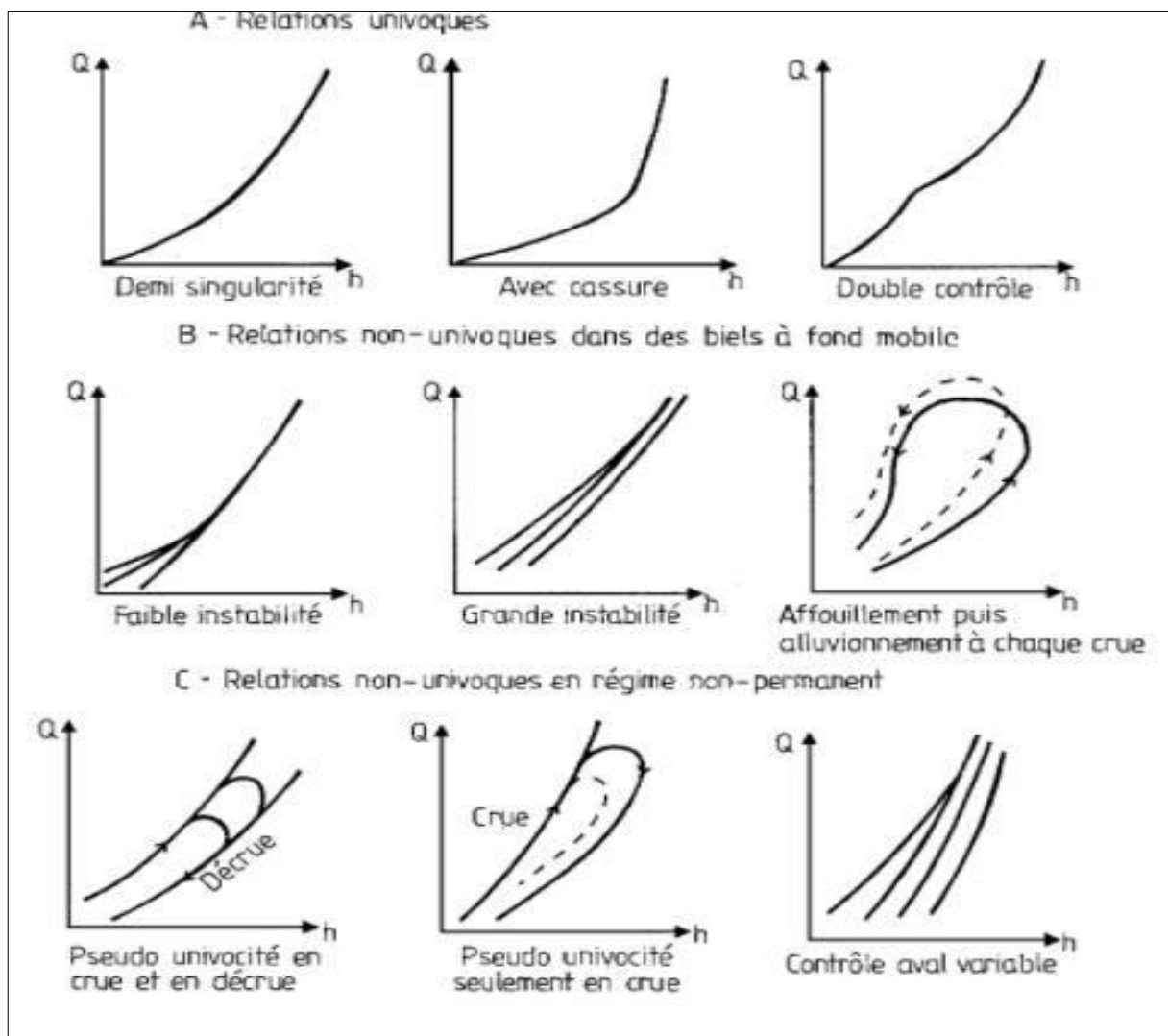


Figure I.2. Types des courbes de tarage

#### I.4. Le cours d'eau

Un système dynamique, dans le temps et dans l'espace.

##### I.4.1. Variations de morphologie du cours d'eau peuvent être provoquées par l'homme

- ✚ Barrage
- ✚ Sur exploitation des alluvions (gravière)
- ✚ Endiguement

La modification du bilan sédimentaire a un effet sur la forme de l'écoulement, c'est-à-dire l'incision du lit, et entraîne une modification de la courbe d'étalonnage de la station.

##### I.4.2. La nature du lit : la rugosité

Tableau I.1. Nature du lit

Nature de lit	n	K=1/n
Lits naturelles propres à fond lisse	0,020	50
Lits naturelles propres à fond rugueux	0,030	33
Lits naturelles avec végétation	0,05 à 0,1	20 à 10

**n** : Coefficient de Manning-Strickler,

**K = 1/n** : Coefficient de rugosité.

➤ **Formule de Manning-Strickler (écoulement uniforme)**

$$Q = S * V = S * (R_h^{2/3} * i^{1/2} * 1/n)$$

**S** : Surface mouillée,

**R<sub>h</sub>** : Rayon hydraulique,

**i** : Pente hydraulique (pente de la ligne d'eau).

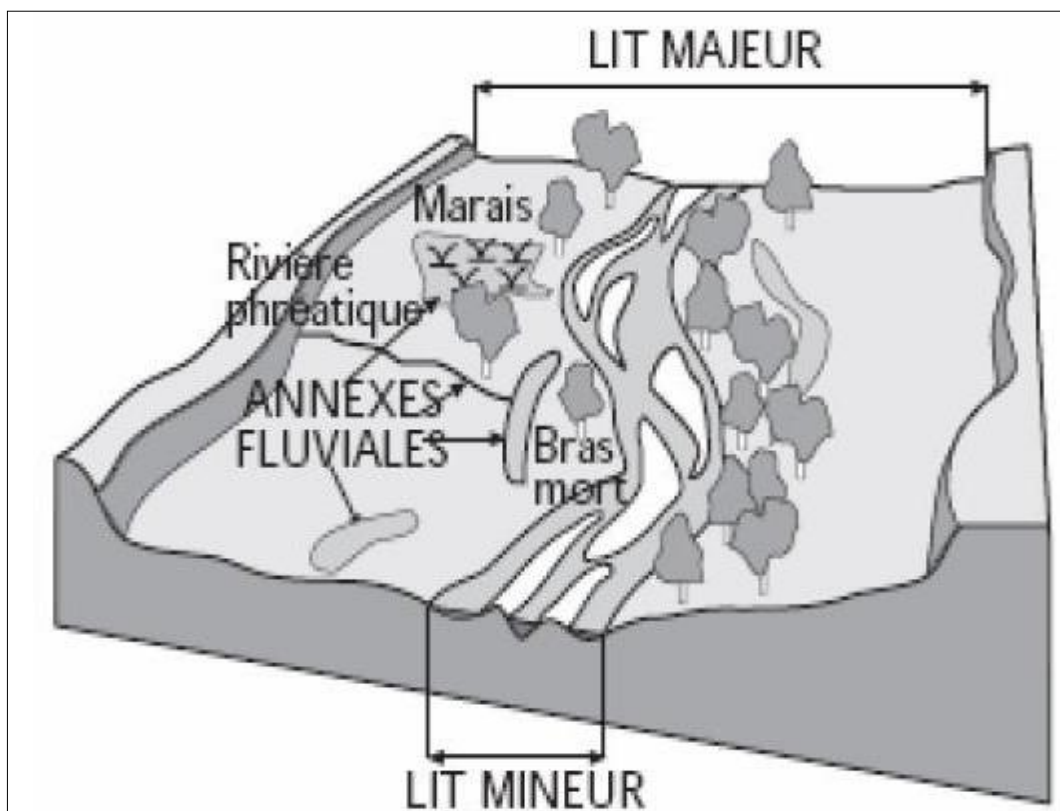


Figure I.3. Lit majeur et lit mineur

## I.5. Station hydrométrique

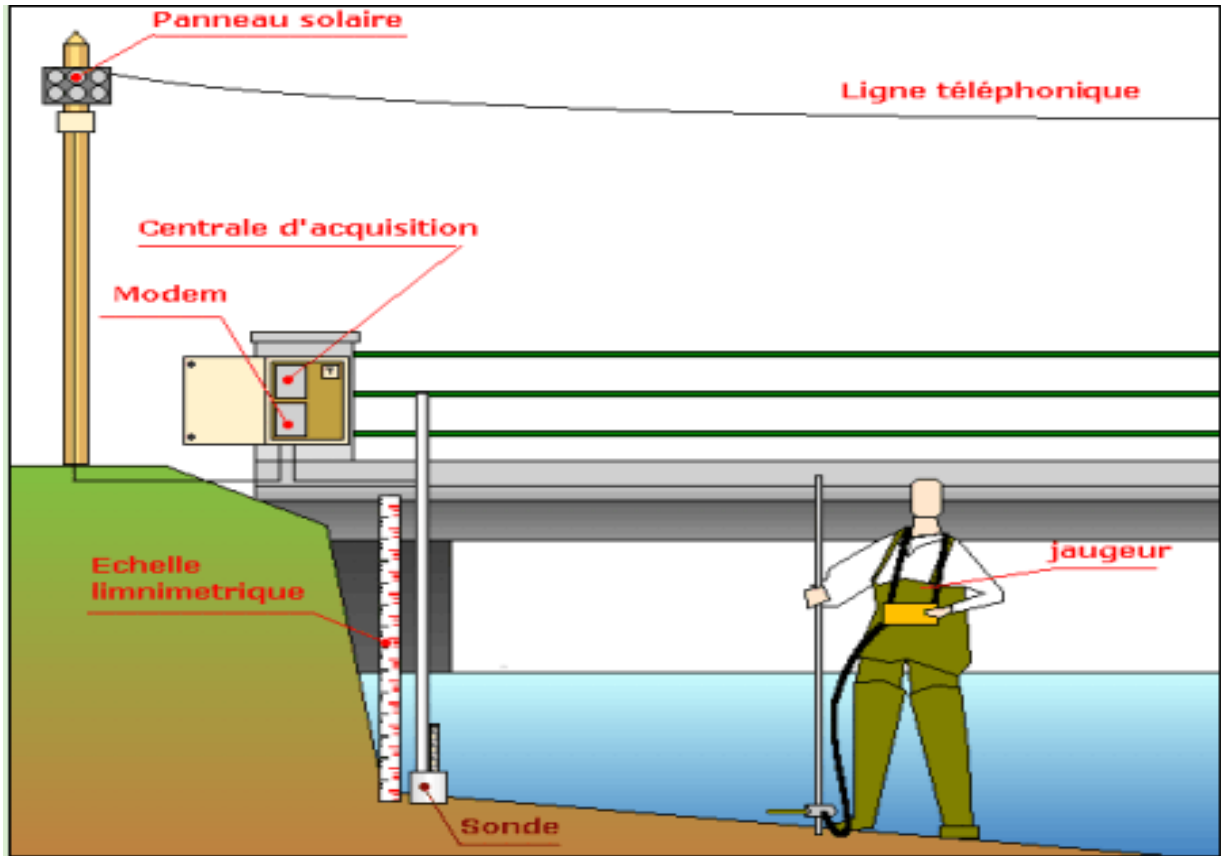


Figure I.4. Station hydrométrique

### I.5.1. Principe de fonctionnement

(Rappel du concept de commande hydraulique)

#### ➤ Contrôle hydraulique

Caractéristiques physiques d'un chenal qui détermine la relation entre la hauteur et le débit à un emplacement donné dans le chenal. Ce contrôle hydraulique peut être exercé par le chenal dans son ensemble ou par une section dite de contrôle, où l'écoulement passe par le régime critique.

Selon la nature du contrôle hydraulique en jeu, la théorie hydraulique fournit une connaissance précise de l'exposant  $c$ , et permet d'évaluer les paramètres  $a$  et  $b$  à partir des caractéristiques géométriques et hydrauliques du chenal ou de la section de contrôle. Les lois classiques suivantes sont utilisées dans cette étude :

Formule de Manning-Strickler (contrôle chenal en régime permanent uniforme), simplifiée pour une section rectangulaire large : [1].

#### I.5.1.1. types de contrôle

- ✓ control Channel (écou pseudo-uniforme)
- ✓ contrôle de Section (écou critique)



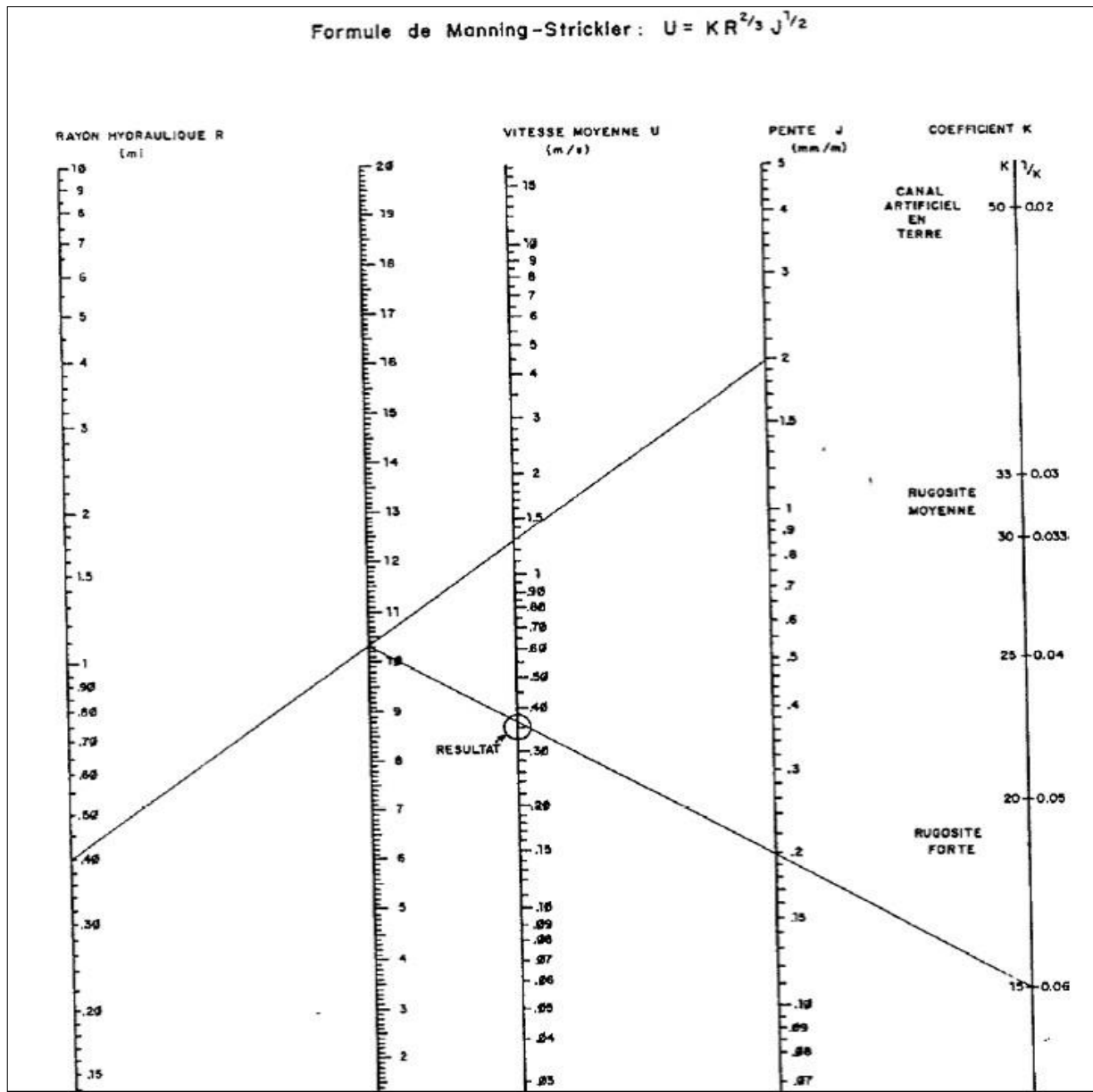


Figure I.6. Abaque pour le calcul de la vitesse moyenne

### b. Section de contrôle (écoulement critique)

**Régime critique :** s'établit au droit de la section

**Fonction univoque de  $h_{\text{amont}} = Q$**  Le débit ne dépend que de la hauteur d'eau en amont de la section de contrôle (pas d'influence de l'aval).

#### ❖ Différents types de section de contrôle

- ✚ seuil,
- ✚ rétrécissement,
- ✚ changement de pente.

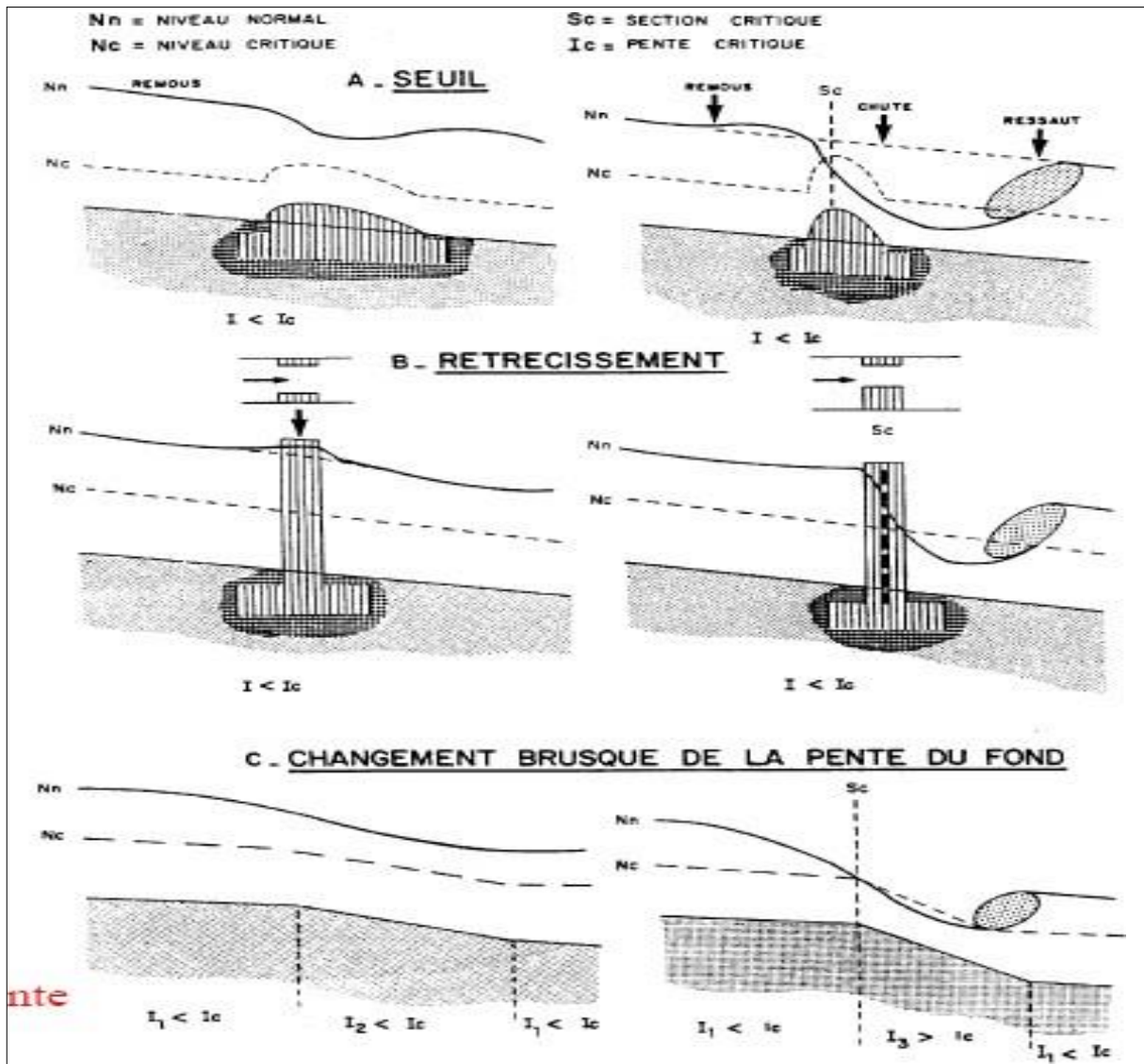


Figure I.7. Types des sections du contrôle

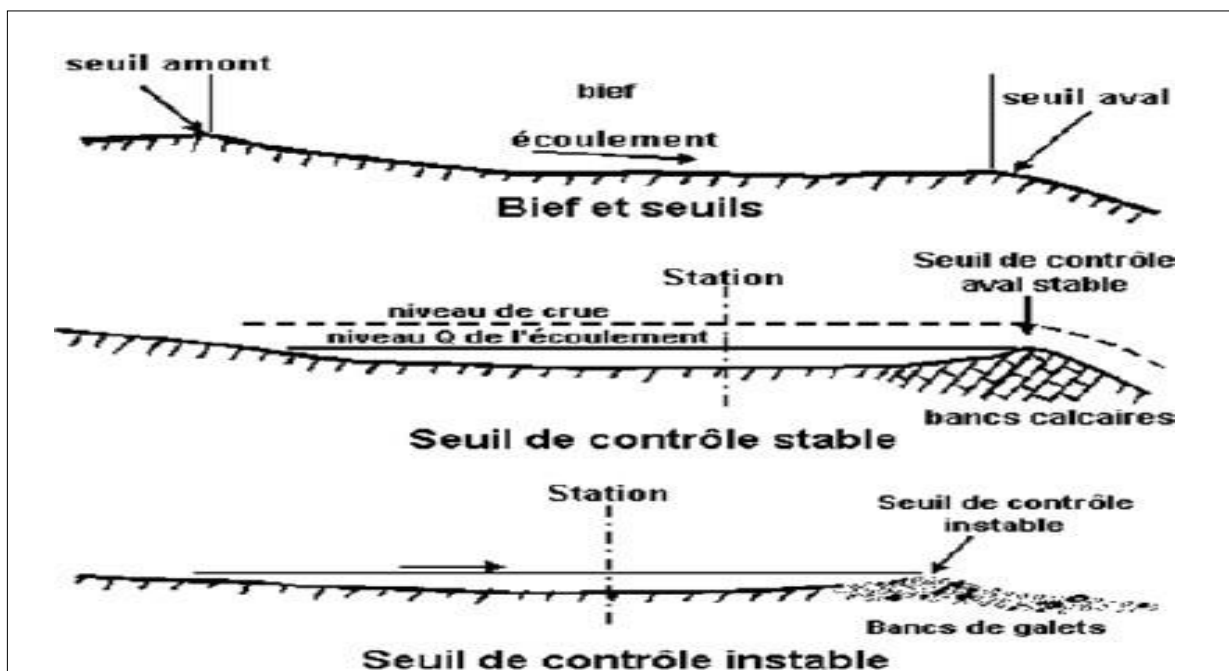


Figure I.8. Seuils de contrôle naturels

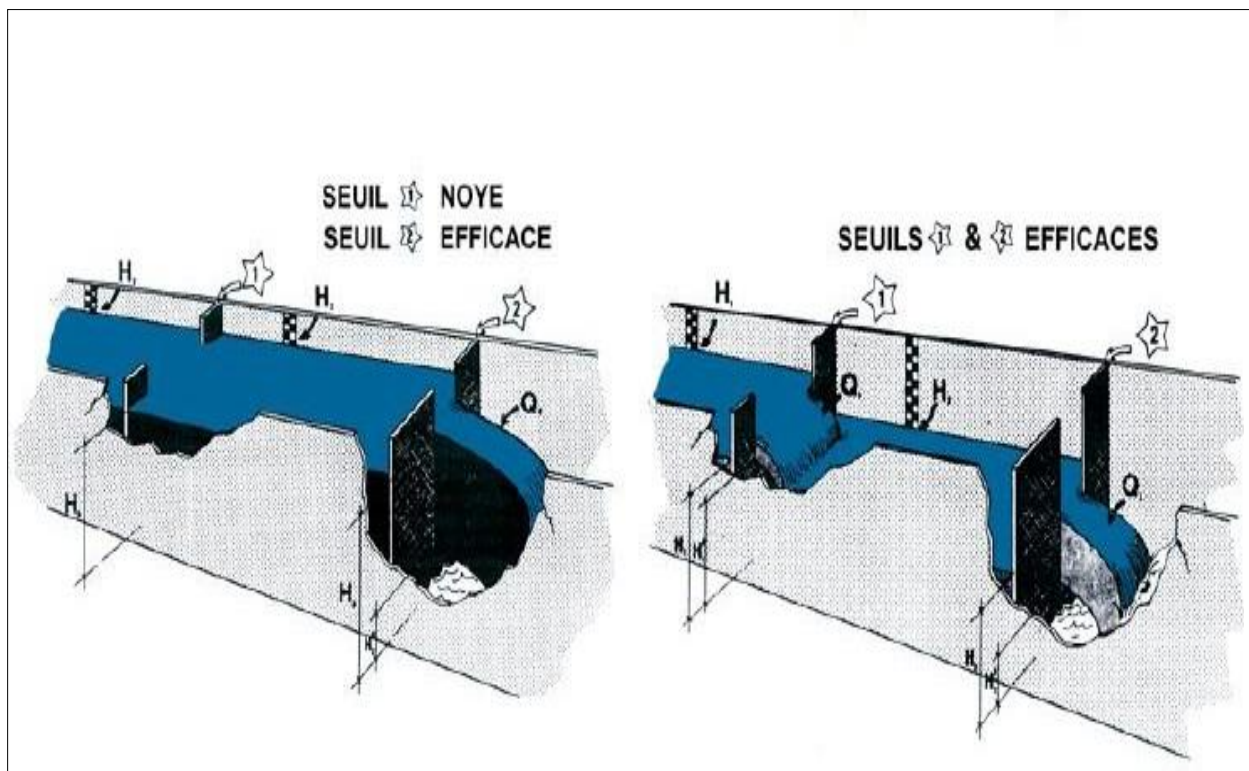


Figure I.9. Seuils de contrôle artificiel (déversoir)

### b.1. Le contrôle hydraulique

#### En résumé :

- ✓ Un écoulement dans un bief s'effectue sous contrôle hydraulique lorsqu'à chaque débit, correspondent des caractéristiques hydrauliques bien définies, en particulier une même hauteur d'eau;
- ✓ le contrôle peut être localisé dans une section de contrôle ou peut, au contraire s'exercer par un **tronçon du lit (Channel-Control)**;
- ✓ la qualité fondamentale d'un bon contrôle est sa **permanence** :
  - **dans l'espace** par son efficacité pour tous les débits.
  - **dans le temps** par la stabilité de ses caractéristiques géométriques et hydraulique.

Instabilité du contrôle



détarrage de la station

### I.5.2. Critères d'implantation d'une station hydrométrique

#### Choix du site

- ✓ Accessibilité permanente
- ✓ Stabilité du lit (fond et berges)
- ✓ Bonne sensibilité
- ✓ Bief rectiligne
- ✓ Seuil de contrôle stable
- ✓ Absence de débordement
- ✓ Emplacement favorable pour l'implantation aux échelles
- ✓ Section de jaugeages au moulinet accessible en crue et pas trop éloignée.

#### I.5.2.1. Stabilité de la station

##### Lit stable (matériaux de bonne cohésion)

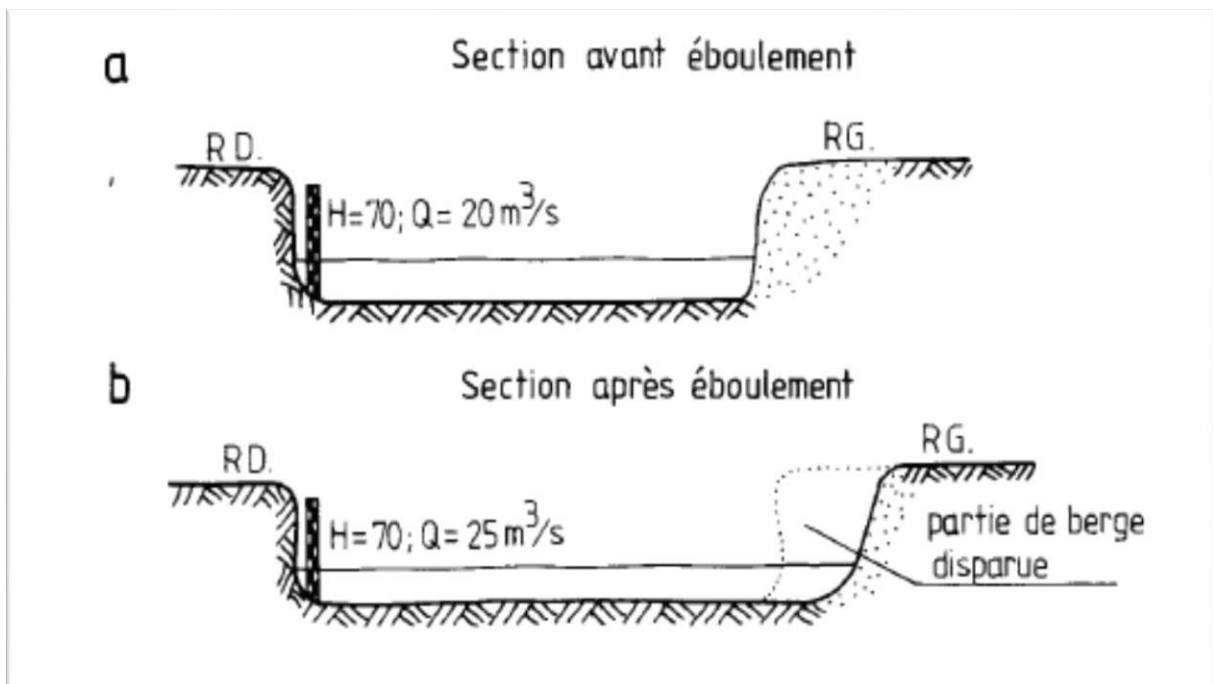


Figure I.10. Stabilité de la station

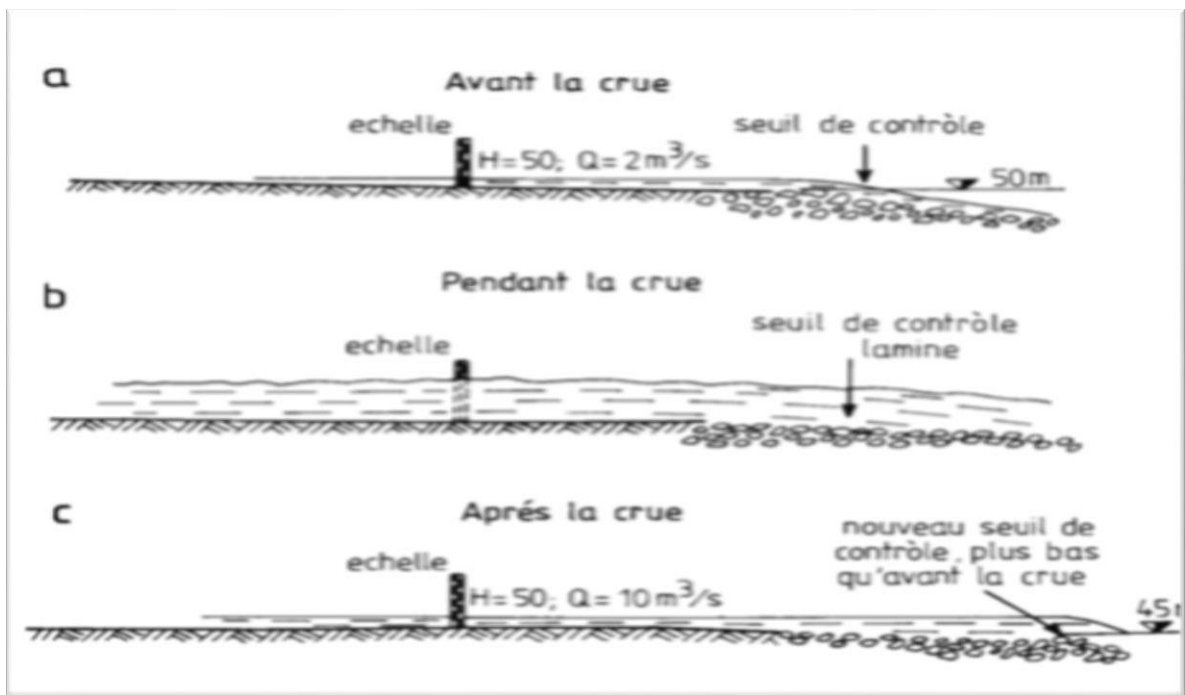


Figure I.11. Permanence du contrôle

### I.5.2.2. Sensibilité de la station

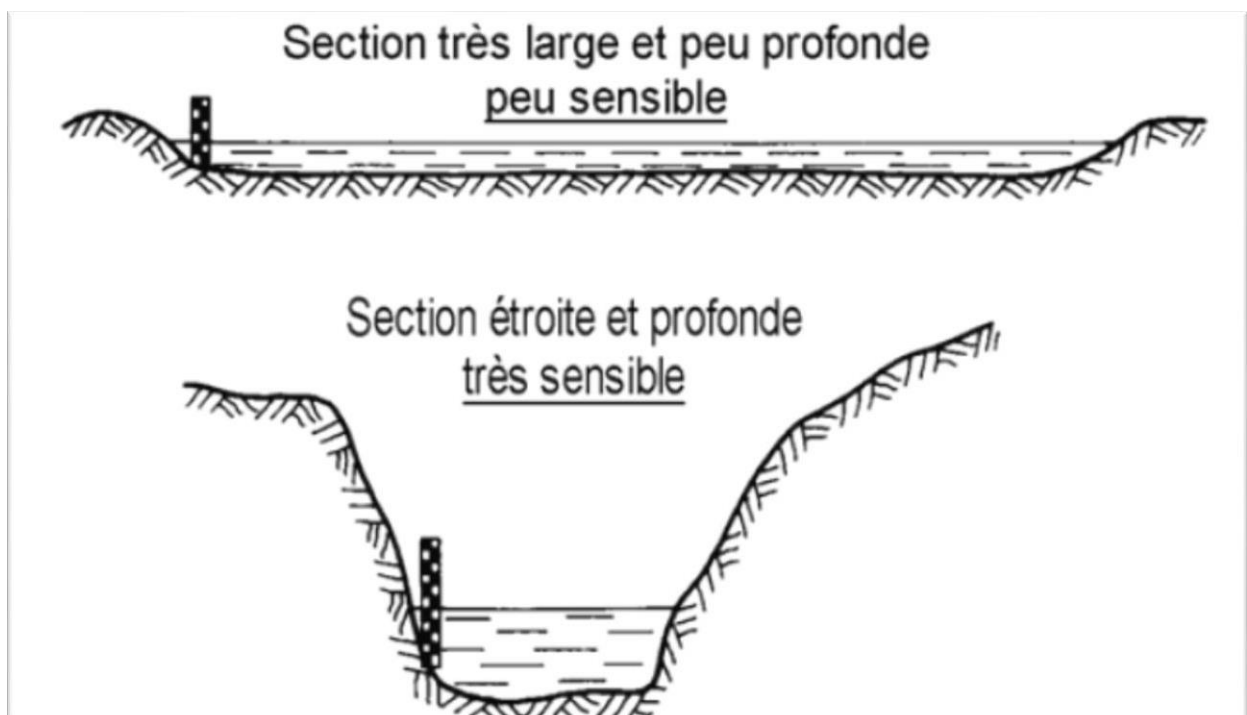


Figure I.12. Sensibilité de la station

- La **sensibilité** de la station est d'autant meilleure qu'une **grande variation de la hauteur** lue à l'échelle correspond à une **faible augmentation du débit** traversant la section de l'échelle.
- Sensibilité exprimée par le rapport — —

## I.6. Acquisition, enregistrement et transmission des données hydrologiques

### I.6.1. Les capteurs hydrométriques

#### I.6.1.1. Les échelles limnimétriques

- ✓ Elles sont alignées dans la section de mesure
- ✓ Eléments calés les uns p/r aux autres
- ✓ Et référencés par rapport à une borne

#### I.6.1.2. Différents type de capteurs limnimétriques

(Mesure des hauteurs d'eau) :

- ✓ **Les codeurs à flotteurs**
  - Limnigraphe
  - Codeur électronique (ex : Thalymède de OTT)
- ✓ **Les capteurs de pression**
  - capteurs de pression hydrostatique
  - capteurs de pression bulle à bulle
- ✓ **Les capteurs à ultra-sons**
- ✓ **Les capteurs radar**

#### I.6.1.3. Critères de choix d'un capteur

- ✓ La plage de mesure
- ✓ La précision ou l'aptitude du capteur à donner une valeur aussi proche que possible de la valeur vraie
- ✓ La résolution (nombre de décimales avec lequel est donnée la mesure)
- ✓ La stabilité ou l'absence de dérive, d'hystérésis etc.
- ✓ Le temps de réponse
- ✓ La résistance mécanique aux chocs ou à l'abrasion
- ✓ Le coût
- ✓ Les contraintes d'installation,
- ✓ La simplicité d'exploitation et de maintenance [2].

Tableau I.2. Les capteurs hydrométriques (récapitulatifs)

	précision	dérive	robustesse	installation	cout
<b>Codeur à flotteur</b>	qques mm	non	robuste	Contraignante (génie civil)	~600 €
<b>Capture de pression hydrostatique</b>	qques mm	oui	Sensible à l'envasement et de mise à l'air libre	Simple	500 € – 4000 €
<b>Bulle à bulle</b>	qques mm	oui	Sensible à l'envasement	Simple	~1000 €
<b>Capteur à ultrasons</b>	qques mm	non		Simple	> 10 000 €
<b>radar</b>	qques mm	non		simple	1500 €

### I.6.2. L'acquisition et l'enregistrement des données

#### ❖ Centrales d'acquisition

- Mémoire de stockage des données.
- Paramétrage du mode d'acquisition des capteurs :
  - ✓ En fonction du temps : acquisition à pas constant ;
  - ✓ En fonction de la variation de hauteur d'eau.

#### ❖ Nombre de voies (nbr de capteurs)

#### ❖ Mémoire : jusqu'à plusieurs Mo (plusieurs mois d'autonomie)

#### ❖ Indépendante ou intégrée au capteur [2].

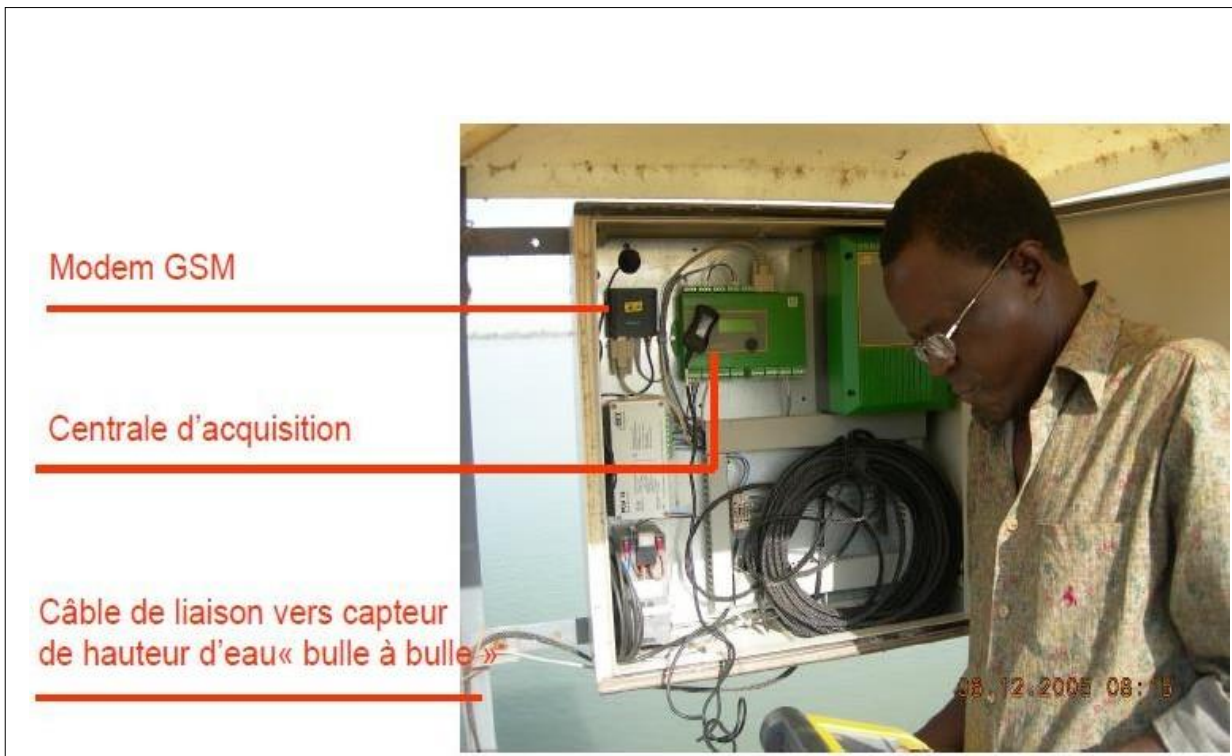


Figure I.13. Station hydrologique avec télétransmission GSM

### *1.6.3. La transmission des données hydrologiques*

#### *1.6.3.1. Objectif*

- **en temps réel** (annonce de crue, gestion d'aménagements en temps réel, ...)
- **en temps légèrement différé** pour la gestion au jour le jour ou la télésurveillance des réseaux.

#### *1.6.3.2. Différents systèmes de transmission*

- ✓ Téléphone : RTC/GSM
- ✓ Satellite
- ✓ Radio

### *1.6.4. La mesure du débit*

#### *1.6.4.1. Différentes techniques de jaugeages*

- ✓ Jaugeage au moulinet
- ✓ Débitmètre à ultrasons
- ✓ ADCP [2]

### a. Le jaugeage au moulinet



Moulinet C31 (OTT)



Jaugeage à la perche sur le bassin de Tougou (Nakambé, juin 05)

Figure I.14. Le jaugeage au moulinet

### b. Le débitmètre à ultrasons :

- **Principe** : Mesure de la différence des temps de propagation d'ondes ultra sonores entre celles qui se déplacent dans le sens de l'écoulement et celles dans le sens contraire
- **Mesure de la hauteur** d'eau nécessaire (calcul de la section mouillée).
- **Conditions d'utilisation**
  - Bief de mesurage rectiligne
  - Écoulement peu chargé (MES, végétation, bulles entraînent atténuation du signal acoustique)
  - Stabilité du lit (détermination de la surface mouillée avec le profil en travers)
  - Prix : environ 15 000-20 000 euros.

### c. Le jaugeage à l'ADCP

- **Principe**
  - ✓ Mesure de la vitesse faite par rapport à l'ADCP
  - ✓ Vitesse mesurée grâce aux particules en suspension dans la colonne d'eau Mesure de la vitesse de l'eau et du déplacement de l'ADCP
  - ✓ Vitesse du déplacement de l'ADCP par rapport au fond (réflexions du fond)
  - ✓ GPS [2].

**I.7. Conclusion**

Dans ce chapitre station hydrométrique pour étudier et observer, réflexions sur la conceptualisation de l'optimisation du réseau de stations hydrométrique réalisé par des chercheurs et des gestionnaires, mais leur établissement, l'évolution et son efficacité à apporter des réponses aux problèmes environnementaux le problème est rarement analysé.

Deux études de cas à travers un réseau de points d'observation hydrologiques la mise en place de réseaux de bassins fluviaux et de surveillance nationale de la qualité de l'eau, nous montrerons que ces réseaux ont subi des changements importants au fil du temps, dans leur dimension temporelle (durée et fréquence de mesure) plutôt que leur distribution spatiale, ou nombre de paramètres surveillés. Certaines gares l'actif existe toujours et les données qu'il contient peuvent comprendre le changement conditions à long terme.

La transformation de ces réseaux met également en évidence les changements d'objectifs. Stratégie et gouvernance (locale, de bassin versant, nationale), dans laquelle, par étapes Développez puis contractez, nous voyons maintenant la redistribution mesure en faveur des petites rivières.

# Chapitre II

## Présentation de la zone d'étude

## Chapitre II : présentation de la zone d'étude

### II.1. Introduction

Le Bassin versant du Hodna avec une zone de drainage de 26 000 km<sup>2</sup> est le cinquième Bassin de l'Algérie, L'altitude des sommets d'El-Hodna diminuant de l'Est à l'Ouest. Ils oscillent entre 1000 et 1900 m, tandis que dans le Sud seulement quelques sommets de l'Atlas saharien atteignent 1200 m. La situation de ce bassin entre deux ensembles de montagnes du nord et du sud, organise comme un bassin endoréique autour d'un bol plat de 400 m d'altitude [3].

Au centre de cette région, le lac salé nommé «Chott El-Hodna» (1150 km<sup>2</sup>), elle reçoit l'eau et les sédiments de l'ensemble des oueds de la région.

Le bassin versant du Hodna est divisé en 23 sous-bassins, le 24ème et le centre du Chott El-Hodna. Cependant, ces sous-bassins peuvent être regroupés en 08 Sous-bassins hydrographiques [3].

Le bassin versant du Hodna hydrologiquement fermé, correspond à une dépression comme il en existe sur les hauts plateaux d'Afrique du nord. C'est cependant un bassin qui n'est pas fermé dans le sens hydrogéologique, il est en communication vers l'Ouest avec le bassin du «Chott de Zahrez Chergui à Djelfa », et vers le sud avec l'immense bassin du continental intercalaire saharien [4].

### II.2. Présentation de la zone d'étude

Le bassin versant du Hodna d'une superficie de 26 000 km<sup>2</sup> est le cinquième grand bassin de l'Algérie (Figure I.1), Il est situé à 150 km à vol d'oiseau au sud de la côte méditerranéenne (Golf de Bejaïa). L'altitude des sommets des monts du Hodna diminuant d'est en ouest oscille entre 1900 et 1000 m, tandis qu'au Sud quelques sommets situés dans l'atlas saharien atteignent 1200 m. La situation du bassin du Hodna entre deux séries de montagnes au nord et au sud organise le bassin autour d'une cuvette fermée presque plate à 400 m d'altitude, et qui reçoit l'écoulement des eaux superficielles de la région. Au centre de cette cuvette, le chott El Hodna a une superficie de 1 150 km<sup>2</sup>. Il est divisée 8 grands sous bassins : (Leham (6187 km<sup>2</sup>), K'sob (3641 km<sup>2</sup>), Barika (3823 km<sup>2</sup>), Boussaâda (2953,7 km<sup>2</sup>), M'cif (5321 km<sup>2</sup>), Leham (638,6 km<sup>2</sup>), Logman (337 km<sup>2</sup>), Soubella (1838,7 km<sup>2</sup>)). Le bassin est équipé de sept stations hydrométriques et 38 stations pluviométriques dont les données couvrent une période de 31 ans de 1973 à 2004, les stations pluviométrique ne sont pas toutes en bon état, elles présentent, relativement,

beaucoup des lacunes. Autour les principaux oueds le Hodna peut être découpé en 8 sous bassins versant : Leham, Logman, K'sob, soubella, Barika, Boussaâda, M'cif [3].

### II.3. Situation géographique du bassin versant Hodna

Le bassin versant du Hodna d'une superficie de 25 856 km<sup>2</sup> est le cinquième grand bassin de l'Algérie. Il est situé dans la partie Nord de l'Algérie entre les longitudes 3°9'24 "et 6°26'17" et les de 34°29'22"et 36°16'37"de latitude (Fig.1).Il couvre une superficie de 26000 km<sup>2</sup> et il touche les 7 wilayas, à savoir : la wilaya de M'silla, Batna, BBA, Djelfa et Médéa, Bouira et Sétif. Il est limité au nord par les montages de Bibans et le plateau Sétif en, à l'Ouest par les hautes plaines algéroises, tandis qu'au sud et à l'Est, il est limité par l'Atlas saharien. Les limites de zone d'étude est :

- ✚ Au Nord. Par le bassin de Soummam
- ✚ Au Sud et Sud-est, par le bassin versant de chott Melhir.
- ✚ À l'Est, par le bassin versant des Hauts plateaux Constantinois.
- ✚ À l'Ouest, par le bassin versant de Chleff et de Zahrez a Djelfa.

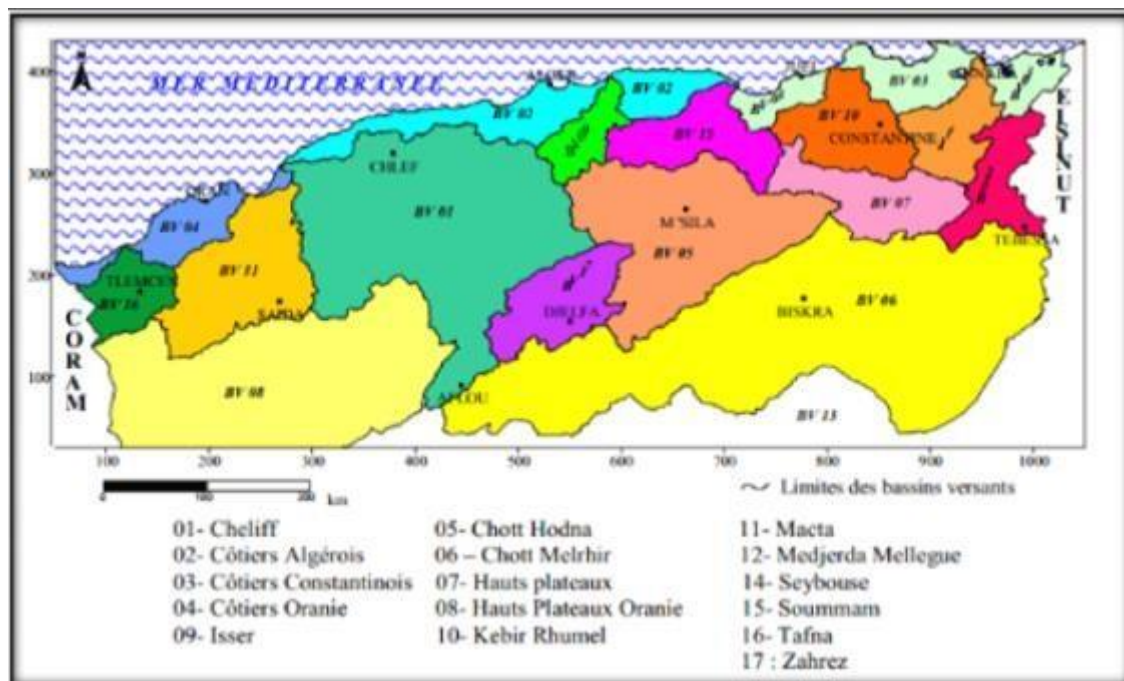


Figure II.1. Situation de bassin versant du Hodnadans l'ensemble des bassins versants algériens [5]

#### I.3.1. Le relief

Relief du bassin est caractérisé par des séries de montagnes au nord et au sud autour d'une dépression naturelle dite Chott El Hodna presque plate d'une altitude de 400 m et d'une superficie de 1150 km<sup>2</sup> (Kebiche, 1994).

### **II.3.2. Les montagnes**

Au Nord et à l'Est les limites sont très nettes où le contact avec le massif de Ouennougha, les monts du Hodna et du Belezma se fait toujours par une rupture marquée. Cette barrière forme un véritable écran montagneux dont l'altitude varie entre 1400 et 2000m (dj Maadid 1863 m, dj Tachirt 1902 m et dj Tichao 2141 m) de par leur vigueur. Ces reliefs comme on le verra plus loin, jouent un rôle important de point de vue hydrologique et climatique en réduisant les influences maritimes. Au Sud et à l'Ouest, le cadre montagneux est nettement plus confus et d'altitude plus élevée et correspond à la retombée Nord de l'Atlas saharien il est représenté dans sa version Nord-est et Nord-Ouest par Djebel Fernane 1675 m Djebel Tsegna.

### **II.3.3. Le piémont**

Appelé Djerr, entre 500 à 700 m transitions entre la montagne et la plaine allongée Ouest- Est. Au Nord, il est assez large et se constitue en forme de grands paliers correspondant à des Niveaux de glaciés qui sont profondément entaillés par une série d'Oueds qui descendent des Djebels septentrionaux. Le piémont Sud, beaucoup moins étendu, est plat et encombré d'accumulation de sable.

### **II.3.4. Chott El Hodna (Sebkha)**

Appelé aussi la «niche des oiseaux migrateurs», Vaste surface d'épandage des eaux de crues 1150 km<sup>2</sup>, situées au cœur de bassin Hodna de forme presque elliptique se trouve au centre de la plaine. C'est une étendue argileuse, absolument plane et fortement salée où toute végétation est absente.

## **II.4. Géologie**

La géologie du Hodna est assez complexe en raison de la position de la cuvette au contact des atlas tellien et Saharien. Le substratum géologique, outre son importance dans le façonnement du relief, joue un rôle essentiel dans la distribution des sols comme matériaux originaux des sols (roche mère). Le bâti géologique du Hodna comporte des formations d'âge secondaire, tertiaire et quaternaire (Zeroual, 2016). La description lithologique du Hodna est obtenue essentiellement des travaux de Savorin (1920) et d'Emberger (1964).

### **II.4.1. Sols (pédologie)**

Les sols salés ont une grande extension dans les pays du Maghreb. Ils sont dus aux conditions sèches ou semi-arides d'une grande partie de cette région où les possibilités d'évaporation sont considérables et les précipitations pluviales limitées, à présence fréquente de dépôts géologiques salifères et de nappes phréatiques salées (Aubert, 1976).

Les sols, en majorité sableux, présentent des caractères salins, calcaires ou gypseux ou soumis à l'effet de la nappe phréatique ou à l'érosion éolienne. D'une manière générale, à cause de leur texture et leur faible teneur en matière organique, le niveau de fertilité est faible (faible capacité d'échange cationique et de rétention en eau) ; le recours à la fertilisation et aux amendements organiques est indispensable pour assurer des rendements acceptables.

Le chott entourant la sebkha et la sebkha elle-même portent des sols à accumulations gypso-salines de nappe qui deviennent franchement salines dans la sebkha (chlorure de sodium) ; leur Conductivité électrique est très élevée. Au sud du chott, la situation est toute autre. La partie centrale a été et est fortement influencée par des apports massifs de sables éoliens (R'Mel) formant des sols minéraux bruts auxquels succèdent les glacis encroûtés comparables à ceux du nord La carte pédologique du Hodna (Boyadgiev, 1975) présente les types de sols suivants :

- Sols bruns calcaires en association avec régosols et lithosols.
- Sols minéraux bruts et sols peu évolués régosoliques.
- Sols peu évolués d'apport alluvial.
- Sols peu évolués d'apport alluvial : (Peu steppisés -Callimorphes.- Hydro morphes).
- Sols peu évolués halomorphes.
- Sols sodiques.
- Sols très fortement à excessivement salins.
- Sols minéraux bruts xériques inorganisés d'apport.
- Sols peu évolués d'apport éolien.
- Sols sur croûte et encroûtement calcaire.
- Sols minéraux bruts d'érosion.

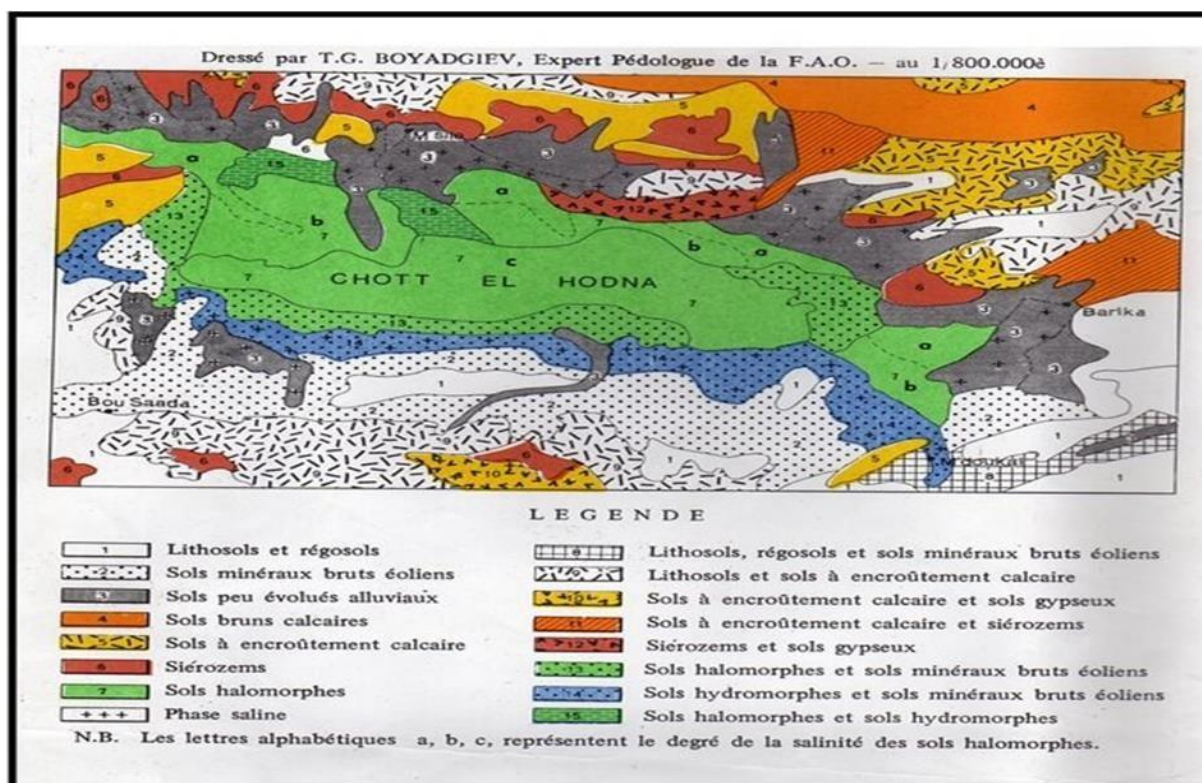


Figure II.2. Pédologie de la région du Hodna[6]

## II.5. Le climat de la région

C'est l'ensemble des conditions météorologiques du bassin du Hodna, caractérisé par plusieurs paramètres climatiques :

- la pluviométrie,
- la température,
- le vent,
- l'humidité.

### II.5.1. Pluviométrie

Est le facteur générateur de l'écoulement, son analyse nécessite tout d'abord la connaissance de l'état du réseau de mesure et de collecte de données.

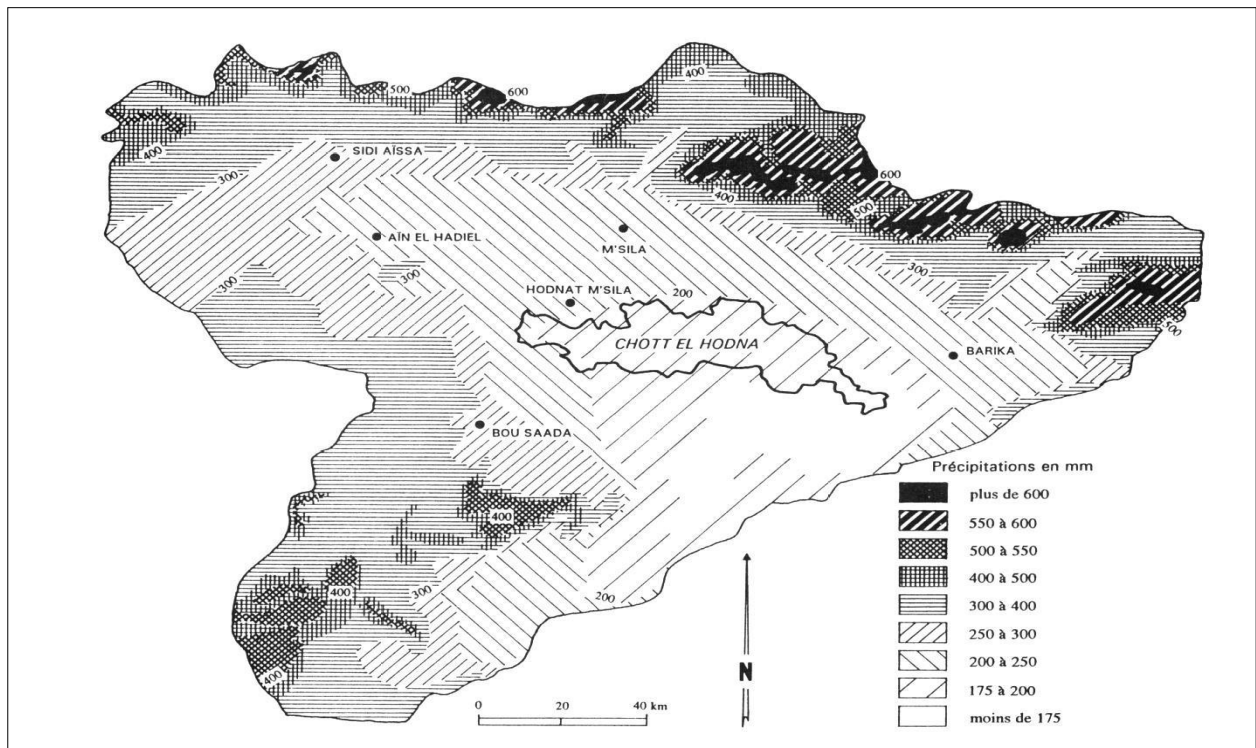


Figure II.3. Pluviométries dans le bassin versant du Hodna[5]

### II.5.2. Température

C'est une grandeur physique liée à la notion immédiate de chaud et froid. Il est lié essentiellement à l'altitude et les conditions locales. Dans le bassin de Hodna les températures maximales moyennes suivent en général une répartition géographique : en plaine entre 24 °C et 27 °C, dans les hauts plateaux et dans les zones d'altitude entre 19 °C et 21 °C. Les températures minimales moyennes varient entre 9 °C et 12 °C et entre 6 °C et 9 °C en plaine et en altitude respectivement.

Le gradient thermique annuelle en fonction de l'altitude est de 0,75 °C pour une augmentation de 100 m d'altitude, comparé au gradient moyen admis en Algérie qui est de 0,55°C/100 m [7].

### **II.5.3. Le vent**

C'est un facteur favorisant l'évaporation, il transporte les couches d'air saturées qui sont près des surfaces de l'eau ou des sols pour être remplacées par des couches d'air plus au moins sec.

Les vents dominant sont ceux de l'ouest et du nord-ouest, ils sont fréquents pendant la période hivernale, et relayés par les vents du sud (sirocco) pendant la saison estivale (juin, juillet, août) avec un nombre de jours variant entre 25 et 34 par ans [7].

D'après les données des deux stations climatiques de l'Office Nationale de Météorologie, à Ghazel (M'sila) et à Bordj Bou Arreridj, c'est dans la période allant d'avril à août que les moyennes mensuelles sont les plus élevées, avec des valeurs supérieures à 4,5 m/s à M'sila et 3 m/s à BBA. Les écarts entre les vitesses moyennes mensuelles, en plus de la moyenne annuelle (4.32 et 2.95 m/s) à M'Sila sont plus importants qu'à BBA [8].

### **II.5.4 Humidité**

L'humidité de l'air joue un rôle dans l'évaporation. Plus l'air n'est moins humide, il est apte à absorber de l'humidité supplémentaire. Le bassin du Hodna est caractérisé par un climat méditerranéen semi-aride. Une pluviométrie d'automne, d'hiver et de printemps avec une fréquence d'averses printanières qui engendrent des crues violentes quelque fois accompagnées de grêle.

Une sécheresse d'été marquée avec une irrégularité des précipitations dans l'espace et dans le temps [7].

- La pluviométrie moyenne annuelle est de 400 mm au Nord et de 200 mm au Sud.
- Les températures maximales moyennes oscillent entre 24°C et 27°C en plaine, 19°C et 21°C dans les hauts plateaux et dans les zones d'altitude.
- Les températures minimales moyennes varient entre 9°C et 12°C en plaine, 6°C et 9°C dans les zones d'altitude.
- L'évapotranspiration potentielle annuelle calculée d'après la formule de Turc varie entre 1085 et 1362 mm ; pour la majeure partie du bassin elle est de 1250 mm environ.
- L'évaporation moyenne annuelle mesurée à la station M'sila (bac classe A américain) après sa correction pour l'évaporation sur de grande surface libre est de 2120 mm (B Mebarka, T Somia, 2020).

### II.5.6 Couvert végétal

Le couvert végétal influe beaucoup sur les quantités d'eau disponibles pour l'écoulement de surface. En effet, l'évapotranspiration par les végétaux est très importante, elle varie selon la nature des végétaux (forêts, cultures, prairies).

La répartition du couvert végétal et la part de chaque type de couvert dans chaque sous bassin versant dépend des caractéristiques physico-géographiques de chaque bassin, des caractéristiques climatiques qui en déroulent et de l'influence de l'action anthropique. Pour le bassin du Hodna on distingue des superficies forestières dominantes Djebels Messaad (33 814 ha), Medjedel (16321 ha), Slim (14 916 ha), Maadid (6 448 ha), Hammam El Dalaa (16 819 ha), Boussaâda (3 739 ha) à base de Pin d'Alep et Genévrier de Phénicie.

Des superficies agricoles dans la plaine de M'sila qui propice aux cultures maraîchères (15125 ha), aux céréales (741 945 ha) et les arbres fruitiers (14 170 ha) [8].

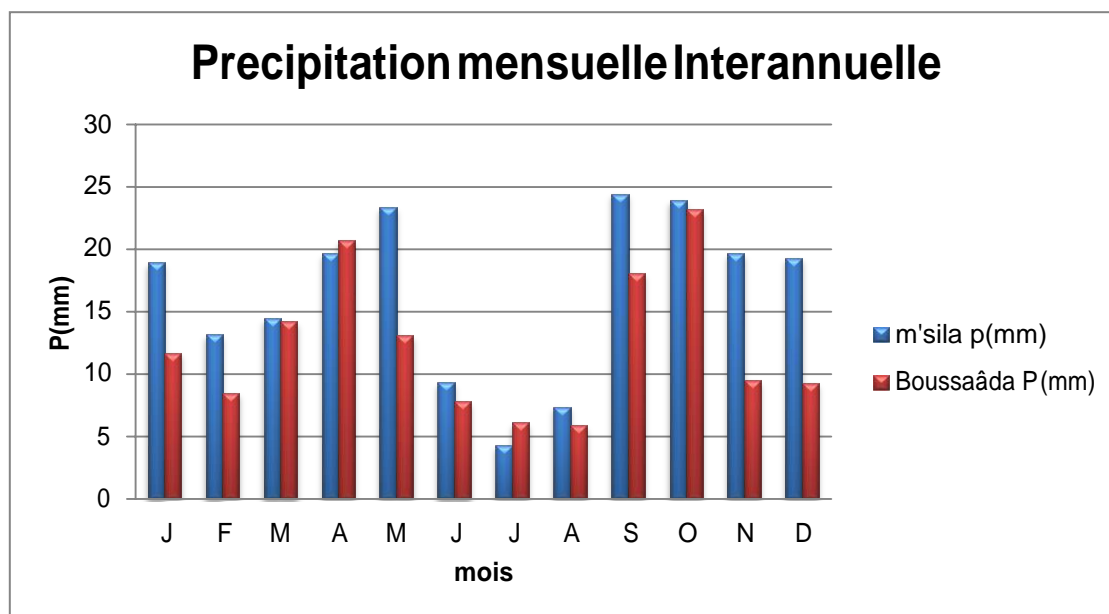
## II.6 Le bilan hydrologique

### II.6. 1 Etudes hydro-pluviométriques

Pluviométrie C'est l'un des paramètre principaux du régime hydraulique, puisque si le facteur générateur de l'écoulement, son analyse nécessite tout d'abord la connaissance du l'état de réseau de mesure et collecte des données, car c'est la quantité des observation que dépendent les résultats de l'analyse statistique et les conclusion qui en découlent dans ce cas nous étudions les précipitations annuelle et mensuelle des station suivant ; M'sila et Boussaâda , ainsi que la variabilités dans le temps . Les valeurs de précipitations de ces station son représenté dans le tableau II.1.

**Tableau II.1. Données pluviométriques de la station météorologique de m'sila et Boussaâda [9]**

Mois stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
M'sila P (mm)	18,94	13,17	14,46	19,68	23,36	9,33	4,25	7,36	24,44	23,9	19,67	19,29	196,87
Boussaâda P (mm)	11,7	8,5	14,2	20,7	13,1	7,8	6,1	5,9	18,1	23,2	9,5	9,3	148,1



**Figure II.4. Précipitations mensuelles, annuelle, moyennes en (mm) de la région de M'sila et Boussaâda durant la période (2008-2017)**

**Tableau II.2. Données pluviométriques annuelle de la station météorologiques de m'sila et Boussaâda [9]**

Années	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>M'Sila</b>	171	150,1	121	168	168	202	168	160,8	150,8	138
<b>Boussaâda</b>	130,5	209	163,9	245,4	109,3	137,7	87,7	143,6	152,6	107,6

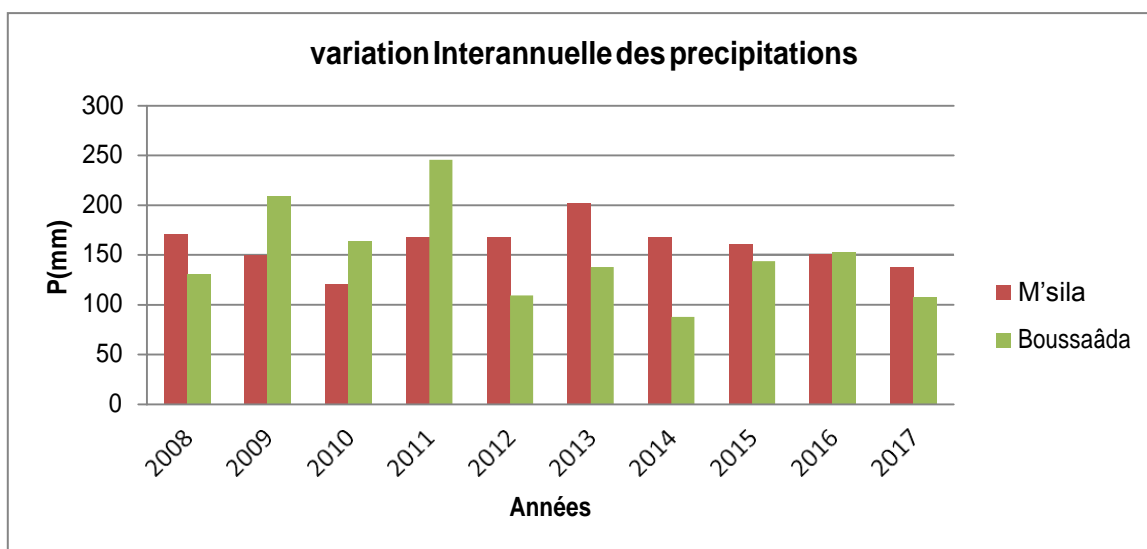


Figure II.5. Variabilité dans le temps des précipitations en (mm/an) entre les deux stations

Tableau II.3. Caractéristiques du bassin versant du Honda

Bassin Versant	leham	Logman	K'sob	Soubella	Barika	Boussaâda	M'cif
Superficie du BV Km <sup>2</sup>	6187	638,6	337	3641	183,87	3823	2953,7
Altitude maximale (Hmax) m	1818	1239	1713	1882	1862	2200	1600
Altitude minimale (Hmin) m	422	377	533	366	357	200	400
La pent moyenne (Imoy) %	7,19	5,45	12,2	11,2	10,68	11,67	14,49
La densité de drainage (Dd) km/km <sup>2</sup>	0,284	0,248	0,3	0,29	0,294	0,3	0,208
La densitéhydrographique (F) km <sup>2</sup>	0,034	0,022	0,02	0,02	0,027	0,03	0,021
Le temps de concentration (Tc) (h)	31,01	4,56	7,88	13,36	6,30	14,82	11,35
La vitesse de ruissellement (Vr) (km/h)	4,90	4,90	6,30	5,08	4,63	5,38	4,44

**II.8. Conclusion**

Le bassin versant de Hodna est situé à l'extrémité du plateau. Il s'étend sur 220 kilomètres de long et 90 kilomètres de large.

Il est situé entre deux reliefs montagneux, atteignant une altitude de 1800 à 1 900 m au nord et de 600 à 900 m au sud. Il s'agit d'un bassin versant fermé, assuré par au moins 22 grands fleuves, et des sources d'eau douce doivent y être ajoutées.

Le régime hydrologique du Hodna est lié au régime pluviométrique caractérisé par fortes irrégularités, la majorité des cours d'eau n'ont pas de débits pérennes, à l'exception de quelques oueds comme oued Logman, Leham, k'sob, Selmane, Berhoum et Soubella, se trouvent localisées dans la partie septentrionale de la région les eaux profonds (nappe captive phréatique) sont localisées sur le pourtour de chott elle est naturellement constantes et de bonne qualité.

# **Chapitre III**

**Estimation Des Ressources en  
Eaux Dans le Bassin Versant  
Hodna (Sous bv jaugé ; et non  
jaugé)**

## **Chapitre III : Estimation Des Ressources en Eaux Dans le Bassin Versant Hodna (Sous bv jaugé ; et non jaugé)**

### **III.1. Introduction**

L'eau est le fondement de la vie et le principal pilier d'une vie sûre, du développement économique et social et des écosystèmes durables. Compte tenu du taux de croissance de la population, du taux de consommation et de la rareté importante des ressources, l'eau a changé.

C'est l'un des axes les plus importants des conflits internationaux.

Les universitaires et les professionnels de nombreux forums mondiaux s'accordent à dire que l'eau douce est devenue une ressource rare dans la plupart des régions du monde et qu'elle est menacée de pollution et d'utilisation déraisonnable.

Si le remplacement se poursuit tel quel, Ce sera une menace sérieuse. La plupart des pays arabes souffrent chaque année d'une pénurie d'eau douce renouvelable. En 2006, le nombre de pays arabes qui atteignaient moins de 1 000 mètres cubes par an était inférieur au seuil mondial de pauvreté en eau fixé par les Nations Unies pour 19 pays par habitant.

En raison des conditions naturelles du site et de l'extension de la plupart de ses terres dans la région, les problèmes de sécurité en eau sont particulièrement importants dans la région arabe.

Très sec se caractérise par un manque d'eau et des sécheresses fréquentes dues au changement climatique. Le changement climatique a commencé à prévaloir partout dans le monde, y compris cette région l'Arabe.

### **III.2. Le programme utilisé**

Arc GIS est un système d'information géographique (SIG) permettant de travailler avec des cartes et des informations géographiques gérées par l'Environmental Systems Research Institute (Esri). Il est utilisé pour créer et utiliser des cartes, compiler des données géographiques, analyser des informations cartographiques, partager et découvrir des informations géographiques, utiliser des cartes et des informations géographiques dans une gamme d'applications et gérer des informations géographiques dans une base de données.

Le système fournit une infrastructure pour rendre les cartes et les informations géographiques disponibles dans toute une organisation, à travers une communauté et ouvertement sur le Web.

Arc GIS se compose du logiciel de bureau Windows suivant :

- ❖ Arc Reader, qui permet d'afficher et d'interroger des cartes créées avec les autres produits Arc GIS Product;
- ❖ Arc GIS Desktop (souvent appelé « ArcMap » pour le distinguer d'Arc GIS Pro), composé de quatre applications fondamentales :
  - ✚ ArcMap, pour visualiser et éditer des données spatiales en deux dimensions et créer des cartes en deux dimensions ;
  - ✚ ArcScene, pour afficher et éditer des données spatiales tridimensionnelles dans une vue projetée locale ;
  - ✚ ArcGlobe, pour afficher de grands jeux de données 3D globaux ;
  - ✚ ArcCatalog, pour les tâches de gestion et de manipulation des données SIG.

ArcGIS Pro, une nouvelle application SIG intégrée, prévoyait de remplacer à terme ArcMap et ses programmes associés, ArcGIS Pro fonctionne en 2D et 3D pour la cartographie et la visualisation, et inclut l'intelligence artificielle (IA).

Parmi nos travaux sur le programme d'arc gis (Map) : La division des sous bassins versants dans le BV Hodna en Algérie.

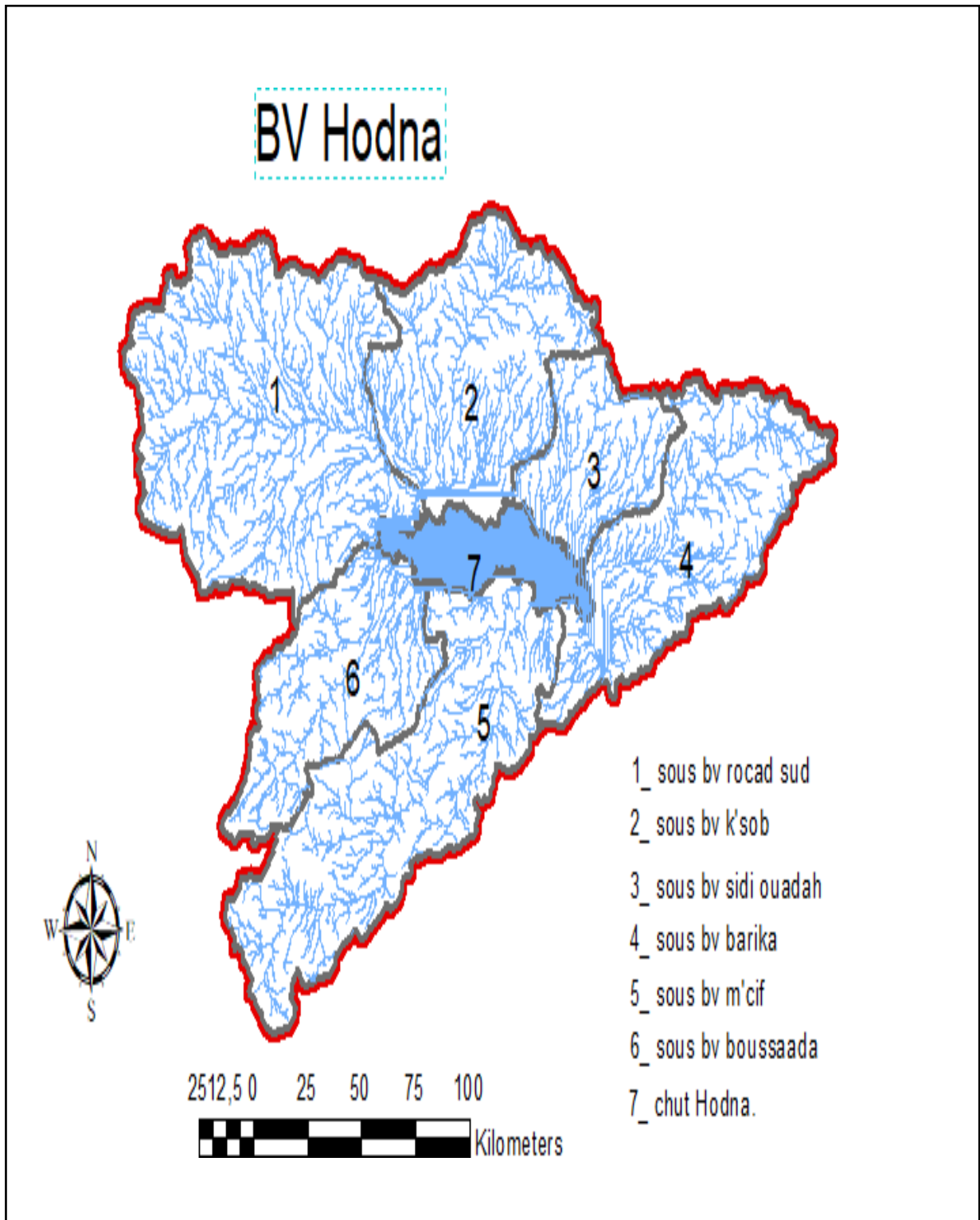


Figure III.1. Sous bassin versant dans LE BV Hodna

### III.3. Présentation de sous bassin soubella

Le sous bassin versant de Soubella est situé au nord du Bassin –versant du Hodna, Il est limité au Nord par le bassin versant de la Soummam et au Sud par Chott el Hodna, Le bassin versant étant l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau, les débits vont être en partie reliés à sa surface du bassin est 1841,7km<sup>2</sup>, Les pluies sont irrégulières avec une moyenne interannuelle de 332.35 mm associée à un Coefficient de variation Cv = 0.55, La température moyenne annuelle est comprise entre 10° et 22°c.

Parmi les images extraites d'Arc GIS :



Figure III.2. Présentation de la région de Soubella

**Tableau III.1 Apports liquides enregistre au sous bv Soubella [5]**

Année	Apport	lame d'eau écoulée (mm)	Année	Apport	lame d'eau écoulée (mm)
	Hm <sup>3</sup>			Hm <sup>3</sup>	
<b>1973-1974</b>	3,47	18,868	1986-1987	7,90	42,946
<b>1974-1975</b>	2,73	14,810	1987-1988	6,67	36,227
<b>1975-1976</b>	3,43	18,642	1988-1989	11,59	63,002
<b>1976-1977</b>	5,54	30,114	1989-1990	3,98	21,652
<b>1977-1978</b>	3,78	20,567	1990-1991	4,05	21,994
<b>1978-1979</b>	2,47	13,444	1991-1992	2,59	14,059
<b>1979-1980</b>	3,05	16,566	1995-1996	6,39	34,753
<b>1980-1981</b>	3,64	19,797	1996-1997	1,97	10,697
<b>1981-1982</b>	7,40	40,228	1997-1998	4,13	22,459
<b>1983-1984</b>	2,58	14,021	1998-1999	2,29	12,420
<b>1984-1985</b>	3,21	17,444	1999-2000	3,17	17,214
<b>1985-1986</b>	9,77	53,075			

D'où : 
$$Le = A / S \cdot 10^{-3}$$

**Le** : lame d'eau écoulée (mm) ;

**A** : apport annuel (hm<sup>3</sup>) ;

**S** : surface du bassin versant (km<sup>2</sup>).

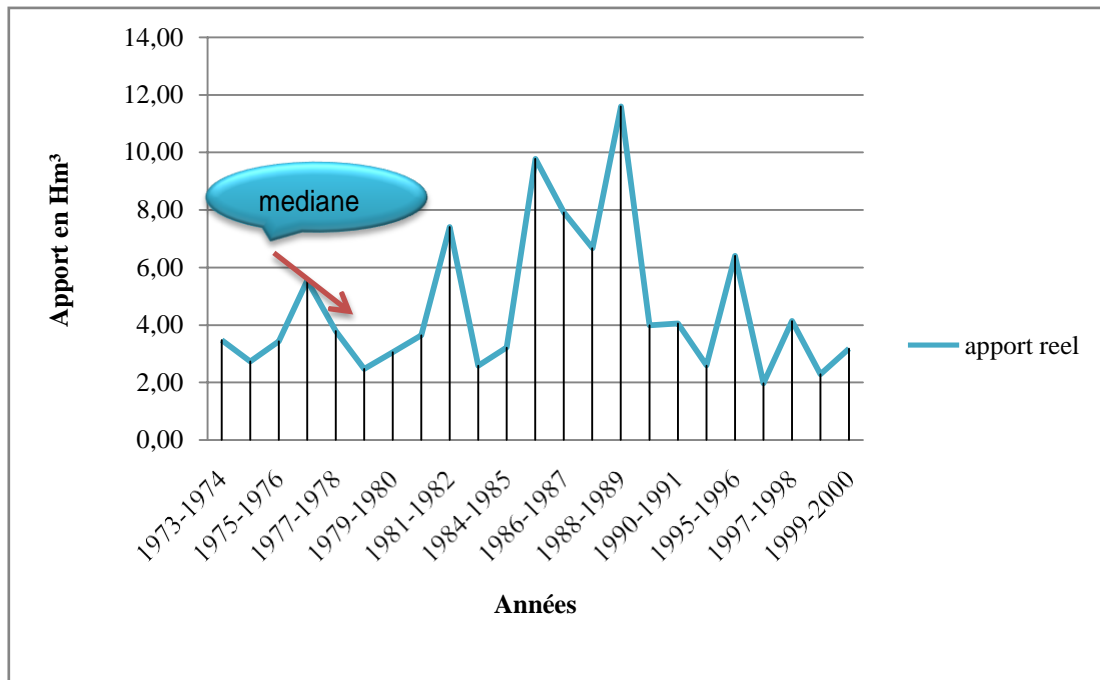


Figure III.3 La variation dans le temps des apports liquides annuels au sous bv Soubella de 1973-2000

D'après la figure (III.3) qui présente la variation dans le temps des apports liquides annuels au sous bassin versant Soubella on constate que durant la période (1973-2000) la région d'étude a connu des années sèches et des années humides ; en (1997 /1998) l'apport liquide annuel est estimé à environ de **1,97 hm<sup>3</sup>** (tableau III.2) Cette valeur est **1,85** fois moins que la médiane des apports annuels alors que en 1989 les apports sont estimés Par une valeur de **11,59 hm<sup>3</sup>**il est**3,18** fois plus importants que la médiane.

L'écart type important montre que l'on dispose d'une panoplie d'apports représentatifs d'années très différentes.

Tableau III.2 Valeurs statistiques des apports liquides annuels au sous bv Soubella

tendance centrale		paramètres de dispersion		
médiane	moyenne	minimum	maximum	écart type
3,64 Hm <sup>3</sup>	4,60 Hm <sup>3</sup>	1,97 Hm <sup>3</sup>	11,59 Hm <sup>3</sup>	2,55 Hm <sup>3</sup>

### III.4. Présentation de K'sob

Le sous bassin versant de K'SOB est l'un des sous bassin du grand bassin du Hodna situé dans sa partie Nord. Il s'étend sur une superficie de **3968,58 km<sup>2</sup>**, pour un Périmètre de 331,88 km, il est limité au Nord et au Nord-Ouest par la chaîne montagneuse des Bibans, au Sud et au Sud-ouest par les monts du Hodna et à l'Est par les hautes plaines de Sétif.

Le climat du bassin est de type semi-aride, caractérisé par un Hiver froid et un été sec et chaud. Les pluies sont irrégulières caractérisées par des averses courtes et intenses, elles varient entre **150-600 mm** sur l'ensemble du bassin avec une moyenne interannuelle de **339.1 mm** associée à un Coefficient de variation **Cv = 0.58**, La température moyenne annuelle est comprise entre **10 et 22 °C** [10].



Figure III.4 présentation de la région de K'sob

Tableau III.3 Apports liquides enregistrés au Sous bv du K'sob

Année	Apport	lame d'eau écoulée (mm)	Année	Apport	lame d'eau écoulée (mm)
	Hm <sup>3</sup>			Hm <sup>3</sup>	
1973-1974	36,491	24,656	1983-1984	6,804	4,597
1974-1975	11,923	8,056	1984-1985	15,937	10,768
1975-1976	54,975	37,146	1985-1986	46,257	31,255
1976-1977	36,073	24,374	1986-1987	44,341	29,960
1977-1978	8,095	5,469	1987-1988	16,611	11,224
1978-1979	17,265	11,666	1988-1989	22,964	15,516
1979-1980	13,789	9,317	1989-1990	41,104	27,773
1980-1981	16,088	10,870	1990-1991	21,569	14,573
1981-1982	16,088	10,870	1991-1992	48,188	32,560

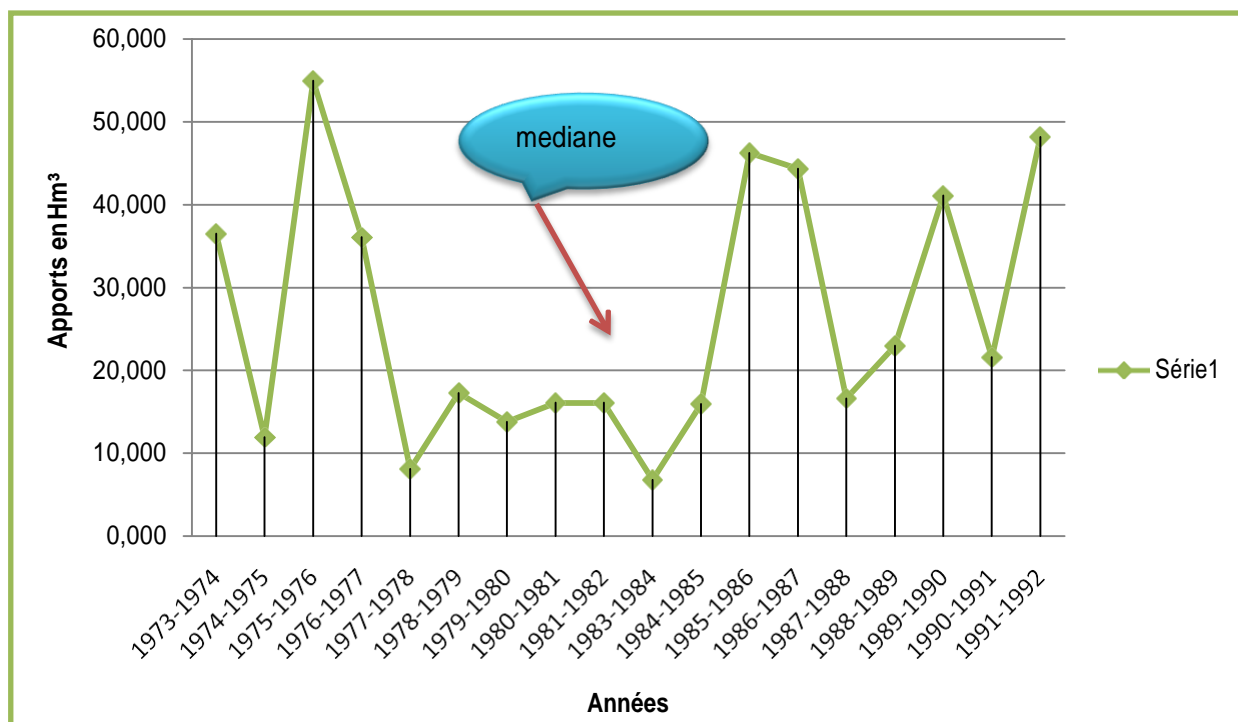


Figure III.5. La variation dans le temps des apports liquides annuels au sous BV du K'sob de 1973 à 1992

D'après la figure (III.5) qui présente la variation dans le temps des apports liquides annuels au sous bassin versant K'sob on constate que durant la période (1973-1992) la région d'étude a connu des années sèches et des années humides ; en (1988 /1989) l'apport liquide annuel est estimé à environ de **6,80 hm<sup>3</sup>** (tableau III.4) Cette valeur est **2,86** fois moins que la médiane des apports annuels alors que en 1976 les apports sont estimés Par une valeur de **54,98 hm<sup>3</sup>**il est**2,83** fois plus importants que la médiane.

L'écart type important montre que l'on dispose d'une panoplie d'apports représentatifs d'années très différentes.

**Tableau III.4 Valeurs statiques des apports liquides annuelles au sous BV du K'sob**

tendance centrale		paramètres de dispersion		
médiane	moyenne	minimum	maximum	écart type
19,42 Hm <sup>3</sup>	26,36 Hm <sup>3</sup>	6,80 Hm <sup>3</sup>	54,98 Hm <sup>3</sup>	15,42 Hm <sup>3</sup>

### III.5. Présentation de la région de Boussaâda

Le sous bassin versant de Boussaâda est situé au sud du Bassin –versant du Hodna, il est limité au :

- ✚ Nord par, Djebel el gaada azzarga ;
- ✚ À l'Est, Djebel El Aouida et Djebel ElAkhnag;
- ✚ Au Sud, par Djebel dermal et djebel Amrane ;
- ✚ À l'ouest par Djebel El Bourma, qui appartiennent au domaine tellien.

À sa surface du bassin est **2945,12 km<sup>2</sup>**, Les pluies sont irrégulières avec une moyenne interannuelle de **166,58 mm** associée à un Coefficient de variation **Cv = 0.68**, La température moyenne annuelle est comprise entre 10° et 22°C.

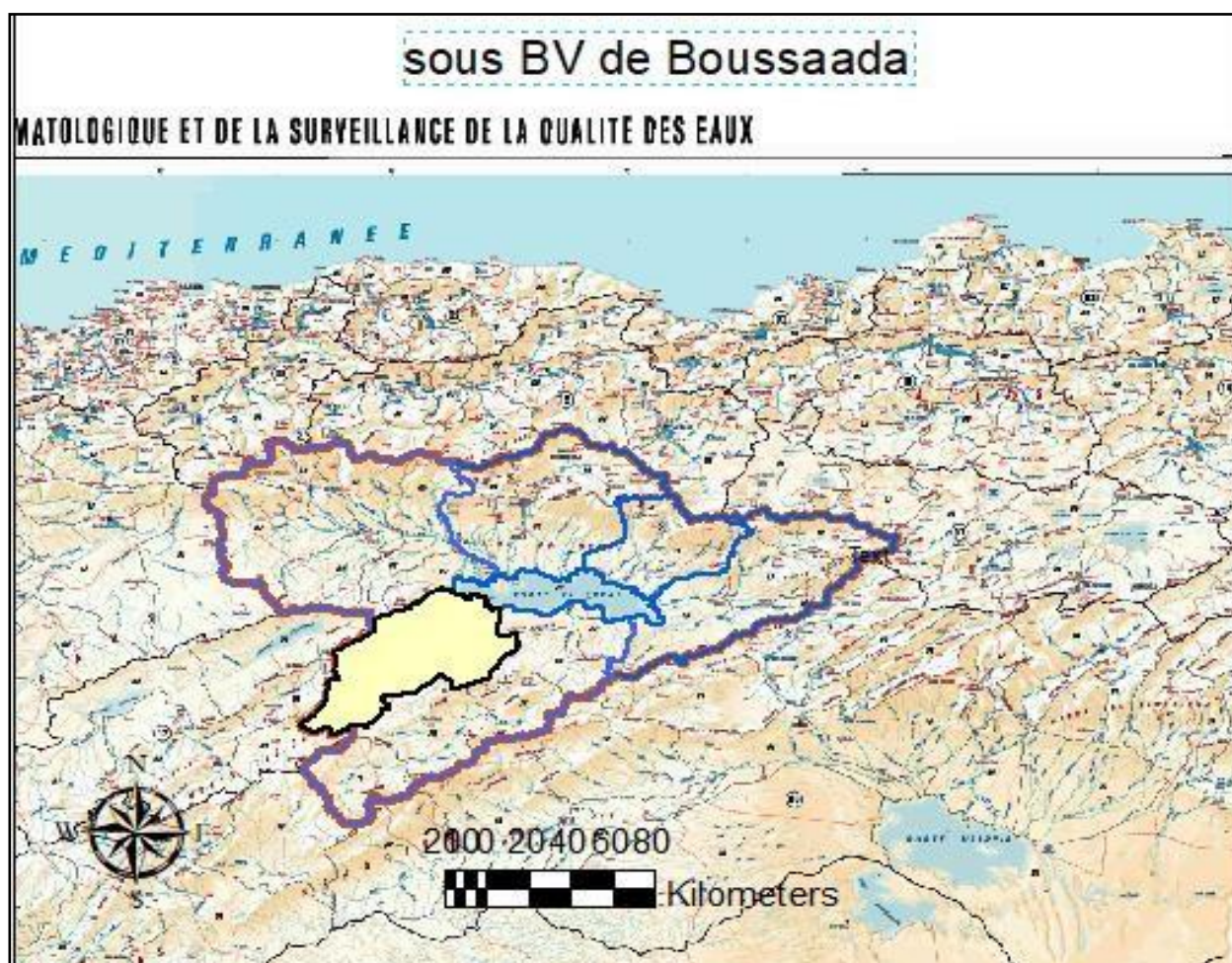


Figure III.6 Présentation de la région de Boussaâda

Tableau III.5 Apports liquides enregistrés au sous bv du Boussaâda

Année	Apport	lame d'eau écoulée (mm)	Année	Apport	lame d'eau écoulée (mm)
	Hm <sup>3</sup>			Hm <sup>3</sup>	
1973-1974	3,48	3,412	1986-1987	2,853	2,797
1974-1975	6,127	6,007	1987-1988	2,395	2,348
1975-1976	12,449	12,204	1988-1989	2,400	2,353
1976-1977	4,774	4,681	1989-1990	2,875	2,819
1977-1978	3,319	3,254	1990-1991	2,603	2,552
1985-1986	3,082	3,022	1991-1992	3,598	3,527

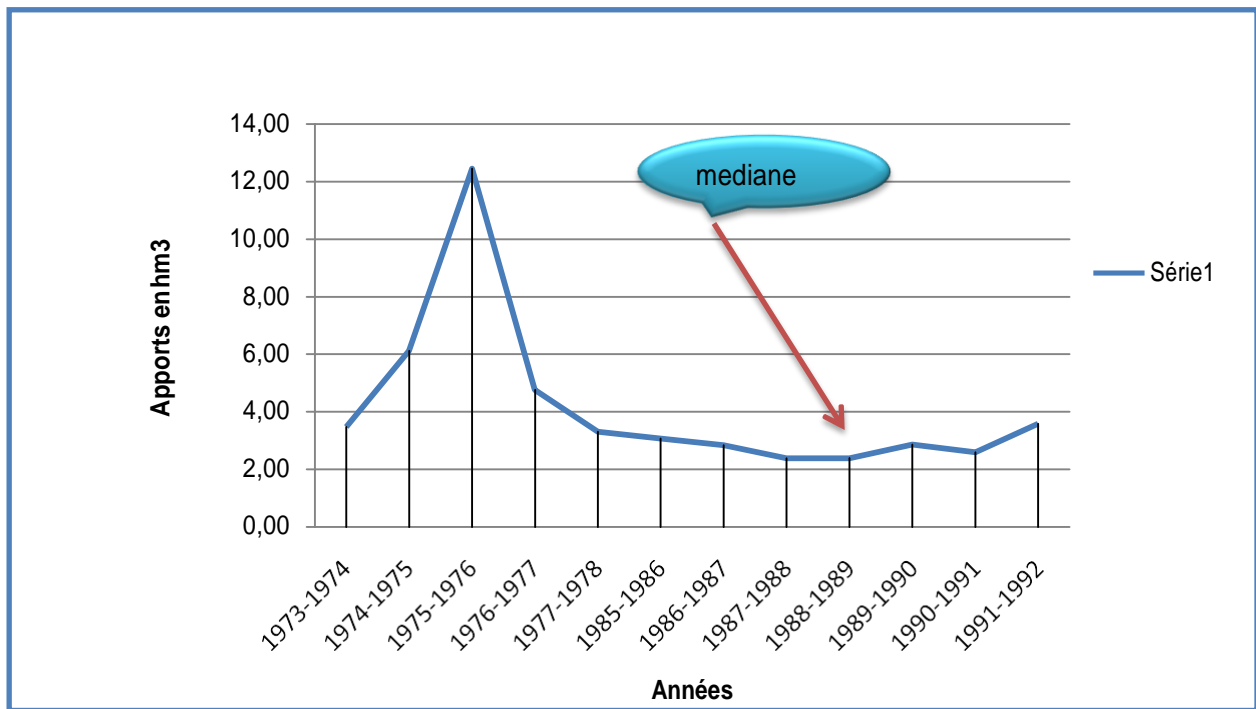


Figure III.7 La variation dans le temps des apports liquides annuels au sous bv du Boussaâda 1973à 1992 [5]

D'après la figure (III.8) qui présente la variation dans le temps des apports liquides annuels au sous bassin versant Boussaâda on constate que durant la période (1973-1992) la région d'étude a connu des années sèches et des années humides ; en (1988 /1989) l'apport liquide annuel est estimé à environ de **2,40 hm<sup>3</sup>** (tableau III.6) Cette valeur est **1,33** fois moins que la médiane des apports annuels alors que en 1976 les apports sont estimés Par une valeur de **12,45 hm<sup>3</sup>**il est**2,8** fois plus importants que la médiane.

L'écart type important montre que l'on dispose d'une panoplie d'apports représentatifs d'années très différentes.

Tableau III.6 Valeurs statistiques des apports liquides annuels au sous bv du Boussaâda

tendance centrale		paramètres de dispersion		
médiane	moyenne	minimum	maximum	écart type
3,20 Hm <sup>3</sup>	4,16 Hm <sup>3</sup>	2,40 Hm <sup>3</sup>	12,45 Hm <sup>3</sup>	2,82 Hm <sup>3</sup>

**III.6. Estimation de l'apport liquide par les formules empiriques:**

Les apports liquides peuvent être également déterminés par l'approche empirique en utilisant les formules exposées au-dessus, pour chaque formule on étudie l'apport liquide annuel pour toute la période.

**III.6.1. Formule de SOGREAH**

$$Q = P_a - E \quad \text{si } P_a > P_0 + E$$

$$Q = P_0 - E \quad \text{si } P_a < P_0 + E$$

**Avec :**

**P<sub>a</sub>** : pluie annuelle

**E** : lame écoulée annuelle

**P<sub>0</sub>** : seuil (250 mm dans le nord, 150 mm sur les hautes plaines).

**SOGREAH (1989)**

**III.6.2. Formule de SAMIE**

$$Q = L_e - P \cdot S$$

$$Q = 0.001 \cdot L_e \cdot S \quad (10^6 \text{ m}^3)$$

**Avec :**

**L<sub>e</sub>** : lame d'eau écoulée en (mm).

**P** : pluie moyenne annuelle en (m).

**S** : superficie du bassin en (Km<sup>2</sup>).

**Q** : Apport moyen annuel (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>).

**LABRI T. (1986)**

**III.6.3. Formule de TURC**

$$Q = P - \frac{L_e}{P + \frac{L_e}{P}}$$

**Avec :**

**L<sub>e</sub>** : lame écoulée moyenne (mm) ;

**P** : pluie moyenne annuelle (mm) ;

Chapitre III

V : variable thermique ;

$$V = 300 + 25T + 0.05T^3$$

T : température moyenne du B.V. (°C).

**SARVARY I. (1978)**

**III.6.4. Formule de MEDINGER**

$$L_e = 0.0001 P_{moy} - 0.0001$$

**Avec :**

**L<sub>e</sub>** : lame d'eau écoulée en (mm) ;

**P<sub>moy</sub>** : Pluie moyenne annuelle en m.

**RATIAT A. (2006)**

**III.6.5. Formule de MALLET-GAUTIER**

$$L_e = 0.0001 P_{moy} - 0.0001$$

**P<sub>moy</sub>** : Pluie moyenne annuelle en (m) ;

**L<sub>e</sub>** : lame d' eau écoulée en m.

$$L_e = 0.0001 P_{moy} - 0.0001$$

**KEMOUKE S.(2008)**

**III.6.6. Formule dite ALGERIENNE**

$$L_e = \frac{0.0001 P_{moy} - 0.0001}{S}$$

**Avec :**

**L<sub>e</sub>** : lame d'eau écoulée en m ;

**P<sub>0</sub>** : Pluie moyenne annuelle en m ;

**S** : surface du bassin versant en km<sup>2</sup> ;

**K** : coefficient dépendant de la surface du bassin versant ;

**k** = 0, 18 - 0, 01. Lg10 (S).

$$L_e = \frac{0.0001 P_{moy} - 0.0001}{S}$$

**BELLOULA M. (2008)**

**III.6.7. Formule d'ANRH**

$$Q = P_{moy} \cdot S \cdot D_d$$

**Avec :**

- $P_{moy}$  : Pluie moyenne annuelle [m] ;
- $S$  : Superficie du bassin versant [Km<sup>2</sup>] ;
- $D_d$  : Densité de drainage [km/km<sup>2</sup>].=3.55

**BELLOULA M. (2008)**

**III.6.8. Formule de l'DERY I**

$$Q = P \cdot S \times 10^{-6}$$

**Avec :**

- $P$  : Pluie moyenne annuelle (m) ;
- $S$  : Superficie du bassin versant (Km<sup>2</sup>).

**LABRI T. (1991)**

**NB** : Pour toutes les formules utilisées, on remarque que les apports sont variables entre deux valeurs extrêmes.

$$T=15\ ^\circ C \quad S=3815,79\ km$$

**Tableau III.7 L'apport estimé de sous Bassin Versant Barika par les Formules empiriques**

Formules EMPIRIQUES	SOGREAH	SAMIE	TURC	MEDINGER	MALLET- GAUTIER	ALGERIENNE	d'ANRH	l'DERY I	L'extrapolation
<i>APPORTS Estimé (hm<sup>3</sup>)</i>	19 ,078	41 ,52	23,52	27,20	60,47	10,07	31,52	30,009	99,73

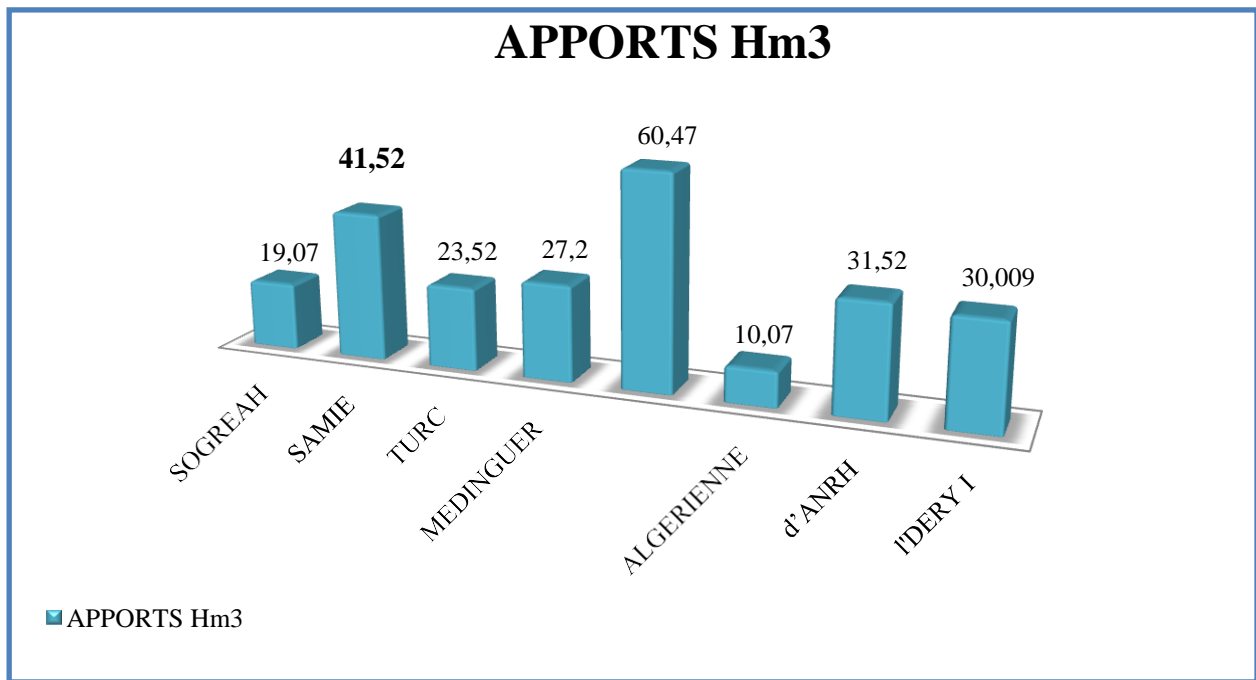


Figure III.8. Les apports annuels en (hm<sup>3</sup>) de sous bv du Barika par les formules empiriques

Les valeurs des apports liquides estimée obtenu par les différents méthodes sont présentée dans le tableau (III.7), La figure (III.8) Montre la variation des apports liquides calculés par différents modèles empiriques ces apports varient entre 10,07 hm<sup>3</sup> et 60,47 hm<sup>3</sup> la lecture de la figure montre que le résultat obtenu par la formule de MALLET-GAUTIER est la plus proche du résultat de l'extrapolation. D'après les résultats obtenus, on estime que la formule de MALLET-GAUTIER donne des valeurs proches de la réalité.

$$T = 19^0 S = 5311,26$$

Tableau III.8. L'apport estimé de sous Bassin Versant M'cif par les formules empiriques

Formules EMPIRIQUES	SOGREAH	SAMIE	TURC	MEDINGER	MALLET-GAUTIER	ALGERIENNE	d'ANRH	l'DERY I	L'extrapolation
APPORTS Estimé (hm <sup>3</sup> )	26,56	18,49	36,20	52,23	11,109	7,40	10,022	9,47	21,67

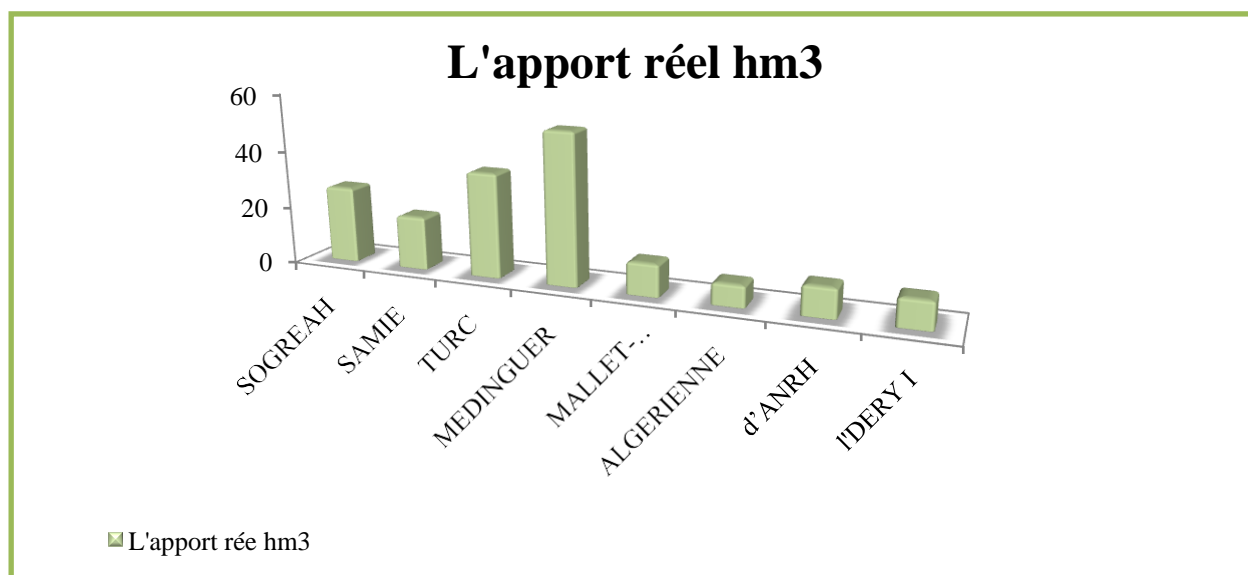


Figure III.9. Les apports annuels en (hm<sup>3</sup>) de sous bv du M'cif par les formules empiriques

Les valeurs des apports liquides estimée obtenu par les différents méthodes sont présentée dans le tableau (III.8), La figure (III.9) Montre la variation des apports liquides calculés par différents modèles empiriques ces apports varient entre 7,4 hm<sup>3</sup>et 52, 23 hm<sup>3</sup> la lecture de la figure montre que le résultat obtenue par la formule de sogreah et la proche para port le résultat de l'extrapolation. D'après les résultats obtenus, on estime que la formule de sogreah donne des valeurs proches de la réalité.

Tableau III.9.L'apport réel

Sous-BV		L'âme d'eau moyenne (mm)	Surface (km <sup>2</sup> )	Apport du Hodna (hm <sup>3</sup> )	
				Apports (DSH) (hm <sup>3</sup> )	Apport (FE) (hm <sup>3</sup> )
Sous bv jaugé	Soubella	26,136	1841,7	48,134	48,134
	Boussaâda	4,08	2945,117	12,016	12,016
	K'sob	17,814	5872,44	104,611	104,611
	Rocade sud	17,814	6792,85	121,007	121,007
Sous bv non jaugé	M'cif	4,08 SH (Boussaâda)	5311,26	21,669	26,56
	Barika	26,136 SH (Sidi Ouadah)	3815,79	99,729	60,47
<b>Hodna totale</b>		10,893	25856	407,166	372,798

DSH : donné station hydrométrique

bv : bassin versant

FE : formule empirique

**Tableau III.10 Les apports annuels en (hm<sup>3</sup>) de sous bv du M'cif et Barika par les formules empiriques (non jaugé)**

<b>Bassin versant non jaugé</b>				
<b>BARIKA</b>		<b>M'CIF</b>		
<b>LES Formules empiriques</b>	<b>LAME D'EAU En mm</b>	<b>APPORTS En hm<sup>3</sup></b>	<b>LAME D'EAU En mm</b>	<b>APPORTS En hm3</b>
<b>SOGREAH</b>	<b>4,9</b>	<b>19,07</b>	<b>5</b>	<b>26,56</b>
<b>SAMIE</b>	<b>10,8</b>	<b>41,52</b>	<b>3,4</b>	<b>18,49</b>
<b>TURC</b>	<b>6,1</b>	<b>23,52</b>	<b>6,8</b>	<b>36,20</b>
<b>MEDINGER</b>	<b>7,1</b>	<b>27,20</b>	<b>9,8</b>	<b>52,23</b>
<b>MALLET-GAUTIER</b>	<b>15,8</b>	<b>60,47</b>	<b>2</b>	<b>11,109</b>
<b>ALGERIENNE</b>	<b>2,6</b>	<b>10,07</b>	<b>1,3</b>	<b>7,40</b>
<b>D'ANRH</b>	<b>8,2</b>	<b>31,52</b>	<b>1,8</b>	<b>10,022</b>
<b>L'DERY I</b>	<b>7,8</b>	<b>30,009</b>	<b>1,7</b>	<b>9,47</b>

D'après le calcul des apports liquides annuels dans les sous bassins jaugés par les données de la station hydrométrique et les sous bassins non jaugés par l'extrapolation dans lequel en utilisant les données de proche bassin jaugé et en utilisant les formules empirique ces lame d'eau varient entre 2,6 mm avec la formule de Algérienne et 15,8 mm avec la formule de Mallet-Gautier dans le sous bassin versant de Barika, et le sous bassin de M'cif lame d'eau varient entre 1,3 mm avec la formule de Algérienne et 9,8 mm avec la formule de MEDINGUER en observe que la formule de Algérienne donner le minimum valeur de l'âme d'eau écoulé en parallèle avec l'apport liquide .

### **III.7. Conclusion**

Cette étude des apports liquides des sédiments en suspension en utilisant les deux variantes nous conduit à déduire que :

Les valeurs de l'apport liquide des sédiments en suspension et la dégradation spécifique varient d'une année à l'autre dans les deux variantes. Dans la même période 1973-2000, on a trouvé des écarts non négligeables entre les valeurs des apports liquides.

# Conclusion générale

## **Conclusion général**

Le bassin Hodna avec un climat semi-aride caractérisé par une faible et irrégulière précipitation et une forte température et évapotranspiration.

Cette tendance du climat aride n'exclut pas l'existence de ressources en eau, pour optimiser l'utilisation de cette ressource rare, les gens ont mis en œuvre un système d'irrigation économique. Les Précipitations cependant faible, tombant sous forme d'averses, provoquant quelques fois des inondations.

L'amélioration des conditions hydrauliques réside dans la mobilisation des eaux de pluie dans les barrages et les retenues collinaires. Pour cela, la bonne estimation de la ressource en eau de surface est d'une importance certaine. Dans ce contexte, nous proposons ce thème pour estimer la ressource en eau de surface dans tous les sous-bassins du Hodna jaugés et non jaugés.

Dans chapitre III on a calculé les apports liquides dans les sous-bassins jaugés en utilisant les données des stations hydrométriques ; dans les sous-bassins versants non jaugés les apports liquide sont estimés par deux approches ; une première approche est basée les formules empirique et l'autre est basée sur l'extrapolation des données des sous-bassins versants jaugés dans les ceux non jaugés. Les résultats obtenus montre que la ressource de surface du grand bassin du Hodna est estimé à  $407,166 \text{ hm}^3$  par les données des stations hydrométriques et par la deuxième approche qui basé sur les formules empiriques est  $372,798 \text{ hm}^3$ .

A travers cette étude on a conclu l'importance d'installer d'autres stations hydrométriques dans le bassin du Hodna (dans chaque sous-bassin) et de veiller à leur bonne gestion notamment dans l'acquisition et le stockage des données. Les résultats de cette étude montrent que les erreurs de l'utilisation des formules empirique est trop dangereuse dans ce type de bassin dont 72% de sa surface est non jaugée.

# Références bibliographiques

## Références bibliographiques

- [1] Le Coz, J., Bonnifait, L., & Thollet, F. (2011). Expertise de la station hydrométrique de la Nartuby à Trans (Doctoral dissertation, irstea).
- [2] Boaventura, G., Filizola, N., Fraizy, P., Alain Laraque, Philipp. E., & Martinez, J. M. (2006). L'Observatoire de Recherche en Environnement, ORE HYBAM. Climat Variability and Change-hydrological Impacts, (308), 44.
- [3] Hasbaia, M., Hedjazi, A., & Benayada, L. (2012). Variabilité de l'érosion hydrique dans le bassin du Hodna: cas du sous-bassin versant de l'oued elham. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 1(1), 28-32.
- [4] Boumezbeur A., (2002). Atlas de la zone humide Algérienne d'importance international. pp89.
- [5] ANRH (1993). Carte pluviométrique de l'Algérie du nord, à l'échelle 1: 500.000 et notice Explicative. ANRH, Algérie.
- [6] Boyadgiev T. G., (1975). Les sols du Hodna. Rapport FAO. Algérie 9, Rome. 141 p.
- [7] Bouteldja, N. (2005). Contribution à la modélisation de l'érosion hydrique dans le bassin versant du Hodna" sous bassins versants du Ksob et de Soubella"(Algérie) (Doctoral dissertation, Aix-Marseille 1).
- [8] Mebarka., & Somia, T.,(2020). Etude de variabilité spatio-temporelle des précipitations moyennes annuelles dans le bassin versant de chott El Hodna (Doctoral dissertation).
- [9] Station météorologique de M'sila et Boussaâda.
- [10] Bilal, B., Saad, D., Rabah., & Hakim, D. K. Quantification Et Etude De La Variabilite Des Apports Liquide Et Solide Du Bassin Du Hodna, Cas Du Sous Bassin Versant Du K'Sob.

## Résumé

Le bassin versant du Hodna est le 5<sup>ème</sup> grand bassin de l'Algérie couvrant une superficie de 25 856 km<sup>2</sup>. Ce bassin peut être organisé en six sous-bassins en plus chott Hodna en suivant les talwegs des principaux oueds. Le bassin est équipé de quelques stations hydrométriques contrôlant 28% de sa surface, le reste de la surface est non jaugée. Pour estimer le potentiel hydrique de surface du Hodna, nous avons utilisé, les données des stations hydrométriques pour calculer l'apport des sous-bassins jaugés, l'apport des sous-bassins non jaugés est calculé par des formules empiriques proposées dans les contextes. Les résultats de ces formules sont comparés à ceux obtenus en extrapolant la lame d'eau ruisselée des sous bassins jaugés vers ceux non jaugés. Les résultats obtenus montrent que la ressource en eau de surface du grand bassin du Hodna est estimé à 407,16 hm<sup>3</sup> et 372.80 hm<sup>3</sup> en se basant sur les données des stations hydrométriques les formules empiriques ; respectivement.

## Abstract

The Hodna watershed is the 5th large basin of Algeria covering an area of 25 856 km<sup>2</sup>. This basin can be organized in six sub-basins in addition to Chott Hodna following the talwegs of the main wadis. The basin is equipped with a few hydrometric stations monitoring 28% of its surface; the rest of the surface is not gauged. To estimate the surface water potential of Hodna, we used the data from the hydrometric stations to calculate the contribution of the gauged sub-basins, the contribution of the ungauged sub-basins is calculated by empirical formulas proposed in the contexts. The results of these formulas are compared to those obtained by extrapolating the water runoff from the gauged sub-basins to the ungauged ones. The results obtained show that the surface water resource of the large Hodna basin is estimated at 407.16 hm<sup>3</sup> and 372.80 hm<sup>3</sup> based on data from hydrometric stations and empirical formulas, respectively.

## ملخص

تتضمن مزرعة مادي الحوض خايش أكثر حوض ف الجزائر غطت مساحة 65852 كم<sup>2</sup> متر مربع. تم تنظيمه في ستة مناطق إضافة إلى شوت Hodna في اتجاه التالوجس من الوديان الرئيسية. المزرعة مجهزة ببعض المحطات الهيدرومترية التي تراقب 28% من مساحتها، البقية غير مقيسة. لتقدير الإمكانات المائية السطحية للمزرعة، استخدمنا بيانات المحطات الهيدرومترية لحساب المساهمة من المناطق المقيسة، المساهمة من المناطق غير المقيسة تم حسابها باستخدام الصيغ التجريبية المقترحة في السياقات. نتائج هذه الصيغ مقارنة مع تلك التي تم الحصول عليها من المحطات الهيدرومترية. النتائج التي تم الحصول عليها تظهر أن مورد المياه السطحية للمزرعة هو 407.16 hm<sup>3</sup> و 372.80 hm<sup>3</sup> اعتماداً على بيانات المحطات الهيدرومترية والصيغ التجريبية؛ على التوالي.

اصطفاء طرفة

جزءاً من المزرعة هي الحوض المقاسة التي تلك التي تم تنظيمها في اتجاه التالوجس من الوديان الرئيسية. تم تنظيمها في ستة مناطق إضافة إلى شوت Hodna في اتجاه التالوجس من الوديان الرئيسية. المزرعة مجهزة ببعض المحطات الهيدرومترية التي تراقب 28% من مساحتها، البقية غير مقيسة. لتقدير الإمكانات المائية السطحية للمزرعة، استخدمنا بيانات المحطات الهيدرومترية لحساب المساهمة من المناطق المقيسة، المساهمة من المناطق غير المقيسة تم حسابها باستخدام الصيغ التجريبية المقترحة في السياقات. نتائج هذه الصيغ مقارنة مع تلك التي تم الحصول عليها من المحطات الهيدرومترية. النتائج التي تم الحصول عليها تظهر أن مورد المياه السطحية للمزرعة هو 407.16 hm<sup>3</sup> و 372.80 hm<sup>3</sup> اعتماداً على بيانات المحطات الهيدرومترية والصيغ التجريبية؛ على التوالي.

متر مكعب هي تيارات من الوديان الرئيسية المقيسة هي المناطق التي تم تنظيمها في اتجاه التالوجس من الوديان الرئيسية.